DEĞİŞEN İKLİM KOŞULLARI ALTINDA YAĞIŞ ŞİDDETİ–SÜRE–FREKANS EĞRİLERİNİN TAHMİN EDİLMESİ

BURAK GÜL

NİSAN 2023

DİYARBAKIR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEĞİŞEN İKLİM KOŞULLARI ALTINDA YAĞIŞ ŞİDDETİ–SÜRE–FREKANS EĞRİLERİNİN TAHMİN EDİLMESİ

BURAK GÜL

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE SINAV YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK
HİDROLİK ANA BİLİM DALINDA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

NİSAN 2023

DİYARBAKIR

DEĞİŞEN İKLİM KOŞULLARI ALTINDA
YAĞIŞ ŞİDDETİ–SÜRE–FREKANS EĞRİLERİNİN TAHMİN EDİLMESİ

Burak GÜL tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **Hidrolik ve Su Kaynakları Ana Bilim Dalı**'nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ
Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Doç. Dr. Necati KAYAALP
Danışman, **İnşaat Mühendisliği Bölümü,**
Dicle Üniversitesi

Sınav Jürisi:

Prof. Dr. Mehmet ÖZGER (*)
İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Necati KAYAALP (**)
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Prof. Dr. Nihat KAYA
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Fırat Üniversitesi

ONAY

Savunma Tarihi: 12 / 04/ 2023

(*) Sınav Jürisi kısmının birinci satırına Jüri Başkanının bilgilerini yazınız.
(**) Sınav Jürisi kısmının ikinci satırına Tez Danışmanının bilgilerini yazınız.

Babam ve Anneme…

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılayıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanımla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.

Ad, Soyad: Burak GÜL

İmza: …….…….

TEŞEKKÜR

İlk olarak danışmanım Doç. Dr. Necati Kayaalp'e bu uzun süreçte bana gösterdiği ilgi, her türlü sorumda verdiği cevapları ve yardımları için, verdiği desteklerinden dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Çalışmamda kullanmam gereken gerekli verileri bana temin ettikleri için Meteoroloji Genel Müdürlüğüne teşekkürlerimi sunuyorum.

Çalışmamda kullanmam gereken metot ve programlar için paylaştığı bilgiler ve bana ayırdığı vakitlerinden dolayı Gebze Teknik Üniversitesi Araştırma Görevlilerinden Hüsamettin Tayşi' ye teşekkürlerimi sunuyorum.

Beni bu günlere getiren hayattaki en değerli varlıklarım, en büyük destekçilerim olan annem, babam ve en iyi dostum kardeşime sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Manevi olarak bu süreçte yanımda olan bütün dostlarım, arkadaşlarıma da teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR v
İÇİNDEKİLER vi
ŞEKİLLER LİSTESİ viii
TABLOLAR LİSTESİ xii
EKLER LİSTESİ xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ xvii
ÖZET xix
ABSTRACT xxi
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
2.1 Küresel İklim Değişikliği 3
2.2 Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye 5
2.3 Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 9
2.4 Küresel İklim Modelleri 12
2.4.1 Küresel iklim modeli ölçek küçültme ve bölgesel iklim modelleri 17
2.5 İklim Verilerinin Ayrıştırılması 31
2.6 Yağış Şiddeti–Süre–Frekans Eğrileri 33
3. MATERYOL VE METOD 35
3.1 Çalışma Alanı 35
3.2 Kullanılan Veri Türleri 42
3.3 Uç(Ekstrem) Değer Dağılımları 43
3.4 Gumbel Olasılık Dağılımı 44
3.5 Eş Değer Kuantil Eşleştirme Metodu 45
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 47
5. SONUÇLAR 76
KAYNAKLAR 78

EKLER 82
ÖZGEÇMİŞ 152

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.1 Sera Gazı Etkisi..... 4
Şekil 2.2.1 (a) sıcaklık, deniz seviyesi, nehir akımları, dağ buzulları, (b) yağış değişimlerinin gösterimi..... 8
Şekil 2.3.2 SRES ve RCP' nin gelecek için konsantrasyon değerleri (ppm) (Url 2). 10
Şekil 2.3.4 Eşzamanlı aşırı olayların (ekstremler) riskleri birleştirmesinin bazı örneklerle birlikte çizimsel gösterimi..... 11
Şekil 2.3.5 iklim değişikliğinde $1{,}5°C$ 'ye karşı $2°C$'lik küresel ısınma durumu..... 12
Şekil 2.4.1 İklimi oluşturan bileşenler ve birbiri ile olan ilişkiler 13
Şekil 2.4.2 Küresel iklim modellerinin gelişimi 14
Şekil 2.4.3 Küresel toplam ışınımsal zorlama..... 16
Şekil 2.4.1.1 (a) düşük çözünürlük, (b) yüksek çözünürlük..... 17
Şekil 2.4.1.2 RCP4.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli sıcaklık projeksiyonları (GFDL-ESM2M modeli) 19
Şekil 2.4.1.3 RCP4.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli yağış projeksiyonları (GFDL-ESM2M modeli) 20
Şekil 2.4.1.4 RCP8.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli sıcaklık projeksiyonları (GFDL-ESM2M modeli) 21
Şekil 2.4.1.5 RCP8.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli yağış projeksiyonları (GFDL-ESM2M modeli) 22
Şekil 2.4.1.6 RCP4.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli sıcaklık projeksiyonları (MPI-ESM-MR modeli) 23
Şekil 2.4.1.7 RCP4.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli yağış projeksiyonları (MPI-ESM-MR modeli)..... 24
Şekil 2.4.1.8 RCP8.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli sıcaklık projeksiyonları (MPI-ESM-MR modeli)..... 25
Şekil 2.4.1.9 RCP8.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli yağış projeksiyonları (MPI-ESM-MR modeli)..... 26
Şekil 2.4.1.10 RCP4.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli sıcaklık projeksiyonları (HadGEM2-ES modeli) 27
Şekil 2.4.1.11 RCP4.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli yağış projeksiyonları (HadGEM2-ES modeli) 28

Şekil 2.4.1.12 RCP8.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli sıcaklık projeksiyonları (HadGEM2-ES modeli) 29
Şekil 2.4.1.13 RCP8.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli yağış projeksiyonları (HadGEM2-ES modeli) 30
Şekil 3.1 Çalışmada kullanılan şehirler..... 35
Şekil 3.1.2 Muğla İl haritası..... 36
Şekil 3.1.3 Ordu İl haritası 38
Şekil 3.1.4 Diyarbakır il haritası 40
Şekil 3.2.1 Çalışmada kullanılan veriler 42
Şekil 3.5.1 Eş değer kuantil eşleştirme metodu işlem basamakları 45
Şekil 4.1 10 yıllık tekerrür aralığı için, HadGEM-ES modeline ait 24 saatlik tarihsel veri setine uygulanan ayrıştırma işlemi ile elde edilen standart süreli yağış şiddeti verilerinin aynı periyotta (1971-2000) Diyarbakır ili için gözlenen verilerle elde edilen standart süreli yağış değerleriyle karşılaştırılması 48
Şekil 4.2 10 yıllık tekerrür aralığı için, MPI-ESM-MR modeline ait 24 saatlik tarihsel veri setine uygulanan ayrıştırma işlemi ile elde edilen standart süreli yağış şiddeti verilerinin aynı periyotta (1971-2000) Ordu ili için gözlenen verilerle elde edilen standart süreli yağış değerleriyle karşılaştırılması. 49
Şekil 4.3 GFDL-ESM2M 10 yıllık tekerrür aralığı için GFDL-ESM2M modeline ait 24 saatlik tarihsel veri setine uygulanan ayrıştırma işlemi ile elde edilen standart süreli yağış şiddeti verilerinin aynı periyotta (1971-2000) Muğla ili için gözlenen verilerle elde edilen standart süreli yağış değerleriyle karşılaştırılması..... 50
Şekil 4.4 Diyarbakır ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T= 5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması 54
Şekil 4.5 Diyarbakır ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T=5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması..... 55
Şekil 4.6 Ordu ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T= 5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması 57

Şekil 4.7 Ordu ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T=5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması 58
Şekil 4.8 Muğla ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T=5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması 60
Şekil 4.9 Muğla ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T=5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması 61
Şekil 4.9 Diyarbakır ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T= 5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması 63
Şekil 4.10 Diyarbakır ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T=5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması 64
Şekil 4.11 Ordu ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T=5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması 66
Şekil 4.12 Ordu ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T=5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması 67
Şekil 4.13 Muğla ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T=5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması 69
Şekil 4.14 Muğla ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T=5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması 70
Şekil 4.15 Çalışmada kullanılan modellerin RCP4.5 senaryosuna göre elde edilmiş yağış verilerinin ortalama değerleri ile Diyarbakır iline ait gözlenmiş yağış verilerinin yukarıdan aşağıya doğru T=2, T=5, T=10 dönüş periyotlarına göre kıyaslanması ... 72
Şekil 4.16 Çalışmada kullanılan modellerin RCP4.5 senaryosuna göre elde edilmiş yağış verilerinin ortalama değerleri ile Ordu iline ait gözlenmiş yağış verilerinin yukarıdan aşağıya doğru T=2, T=5, T=10 dönüş periyotlarına göre kıyaslanması ... 73

Şekil 4.17 Çalışmada kullanılan modellerin RCP4.5 senaryosuna göre elde edilmiş yağış verilerinin ortalama değerleri ile Muğla iline ait gözlenmiş yağış verilerinin yukarıdan aşağıya doğru T=2, T=5, T=10 dönüş periyotlarına göre kıyaslanması ... 74

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.2.1 İklim değişikliğinin etkileri ve Türkiye'de etkilenebilirlik arz eden sektörler/bölgeler..... 7
Tablo 2.3.1 SRES ve RCP senaryoları için 2100 yılında yaklaşık eşdeğer CO2 Konsantrasyonları (ppm)..... 10
Tablo 2.4.1 Seçilen küresel modellerin özellikleri..... 15
Tablo 2.4.2 RCP tipleri ve özellikleri 16
Tablo 3.1.1 Muğla yağış ve sıcaklık verileri..... 37
Tablo 3.1.2 Muğla yağış ve sıcaklık verileri..... 37
Tablo 3.1.3 Ordu yağış ve sıcaklık verileri..... 39
Tablo 3.1.4 Ordu yağış ve sıcaklık verileri..... 39
Tablo 3.1.5 Diyarbakır yağış ve sıcaklık verileri..... 41
Tablo 3.1.6 Diyarbakır yağış ve sıcaklık verileri..... 41
Tablo 4.1 Diyarbakır ilinin ŞST verileri 47
Tablo 4.2 HadGEM-ES modelinin tarihsel ŞST verileri 47
Tablo 4.3 Ordu ilinin ŞST verileri 48
Tablo 4.4 MPI-ESM-MR modelinin tarihsel ŞST verileri..... 48
Tablo 4.5 Muğla ilinin ŞST verileri 49
Tablo 4.6 GFDL-ESM2M modelinin tarihsel ŞST verileri 50
Tablo 4.7 Küresel modellerin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 periyotlarına ait üretilmiş yağış şiddeti verilerinin Diyarbakır 1971-2000 yıllarına ait gözlemsel yağış şiddeti verilerine göre dönüş periyotlarındaki ortalama % değişimi..... 51
Tablo 4.8 Küresel modellerin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 periyotlarına ait üretilmiş yağış şiddeti verilerinin Diyarbakır 1971-2000 yıllarına ait gözlemsel yağış şiddeti verilerine göre dönüş periyotlarındaki ortalama % değişimi..... 52
Tablo 4.9 Küresel modellerin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 periyotlarına ait üretilmiş yağış şiddeti verilerinin Diyarbakır 1971-2000 yıllarına ait gözlemsel yağış şiddeti verilerine göre dönüş periyotlarındaki ortalama % değişimi..... 53

EKLER LİSTESİ

Ek 1: HadGEM-ES ve Diyarbakır tarihsel ŞSF eğrileri..... 83
Ek 2: MPI-ESM-MR ve Ordu tarihsel ŞSF eğrileri..... 84
Ek 3: GFDL-ESM2M ve Muğla tarihsel ŞSF eğrileri 85
Ek 4: HadGEM-ES RCP4.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF verileri 86
Ek 5: HadGEM-ES RCP8.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF verileri 87
Ek 6: HadGEM-ES RCP4.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF verileri 88
Ek 7: HadGEM-ES RCP8.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF verileri 89
Ek 8: HadGEM-ES RCP4.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF verileri 90
Ek 9: HadGEM-ES RCP8.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF verileri 91
Ek 10: MPI-ESM-MR RCP4.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF verileri..... 92
Ek 11: MPI-ESM-MR RCP8.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF verileri..... 93
Ek 12: MPI-ESM-MR RCP4.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF verileri..... 94
Ek 13: MPI-ESM-MR RCP8.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF verileri..... 95
Ek 14: MPI-ESM-MR RCP4.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF verileri 96
Ek 15: MPI-ESM-MR RCP8.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF verileri 97
Ek 16: GFDL-ESM2M RCP4.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF verileri 98
Ek 17: GFDL-ESM2M RCP8.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF verileri 99
Ek 18: GFDL-ESM2M RCP4.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF verileri 100
Ek 19: GFDL-ESM2M RCP8.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF verileri 101
Ek 20: GFDL-ESM2M RCP4.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF verileri 102
Ek 21: GFDL-ESM2M RCP8.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF verileri 103
Ek 22: HadGEM-ES RCP4.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF eğrileri 104
Ek 23: HadGEM-ES RCP8.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF eğrileri 105
Ek 24: HadGEM-ES RCP4.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF eğrileri 106
Ek 25: HadGEM-ES RCP8.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF eğrileri 107
Ek 26: HadGEM-ES RCP4.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF eğrileri 108
Ek 27: HadGEM-ES RCP8.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF eğrileri 109
Ek 28: MPI-ESM-MR RCP4.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF eğrileri..... 110
Ek 29: MPI-ESM-MR RCP8.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF eğrileri..... 111
Ek 30: MPI-ESM-MR RCP4.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF eğrileri..... 112
Ek 31: MPI-ESM-MR RCP8.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF eğrileri..... 113
Ek 32: MPI-ESM-MR RCP4.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF eğrileri 114

Ek 33: MPI-ESM-MR RCP8.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF eğrileri 115
Ek 34: GFDL-ESM2M RCP4.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF verileri 116
Ek 35: GFDL-ESM2M RCP8.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF verileri 117
Ek 36: GFDL-ESM2M RCP4.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF verileri 118
Ek 37: GFDL-ESM2M RCP8.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF verileri 119
Ek 38: GFDL-ESM2M RCP4.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF verileri 120
Ek 39: GFDL-ESM2M RCP8.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF verileri 121
Ek 40: HadGEM-ES modelinin RCP4.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Diyarbakır'ın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması 122
Ek 41: MPI-ESM-MR modelinin RCP4.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Diyarbakır'ın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması 123
Ek 42: GFDL-ESM2M modelinin RCP4.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Diyarbakır'ın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması 124
Ek 43: HadGEM-ES modelinin RCP8.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Diyarbakır'ın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması 125
Ek 44: MPI-ESM-MR modelinin RCP8.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Diyarbakır'ın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması 126
Ek 45: GFDL-ESM2M modelinin RCP8.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Diyarbakır'ın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması 127
Ek 46: HadGEM-ES modelinin RCP4.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Ordu'nun 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması 128
Ek 47:MPI-ESM-MR modelinin RCP4.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Ordu'nun 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması 129

Ek 48: GFDL-ESM2M modelinin RCP4.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Ordu'nun 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması 130
Ek 49: HadGEM-ES modelinin RCP8.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Ordu'nun 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması 131
Ek 50: MPI-ESM-MR modelinin RCP8.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Ordu'nun 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması 132
Ek 51: GFDL-ESM2M modelinin RCP8.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Ordu'nun 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması 133
Ek 52: HadGEM-ES modelinin RCP4.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Muğla'nın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması 134
Ek 53: MPI-ESM-MR modelinin RCP4.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Muğla'nın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması 135
Ek 54: GFDL-ESM2M modelinin RCP4.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Muğla'nın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması 136
Ek 55: HadGEM-ES modelinin RCP8.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Muğla'nın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması 137
Ek 56: MPI-ESM-MR modelinin RCP8.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Muğla'nın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması 138
Ek 57: GFDL-ESM2M modelinin RCP8.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Muğla'nın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması 139
Ek 58:Diyarbakır ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T= 50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması 140

Ek 59: Diyarbakır ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T= 50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması 141
Ek 60: Ordu ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T=50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması 142
Ek 61: Ordu ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T=50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması 143
Ek 62:Muğla ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T=50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması 144
Ek 63: Muğla ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T=50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması 145
Ek 64: Diyarbakır ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T= 50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması 146
Ek 65: Diyarbakır ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T= 50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması 147
Ek 66: Ordu ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T=50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması 148
Ek 67: Ordu ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T=50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması 149
Ek 68: Muğla ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T=50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması 150
Ek 69: Muğla ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T=50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması 151

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
T	Tekerrür aralığı
t	Yağış süresi
a,b,c,K	Coğrafi koşullara bağlı parametreler
i	Yağış şiddeti
β	Ölçek parametresi
μ	Konum parametresi
α	Şekil parametresi

Kısaltma	Açıklama
ppm	Parts per million
ŞST	Şiddet Süre Tekerrür
RCP	Represantative Concentration Pathways
mm	Milimetre
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
UNEP	United Nations Environment Programme
WWF	World Wide Fund For Nature
GED	Genelleştirilmiş Ekstrem Değer
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
RegCM	Regional Climate Model
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
ANN	Artificial Neural Network

BLRP	Barlet Lewis Rectangular Pulses
Cmhyd	Climate Change for Watershed Modeling
WMO	World Meteorological Organization
SRES	Special Report on Emissions Senarios

ÖZET

DEĞİŞEN İKLİM KOŞULLARI ALTINDA YAĞIŞ ŞİDDETİ–SÜRE–FREKANS EĞRİLERİNİN TAHMİN EDİLMESİ

Gül, Burak
Yüksek Lisans, İnşaat Mühendisliği Bölümü
Danışman: Doç. Dr. Necati Kayaalp
Nisan 2023, 174 sayfa

Gelişen dünya koşulları beraberinde teknolojik ilerlemeleri getirmektedir. Bu ilerlemeler çoğu alanda birçok fayda getirmekle birlikte doğaya olan zararda birçok alanda paralel olarak artmaktadır. Git gide artan nüfus artışı beraberinde kontrol altına alınamamış bir tüketim anlayışını da getirip doğaya daha da zarar vermektedir. Tüm bu durumlarla birlikte sera gazı ve diğer zararlı gaz artışlarıyla da dünyadaki iklim durumları ciddi şekilde etkilenerek küresel çapta iklim değişikliyle karşı karşıya kalınması durumu oluşmuştur. Oluşan iklim değişikliği ile aşırı sıcaklık artışları, şiddetli ve sürekli yağmur yağışları, şiddetli yağışlardan kaynaklı taşkın durumları, taşkınlarla beraber can ve mal kayıpları, dünyada olan su kütlelerinde buharlaşmalardan kaynaklı ciddi su kayıpları görülmektedir. Oluşan bu iklim değişikliği küresel anlamda çok önem arz etmiş olup, bu alanda iklim değişikliğinin getireceği tahribatı önleyebilmek ve çeşitli önlemler almak için birçok çalışma yapılmaya başlanmıştır. İklim değişikliğinden kaynaklı zararlı etkileri önleyebilmek için gerekli olan su yapıları, taşkınları önleyici yapılar, drenaj sistemleri gibi çeşitli yapılarda yağış şiddeti–süre–frekans eğrileri (ŞSF) büyük önem arz etmektedir. Bu eğrilerde 5, 10, 15, 30 dk ve 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18, 24 saatlik yağışlar ve 2, 10, 25, 50, 100, 500 yıllık tekerrür periyotlarına ait yağış verileri bulunmaktadır. Bu eğriler yardımıyla taşkın önleyici yapılar, çeşitli su yapıları, drenaj sistemlerinin projelendirmesi ve iyileştirmeleri daha uygun ve güvenli bir şekilde yapılabilir. Şiddet-süre-frekans eğrileri genellikle tarihsel daha önceden gözlemlenmiş, kaydedilmiş veriler yardımıyla oluşmaktadır. Bu eğrilerin oluşması için gerekli veriler temin edilip, veriler arasında sürelere ait maksimum yağış verileri bulunup, en uygun olasılık dağılım metodu seçilip bu metot yardımı ile yağışlar tekerrür periyotlarına göre düzenlenip eğri oluşturulur. İklim değişikliğini göz önünde bulundurursak mevcut ŞSF eğrilerinin güncellenmesi gerekir çünkü değişen iklim koşulları ile yağış durumları da çok ciddi farklılıklar gösterebilir. Bu farklılıkları tarihsel veriler üzerinden oluşmuş ŞSF' ler ile yorumlamak pek doğru olmaz. Bu duruma çözüm olarak çeşitli iklim modelleri oluşturulmuş ve iklim senaryoları üretilmiştir. Bu modeller yardımıyla ŞSF eğrileri güncellenip daha güvenilir eğriler elde edilebilir. Bu çalışmada Muğla, Ordu, Diyarbakır için küresel ikim model verileri ile geleceğe yönelik yağış tahminleri yapılmaya çalışılmış, seçilen şehirlerin sırası ile Akdeniz, Karadeniz ve sert karasal iklime sahip olmasından dolayı sonuçları Türkiye çapında yorumlamaya müsait bir duruma getirmeyi, iklim değişikliğinden kaynaklı sorunlara daha da hazırlıklı bir duruma getirme ve olası kötü sonuçlara karşı hazırlıklı olma amaçlanmıştır. Çalışmada RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına sahip HADGEM2-ES, GFDL-ESM2M ve MPI-MSE-MR adındaki üç küresel model kullanıldı. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen şehirlere ait tarihsel veriler ve model verileri ile işleme

başlandı. Eşdeğer kuantil eşleştirme metodu yardımı ile hem tarihsel veriler hem de küresel model verileri 5, 10, 15, 30 dk ve 1, 2, 6, 12, 24 saatlik verilere ayrıştırıldı. Ayrıştırılan verilerin maksimum verileri seçilerek bu veriler Gumbel olasılık dağılım metodu aracılığı ile 2, 10, 25, 50, 100 yıllık tekerrür periyotlarına ait yağış değerleri bulunup ŞSF eğrileri oluşturuldu. Tarihsel veriler ile gelecek yağış verileri kıyaslandı.

Anahtar Kelimeler: Ayrıştırma, İklim modelleri, Küresel iklim değişikliği, Yağış şiddeti–süre–frekans eğrileri

ABSTRACT

ESTIMATING INTENSITY–DURATION–FREQUENCY CURVES UNDER CHANGING CLIMATE CONDITIONS

Gül, Burak
Master of Science in Department of Civil Engineering
Supervisor: Doç. Dr. Necati Kayaalp
April 2023, 174 pages

Developing world conditions bring along technological advances. While these advances bring many benefits in many areas, the harm to nature is increasing in parallel in many areas. The ever-increasing population growth brings with it an uncontrollable consumption approach and harms the nature even more. Along with all these situations, the climate conditions in the world have been seriously affected by the increase in greenhouse gases and other harmful gases, and the situation has arisen to face climate change on a global scale. With the resulting climate change, extreme temperature increases, heavy and continuous rains, flood situations caused by heavy rains, loss of life and property with floods, serious water losses due to evaporation in the world's water bodies are seen. This climate change has been of great importance in the global sense, and many studies have begun to be carried out in order to prevent the destruction of climate change and to take various measures in this area. Intensity time recurrence curves (IDF) are of great importance in various structures such as water structures, flood prevention structures, drainage systems, which are necessary to prevent the harmful effects of climate change. In these curves, precipitation data of 5, 10, 15, 30 minutes and 1, 2, 6, 12, 24 hours and 2, 10, 25, 50, 100 annual recurrence periods are available. With the help of these curves, flood prevention structures, various water structures, drainage systems can be designed and improved more conveniently and safely. Intensity–duration–frequency curves are generally formed with the help of historically observed and recorded data. The necessary data for the formation of these curves are obtained, the maximum precipitation data for the periods are found among the data, the most appropriate probability distribution method is selected, and the precipitation is arranged according to the recurrence periods with the help of this method, and a curve is created. Considering the climate change, the current IDF curves need to be updated because the changing climatic conditions and precipitation conditions can also show very serious differences. It would not be right to interpret these differences with IDFs formed on historical data. As a solution to this situation, various climate models have been created and climate scenarios have been produced. With the help of these models, IDF curves can be updated and more reliable curves can be obtained. In this study, it has been tried to make future precipitation forecasts for Muğla, Ordu and Diyarbakır with the global climate model data, to make the results suitable for interpretation throughout Turkey due to the Mediterranean, Black Sea and harsh continental climates of the selected cities, and to be more prepared

for the problems arising from climate change. It is aimed to bring a situation to a situation and to be prepared for possible bad consequences. Three global models named HADGEM2-ES, GFDL-ESM2M and MPI-MSE-MR with RCP 4.5 and RCP 8.5 scenarios were used in the study. The process started with the historical data and model data of the cities obtained from the General Directorate of Meteorology.With the help of the Equidistance Quantile Matching Method, both historical data and global model data were parsed into 5, 10, 15, 30 min and 1, 2, 6, 12, 24 hour data. By choosing the maximum data of the separated data, the precipitation values of 2, 10, 25, 50, 100 year recurrence periods were found by means of Gumbel probability distribution method and IDF curves were created. Historical data and future precipitation data were compared.

Keywords: Climate model, Disaggaration, Intensity–duration–frequency curves ,Global climate change

1. GİRİŞ

İnsanoğlu gelişmekle birlikte gelişimin bir sonucu olarak çoğu alanda bilinçli veya bilinçsiz bir şekilde çevreye, doğaya zarar vermektedir. Fabrikalaşma, çarpık kentleşme, kontrolsüz nüfus artışları, dünyada var olan geçim kaynaklarını aşırı ve bilinçsiz bir şekilde kullanma durumu dünyayı büyük bir tehlike altına koyarak dünyanın mevcut doğal dengesini bozmaktadır. Sera gazı salınımı diğer çeşitli zararlı gazların salınımı da mevcut zarar verici etkilerin sonucunda çoğu zaman oluşan bir başka önemli bir sonuçtur. Sera gazlarının ciddi şekilde artması ve diğer sebeplerin oluşumu iklim değişikliğini de beraberinde getirmektedir. Dünyada olması gereken doğal akışın, atmosfer yapısının, yağış, sıcaklık değerlerinin kayda değer bir biçimde değişmesi durumu küresel iklim değişikliği adı altında tanımlanmaktadır. İklim değişikliği dünya için çok ciddi, önemli bir durumdur çünkü iklim değişikliği yani iklimlerin mevcut yapısının bozulması dünyanın doğal dengesini, olması gereken akışı bozmaktadır. İklim değişikliği ile beraber şiddetli yağmur yağışları, yağışlarla beraber oluşan yıkımlar, taşkın olayları, ekinlerin tahrip olması durumları, bazı bölgelerde şiddetli kuraklık, su kıtlıkları meydana gelmektedir. İklim değişikliğinin olası zararlı etkilerin azaltılması üzerinde yapılan çalışmalar arasında önemli bir konumda olan yağış şiddeti–süre–frekans eğrileri Yağış şiddeti–süre–frekans eğrileri bir bölgedeki belirli bir yağış süresi ve periyodu için yağış şiddetini vermektedir. Bu eğriler yardımıyla mühendislik alanında oldukça faydalı çalışmalar yapılabilir. Özellikle su kaynaklı yani suyun dahil olduğu yapılarda, drenaj sistemleri, barajlar, kanalizasyon hatları, taşkın önleyici yapılar vb. su yapılarında daha uygun projelendirme, daha güvenilir yapı yapılmasında, hesaplar doğrultusunda projenin ekonomisinde de bu eğriler önem arz etmektedir. Mühendislik yapıları çoğunlukla gözlenmiş tarihsel yağış verileri kullanılarak elde edilen yağış şiddeti–süre–frekans eğrileri aracılığı ile projelendirilmiştir. Fakat buradaki temel sıkıntı gelecekte oluşması muhtemel sorunlar, iklim değişikliğinin küresel düzeni ve doğayı değiştirmesi durumları bu eğrilerin her zaman kullanılması durumu engellemektedir. Çünkü eğriler o günün koşullarında oluşmuş yağışların gözlenmesi ile oluşmuştur. Çeşitli yeni durumları, küresel iklim değişikliğinin etkilerini barındırmadığından dolayı bu eğrileri sürekli kullanmak doğru tasarım için yeterli olmayabilir.

Bu çalışmanın amacı ise gelecek için küresel iklim değişikliğinin etkisi altında mevcut olan yağış şiddeti–süre–frekans eğrilerinin güncellenip tekrardan tahmin edilmesidir. Çalışma için seçilen istasyonlar Muğla, Ordu, Diyarbakır olup bu şehirlerin şiddet-süre-frekans iklim değişikliğinin olası etkileri hesaba katıldığında eğrilerinin güncellenmesin gerekip gerekmediği amaçlanmıştır. Çalışmada seçilen bu üç şehir farklı üç iklim tipine sahip olduğundan çalışma sonucu ile bazı bölgeler hariç Türkiye genelinde bir yorumlama yapılması amaçlandı. Çalışmanın başlanması için Muğla, Ordu, Diyarbakır için standart süreli yağış verileri (5, 10, 15, 30 dk, 1, 2, 6, 12, 24 saat), yıllık maksimum yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edildi. Geleceğe yönelik senaryoların üretilmesi için ise Meteoroloji genel Müdürlüğünden HADGEM-ES, MPI-MSE-MR ve GFDL-ESM2M iklim model verileri RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları ile birlikte temin edildi. Temin edilen iklim model verileri günlük yağış formunda bulunmaktadır. Çalışmada eğrilerin oluşturulması için model verilerinin günlük formdan standart süreli yağış formlarına getirilmesi gerekmiştir. Bu ayrıştırma işlemi için eşdeğer kuantil eşleştime modeli kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan iklim model verilerinin yıl aralığı 2023-2098 olarak seçildi.

Bu yıl aralığı 25 yıllık periyotlara ayrıldı. 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 şeklinde ayrılarak 3 farklı dönem şeklinde değişimler incelenmek istendi.
Ayrıştırma işlemi bittikten sonra tarihsel veriler ile gelecek yağış verileri kıyaslaması yapıldı. (2023-2048 RCP4.5 ve RCP8.5), (2049-2074 RCP4.5 ve RCP8.5), (2075-2098 RCP4.5 ve RCP8.5) verileri ile seçilen şehirlere ait tarihsel veriler kıyaslandı.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1 Küresel İklim Değişikliği

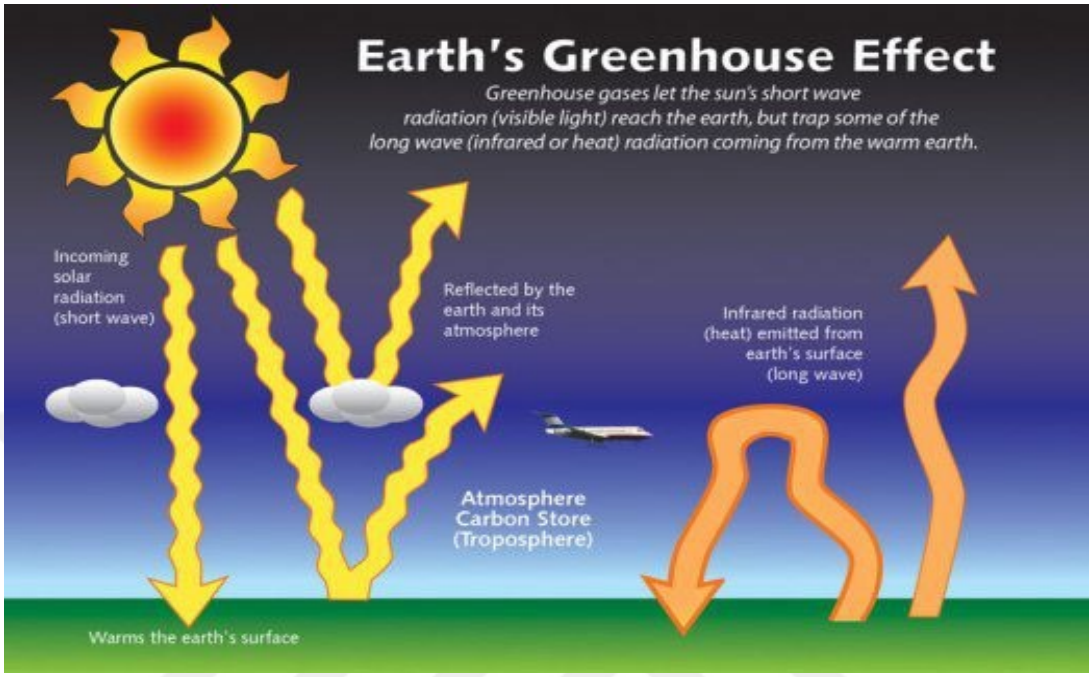
Dünya var olduğu günden itibaren değişime uğramış ve halen değişime uğramaktadır. Bu değişimin en önemli faktörü ise insanoğlu sayılabilir. İnsanoğlu dünyada olduğu ilk günlerden beri sürekli doğayla meşgul olmuş, doğanın yüzlerce nimetinden faydalanmıştır. Tabi bu faydalanmaların yanı sıra dünyaya birçok zarar vermeye başlamıştır. Hammadde arayışları, sömürgecilik, bölge hakimiyeti gibi sebeplerden ötürü savaşlar olmuş, bu savaşlardan ötürü de dünyada çok büyük tahribatlar olmuştur. Savaşların olmadığı dönemlerde teknolojide ilerlemeler, fabrikalaşma ile çoğunlukla fosil yakıt kullanımı, hızlı bir şekilde artan dünya nüfusu, bu artışla beraber yoğun tüketim anlayışı dünyayı çoğu noktada ciddi şekilde etkileyecek ve göz ardı edilemeyecek tehlikelerle karşı karşıya bırakan bir sorunu karşımıza şiddetli bir şekilde çıkarmıştır. Bu sorun küresel iklim değişikliğidir.

Küresel iklim değişikliği genel olarak sıcaklık artışı, kuraklıkla ilişkilendirilebilir. Fakat sadece bunlarla alakalı bir durum olarak değerlendirmek iklim değişikliğini tamamen anlamak adına yetersiz kalabilir. Sıcaklık artışı ve kuraklıkla ilişkilendirme aslında küresel ısınma kavramı etrafında yorumlanabilir. Küresel iklim değişikliği ise küresel ısınmayı içinde barındırarak birçok alanla ilişkilendirilen küresel çaplı bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu problemler buzul erimeleri, şiddetli yağışlar, sel, şiddetli rüzgarlar ve basınç değişimleri gibi sıralanabilir.

Küresel iklim değişikliğinde en önemli faktörlerden biri sera gazıdır. Sera gazının artması ile birlikte dünya olması gerekenden daha fazla ısınmaktadır. Bu gereğinden fazla ısınmanın kaynağını Türkeş (2000) %49 enerji kullanımı, %24 endüstri, %14 ormansızlaşma, %13 tarımsal faaliyetler olarak belirtmiştir.

Güneşten gelen ışınlar atmosferden geçerken filtrelemeye maruz kalıp bu şekilde geçmektedir. Geçen bu ışınlar dünyayı ısıtmaktadır. Dünyada atmosfer aracılığı ile bu ısı korunur. Isı kaybı engellenmeye çalışılır. Atmosferin bu ısıyı geçirme ve tutma durumu ise sera etkisi olarak tanımlanabilir. Demir (2019) bu durumla ilgili bu etki dünyanın olması gereken sıcaklık dengesini kurarak dünyayı daha yaşanılabilir

yapmaktadır şeklinde ifade etmiştir. Şekil 2.2.1 sera gazı etkisini görselleştirerek uygun ve açıklayıcı ifadelerle özetlemiştir.



Şekil 2.1.1 Sera Gazı Etkisi (Çevre portal, 2022)

Küresel iklim değişikliği sorunu için etkilediği alanlar ve konulara bağlı olarak çeşitli çalışma başlıkları oluşturulmuştur. Küresel iklim değişikliği çalışma konularına göre şu şekilde sınıflandırılabilir. Küresel iklim değişikliği ile yapılmış çalışmaların bir kısmı küresel modeller ve senaryolar üzerine yapılmıştır (Giannakopoulos vd., 2009; IPCC 2007; IPCC 2022a; IPCC 2022b; Sommer vd., 2010; Şen 2009; Tas ve Yildirim, 2021; Tayşi ve Özger, 2021). Diğer bir kısmı çevresel etkileri üzerinde olmuştur (Angelique ve Culley 2010; Buyukyildiz ve vd., 2009; Davis vd., 2010; Fields vd., 1993; Grasso vd., 2011; Kickert ve Krupa 1990; Schwartz 1992). Diğer bir ksımı buzullar üzerine çeşitli çalışmalar yapmıştır (Büyükyıldız vd., 2009; Dinar ve Mendelssohn 2009; Thompson 2010). Bir diğer konu başlığı ise küresel iklim değişikliğinin bölgesel etkileri olmuştur (Abreu ve Schönfelda 2003; Brunettia vd., 2003; Chen vd., 2003; Gosselin ve Mareschal, 2003; López-Moreno vd., 2008; Sertel vd., 2011; Şen vd., 2011). Bu çalışmalara ilaveten birçok çalışma daha gösterilebilir. Gün geçtikçe küresel iklim değişikliği ile ilgili çalışmalar artmakta önemi küresel olarak herkese yansıtılmaya çalışılmaktadır.

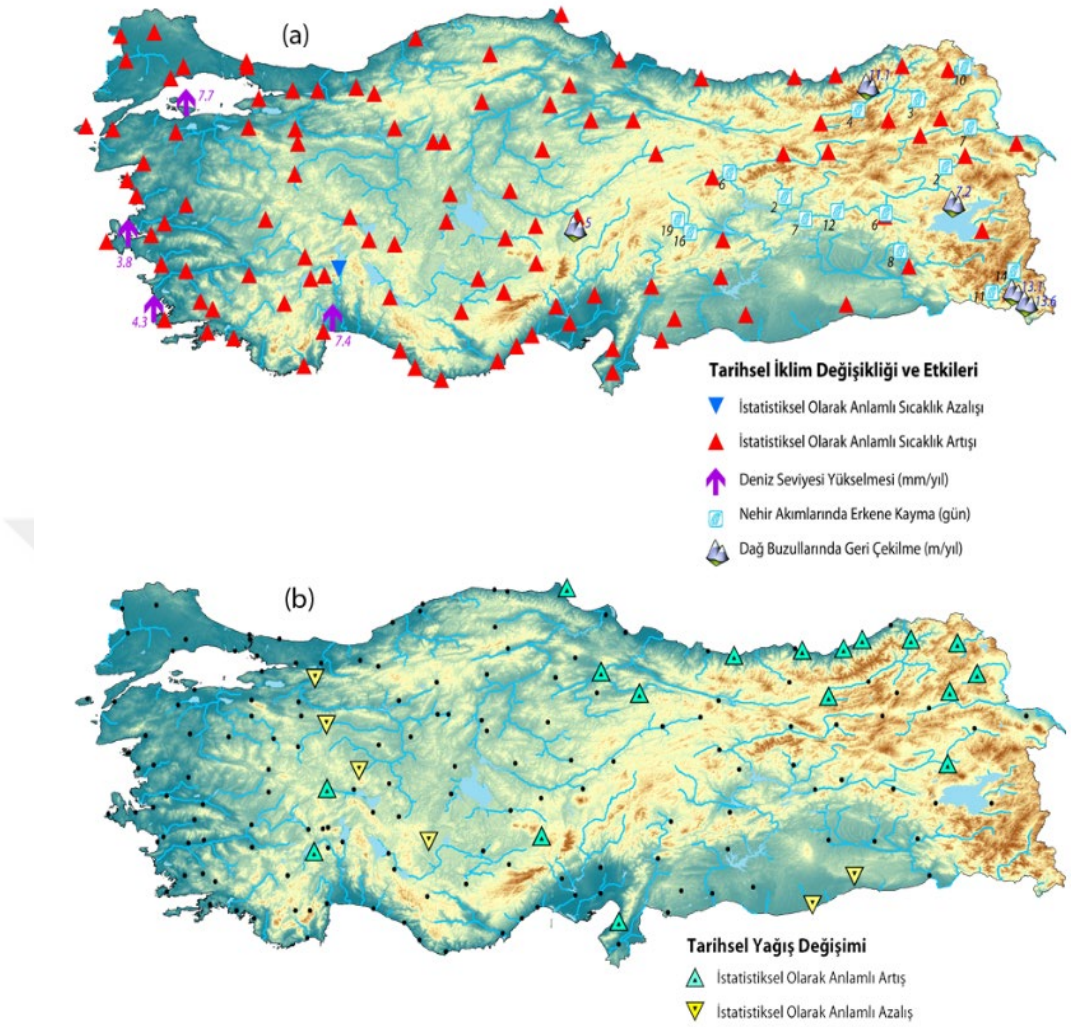
Gelişen teknoloji ve bilim sayesinde bu soruna daha iyi, kapsamlı ve çözüm üretecek yollar ve buluşlar sunulmaya devam etmektedir.

2.2 Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye

Küresel iklim değişikliği tüm dünyada ciddi bir tehdit olduğu gibi Türkiye için de aynı ciddi tehdit durumunu göstermektedir. Türkiye birçok iklim çeşidinin bulunmasından dolayı, özellikle küresel ısınmaya bağlı olarak oluşan iklim değişikliğinden en fazla etkilenen ülkelerden biridir. Üç tarafının denizlerle kaplı olması, topografik ve orografik özelliklerinden dolayı Türkiye'nin iklim değişikliğinden etkilenme durumu bölgelere göre farklı boyutlarda olması beklenen bir durumdur (Öztürk, 2002). Türkiye'deki iklim değişikliği durumu üzerine birçok çalışma yapılmıştır onlardan önemli olan birkaçı ise şunlardır (Aydemir ve Şenerol, 2014; Bazayıd, 2018; Önol vd., 2011; Şen vd., 2013; Türkeş, 2012; Varol ve Meltem, 2012). İklim değişikliğinin tarımla, turizmle, kuraklıkla ve küresel iklim değişikliğinin Türkiye üzerine olası etkileri üzerine çalışmalar yapmışlardır. Tablo 2.2.1'de iklim değişikliğinin etkileri ve etkileyebileceği alanlar gösterilmektedir. Azalan yüzey suları, artan kullanma suyu kıtlığı, sel, toprağın niteliğini kaybetmesi, orman yangınları, azalan tarımsal faaliyetler gibi etkilerin orta ve yüksek şiddet durumu belirtmesinden kaynaklı bu durumlarla daha önemli bir şekilde ilgilenilmesi gerektiği durumu ortaya çıkmaktadır. Bu etkiler doğrultusunda İklim değişikliğinin ne kadar yaygın bir alana ve duruma etki bıraktığı anlaşılmaktadır. Şen vd (2013) 1971-2011 yıllarını kapsayan yaptığı istatistiksel çalışmada iklim gözlemlerine göre sıcaklıkların Türkiye çapında artığını söylemektedir. Sıcaklık artışlarının yaz mevsiminden kaynaklı artışlar olduğunu ayrıca belirtmektedir. Sarıkaya (2011) çalışmasında son yarım asırda Türkiye'deki dağ buzullarında 5 ile 13,6 m arasında buzul çekilmesi olduğunu belirtmektedir. Bu çekilmedeki artışın iklim değişikliğine bağlı olarak artan son zamanlardaki sıcaklık artışından kaynaklı bir durum olduğu görülmektedir. Demir vd (2005) Türkiye'deki değişimler ile doğrudan bir ilgisi olmasa dahi Türkiye kıyılarında 3,8 ile 7,7 mm/yıl olarak deniz seviyesinde bir artış görüldüğünü ifade etmiştir. Literatürde birçok çalışmada ise Güneydoğu Anadolu, Doğu Anadolu bölgelerinde su sıkıntılarının ilerleyen yıllarda daha da artacağı, büyükşehirlerde ciddi nüfus artışı ve kentleşme oranının artması ile birlikte tarım arazileri orman arazilerinin azalıp, ciddi anlamda şu anki durumlarından daha tehlikeli bir duruma sebebiyet vereceği belirtilmiştir.

Tablo 2.2.1 İklim değişikliğinin etkileri ve Türkiye'de etkilenebilirlik arz eden sektörler/bölgeler (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012)

Etkiler	Şiddet	Etkilenebilecek Bölgeler	Etkilenebilecek sektörler/temalar
Nehir/hava rejimi değişmesi	Düşük	Tüm bölgeler	Ekosistem Hizmetleri ve Biyolojik çeşitlilik
Azalan yüzey suları	Orta	Batı Anadolu Bölgesi	Tarım, Su dağıtım şebeke altyapısı
Artan kullanma suyu kıtlığı	Yüksek	İstanbul, Aydın, Nevşehir, Bursa, Ankara	Kentsel alanlar
	Orta	Afyon, İzmir, Kayseri, Manisa	Tarım, sanayi, enerji
Sel	Orta	Karadeniz, Güneydoğu Anadolu	Tarım çiftçisinin ayakta kalması, insan sağlığı
Toprak kaybı/tuzluluk	Düşük	Marmara harici bölgeler	Turizm, ekosistem hizmetleri, biyolojik çeşitlilik, deniz ürünleri
Topraksızlaşma/toprağın niteliğini kaybetmesi	Orta	Güney Batı Anadolu	Tarım çiftçisinin ayakta kalması, gıda güvencesi, derin olmayan göller ve sulak alanlar
Kıyı erozyonu	Düşük	Karadeniz Bölgesi	Balıkçılık, işsizlik
Denizsel ekosistem bozulması	Düşük	Akdeniz, Ege, Karadeniz	Ekosistem hizmetleri, biyolojik çeşitlilik
Orman yangınları	Orta	Batı Anadolu Bölgesi	Turizm, tarım
Türlerin yaşamak için başka alana göçmesi	Düşük	Akdeniz Bölgesi	Turizm, tarım, gıda güvencesi
Azalan tarımsal prodüktivite	Orta	Akdeniz ve Ege kıyıları	Tarım (istihdam), gıda güvencesi
Azalan hidroenerji potansiyeli	Düşük	Akdeniz Bölgesi	Enerji, sanayi
Azalan deniz ürünleri üretimi	Düşük	Akdeniz Bölgesi	Tarım, gıda güvencesi, su dağıtım şebekesi



Şekil 2.2.1 (a) sıcaklık, deniz seviyesi, nehir akımları, dağ buzulları, (b) yağış değişimlerinin gösterimi (Şen vd., 2013)

Şekil 2.2.1 (a)'da görüldüğü üzere 1971-2011 yıllarını kapsayan tarihsel periyotta iklim değişikliğine bağlı parametrelerin bazıları gösterilmiştir. Sıcaklık bakımından incelenmek istenirse Türkiye'nin tamamında neredeyse sıcaklık artışı görülmüştür. Marmara, Ege, Akdeniz kıyılarına bakıldığında 3,8-7,7 cm arasında değişen değerlerde deniz seviyesinde artış olduğu görülmektedir. Fırat, Dicle ve Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu'daki diğer nehirlerde erkene kayma durumları görülmüştür. Ayrıca hangi dağlarda buzul erimesi olduğu da şekilde görülmektedir. Şekil 2.2.1 (b)'de ise özellikle Orta ve Doğu Karadeniz'de zamanla birlikte iklim değişikliğine bağlı olarak artış gözlemlenmiştir.

2.3 Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 1988 yılında İsviçre'de kurulmuştur. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP), Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından kurulan panel bilimsel çalışmalar ışığında küresel iklim değişikliğiyle olan savaşı, iklim değişikliğinin olası etkileri ve bu etkilerle oluşabilecek çeşitli senaryolar üreterek iklim değişikliği hakkında küresel olarak ayrıntılı çalışma ve raporlar sunan bir kuruluştur.

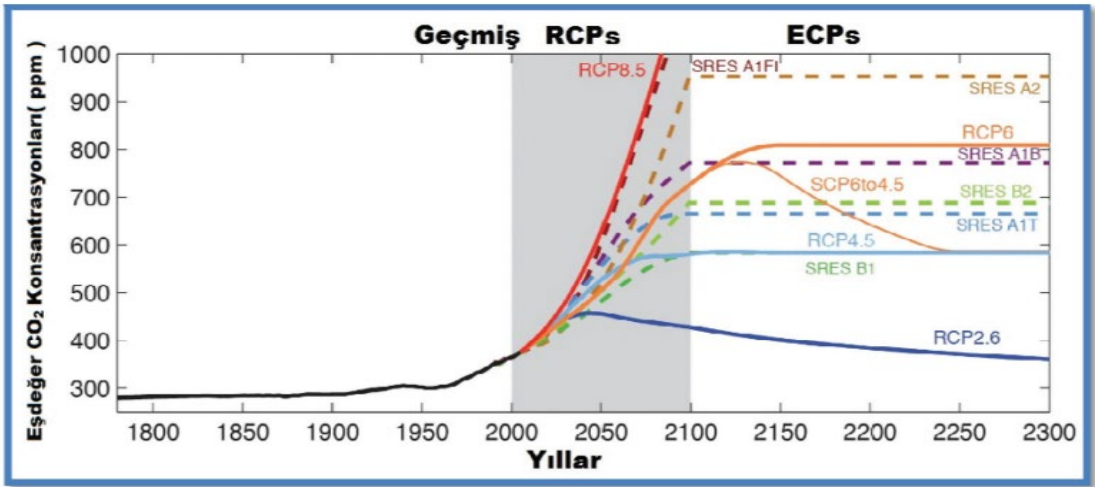
Her 5 ila 7 yılda bir, iklimdeki değişimi küresel olarak inceleyip geldiği durumu çeşitli raporlar eşliğinde sunmaktadır. Bu raporlardan ilki 1990 (FAR), ikincisi 1996 (SAR), üçüncüsü 2001 (TAR) ve dördüncüsü de 2007 (AR4) yılında yayınlanmıştır. (URL 1) Raporlar çok ciddi çalışmalar eşliğinde dünyanın dört bir yanından alanında uzmanlaşmış bilim insanları tarafından hazırlanmış olup küresel anlamda çok önemli bir konu üzerine her geçen gün daha da çalışmalar yürütülmektedir.

IPCC'nin en önemli çalışmalarından biri geleceğe yönelik alternatif durum ve senaryoların belirtilmesidir (Berberoğlu vd., 2016). Berberoğlu vd (2016) yaptığı çalışmada IPCC raporlarının karşılaştırmalı olarak neler ifade ettiğini ve rapor içeriği hakkında çeşitli bilgiler vermiştir. IPCC 25. oturumu için bu oturuma kadar iklim değişikliği ile ilgili senaryoları koordine etmekte olduğunu fakat 25. oturumunda IPCC (2006) senaryo koordine etmekten ziyade senaryo geliştirme çalışmalarına yoğunlaşmasına bunları kolaylaştırma ve yeni senaryoların geliştirme işlerinin araştırma ekiplerinin yürütmesine karar verdiğini belirtmiştir. IPCC'nin 25. oturumda aldığı kararlar doğrultusunda 2007 yılında yapılan toplantıda senaryolarla ilgili yeni kararlar alınmış, yeni yaklaşımlarla birlikte yeni konsantrasyon senaryoları Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCP: Representative Concentration Pathways) olarak adlandırmıştır. Aynı toplantıda tanımlanan özellikler bakımından ve ışınımsal zorlama seviyeleri ve rotaları için 4 adet RCP tipi tanımlanmıştır. Bunlar ışınımsal zorlama değerleri en küçükten en büyüğe sırası ile RCP3- PD(RCP2.6), RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5'dir (Berberoğlu vd., 2016).

Tablo 2.3.1 SRES ve RCP senaryoları için 2100 yılında yaklaşık eşdeğer CO_2 Konsantrasyonları (ppm).(MGM, 2015)

SRES	RCP	2100 yılında yaklaşık eşdeğer CO_2 konsantrasyonları (ppm)
A1F1		1500
	8.5	>1370
A1B		850
	6	850
B2		800
	4.5	650
B1		600
	2.6	490

SRES raporları emisyon özel raporu olarak bilinmektedir. SRES senaryoları dört ana senaryo ailesi (A1, A2, B1 ve B2) ve bunların da kendi içlerinde farklı senaryolara ayrıştırılması ile üretilmiştir (MGM, 2015). Şekil 2.3.1'de görüldüğü üzere SRES ve RCP konsantrasyonları karşılaştırıldığında A1B, B2 ve RCP6'nın karbondioksit konsantrasyonunun benzer olduğu görülmektedir. B1 ve RCP4.5 karbondioksit konsantrasyonunun benzer olduğu RCP2.6 değerinin ise diğerlerinden değer olarak uzak olduğu görülmektedir. SRES senaryoları 1997'de oluşturulmaya başlandı. İlk model sonuçları, 2001'de IPCC 3. Değerlendirme Raporu'nda kullanılmasına rağmen, ayrıntılı değerlendirmeler 2007'deki IPCC 4. Değerlendirme Raporu'nda görülebilmiştir (MGM, 2015).



Şekil 2.3.2 SRES ve RCP' nin gelecek için konsantrasyon değerleri (ppm) (MGM, 2015)

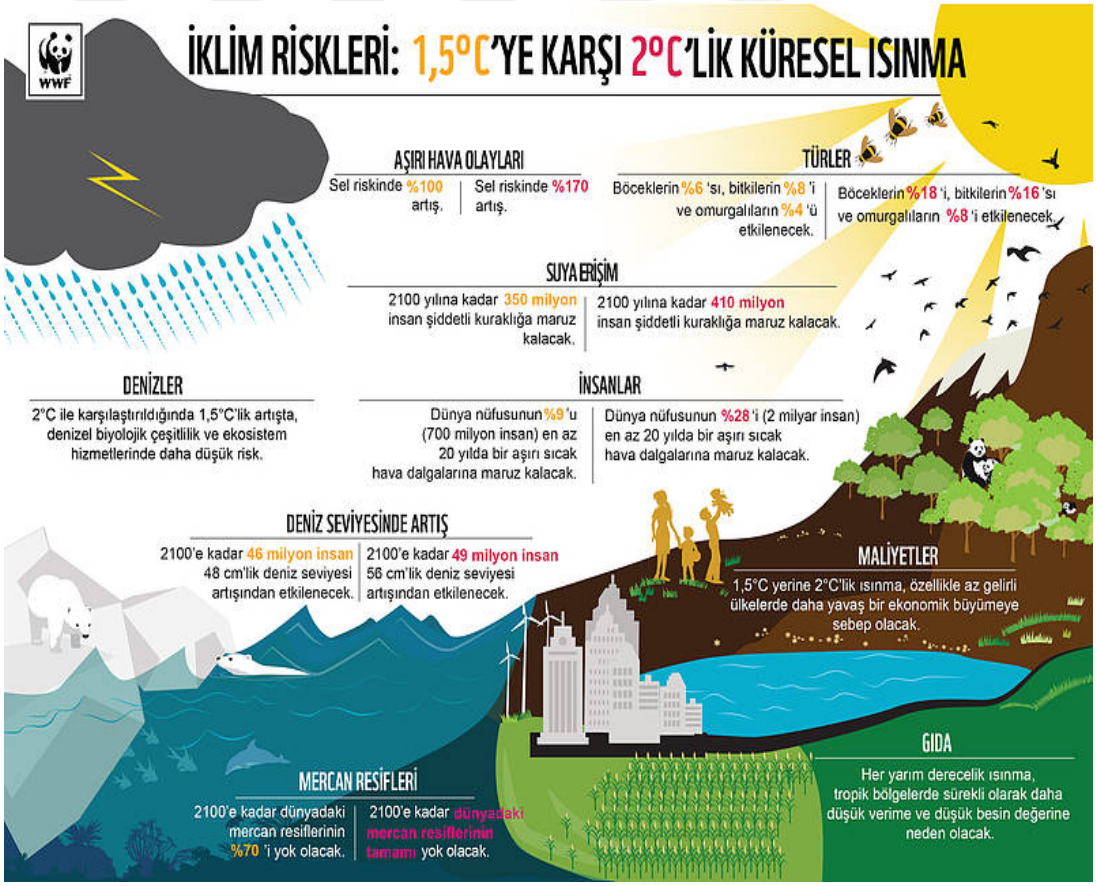
Şekil 2.3.2'de görüldüğü üzere 2000-2100 yılları arası değerlerin ciddi şekilde arttığı görülmektedir. Bu değerlerin ciddi artış göstermesi durumu dikkate alınması gereken bir durum olup IPCC raporlarında ayrıntılı bir şekilde belirtilmektedir. IPCC' nin en son yayınlanan raporu 6. Değerlendirme Raporu kapsamında İkinci Çalışma Grubu'nun hazırladığı "İklim Değişikliği: Etkiler, Uyum ve Etkilenebilirlik başlığı 2022 şubat ayında yayınlandı. Türkeş (2022) bu raporun değerlendirmesini çalışmasında ayrıntılı bir şekilde belirtmiştir. Raporla alakalı olarak ekosistemlerin ve insanların sıkı bir bağ içinde olduğunu ve iklim değişikliğinden ciddi bir şekilde etkilenebileceğini, iklim değişikliğine göre sayısız alan ve sektörün tahmin edilemeyecek boyutlarda sıkıntılarla karşılaşabileceğini belirtiyor.



Şekil 2.3.4 Eşzamanlı aşırı olayların (ekstremler) riskleri birleştirmesinin bazı örneklerle birlikte çizimsel gösterimi (Türkeş, 2022)

Şekil 2.3.4'te görüldüğü üzere sıcaklık dalgaları ve kuraklıkların artışıyla başlayan risk zinciri ve beraberinde etkilenecek alanlar ve durumlar gösterilmiştir. IPCC'nin son raporunda bu durumun üzerinde önemli bir şekilde durulmuştur. Ayrıca küresel iklim değişikliğinin en önemli sebebinin insan kaynaklı olduğu diğer raporlarda belirtildiği gibi bu raporda da belirtilmiştir. Türkeş (2022) kısa vadede risklerle ilgili küresel ısınmanın $1{,}5^{\circ}C$ 'ye ulaşması iklim değişikliğinin getireceği sonuçların kötü

durumunu ciddi şekilde etkileyeceğini belirtiyor. Orta ve uzun vadeli riskler için 127 kilit riskin olduğunu yeterli ve sıkı önlemler alınmadığı takdirde raporda belirtilenden daha vahim sonuçlar doğuracağını da ayrıca belirtiyor. Şekil 2.3.5'te WWF (Dünya Doğayı Koruma Vakfı)'nin bir çalışmasında belirtilmiş olan çalışmada iklim değişikliğinde $1{,}5^{\circ}C$ 'ye karşı $2^{\circ}C$'lik küresel ısınma durumunda ne gibi durumlarla karşılaşacağını her iki sıcaklık değeri için karşılaştırmalı olarak belirtmiştir. Aşırı hava olayları durumu için $1{,}5^{\circ}C$'lik sıcaklık artış değeri için sel riskinde %100 artış beklenirken $2^{\circ}C$'lik bir sıcaklık artış değerinde %170 sel riski artışı beklendiği gösterilmektedir. $1{,}5^{\circ}C$'lik sıcaklık artışında 2100 yılına kadar 350 milyon insanın şiddetli kuraklığa maruz kalacağı $2^{\circ}C$ 'lik sıcaklık artışın da 2100 yılına kadar 410 milyon insanın şiddetli kuraklığa maruz kalacağı belirtiliyor.



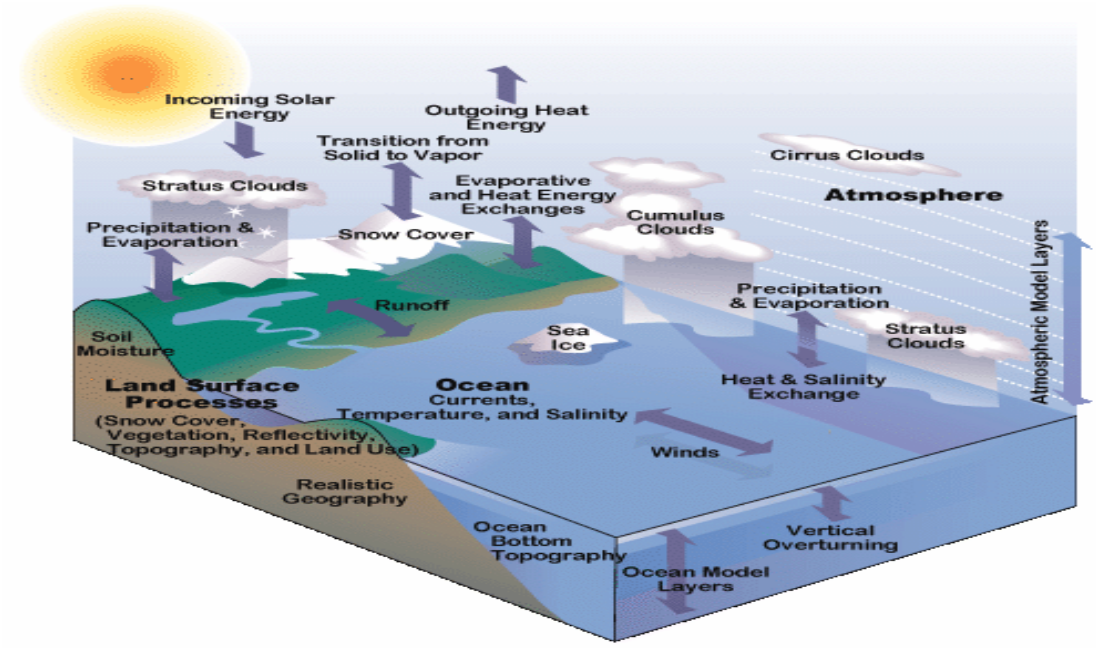
Şekil 2.3.5 iklim değişikliğinde $1{,}5^{\circ}C$ 'ye karşı $2^{\circ}C$'lik küresel ısınma durumu (WWF, 2022)

2.4 Küresel İklim Modelleri

Küresel iklim değişikliğinin git gide artan bir şekilde önümüze çıkması durumundan dolayı birçok kuruluş bu konuyla yakından ilgilenerek bu tehdidin önüne geçmeyi ve

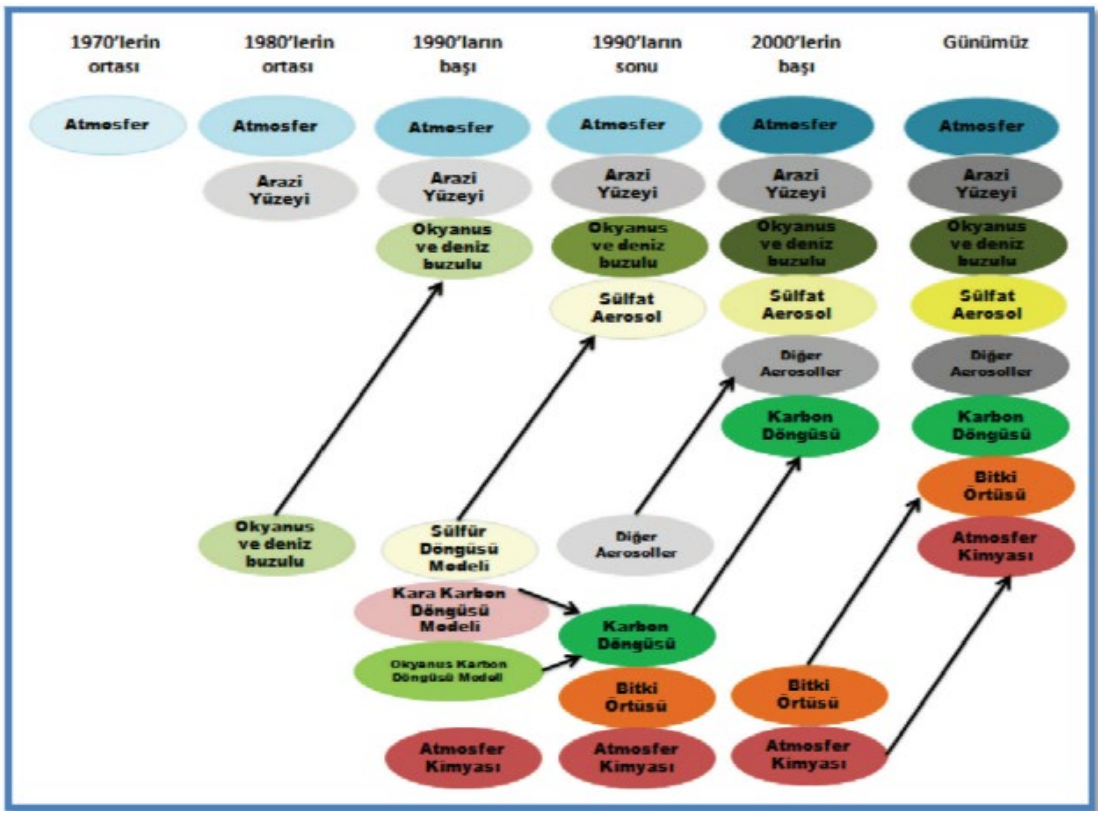
iklim değişikliğinin olası zararlarını hafifletmek ve önlemek amacıyla çeşitli çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalardan yakın tarihte yapılmış olup iklim değişikliği konusu hakkında küresel olarak bilgi vermeyi amaçlayan bir çalışma olarak küresel iklim modelleri oluşturulmuştur. Küresel iklim modelleri çeşitli senaryolar üreterek dünyanın geleceği hakkında iklim konusu üzerine çeşitli zorlu hesaplamalarla sayısal veriler vermektedir. Bu veriler ışığında dünyanın herhangi bir noktasında sıcaklık ve yağış hakkında sayısal veriler ışığında senaryolar üretilip, olası durumlar yorumlanabilmektedir. Bu çalışmaların önemli olmasının bir sebebi bizlere gelecek hakkında yorumlama yapabilmemizi ve oluşması muhtemel durumlar için önceden daha hazırlıklı olabilmeyi ve önlemler alabilmeyi sağlamaktadır. Büyük bir tehdit olarak görebileceğimiz konu için bizlere büyük bir fayda sağlayabilmektedir.

İlk küresel model NOAA (Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi) tarafından 1960 yılında gerçekleştirilmiştir. Küresel iklim modelleri oluşturulması gerçekten zor hesaplama basamakları uzun ve zahmetli olan bir çalışmadır. İklim modellerinin zor olmasının en önemli sebebi iklimin sürekli bir şekilde değişmesi, durağan olmamasıdır. Diğer bir sebebi ise iklimin birçok bileşeninin olması bu bileşenlerden herhangi birinin değişmesi durumunda ise birçok ekstra farklı durumun oluşmasıdır. Küresel iklim modelleri, IPCC aracılığı ile oluşturulmuş senaryolardan yardım alınarak oluşturulmaktadır.



Şekil 2.4.1 İklimi oluşturan bileşenler ve birbiri ile olan ilişkiler (TRGM, 2022)

Şekil 2.4.1'de görüldüğü üzere iklim ve onu oluşturan bileşenlerin çokluğu ve karmaşık ilişkileri görülmektedir. Güneş, atmosfer ve katmanları, su kütleleri, yeryüzündeki kara parçaları, toprağın kendi iç döngüsü, buzullar ve erime durumları ve dahada ayrıntılı bileşenler iklim döngüsünün içinde yer almaktadır. İklim döngüsünün içindeki sabit olmayan ilişki iklimdeki değişimleri hesaplayabilmek ve net bir şekilde tanımlayabilmeyi zorlaştırıyor.



Şekil 2.4.2 Küresel iklim modellerinin gelişimi (IPCC, 2001)

Küresel iklim modelleri 10 ila 80 seviye, yatayda ise 200 ila 600 km çözünürlükte olup 3D (boyutlu) görüntülerle, (gridlerle) tanımlanmaktadır (MGM, 2015). Bu yöntemle küresel anlamda iklim değişikliği hakkında bilgiler verilebilmekte fakat noktasal olarak bir değerlendirme yapılması konusunda ölçek büyüklüğünden ötürü tam bir bilgi alınamamaktadır.1960'lar öncesine kadar model oluşturmak için yeterli ekipman ve bilgiye sahip olunmamasından ötürü o tarihe kadar yapılmış çalışmalar sınırlı şekilde kalmıştır. Hesaplarda zorlanılmış çünkü hesaplama adımları ve denklem sayıları karışık ve uzun bir halde bulunmaktaydı.1970 ve sonrasında bilgisayar sistemlerin gelişmeye başlaması ve teknolojideki ilerlemeler iklim modellerini

oluşturma bakımından bir dönüm noktası olmuştur. Çünkü bu ilerlemeler ile birlikte kompleks işlemler, karmaşık denklemlerin çözülmesi, daha uzun verilerle çalışılma durumlarına fırsat doğmuştur. Şekil 2.4.2'de görüldüğü üzere özellikle 1990'lı yıllardan itibaren modellerin içeriği zenginleştirilmiş modellerin daha doğru ve güvenilir sonuçlar vermesi sağlanmıştır. Modellere eklenen çeşitli parametreler modeli daha da zenginleştirmesiyle beraber paralel olarak da işlem adımları, modelin oluşma süreci de uzun yıllar almaktadır.

Tablo 2.4.1 Seçilen küresel modellerin özellikleri (MGM, 2015)

Seçilen Küresel İklim Modeli	**HadGEM2-ES**	**MPI-ESM-MR**	**GFDL-ESM2M**
Küresel Model Çözünürlüğü (km)	112,5	210	220
Kaynak Enstitü	Hadley Center / İngiltere	Max Planck / Almanya	Noaa-GFD Labaratuarı / Amerika
Seçilen Senaryolar	RCP4.5-RCP8.5	RCP4.5-RCP8.5	RCP4.5-RCP8.5
Referans Periyodu	1971-2000	1971-2000	1971-2000
Projeksiyon Periyodu	2016-2099	2016-2099	2016-2099
Kullanılan Bölgesel İklim Modeli	RegCM4.3.4	RegCM4.3.4	RegCM4.3.4
Üretilen Projeksiyonların Çözünürlüğü (km)	20 km	20 km	20 km

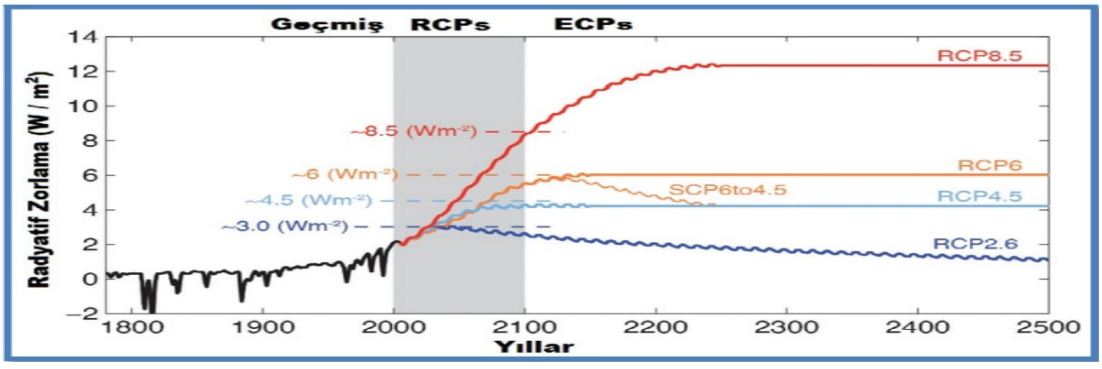
Çalışmada kullanılan küresel iklim modelleri HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M olarak belirlendi. Bu modellerin seçilmesinin sebebi Meteoroloji Genel Müdürlüğünün bünyesinde üzerinde çalışma yapılan iklim modellerinin bunlar olması ve bu modellere ait verilerin daha rahat elde edilebilmesidir. Modellerin ayrıntılı bilgisi bir sonraki bölümlerde verilmiştir. Bu modellerin dışında birçok model daha bulunmaktadır. Modeller üzerinde çalışma, verileri düzenleme işlemleri çok uzun süreler aldığından (MGM) sadece bu üç modeli kullanmaktadır. Küresel bir iklim

modeli yapmak aşırı derecede yoğun bir çaba istemekte ve üzerinde çalışmalar yapıp veri elde etme durumu çok uzun yıllar alabilmektedir. Küresel modelleri hakkında özet bilgiler Tablo 2.4.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2.4.2 RCP tipleri ve özellikleri (MGM, 2015)

RCPs	Işınımsal Zorlama	Zaman	Işınımsal Zorlama Değişimi	Toplam Konsantrasyon (CO2 eşdeğer)	Emisyonlar (KYOTO protokolü sera gazları)
RCP 8.5	>8.5 W/m^2	2100'de	Yükselme	~1370 ppm (2100'de)	2100'e kadar artış devam ediyor
RCP 6.0	~6.0 W/m^2	2100 sonrası	Hedefi geçmeden Stabilizasyon	~1370 ppm (2100'de)	Yüzyılın son çeyreğinde düşüş
RCP 4.5	~4.5 W/m^2	2100 öncesi	Hedefi geçmeden Stabilizasyon	~ 650 ppm (2100'de)	Yüzyılın ortalarından itibaren düşüş
RCP3-PD / RCP2.6	~3.0 W/m^2	2100 öncesi	3.0 W/m^2 'e ulaşmadan zirve ve düşüş	Zirve ~ 490 ppm ve düşüş (2100'de)	Yüzyılın ilk çeyreğinde düşüş

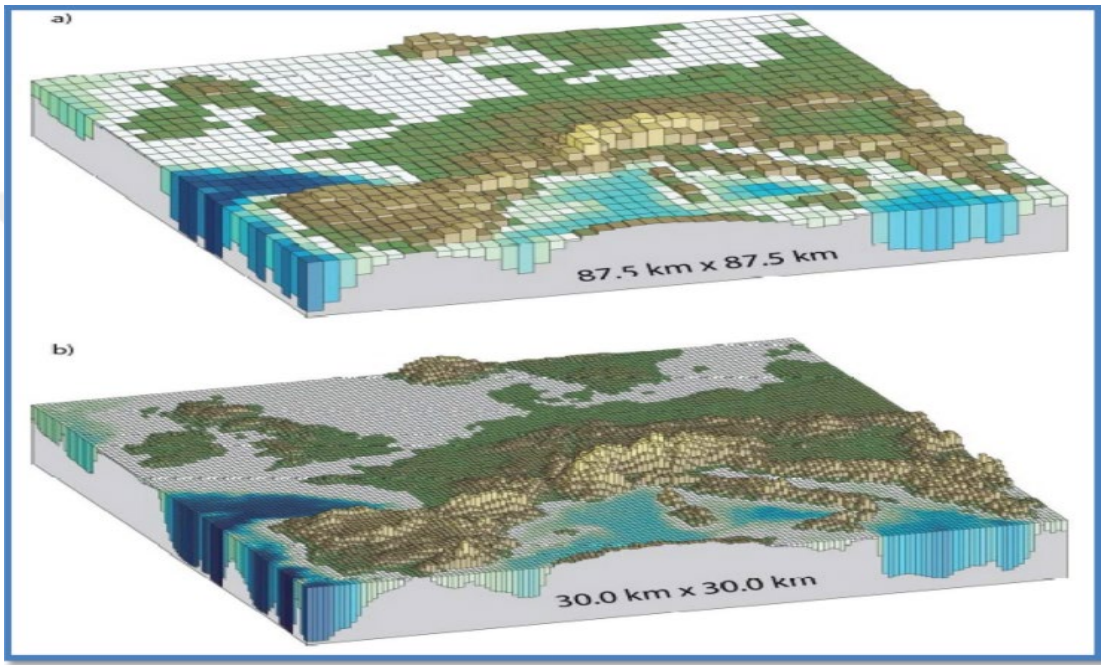
Tablo 2.4.2 'de RCP tipleri ve özellikleri verilmekte olup, tablodaki RCP tiplerine bakılacak olursa RCP 8.5 en tehlikeli senaryoyu belirten yüksek ışınımsal zorlama ve konsantrasyona sahip senaryo tipidir. RCP 6.0 ve RCP 4.5 orta seviyeli sınıfta bulunan ışınımsal zorlama senaryolarıdır. En düşük ışınımsal zorlamaya sahip olan senaryo RCP 3.0'dır. Şekil 2.4.3'de görüldüğü üzere RCP8.5 senaryosuna göre 2000-2250 yılları arası bir artış olduğu RCP6.0 VE RCP4.5 orta seviyeli senaryolarına göre 2000-2150 yıllarına kadar bir artış olduğu ve sonrasında sabit kalacağı öngörülmüştür. En düşük senaryo RCP2.6 senaryosuna göre 2050 yılından sonra sürekli bir düşüş olacağı gösterilmiştir.



Şekil 2.4.3 Küresel toplam ışınımsal zorlama (MGM, 2015)

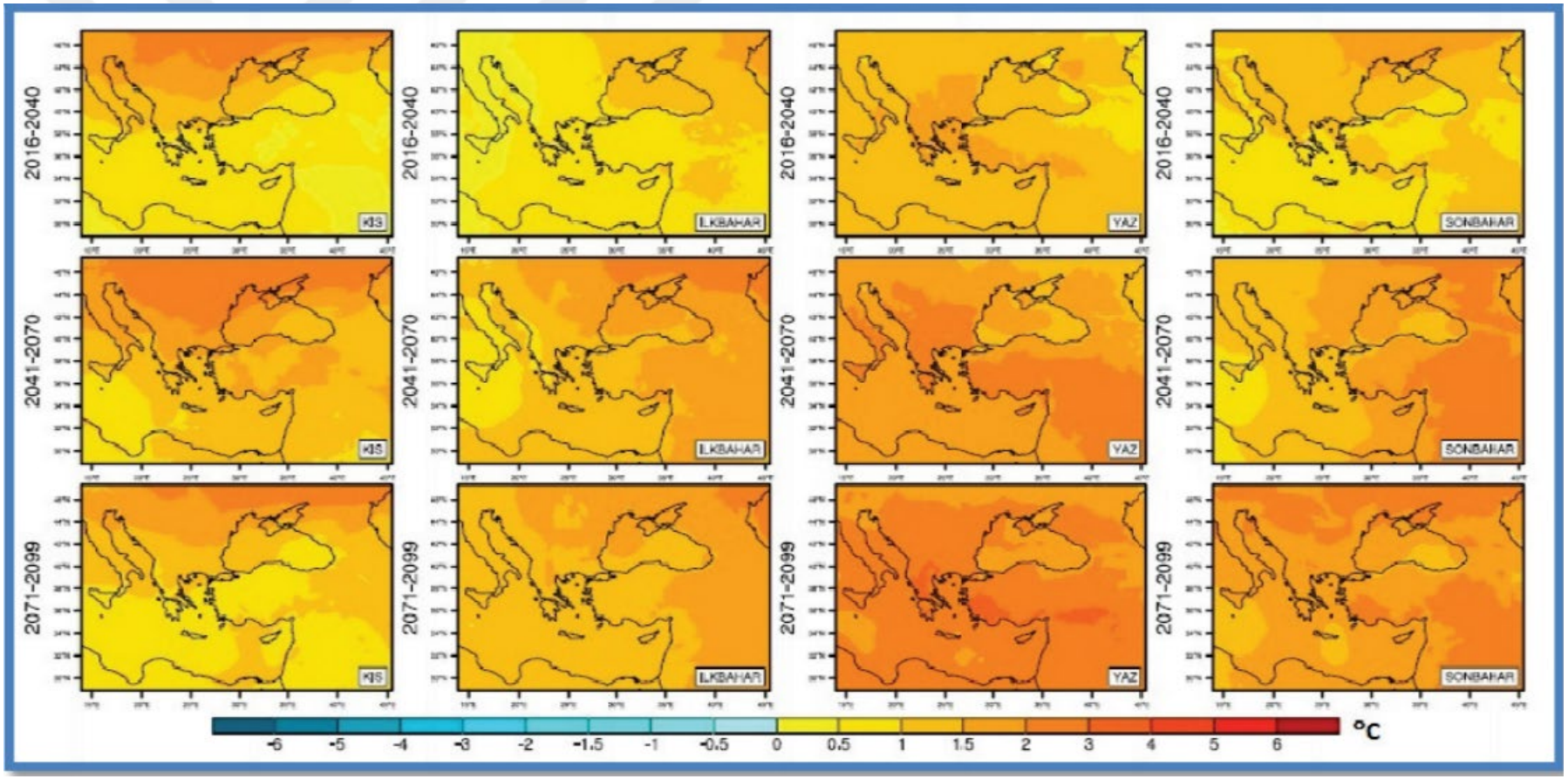
2.4.1 Küresl iklim modeli ölçek küçültme ve bölgesel iklim modelleri

Küresel iklim modelleri çok büyük ölçekli modeller olduğundan bölgesel veya herhangi bir noktaya dair ayrıntılı bilgi vermekte zorlanmakta hatta verememektedir. Bu modeller küresel olarak genel bir yorumlama açısından faydalı modellerdir. Bölgesel veya noktasal olarak ayrıntılı bilgi alınması açısından çok yüksek çözünürlükte olan (RCMs) bölgesel iklim modelleri oluşturulmaktadır.



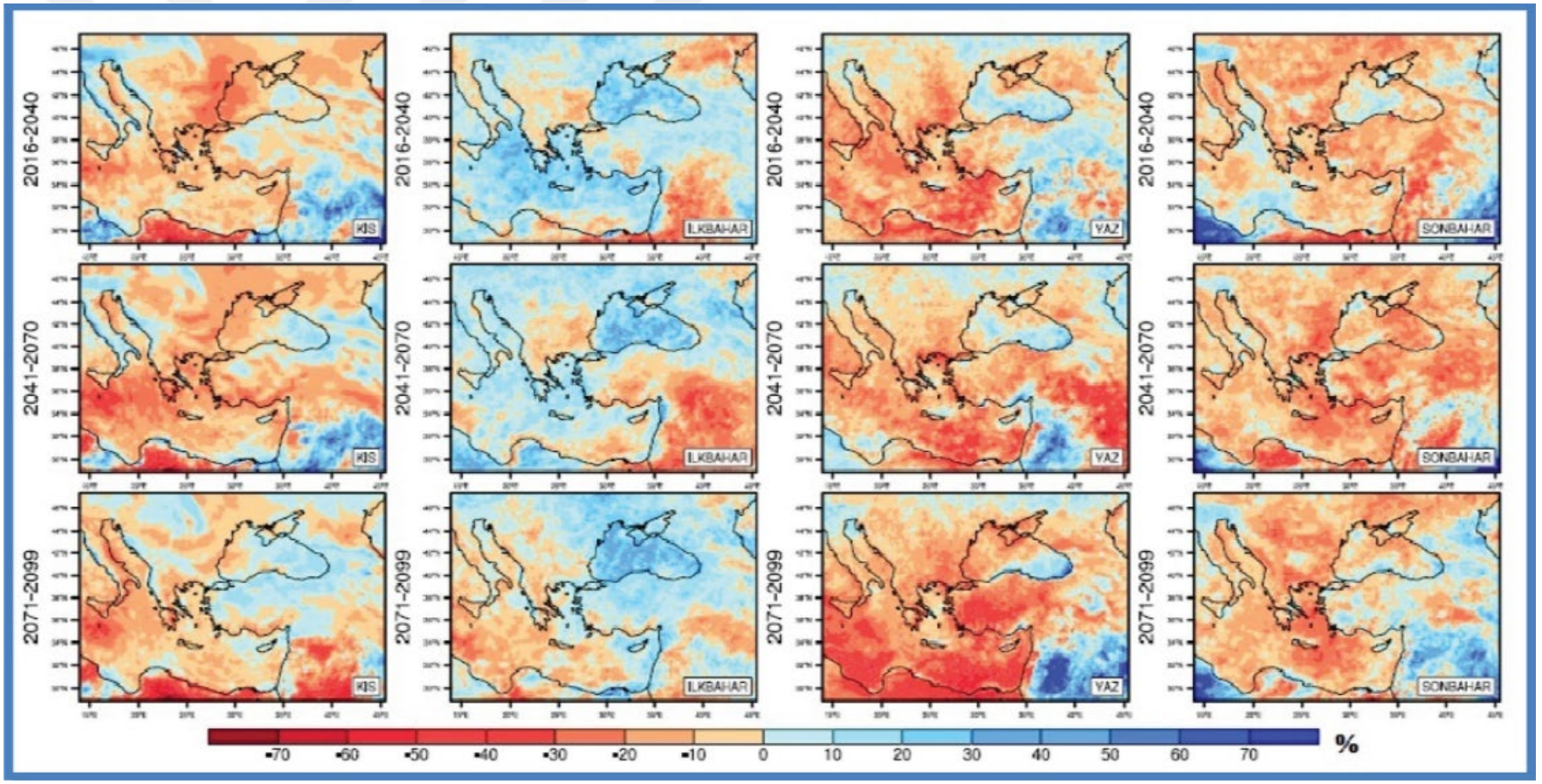
Şekil 2.4.1.1 (a) düşük çözünürlük, (b) yüksek çözünürlük (MGM, 2015)

Şekil 2.4.1.1'de görüldüğü üzere yüksek çözünürlüklü iklim modelleri istenilen alan hakkında daha ayrıntılı bilgi vermektedir. Yüksek çözünürlüklü iklim modelleri iklim koşullarını daha iyi yorumlamayı ve bünyesinde bunu daha iyi yansıtabilmeye sağlamaktadır. Çalışmada kullanılan iklim modelleri de MGM tarafından RegCEM4.3.4 bölgesel iklim modeli yardımı ile daha iyi ve daha yüksek çözünürlüklü model verileri üretmiş olup, bu veriler ışığında daha güvenilir çalışmalar yapılmıştır.



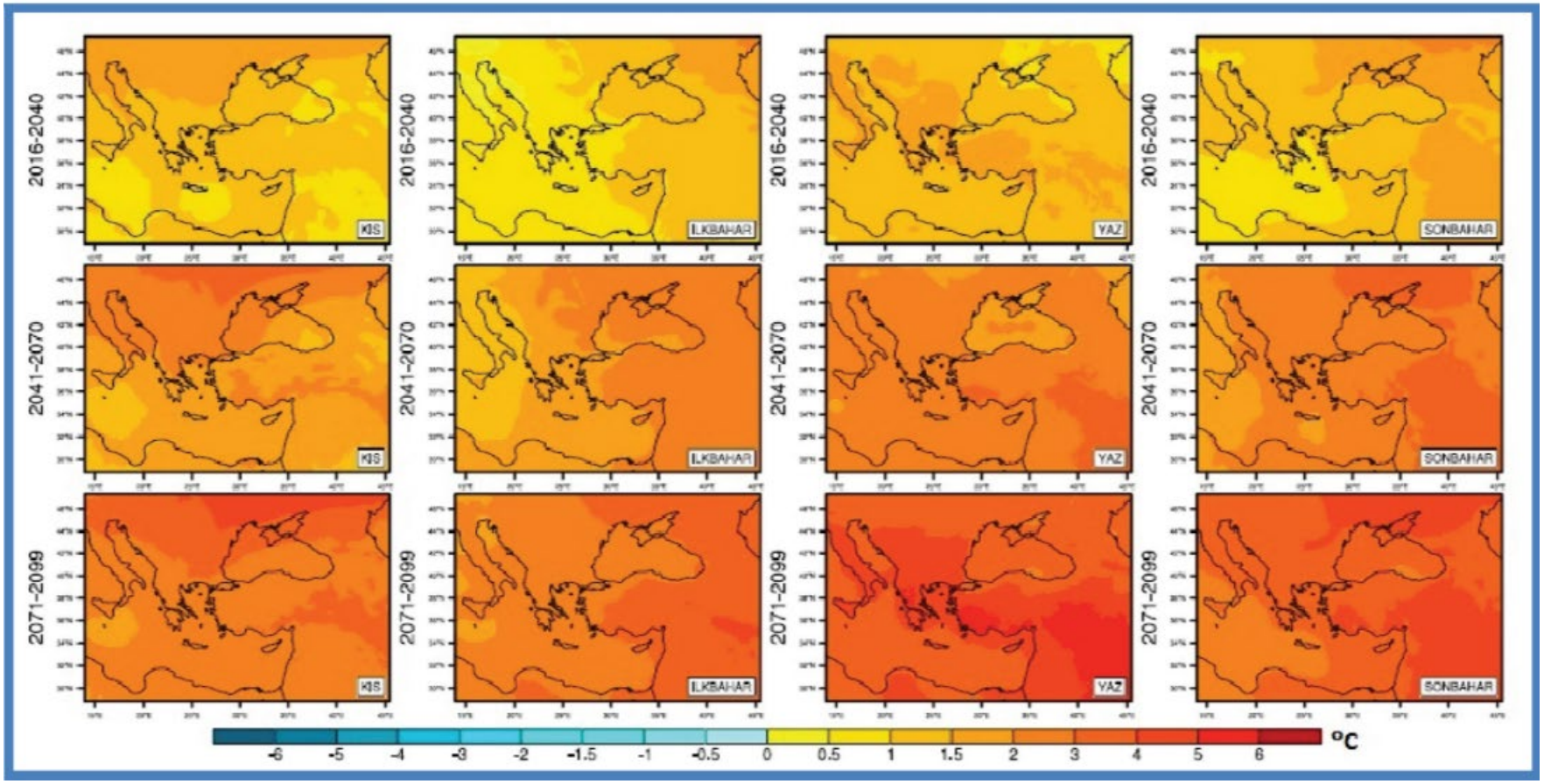
Şekil 2.4.1.2 RCP4.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli sıcaklık projeksiyonları (GFDL-ESM2M modeli) (MGM, 2015)

GFDL-ESM2M modeli için RCP4.5 senaryosuna göre sıcaklık projeksiyonları şekil 2.4.1.2'de gösterilmiştir. Şekil yorumlanacak olursa 2016-2040 yılları arası ortalama 1 ℃ ila 2 ℃ arasında artığı, 2041-2070 yılları arası 2 ℃ ila 3 ℃ arasında arttığı 2071-2099 yılları ise özellikle yaz aylarında 4 ℃'ye kadar olan artışların olduğu gözlemleniyor.



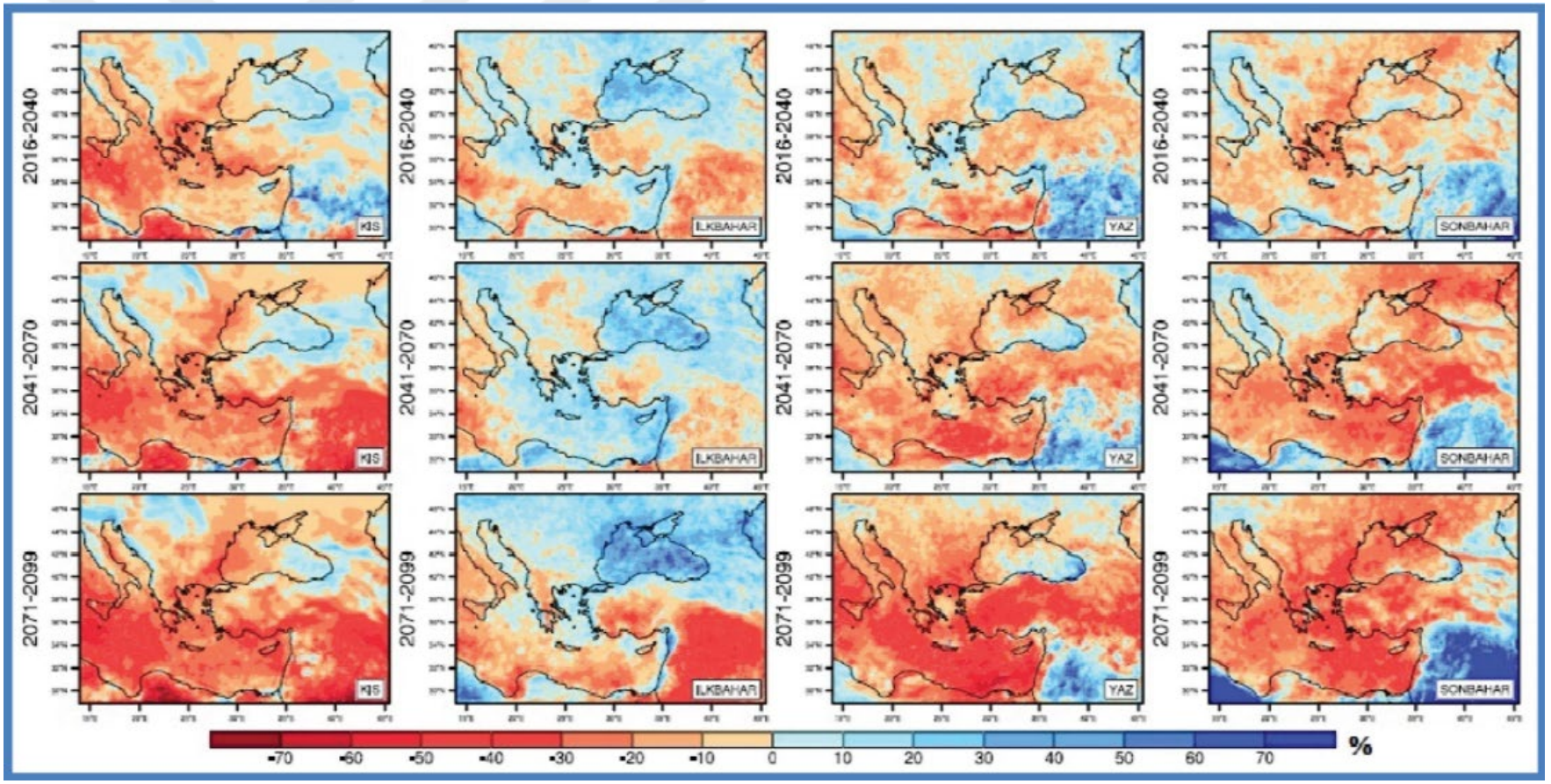
Şekil 2.4.1.3 RCP4.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli yağış projeksiyonları (GFDL-ESM2M modeli) (MGM, 2015)

GFDL-ESM2M modeli için RCP4.5 senaryosuna göre yağış projeksiyonları şekil 2.4.1.3'te gösterilmiştir. 2016-2040 yılları arası ilkbahar döneminde yağışların %20 ila %30 arasında arttığı, 2041-2070 yılları arası ise bir önceki periyoda göre tüm mevsimlerde yağışların azaldığı, daha sonraki dönemde ise ilkbaharda artışın yaz ayında ise ciddi bir azalışın olduğu görülüyor.



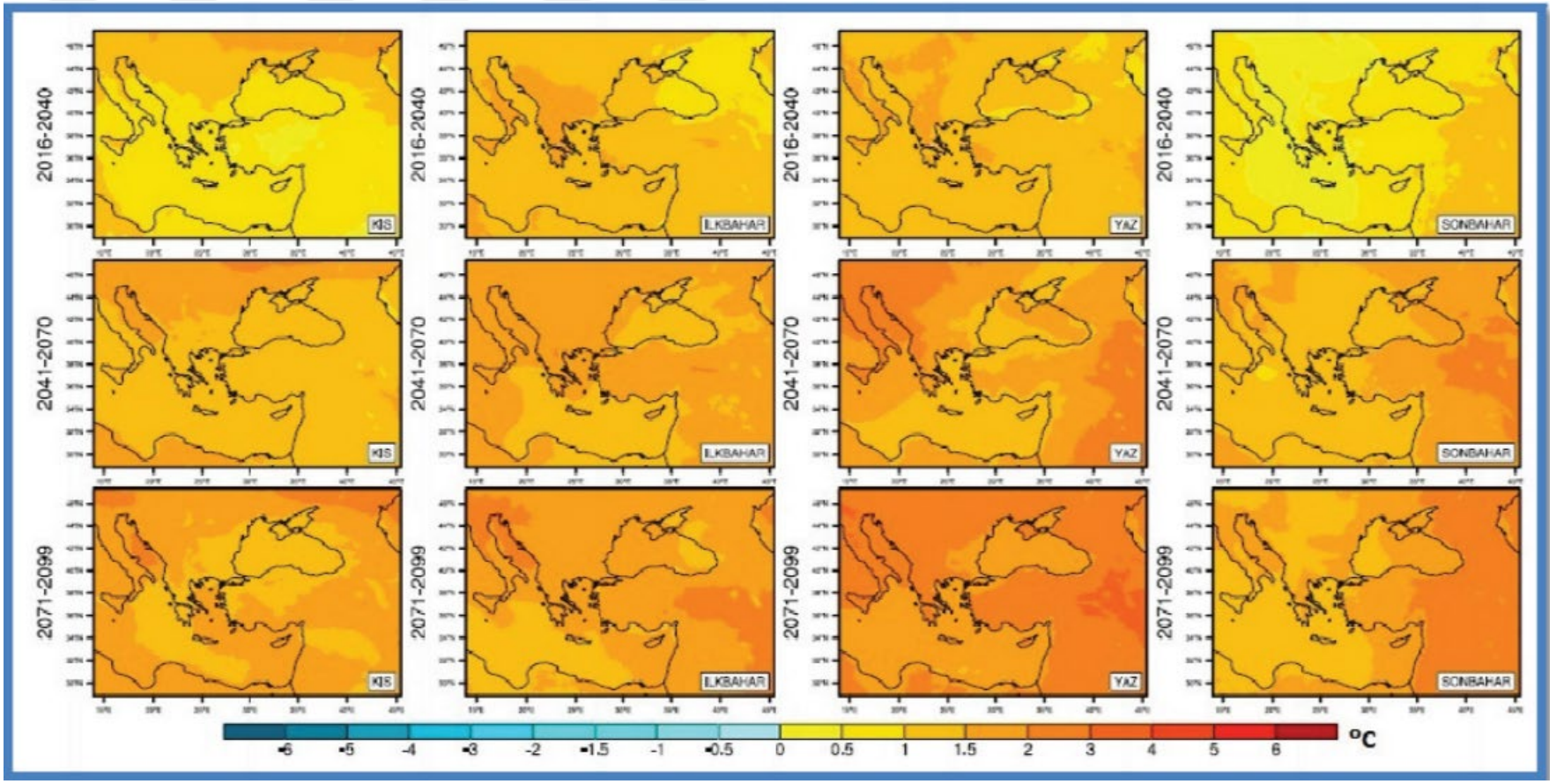
Şekil 2.4.1.4 RCP8.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli sıcaklık projeksiyonları (GFDL-ESM2M modeli) (MGM, 2015)

GFDL-ESM2M modeli için RCP8.5 senaryosuna göre sıcaklık projeksiyonları şekil 2.4.1.4'te gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde 2016-2040 yılları arası ortalama 2 ℃ ila 3 ℃ arasında artığı, 2041-2070 yılları arası 3 ℃ ila 4 ℃ arasında arttığı 2071-2099 yılları ise özellikle yaz aylarında 5 ℃ ila 6 ℃ kadar olan artışların olduğu gözlemleniyor.



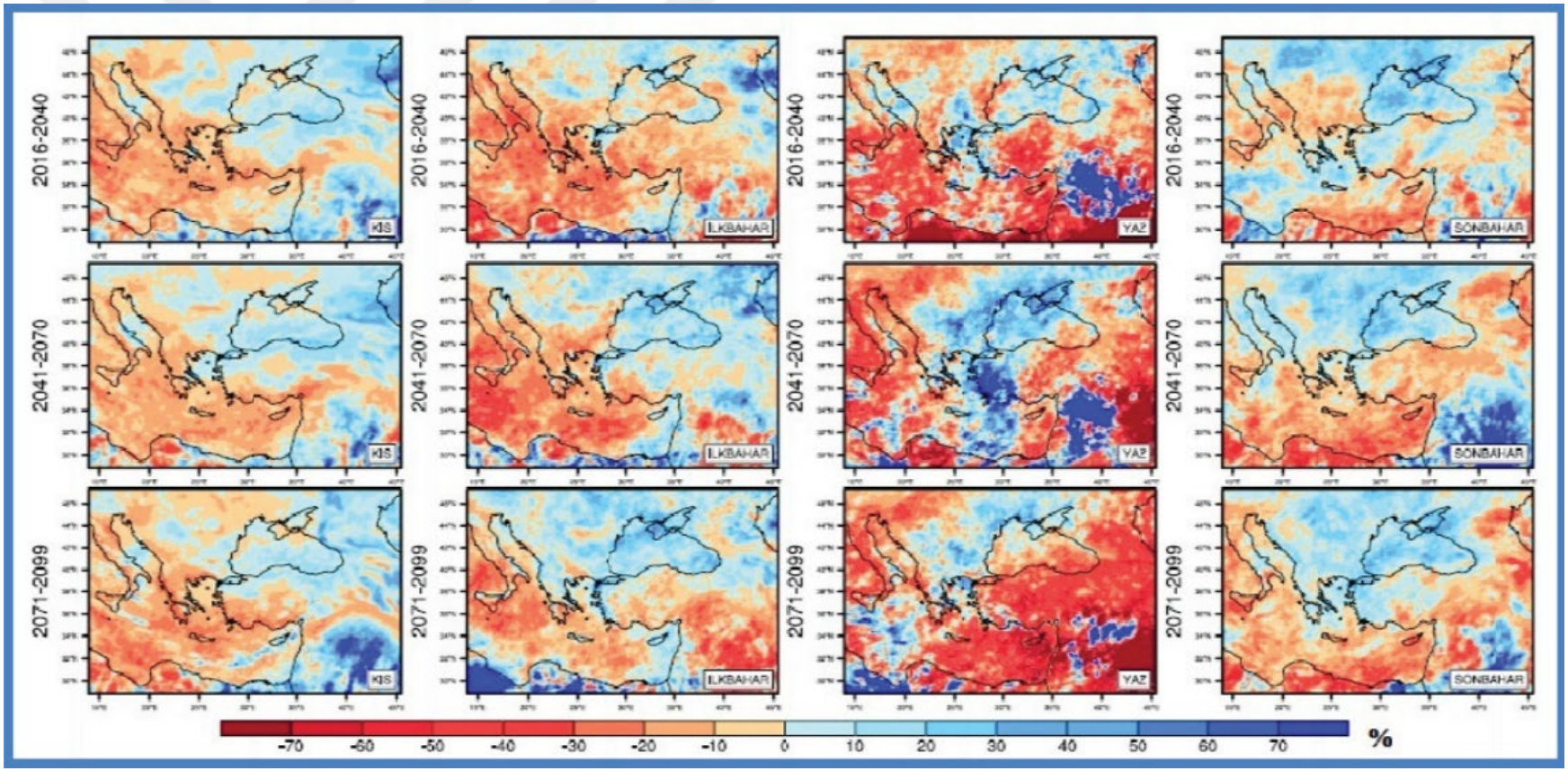
Şekil 2.4.1.5 RCP8.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli yağış projeksiyonları (GFDL-ESM2M modeli) (MGM, 2015)

GFDL-ESM2M modeli için RCP8.5 senaryosuna göre yağış projeksiyonları şekil 2.4.1.5'te gösterilmiştir. 2016-2040 yılları arası ilkbahar döneminde Doğu Karadeniz'de yağışların %10 ila %20 arasında arttığı, 2041-2070 yılları arası ilkbahardaki artış hariç bir önceki periyoda göre tüm mevsimlerde yağışların azaldığı, daha sonraki dönemde ise yağışların tüm mevsimlerde genel itibarıyla azaldığı görülüyor.



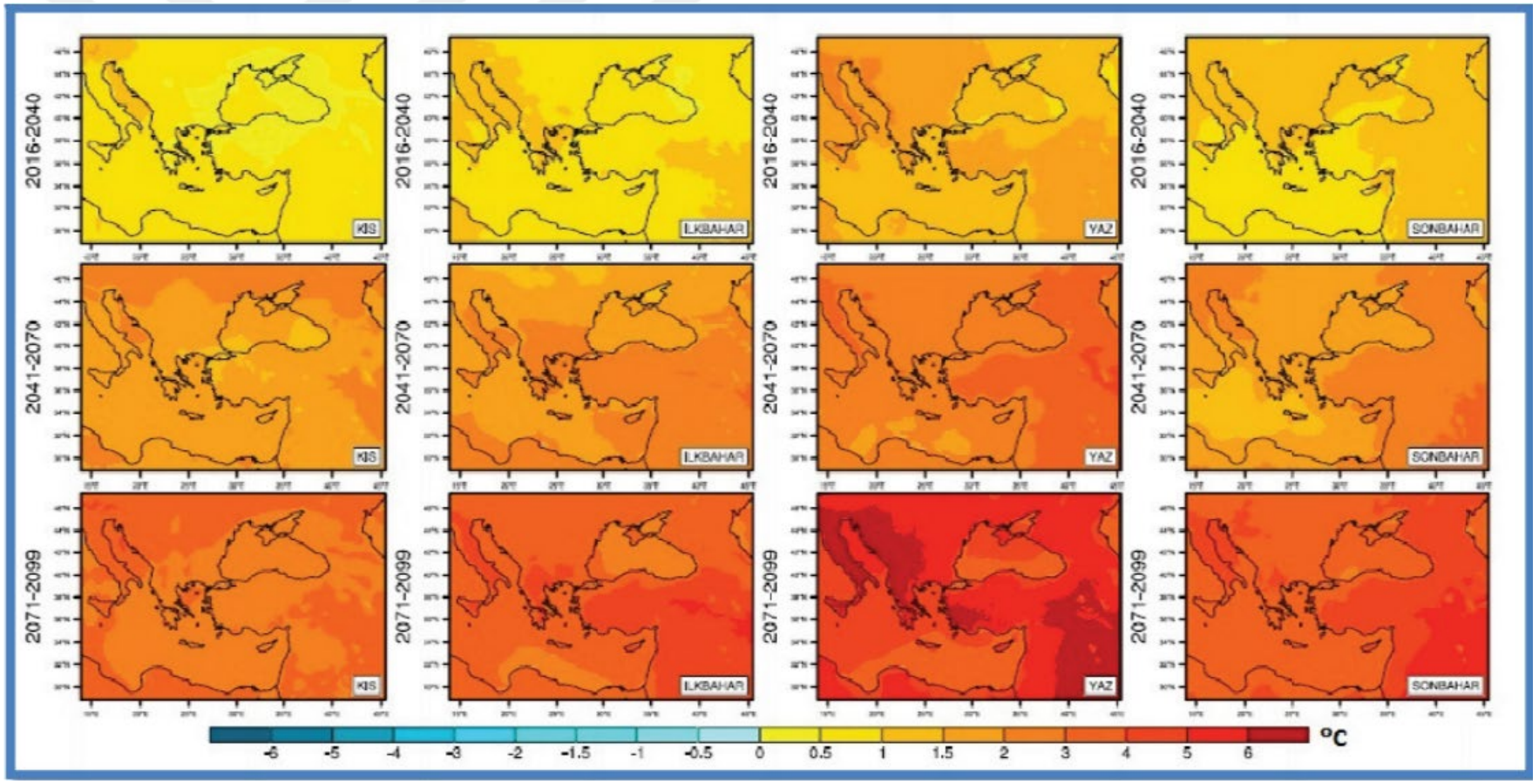
Şekil 2.4.1.6 RCP4.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli sıcaklık projeksiyonları (MPI-ESM-MR modeli) (MGM, 2015)

MPI-ESM-MR modeli için RCP4.5 senaryosuna göre sıcaklık projeksiyonları şekil 2.4.1.6'da gösterilmiştir. Şekil yorumlanacak olursa 2016-2040 yılları arası ortalama 1 ℃ ila 1,5 ℃ arasında artığı, 2041-2070 yılları arası 2 ℃ ila 3 ℃ arasında arttığı 2071-2099 yılları ise yaz aylarında 4 ℃'ye kadar diğer mevsimlerde 2 ℃ ila 4℃ arası artışların olduğu gözlemleniyor.



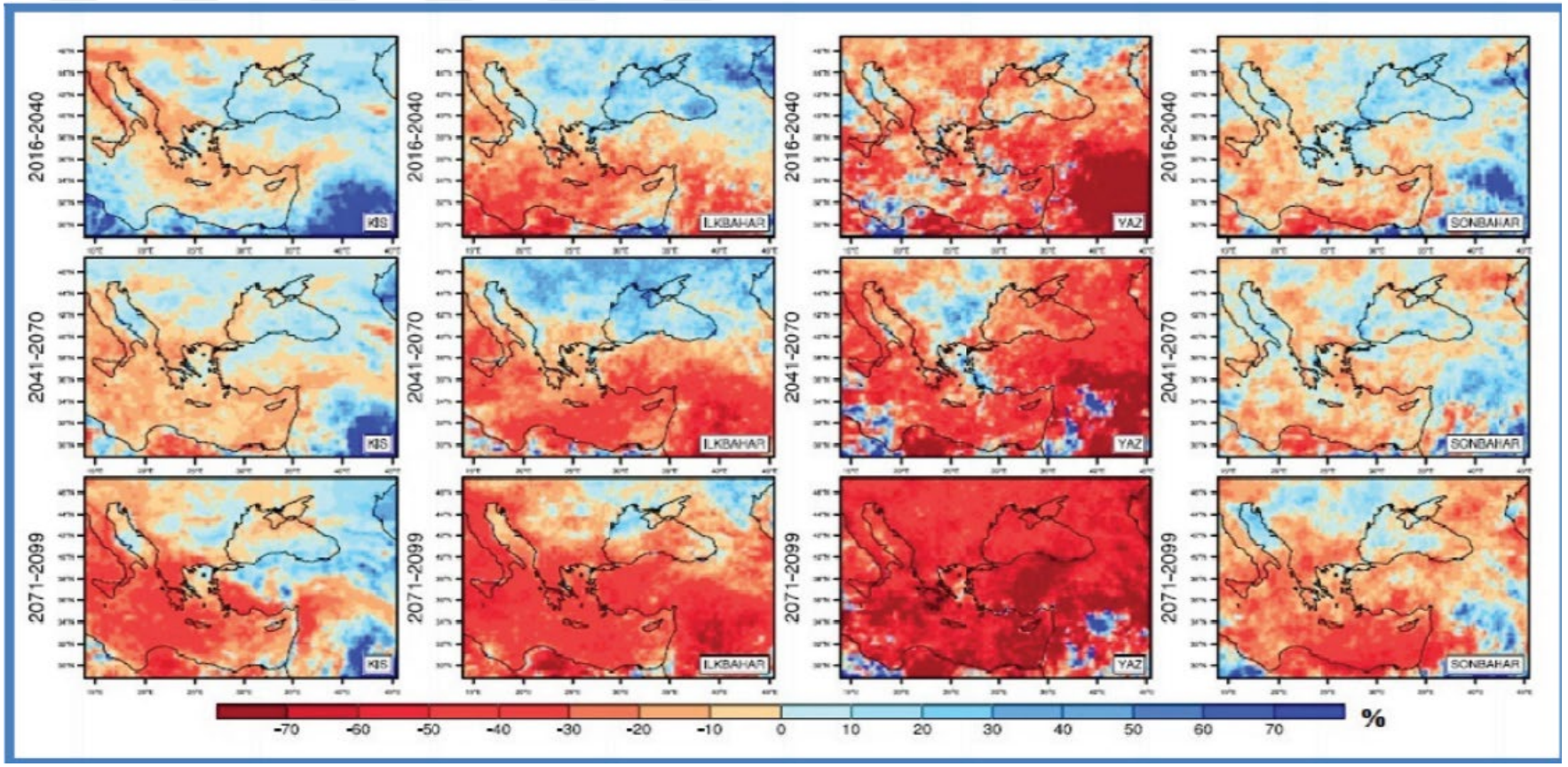
Şekil 2.4.1.7 RCP4.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli yağış projeksiyonları (MPI-ESM-MR modeli) (MGM, 2015)

MPI-ESM-MR modeli için RCP4.5 senaryosuna göre yağış projeksiyonları şekil 2.4.1.7'de gösterilmiştir. 2016-2040 yılları arası sonbahar ve kış döneminde Doğu ve Doğu Karadeniz'de yağışların %10 ila %20 arasında arttığı, 2041-2070 yılları arası ise bir önceki periyoda göre ilkbaharda yağışların arttığı, daha sonraki dönemde ise bir önceki döneme benzer fakat yaz dönemi ise ciddi bir azalışın olduğu görülüyor.



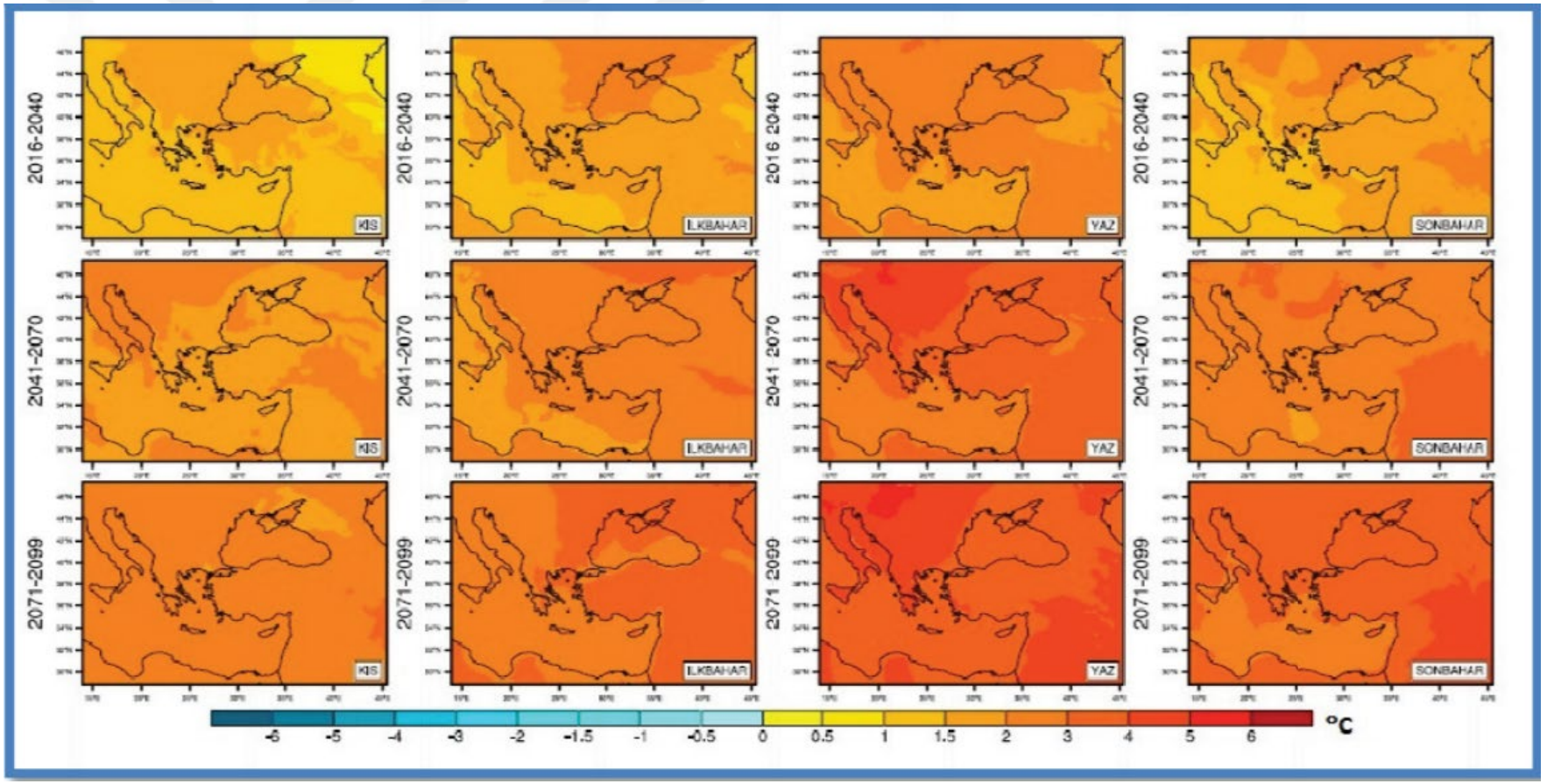
Şekil 2.4.1.8 RCP8.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli sıcaklık projeksiyonları (MPI-ESM-MR modeli) (MGM, 2015)

MPI-ESM-MR modeli için RCP8.5 senaryosuna göre sıcaklık projeksiyonları şekil 2.4.1.8'te gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde 2016-2040 yılları arası ortalama 2 ℃ ila 3 ℃ arasında artığı, 2041-2070 yılları arası 3 ℃ ila 4 ℃ arasında arttığı 2071-2099 yılları ise özellikle yaz aylarında 5 ℃ ila 6 ℃ kadar olan artışların olduğu gözlemleniyor.



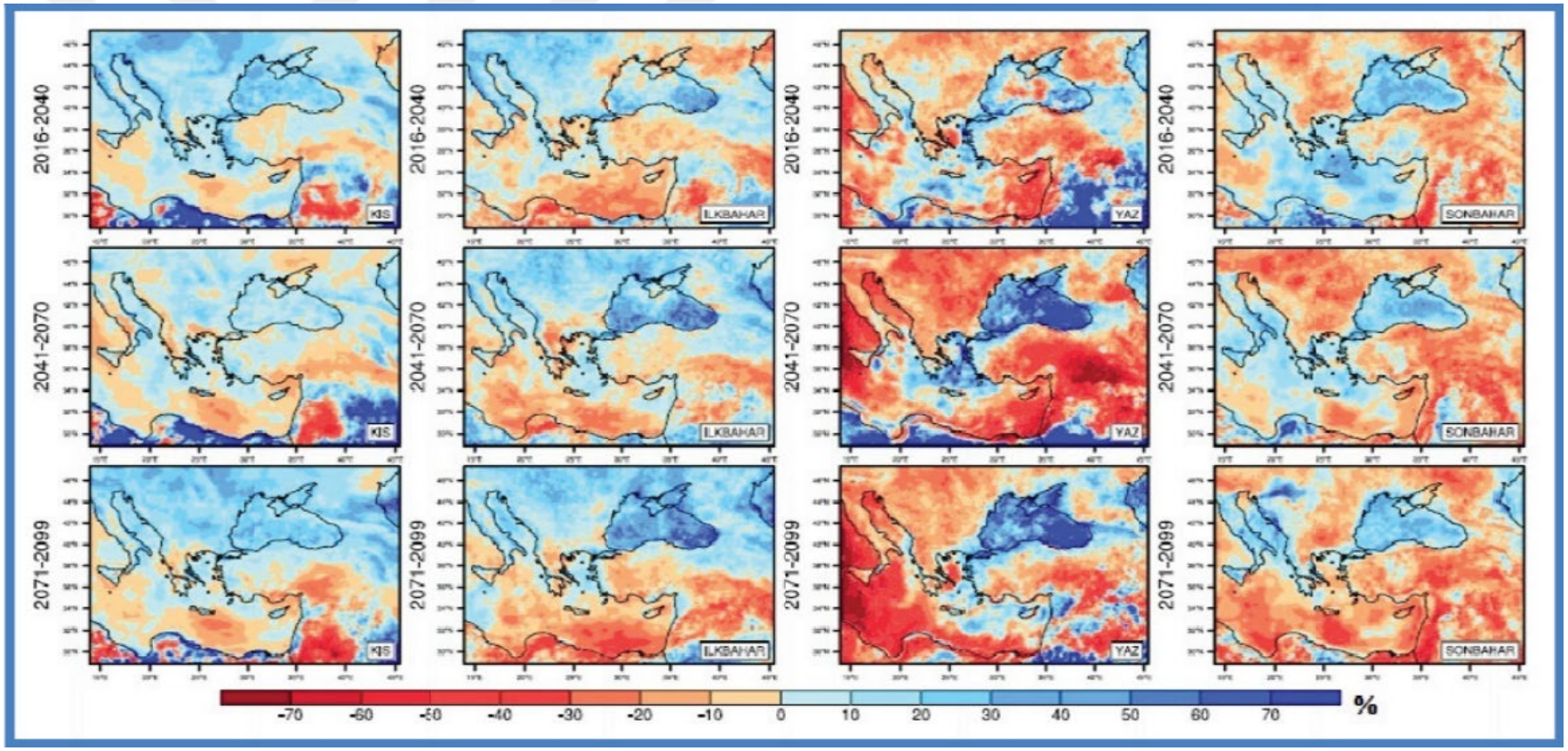
Şekil 2.4.1.9 RCP8.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli yağış projeksiyonları (MPI-ESM-MR modeli) (MGM, 2015)

MPI-ESM-MR modeli için RCP8.5 senaryosuna göre yağış projeksiyonları şekil 2.4.1.9'de gösterilmiştir. 2016-2040 yılları arası sonbahar ve kış döneminde Doğu ve Doğu Karadeniz'de yağışların %10 ila %20 arasında arttığı, 2041-2070 yılları arası ise bir önceki periyoda göre kış hariç azalış olduğu, daha sonraki dönemde ise bir önceki döneme göre azalış olduğu yaz dönemi ise ciddi bir azalışın olduğu görülüyor.



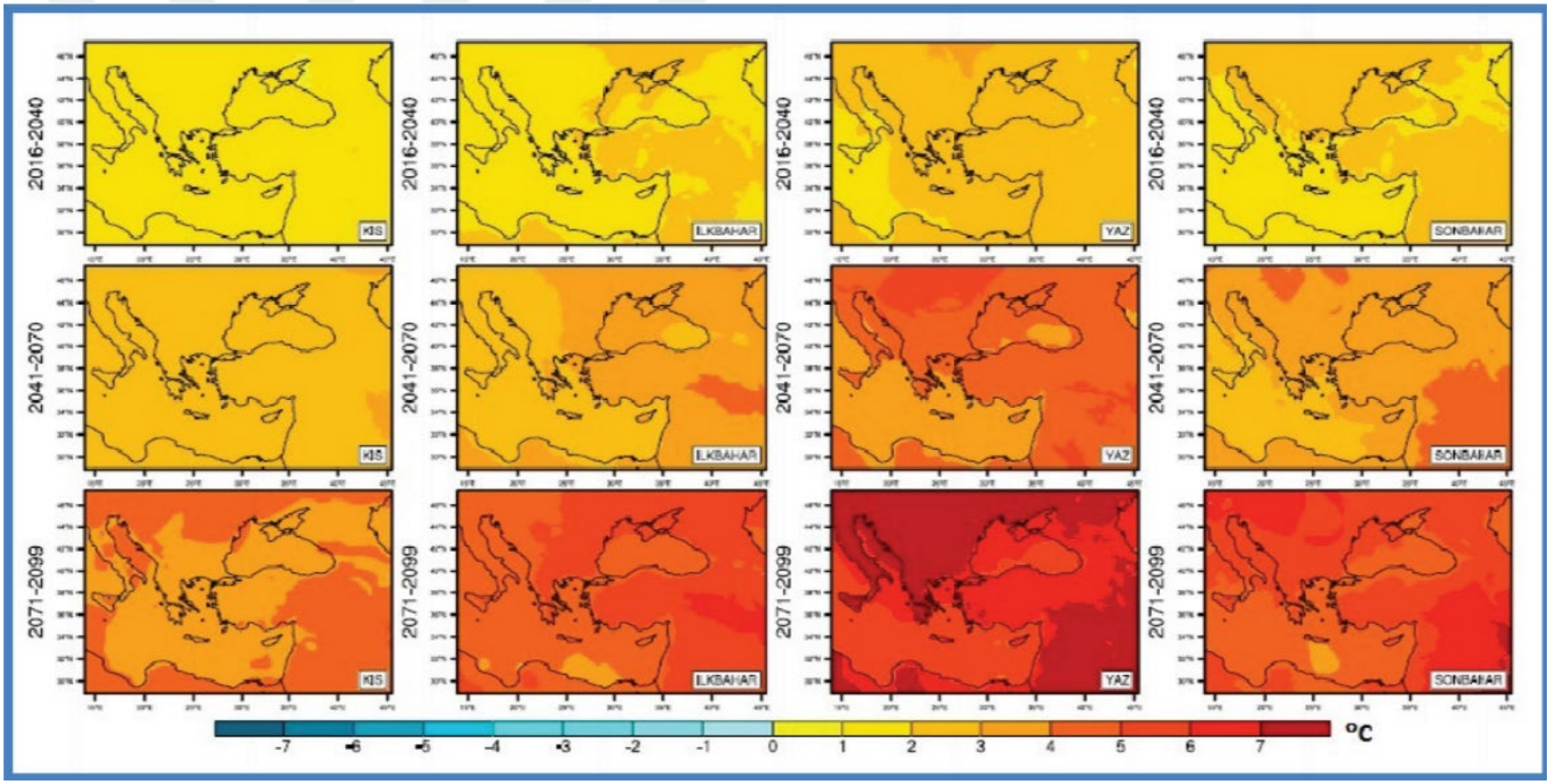
Şekil 2.4.1.10 RCP4.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli sıcaklık projeksiyonları (HadGEM2-ES modeli) (MGM, 2015)

HadGEM2-ES modeli için RCP4.5 senaryosuna göre sıcaklık projeksiyonları şekil 2.4.1.10'da gösterilmiştir. Şekilde 2016-2040 yılları arası ortalama 1,5 ℃ ila 3 ℃ arasında artığı, 2041-2070 yılları arası 3 ℃ ila 5℃ arasında arttığı 2071-2099 yılları ise 3 ℃ ila 6℃ arası artışların olduğu gözlemleniyor.



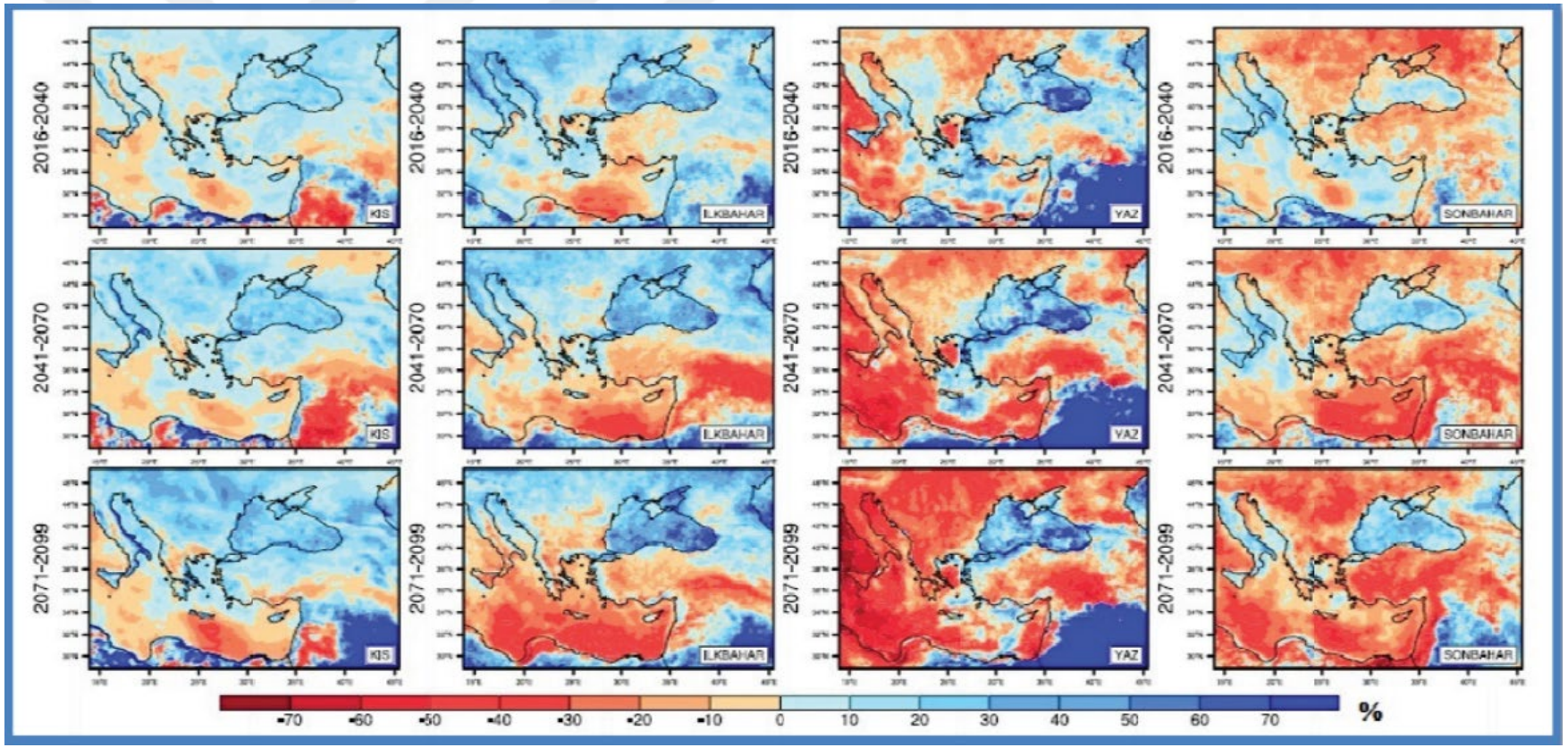
Şekil 2.4.1.11 RCP4.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli yağış projeksiyonları (HadGEM2-ES modeli) (MGM, 2015)

HadGEM2-ES modeli için RCP4.5 senaryosuna göre yağış projeksiyonları şekil 2.4.1.11'de gösterilmiştir. 2016-2040 yılları arası ilkbahar ve kış döneminde Doğu ve Doğu Karadeniz'de yağışların %10 ila %20 arasında arttığı, 2041-2070 yılları arası ise bir önceki periyoda göre kış harici diğer dönemlerde azalış olduğu, daha sonraki dönemde ise bir önceki döneme benzer fakat ilkbaharda güney bölgelerinde bir azalışın olduğu görülüyor.



Şekil 2.4.1.12 RCP8.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli sıcaklık projeksiyonları (HadGEM2-ES modeli) (MGM, 2015)

HadGEM2-ES modeli için RCP8.5 senaryosuna göre sıcaklık projeksiyonları şekil 2.4.1.12'de gösterilmiştir. Şekilde 2016-2040 yılları arası ortalama 1 ℃ ila 3 ℃ arasında artığı, 2041-2070 yılları arası 2 ℃ ila 5℃ arasında arttığı 2071-2099 yılları ise 3 ℃ ila 7℃ arası artışların olduğu gözlemleniyor.



Şekil 2.4.1.13 RCP8.5 senaryosunun RegCM4 Bölgesel modeli yağış projeksiyonları (HadGEM2-ES modeli) (MGM, 2015)

HadGEM2-ES modeli için RCP8.5 senaryosuna göre yağış projeksiyonları şekil 2.4.1.13'te gösterilmiştir. 2016-2040 yılları arası ilkbahar ve kış döneminde yağışların %10 ila %20 arasında arttığı, 2041-2070 yılları arası ise bir önceki periyoda göre kış harici diğer dönemlerde azalış olduğu, daha sonraki dönemde ise kışın yağışlarda artış, ilkbaharda kuzey hariç azalış, yaz ve sonbaharda ise diğer döneme göre azalış olduğu görülmektedir.

Şekil 2.4.1.2-Şekil 2.4.1.13 arası şekillerde RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre bölgesel model yardımıyla HaDGEM2-ES, MPI-ESM-MR , GFDL-ESM2M iklim modellerinin 2016-2099 yıllarına ait Türkiye'nin de içinde bulunduğu sıcaklık ve yağış dağılımları gelecek için incelenip sıcaklık ve yağış değerlerinin değişimi görselleştirmiştir. Genel bir değerlendirme yapılacak olursa tüm iklim modellerinde sıcaklık değerlerinin en az $1{,}5^{\circ}C$ artış gösterdiği 2071-2099 yılları arasında bu değerlerin daha da artığı RCP8.5 senaryosuna göre bu artışın $6^{\circ}C$ -$7^{\circ}C$ olarak gözlenebileceğini gösteriyor. Yağış olarak ise yaz ve sonbahar olarak çoğu bölgede %30-%50 arası yağış düşüklüğü olacağı kış ve ilkbahar aylarında ise özellikle Karadeniz ve Akdeniz'in batısında artışların yakın gelecekte gözlendiği görülmüştür. Türkiye'nin tarihsel gözlem verilerine en uzak değerler veren iklim modelinin ise GFDL-ESM2M görülmüştür.

2.5 İklim Verilerinin Ayrıştırılması

Bu bölüm çalışmanın ana hattını gösteren bir bölümdür. Elimizde bulunan yağış verilerinin günlük formda olması ve çalışmanın asıl amacı olan standart süreli yağışlara dönüştürülmesi verilerin ayrıştırma işlemi ile gerçekleştirilmektedir. Günlük formda bulunan iklim model verileri yağış şiddeti–süre–frekans eğrilerinin oluşturulması için yetersizdir. Standart süreli yağışların elimizde bulunması gerekmektedir. Bunun için ise çeşitli ayrıştırma yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bölümde çalışmada kullanılan metot dışındaki ayrıştırma metotlarına literatür eşliğinde değinilmiştir. Çalışmada kullanılan metot materyal metot bölümünde ayrıntılı olarak verilecektir. Veri ayrıştırma herhangi bir veri grubunun incelenmesi ve ayrıntılı bilgilerin daha rahat üretilmesi açısından büyük önem arz etmiş olup ayrıştırma işlemleri için birçok çalışma yapılmıştır.

Tayşi ve Özger (2021) yaptığı çalışmada İstanbul ili için çeşitli iklim modellerinin günlük yağış verilerinden yardım alarak iklim modellerinin günlük formlarını standart süreli yağış verilerine dönüştürmeyi amaçlayan bir çalışma yapmıştır. 5, 10, 15, 30 dk ve 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 18, 24 saat şeklinde bulunması amaçlanan yağış verileri küresel iklim değişikliğinin şiddet-süre-frekans eğrilerinin oluşumunda nasıl bir etki bıraktığı konusu üzerine çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında HYETOSminute adı verilen Rstudio ortamında çalışan bir paket program aracılığı ile çalışma için gerekli tüm

hesaplamalar yapılmıştır. HYETOSminute, Koutsoyiannis and Onof (2001) tarafından oluşturulmuş bir ayrıştırma programıdır. Programın çalışması için 1 saatlik günlük toplam yağış verilerinin bulunması gerekmektedir. Gözlemlenmiş yağış verilerin toplam, ortalama, kuru gün sayısı, kovaryans, otokovaryans, çarpıklık katsayısı, standart sapma değerlerinin ayrıca bulunması gerekmektedir. Programın ayrıştırmadaki temel esası geçmiş verilerin istatistiksel parametrelerin gelecek yağış verilerinde de kullanılarak ayrıştırma işlemini gerçekleştirmektir. Tayşi ve Özger (2021) yaptıkları çalışma sonucunda geçmiş ve gelecek yağışları kıyaslayarak aralarında yüksek derecede ilişki olduğunu ve kullanılan metodun ayrıştırma işlemi için uygun bir metod olduğunu göstermişlerdir.

Tayşi ve Aydoğan (2022) çalışmalarında HYETOS ve ANN (yapay sinir ağları) programları aracalığı ile yapılmış ayrıştırma işlemlerinin karşılaştırmalı olarak sonuçalarını paylaşmışlarıdır. Bu çalışmanın HYETOS'un normalde veri seti günlük toplam yağış verileri kullanılarak oluşturulmuş ayrıştırma işleminden farklı olarak yağış veri setleri yıllık maksimum olarak değiştirilmiş ve maksimum yağışlar çerçevesinde değerlendirme yapmışlardır. Sonuç olarak yapay sinir ağlarının HYETOS programına göre çok daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. HYETOS programının günlük veri setleri için uygun olduğu anlaşılmıştır. Yapay sinir ağları için ise uygun ve daha fazla veri olması şartıyla maksimum veri setleri için tutarlı ve iyi sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur.

Çarpar vd (2022) İstanbul ili için şiddet-süre-frekans eğrilerinin güncellenmesi üzerine bir çalışma yapmış olup, yaptıkları çalışmada oran metodu ve eşit uzaklıkta dağılım eşleştirme metodunu kullanarak eğrilerin güncelleştirmelerini yapmışlardır. Oran metodunda standart süreli yağış verilerinin 24 saatlik yağış verilerine oranı hesaplanır daha sonra küresel modelin 24 saatlik yağış verileriyle daha önce bulunmuş olan oranlar çarpılıp iklim modelinin standart süreli yağış değerleri hesaplanır ve seçilmiş olan olasılık dağılımları ile yağış şiddeti–süre–frekans eğrileri çizilir. Oran metodunun eksik tarafı tarihsel verilerdeki ilişkisinin aynısının iklim model verilerinde de aynı kabul edilmesi durumudur. Diğer kullanılan eşit uzaklıkta eşleştirme metodu bu çalışmada kullanılan metot olmuştur. Ayrıntılı bilgisi bir sonraki bölümlerde gösterilecektir.

Harisaweni vd (2016) ayrıştırma için HYETOS programının da alt yapısını oluşturan BLRP (Barlet Lewis Rectangular pulses) ile günlük yağışların saatlik yağışlara dönüştürülmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışmasında istasyon olarak Malezya'yı kullanmıştır. BLRP modeline değinilecek olursa bu modelin tamamen oluşması için parametrelere ihtiyaç vardır. 6 adet parametresi bulunmaktadır. Bu parametreler ise şunlardır. $(\phi, \upsilon, \alpha, \kappa, \lambda \text{ ve } \epsilon)'dir$. Bu parametreler istatistiksel işlemlerin ardından bulunabilmektedir. Bu işlemler ise standart sapma, kuru gün oranları, ortalama değer, otokorelasyon ve varyanstır. Parametreler bulunduktan sonra HYETOS paketi aracılığı ile ayrıştırma işlemi yapılmış ve sonuçlara ulaşılmıştır. Tarihsel veri setlerinin ayrıştırılması ile mevcut hazır halde bulunan standart süreli yağış verileri kıyaslandığında ise ayrıştırma işleminin yüksek oranda uymakta olduğu ve bu modelin ayrıştırma işlemlerinde kullanılmasının uygun olduğu ortaya konmuştur.

2.6 Yağış Şiddeti–Süre–Frekans Eğrileri

Yağış şiddeti–süre–frekans eğrileri mühendislik yapılarında özellikle su yapılarının tasarımında önem arz etmektedir. Bu önemden dolayı bu eğrilerin elde edilmesi ve doğru ve güvenilir bir biçimde oluşturulması gerekmektedir. Bu eğriler su yapılarının tasarımında proje mühendisine genellikle hazır olarak verilmektedir.

Yağış şiddeti–süre–frekans eğrilerinde standart süre ile belirtilen durum yağışların 5, 10, 15, 30 dk ve 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18, 24 saatlik olarak belirtilmesidir. Tekerrür periyotları genelde 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 yıllık olarak belirtilir. Bu iki veri grupları ile ŞSF eğrileri bulunmaktadır. Burada standart süreli yağışların maksimum verileri ilk önce bulunur. Tekerrür periyotlarındaki yağışların bulunması için ise olasılık dağılım metotları kullanılır. ŞSF eğrilerinde kullanılan istatistiksel dağılımlar: Gumbel, Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GED), Gamma, Lognormal, Log Pearson III, Üstel Dağılım'dır. (Koutsoyiannis vd,1998). Bu dağılımlar arasından ise Gumbel ve GED dağılımlarının eğrilerin oluşması için daha uygun oldukları ortaya konulmuştur. Bu çalışmada ise gumbel olasılık dağılımı yardımı ile şiddet-süre-frekans eğrileri çizilmiştir. Gumbel olasılık dağılımının ayrıntılı anlatımı materyal ve metot kısmında gösterilmiştir. Yağış şiddeti–süre–frekans arasındaki ilişkinin varlığını ortaya koyan ilk çalışmalar Sherman (1931) ve Bernard (1932)'nin yaptığı çalışmalar

olarak görülebilir. Yapılan bu ilk çalışmalar doğrultusunda ŞSF eğrileri üzerine 1930'lu yıllardan sonra birçok çalışma yapılmış olup eğrilerin daha doğru ve kullanışlı olması açısından birçok çalışma yapılmıştır.

Yağış şiddeti–süre–frekans arasındaki ilşkinin genel formülü aşağıdaki gibidir.

$$\mathrm{i} = \frac{\mathrm{A(T)}}{\mathrm{B(t)}} \tag{2.6.1}$$

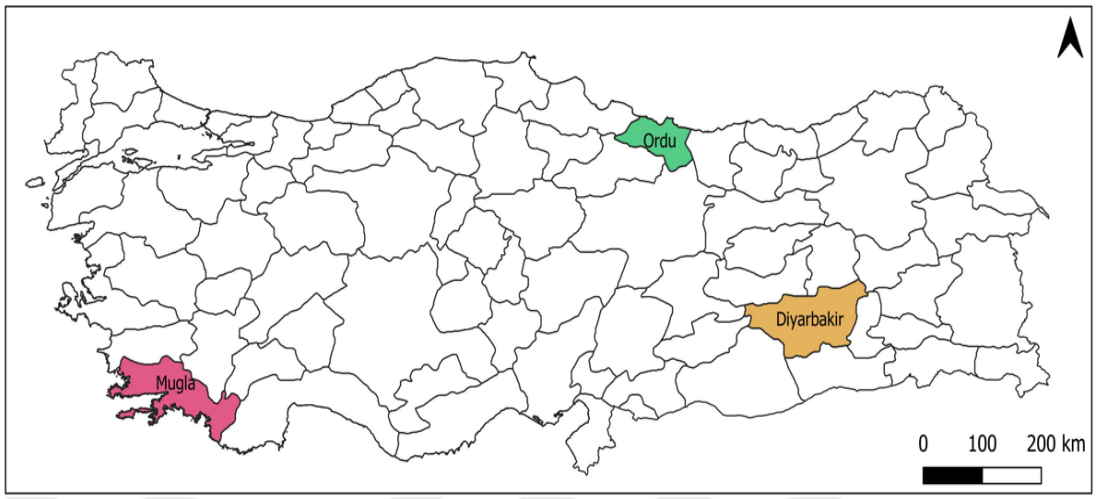
Burada *'i'* yağış şiddeti , '*A(T)*' tekerrüre bağlı fonksiyon , '*B(T)*' yağış süresine bağlı fonksiyondur. 'i' yağış şiddetini Sherman (1930) aşağıdaki gibi belirtmiştir.

$$\mathrm{i} = \frac{\mathrm{K.T^a}}{(\mathrm{t}+\mathrm{c})^{\mathrm{b}}} \tag{2.6.2}$$

Bu formülde '*i*' yağış şiddetini '*T*' tekerrür aralığını '*t*' yağış süresini '*a,b,c,K'* coğrafi ve bölgesel koşullara göre belirlenmesi gereken parametrelerdir.

3. MATERYOL VE METOD

3.1 Çalışma Alanı



Şekil 3.1 Çalışmada kullanılan şehirler

Çalışmada gelecek yağış verileri incelenecek üç şehir olarak Diyarbakır, Ordu, Muğla illeri seçildi. Küresel iklim değişikliğinin iklim modelleri aracılığıyla gelecek dönemler hakkında bilgi vermesi üzerine Türkiye'de yapılan çalışmalar da genel itibari ile Marmara bölgesi incelenmiş veya tek bir istasyon seçilerek inceleme yapılmıştır. Bu çalışmadaki illerin seçilmesindeki sebep her üç ilinde kendilerine ait bir iklim bölgesinin olmasıdır. Diyarbakır ilinin karasal iklim bölgesinde bulunması, Ordu ilinin Karadeniz iklim bölgesinde bulunması, Muğla ilinin ise Akdeniz iklim bölgesinde bulunmasından dolayı gelecekteki yağış senaryolarının bu iklim bölgelerinde nasıl değişimlere sebep olabileceği ve yağış değişimlerinin ne düzeyde olduğu incelenmek istenmiştir. Bu üç şehrin Türkiye'nin büyük bir bölümünü kapsayan üç farklı iklim bölgesine sahip olmasından ötürü Türkiye çapında gelecek dönemler hakkında yağışların olası durumlarını yorumlamaya yardımcı olması amaçlanmıştır. Küresel iklim değişikliğinin olası zararlı etkileri ve küresel bir problem olarak büyük önem arz ettiği düşünüldüğünde Türkiye'nin genel anlamda bu problemden ilerleyen dönemlerde nasıl etkilerle karşılaşabileceği hakkında senaryolar veya tahminlerin yapılması önem arz etmektedir.



Şekil 3.1.2 Muğla İl haritası

Çalışma alanında ilk istasyon olarak Muğla seçildi. Coğrafi koordinatları 37° 10′ 0″ Kuzey enlemi ile 28° 30′ 0″ Doğu boylamıdır. Resmi rakamlara göre nüfusu 1.021.141'dir. İklim olarak Akdeniz iklimi görülür. Yazları sıcak ve kurak, kışları ise yağmurlu ve ılıktır. Şehirde var olan nemden dolayı ölçülen sıcaklıklar hissedilenden daha az görünebilir. Yağışlar en fazla kış aylarında görülmektedir. İlkbahar ve sonbaharda bu yağışlar kış aylarına göre daha az olmaktadır. Şekil 3.1.2'de de gösterildiği gibi 1928-2021 yılları arasında ölçülmüş değerlere bakıldığında yılın ilk yarısında en yüksek sıcaklık haziran ayında 40,8 ℃ en düşük sıcaklık değeri ise -12,6 ℃ ile ocak ayında görülmektedir. Yağış değerlerine ise bakıldığında ilk altı aylık periyotta ortalama en düşük yağış miktarı haziran ayında 24,3 mm görünürken ortalama en yüksek yağış miktarı ocak ayında 244,5 mm olarak ölçülmüştür. Kış aylarında yağış miktarı 100 mm'nin üzerinde iken ilkbahar ve yazın ilk ayında yağışlar 125 mm'nin altında ve giderek azalmıştır. Sıcaklık değerleri ise ocak ayından hazirana kadar artış göstermiştir.

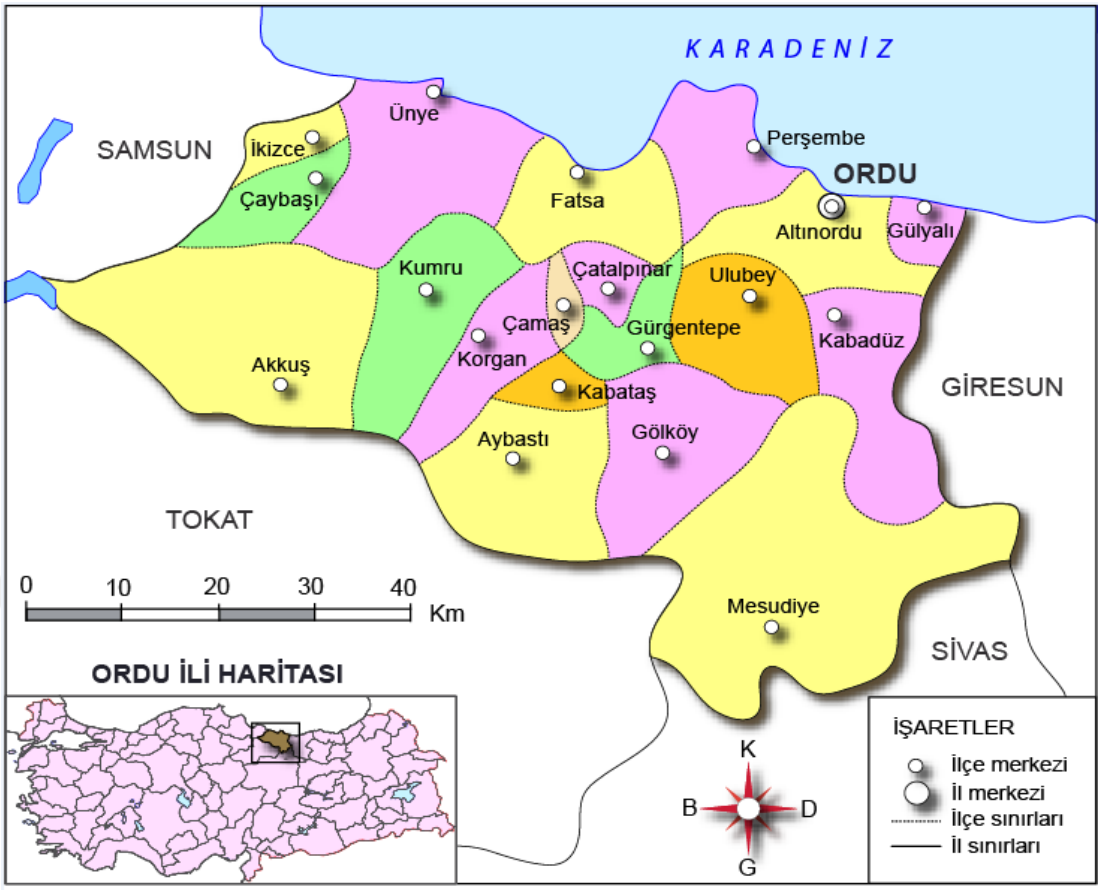
Tablo 3.1.1 Muğla yağış ve sıcaklık verileri (MGM, 2022)

MUĞLA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
Ortalama Sıcaklık (°C)	5.3	6.1	8.5	12.7	17.8	22.8
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	9.8	11.0	14.2	18.9	24.3	29.6
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	1.6	1.9	3.5	7.0	11.4	16.1
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.5	4.5	5.8	7.3	8.7	10.6
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	15.59	13.71	11.94	9.94	9.53	5.59
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	244.5	177.0	122.9	64.2	50.3	24.3
En Yüksek Sıcaklık (°C)	20.9	25.5	28.8	31.6	39.4	40.8
En Düşük Sıcaklık (°C)	-12.6	-9.9	-8.5	-3.6	1.0	6.7

Tablo 3.1.2 Muğla yağış ve sıcaklık verileri (MGM, 2022)

MUĞLA	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	26.4	26.3	21.9	16.2	10.8	7.0
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	33.4	33.6	29.3	23.1	16.7	11.5
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	19.7	19.6	15.3	10.3	5.9	3.2
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	11.4	10.9	9.5	6.8	4.7	3.4
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	2.00	1.94	4.29	8.59	11.00	14.76
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	11.7	14.7	23.3	73.4	136.1	266.7
En Yüksek Sıcaklık (°C)	42.1	41.2	39.2	36.8	29.0	23.8
En Düşük Sıcaklık (°C)	10.5	9.0	5.6	0.1	-7.0	-9.0

Tablo 3.1.2'te gösterildiği üzere yılın ikinci yarısında en yüksek sıcaklık temmuz ayında 42,1 ℃ olarak ölçülmüştür. En düşük sıcaklık değeri ise aralık ayında -9 ℃ ölçülmüştür. Yağış değerlerine bakıldığında ise ortalama en yüksek yağış yılın son yarısında aralık ayında 266,7 mm olarak ölçülürken ortalama en düşük yağış temmuz ayında 11,7 mm olarak ölçülmüştür. Yıl boyunca en yüksek yağış aralık ayında en düşük yağış ise temmuz ayına ait olduğu görülmektedir. Muğla ili için en yüksek yağış miktarının kış aylarında olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 3.1.3 Ordu İl haritası

Çalışmada kullanılan ikinci il Ordu olarak seçildi. Ordu'nun coğrafi koordinatları 40° 49′ 59″ Kuzey enlemi ile 37° 30′ 0″ Doğu boylamıdır. 761.400 nüfuslu olup Karadeniz'in doğusunda yer alan bir şehirdir. Ekonomisinin büyük bir bölümü tarıma dayanmaktadır. Özellikle fındık üretimiyle ön plana çıkıp bu alanda da Türkiye'de lider durumda yer almaktadır. Dünyada da bu alanda önemli bir konumda bulunmaktadır. Ordu'da görülen iklim tipi Karedeniz iklim tipidir. Her mevsimin yağışlı olduğu bir iklim tipi olarak görülebilir. Kışlar ılık, yazlar ise serin olarak geçer. Karadeniz'in farklı yerlerinde yağış miktarları birbirinden ayrı olsa da genel anlamda yağışın fazla olduğu bir bölgedir. Ordu ili içinde benzer durum geçerlidir. Yağışların yıl boyu fazla oluşundan dolayı yıl boyu çoğu zaman yeşildir. Tablo 3.1.3'te görüldüğü üzere Ordu'da yılın ilk yarısında görülmüş en yüksek sıcaklık 37,3 ℃ ile haziran ayında görülmüştür. En düşük sıcaklık değeri ise -7,2 ℃ ile ocak ayında görülmüştür. Yağış değerlerine bakıldığında ise ortalama en yüksek yağış miktarı ocak ayında 103 mm görülürken en düşük ortalama yağış mayıs ayında 56,8 mm ölçülmüştür. Ölçülen bu değerler 1928-2021 yılları arasındaki yılları kapsamaktadır.

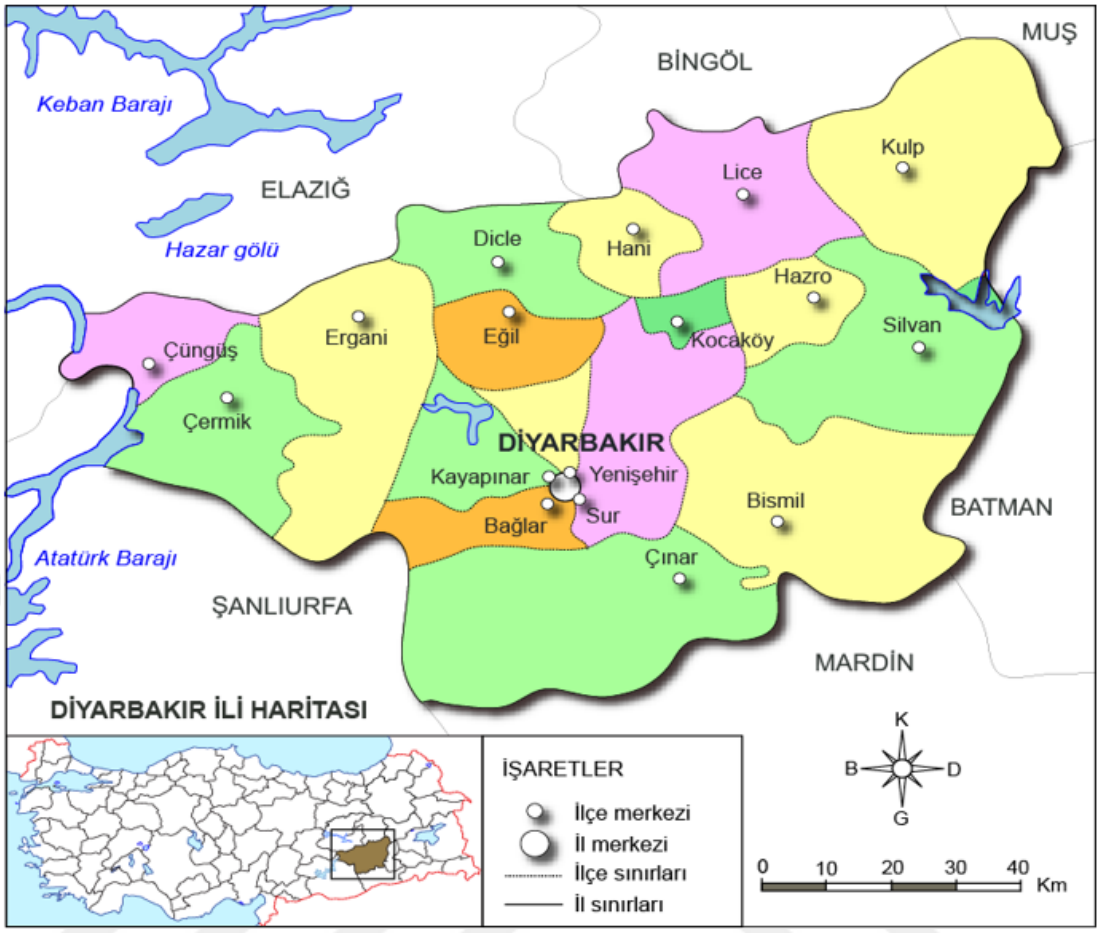
Tablo 3.1.3 Ordu yağış ve sıcaklık verileri (MGM, 2022)

ORDU	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
Ortalama Sıcaklık (°C)	7.0	7.0	8.2	11.4	15.7	20.4
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	10.9	11.1	12.2	15.3	19.3	24.1
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	4.0	4.0	5.2	8.3	12.6	16.7
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.5	3.2	3.4	4.4	5.6	6.9
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	13.62	12.08	13.31	10.69	13.15	10.31
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	103.0	84.2	80.7	67.2	56.8	70.9
En Yüksek Sıcaklık (°C)	25.8	28.3	32.8	36.8	35.6	37.3
En Düşük Sıcaklık (°C)	-7.2	-6.7	-4.7	-1.4	3.4	8.4

Tablo 3.1.4 Ordu yağış ve sıcaklık verileri (MGM, 2022)

ORDU	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	23.2	23.5	20.2	16.2	12.2	9.0
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	26.8	27.4	24.3	20.2	16.5	13.1
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	19.6	20.0	16.9	13.0	8.8	5.9
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	6.3	6.1	5.2	4.2	3.5	2.5
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	8.85	9.15	10.92	14.77	12.62	13.31
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	63.8	70.1	84.0	130.9	121.8	114.1
En Yüksek Sıcaklık (°C)	37.1	36.3	36.4	34.2	32.4	29.7
En Düşük Sıcaklık (°C)	12.6	13.0	8.2	2.5	-1.5	-3.2

Yılın son 6 aylık periyoduna bakıldığında ise en yüksek sıcaklık temmuzda 37,1 ℃ ölçülürken en düşük sıcaklık -3,2 ℃ olarak aralık ayında ölçülmüştür. Yıl boyunca ortalama sıcaklıkta en yüksek değer 27,4 ℃ ile ağustos ayında, en düşük ortalama sıcaklık değeri ise 4 ℃ ile ocak ayında görülmüştür. Yağışlara bakıldığında ise son 6 ayda en yüksek ortalama yağış ekim ayında 130,9 mm olarak, en düşük ortalama yağış ise 63,8 mm olarak temmuz ayında ölçülmüştür. İklim verilerinden de görüldüğü üzere Ordu yağış bakımından yağışı gerçekten yüksek bir şehir olduğu görülmektedir.



Şekil 3.1.4 Diyarbakır il haritası

Çalışmada seçilen son şehir ise Diyarbakır olarak belirlendi. Diyarbakır'ın coğrafi koordinatları 7° 54′ 39″ Kuzey enlem, 40° 14′ 12″ Doğu boylamıdır. 2,320,021 nüfusa sahip Diyarbakır çok köklü bir tarihe sahiptir. Birçok devlete ve medeniyete ev sahipliği yapmış bir şehirdir. İl sınırları içinden geçen Dicle nehri ve etrafı asırlar boyu bölge halkı için önemli bir su ve tarım kaynağı olmuştur. Gün geçtikçe daha da gelişen Diyarbakır hemen hemen tüm alanlarda boy göstermektedir. İklim olarak sert karasal iklim tipinin görüldüğü Diyarbakır yazları çok sıcak ve kurak kışları ise soğuk geçmektedir. Tablo 3.1.5'te görüldüğü üzere ilk altı aylık periyod için en yüksek sıcaklık 42 ℃ iken en düşük sıcaklık değeri ise -24,2 ℃ ölçülmüştür. Ortalama en yüksek sıcaklık değeri 33,6 ℃ iken en düşük ortalama sıcaklık değeri -2,2 ℃ ölçülmüştür. Yağışlara bakıldığında ise en yüksek ortalama yağış 69,1 mm ile mart ayında görülmüşken en düşük yağış miktarı 8,7 mm yağışla haziran ayında gözlemlenmiştir.

Tablo 3.1.5 Diyarbakır yağış ve sıcaklık verileri (MGM ,2022)

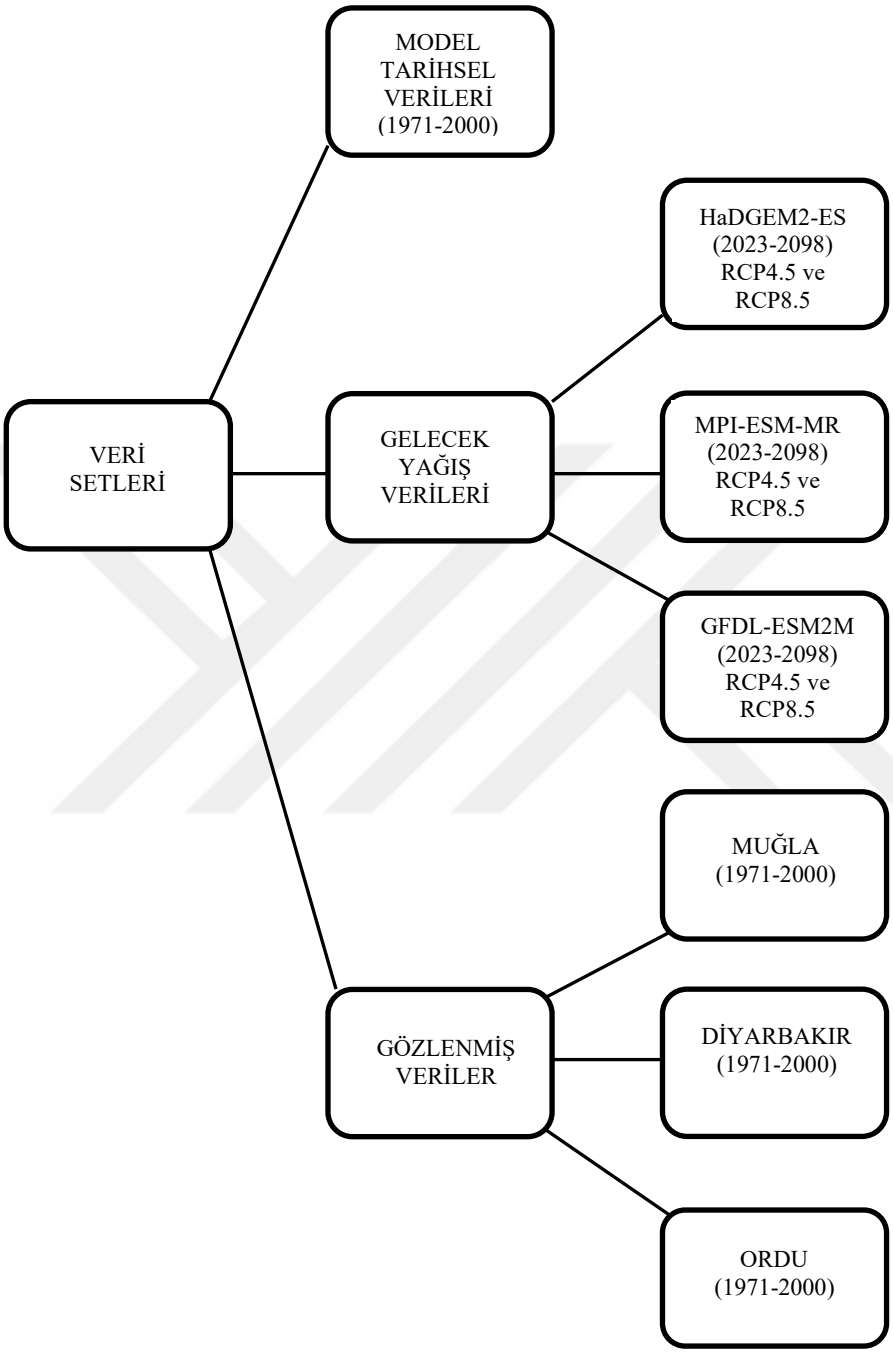
DİYARBAKIR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
Ortalama Sıcaklık (°C)	1.8	3.7	8.3	13.8	19.3	26.1
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	6.7	9.2	14.5	20.4	26.7	33.6
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-2.2	-1.0	2.5	7.0	11.3	16.6
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.9	4.9	5.6	7.2	9.6	12.2
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	6.67	3.33	3.33	3.00	4.00	1.67
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	70.6	67.6	66.8	69.1	44.3	8.7
En Yüksek Sıcaklık (°C)	16.9	21.8	28.3	35.3	39.8	42.0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-24.2	-21.0	-14.0	-6.1	0.8	1.8

Tablo 3.1.6 Diyarbakır yağış ve sıcaklık verileri (MGM, 2022)

DİYARBAKIR	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	31.0	30.5	25.1	17.5	9.7	4.0
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	38.4	38.2	33.3	25.4	16.3	9.2
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	21.7	21.1	16.0	10.1	4.2	-0.2
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	12.4	11.7	10.0	7.5	5.5	3.9
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı				1.00	3.33	6.33
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	1.3	1.0	5.4	32.8	55.1	72.2
En Yüksek Sıcaklık (°C)	46.2	45.9	42.0	35.7	28.4	22.5
En Düşük Sıcaklık (°C)	9.9	11.4	0.0	-1.8	-12.9	-23.4

Yılın son yarısı için gözlemlenmiş verilere bakıldığında ise en yüksek sıcaklık değeri 46,2 ℃ temmuz ayında, en düşük sıcaklık değeri ise -23,4 ℃ ile aralık ayında görülmüştür. Yağış değerleri ise en yüksek ortalama 72,2 mm olarak aralıkta en düşük değer ise 1 mm olarak ağustosta olduğu görülmektedir. Çalışmada Karadeniz, Akdeniz, sert karasal iklime sahip 3 şehir seçilerek iklim değişikliğinin etkisini Türkiye çapında yorumlamaya ve farklı iklim bölgelerinde nasıl etki bıraktığını daha iyi bir şekilde yorumlanmaya çalışıldı.

3.2 Kullanılan Veri Türleri



Şekil 3.2.1 Çalışmada kullanılan veriler

Şekil 3.2.1'de bu çalışmada analizleri yapılan ve kullanılan veri tipleri gösterilmiştir. Çalışmada üç farklı istasyon kullanılmıştır. Bunlar: Ordu, Diyarbakır ve Muğla illeri olmuştur. İklim modelleri olarak da MGM'nin kullandığı üç iklim modeli olan

HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M iklim modelleri seçilmiştir. İşlemlerin yapılması için ayrıca modellerin tarihsel veri setleri de kullanılmıştır.

3.3 Uç(Ekstrem) Değer Dağılımları

Ekstrem değer dağılımları birçok uygulamada birçok meslek alanında veri biliminde önemli bir yer almaktadır. Rastgele değişkenler arasında maksimum veya minimum değerlerin bilinmesi ve bu değerlerle çeşitli hesaplamaların yapılması ile önemli bulgulara ulaşılabilir. İnşaat mühendisliğinde hidrolik alanında taşkın durumlarının kontrol edilmesi, bu alanda projelendirmeler, çeşitli hidrolik alanındaki projelerde bu dağılımlar önemli bir yer tutmaktadır. $X_1, X_2, X_3, X_4 \dots X_n$ rastgele değişken veri seti olarak belirtecek olursak verilerin maksimum değerinin formülleştirilmiş hali aşağıdaki gibidir.

$$M_n = \max (X_1, X_2, X_3, X_4 \dots X_n) \qquad (3.3.1.1)$$

Burada 'M_n' verilerin maksimum değerini göstermektedir. $a_n > 0$ ve b_n verileri mevcut olup *'n'* veri sayısı '*F*' dağılım fonksiyonu olmak üzere;

$$p\left\{\frac{M_n - b_n}{a_n}\right\} \leq z \quad \rightarrow F(z) \qquad (3.3.1.2)$$

F(z) yukarıdaki gibi olmak koşulu ile aşağıda gösterilen dağılım fonksyonlarından birine aittir (Akyüz,2019)

$$\text{(i)} \quad F(z) = e^{\left\{-e^{-\left(\frac{z-\mu}{\beta}\right)}\right\}}, -\infty < z < \infty \qquad (3.3.1.3)$$

$$\text{(ii)} \quad F(z) = \begin{Bmatrix} 0 & z \leq 0 \\ e^{\left\{-\left(\frac{z-\mu}{\beta}\right)^{-\alpha}\right\}} & z > b \end{Bmatrix} \qquad (3.3.1.4)$$

$$\text{(iii)} \quad F(z) = \begin{Bmatrix} 1 & z \geq b \\ e^{\left\{-\left[-\left(\frac{z-\mu}{\beta'}\right)^{\alpha}\right]\right\}} & z < b \end{Bmatrix} \qquad (3.3.1.5)$$

Yukarıdaki i,ii,iii denklemlerinde 'β' ölçek parametresi , 'μ' konum parametresi, 'α' ise şekil parametresidir. 'i' Gumbel, 'ii' Frechet, 'iii' Weibull dağılım denklemleridir (Akyüz,2019). Bu çalışmada ekstrem dağılım ailesindeki fonksiyonlardan Gumbel dağılımı seçilmiştir. Bunun sebepleri olarak bu dağılım literatürde yağış hesaplarında şiddet-süre-frekans eğrilerinin oluşturulmasında çok kez kullanılmış olması ve bu alanda diğer dağılımlara göre verilerin türetilmesinde daha uygun olması olmuştur. Gumbel dağılımının ayrıntılı anlatımı bir sonraki bölümde gösterilecektir.

3.4 Gumbel Olasılık Dağılımı

Daha önceki bölümlerde belirtildiği üzere Gumbel olasılık dağılımı yağış, taşkın durumu, hidrolojik hesaplamalarda ekstrem değerler için (en küçük, en büyük) en uygun dağılım çeşitlerinin başında gelmektedir. Gumbel olasılık dağılımı fonksiyonu aşağıdaki şekildedir.

$$F(x;c,a) = \frac{1}{a}.\exp\left\{-\frac{x-c}{a} - \exp\left\{-\frac{x-c}{a}\right\}\right\} \qquad (3.3.2.1)$$

Eklenik dağılım fonksiyonu ise aşağıdaki gibidir;

$$F(x;c,a) = \exp\left\{-\exp\left\{-\frac{x-c}{a}\right\}\right\} \quad a>0\ , -\infty < x,c < \infty \qquad (3.3.2.2)$$

Formüllerde belirtilen 'a' ölçek parametresi, 'c' konum parametresidir. Parametrelerin tahmin edilip bulunabilmesi için ise momentler yöntemi kullanılır. Bu yönteme göre;

$$a = \frac{\sigma}{1.283} \qquad (3.3.2.3)$$

$$c = \mu - 0.577.a \qquad (3.3.2.4)$$

Formülleri ile hesaplanmaktadır. 'σ' standart sapma, 'μ' ise değişkenlerin ortalamasıdır. Çalışmada kullanılan dağılım fonksiyonu yardımı ile şiddet-süre-frekans eğrilerinin oluşturulması amaçlanmıştır. Dönüş periyotlarına bağlı yeni yağış verilerinin bulunması için aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi}\left[0{,}5772 + \ln\left[\ln\left[\frac{T}{T-1}\right]\right]\right] \qquad (3.3.2.5)$$

Burada ‘ K_T’ Gumbel dağılımı için kullanılan sıklık faktörüdür. *‘T*’ ise tekerrür periyodudur.

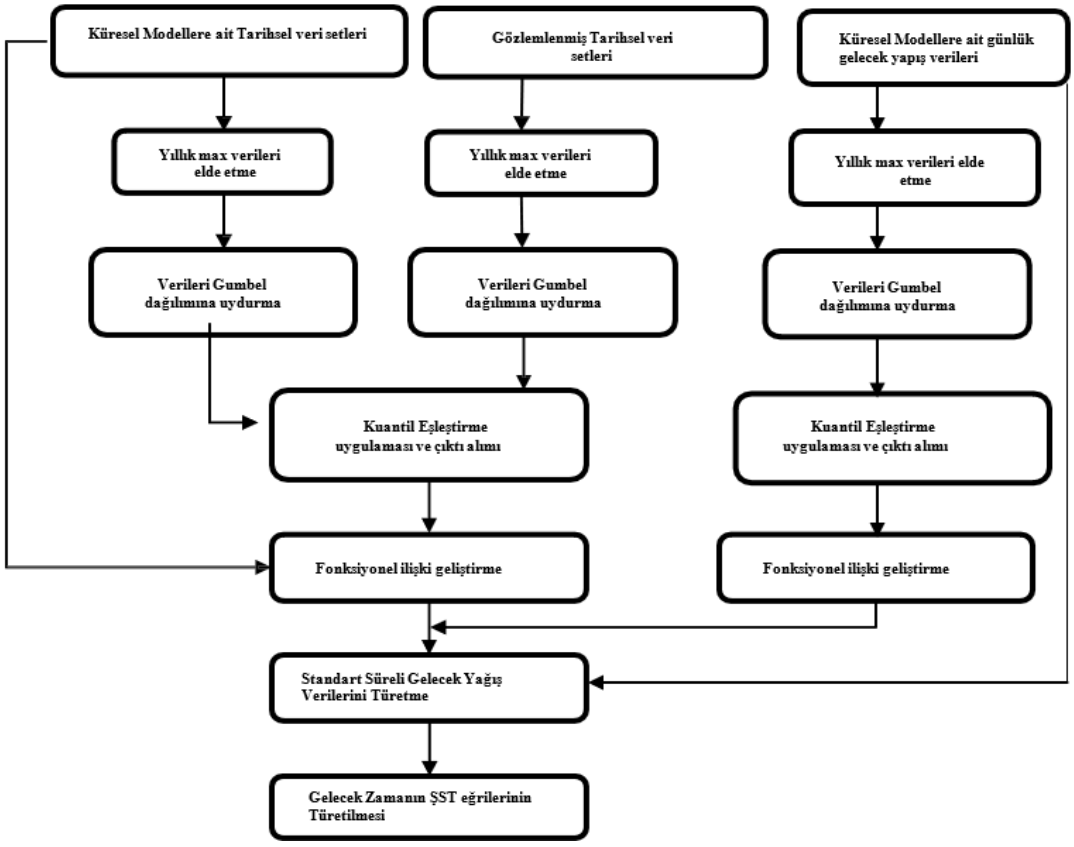
$$R = M + K_T S \quad (3.3.2.6)$$

Bu formül ise *‘K_T*’ Gumbel sıklık faktörüne bağlı yağış verisini bulmak için kullanılmaktadır. ‘*R*’ yağış (mm), ‘*M*’ yağış verilerinin ortalama değeri, ‘*S*’ yağış verilerinin standart sapma değeridir. Yağış şiddeti ise aşağıdaki formül aracılığı ile bulunmaktadır.

$$I = \frac{R}{D} \quad (3.3.2.7)$$

Burada ‘*I’* (mm/saat) yağış şiddeti, ‘*R*’ yağışı (mm), ‘*D*’ (saat) süreyi belirtmektedir. Yağış verilerinin Gumbel dağılımı ile yağış şiddetlerinin bulunması için çalışmada bu formüller kullanılmıştır. Bu formüllerin yardımı ile Yağış şiddeti–süre–frekans eğrileri son halini almıştır.

3.5 Eş Değer Kuantil Eşleştirme Metodu



Şekil 3.5.1 Eş değer kuantil eşleştirme metodu işlem basamakları

Şekil 3.5.1'de eş değer kuantil eşleştirme metodunun işlem adımları gösterilmiştir. Çalışmada gelecek zamana ait ŞST eğrilerini standart süreli zamanlara indirgemek için bu metot kullanılmıştır. Metodun kullanılabilmesi için gerekli olan adımların ayrıntısı aşağıdaki gibidir.

1. Seçilen üç küresel iklim modeli günlük toplam yağış verileri halinde bulunmaktaydı. İşlem yapılabilmesi için model verilerinin yıllık maksimum yağış verileri bulunur.
2. Küresel modellere ait tarihsel model verileri de günlük toplam veriler halinde bulunduğundan yıllık maksimum yağış verileri halinde düzenlenir.
3. Gözlemlenmiş tarihsel verilerde yıllık maksimum veriler halinde düzenlenir.
4. İklim modellerinin tarihsel verileri, gözlemlenmiş standart süreli yağış verileri, iklim modellerinin gelecek yağış verileri Gumbel olasılık dağılımına uydurulması yapılır, parametreleri bulunur.
5. İklim modellerinin tarihsel veri setlerinin kümülatif dağılım fonksiyonu ile gözlemlenmiş standart süreli yağış sürelerinin kümülatif dağılım fonksiyonları arasında bir lineer ilişki kurulur. Bu istatistiksel ilişki sonucu uygun denklemler bulunmaya çalışılır.

$$Y_{max,j}^{STN} = f\left(X_{max}^{K\dot{I}M}\right) \tag{3.5.1}$$

$$Y_{max,j}^{STN} = a_1 * X_{max}^{K\dot{I}M} + b_1 \tag{3.5.2}$$

6. Küresel iklim modellerinin gelecek yağış verilerinin kümülatif dağılım fonksiyonu bulunur ve küresel model tarihsel veri setlerinden oluşan KDF arasında da fonksiyonel lineer bir ilişki kurulur ve uygun denklemler bulunur.

$$Y_{max}^{K\dot{I}M,GEL} = f\left(X_{max}^{K\dot{I}M}\right) \tag{3.5.3}$$

$$Y_{max}^{K\dot{I}M,GEL} = a_2 * X_{max}^{K\dot{I}M} + b_2 \tag{3.5.4}$$

7. Bu adımda ise 5 ve 6. adımlarda elde edilen denklemler birleştirilerek aşağıdaki denklem elde edilir.

$$X_{max}^{STN,GEL} = a_1 * \left[\frac{X_{max}^{K\dot{I}M,GEL} - b_2}{a_2}\right] + b_1 \tag{3.5.5}$$

8. Son adımda ise bulunan değerlerle Gumbel dağılımı ile dönüş periyotlarına göre yağış verileri elde edilip ŞSF eğrileri çizilir (Srivastav vd., 2014).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

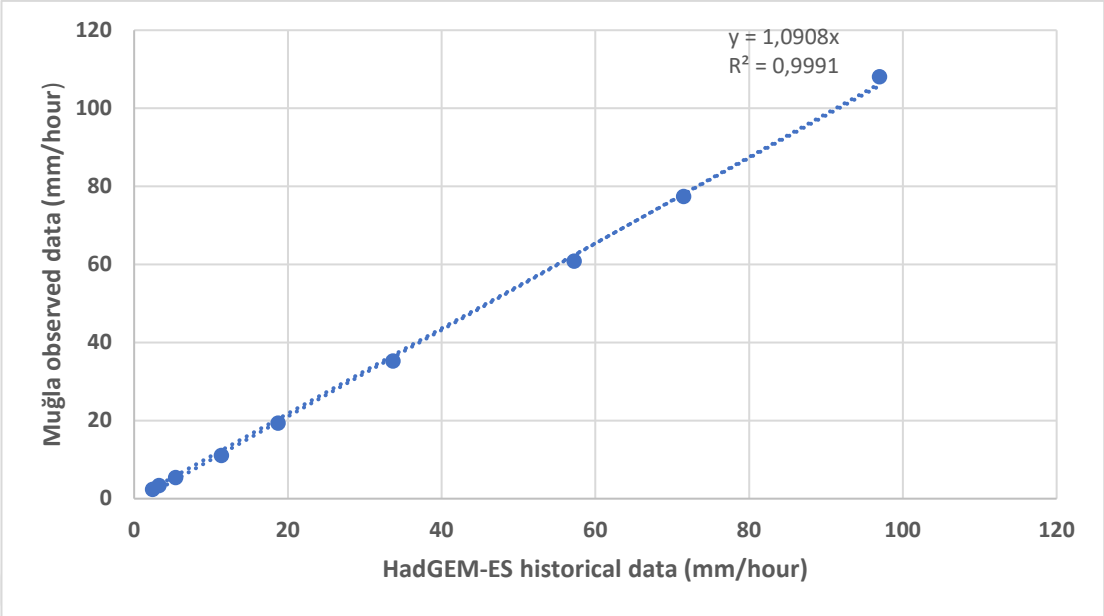
Bu çalışmada Muğla, Diyarbakır, Ordu illeri için geleceğe yönelik ŞSF eğrileri oluşturulmuştur. Bu eğrilerin oluşturulabilmesi için gözlemsel veri setleri, küresel iklim modeli tarihsel veri setleri ve küresel iklim modellerinin gelecek yağış verileri kullanıldı. Çalışmanın ana amacı hali hazırda bulunan yağış verilerini kullanarak geleceğe yönelik olarak senaryolar üretmek, ŞSF eğrilerinin güncellemesini yapmak ve günlük yağış (24 saat'lik) yağış verilerini ŞSF eğrileri oluşturulabilmesi için standart süreli yağış verilerine indirgeyebilmek yani ayrıştırabilmek olmuştur. Ayrıştırma işleminin yapılabilmesi için ise eşdeğer kuantil eşleştirme metodu kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan bu metodun doğruluğunu ve ayrıştırma konusundaki başarısını doğruyabilmek adına gözlemsel veri setleri ve küresel modelin tarihsel veri setleri arasında bu model uygulanmıştır. Çalışmada üç tane iklim modeli ve üç tane istasyon kullanıldığından dolayı her iklim modeli için ispat yapılmıştır. Diyarbakır ili için HadGEM2-ES modeli Ordu için MPI-ESM-MR Muğla ili için GFDL-ESM2M modelleri seçilerek kullanılan metodun tutarlılığı test edilmiştir.

Tablo 4.1 Diyarbakır ilinin ŞSF verileri

	2 YIL	**5 YIL**	**10 YIL**	**25 YIL**	**50 YIL**	**100 YIL**
5dk	65,4	91,1	108,1	129,6	145,5	161,3
10dk	46,0	64,9	77,4	93,2	104,9	116,5
15dk	35,7	50,8	60,8	73,5	82,9	92,2
30dk	21,0	29,6	35,3	42,5	47,8	53,1
1saat	12,0	16,4	19,3	23,0	25,7	28,4
2saat	7,4	9,6	11,0	12,9	14,3	15,6
6saat	3,4	4,6	5,4	6,4	7,1	7,8
12saat	2,0	2,8	3,3	4,0	4,5	5,0
24saat	1,6	2,0	2,3	2,7	3,0	3,3

Tablo 4.2 HadGEM-ES modelinin tarihsel ŞSF verileri

	2 YIL	**5 YIL**	**10 YIL**	**25 YIL**	**50 YIL**	**100 YIL**
5dk	55,2	80,3	97,0	118,0	133,6	149,1
10dk	41,3	59,5	71,5	86,7	97,9	109,1
15dk	32,7	47,5	57,2	69,6	78,7	87,8
30dk	19,6	28,0	33,7	40,8	46,0	51,2
1saat	11,4	15,8	18,7	22,4	25,1	27,8
2saat	7,1	9,7	11,4	13,5	15,1	16,7
6saat	3,3	4,6	5,4	6,4	7,2	7,9
12saat	2,0	2,7	3,2	3,9	4,4	4,8
24saat	1,6	2,1	2,4	2,8	3,1	3,4



Şekil 4.1 10 yıllık tekerrür aralığı için, HadGEM-ES modeline ait 24 saatlik tarihsel veri setine uygulanan ayrıştırma işlemi ile elde edilen standart süreli yağış şiddeti verilerinin aynı periyotta (1971-2000) Diyarbakır ili için gözlenen verilerle elde edilen standart süreli yağış değerleriyle karşılaştırılması

Şekil 4.1'de görüldüğü gibi HadGEM-ES küresel modelinin eşdeğer kuantil eşleştime yoluyla ayrıştırılmış halinden elde edilen verilerle, (bu veriler Tablo 4.2 'de Diyarbakır'ın ŞŞF verileri ise Tablo 4.1'de verilmiştir). Diyarbakır'a ait ŞŞT verileri kıyaslanmış ve büyük oranda tutarlı olduğu görülmüştür.

Tablo 4.3 Ordu ilinin ŞSF verileri

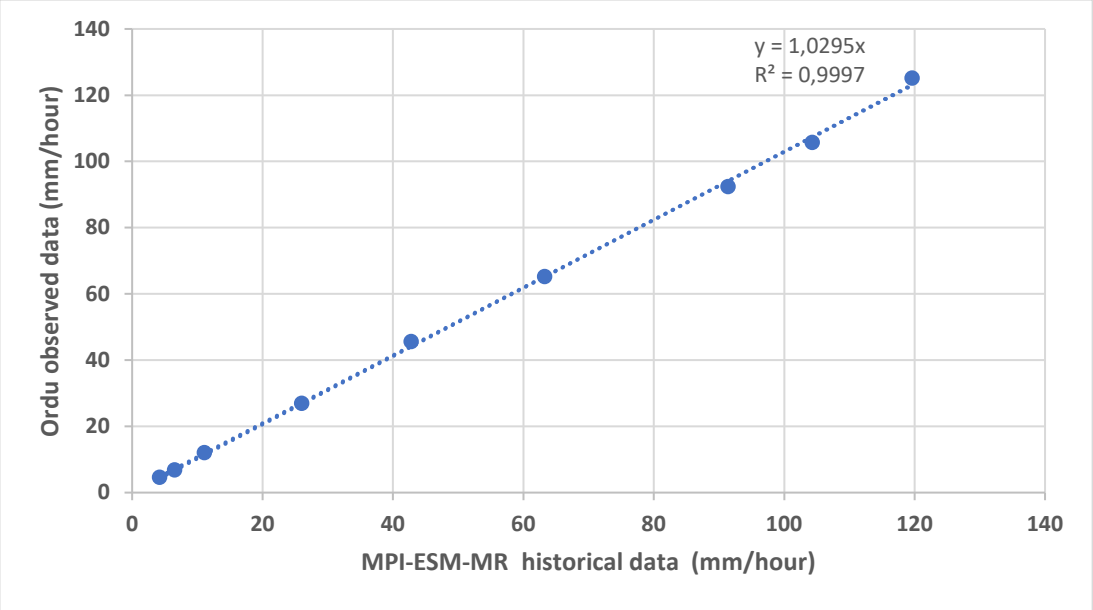
	2 YIL	5 YIL	10 YIL	25 YIL	50 YIL	100 YIL
5dk	80,8	107,5	125,1	147,5	164,0	180,5
10dk	63,5	88,9	105,7	126,9	142,7	158,3
15dk	53,7	77,0	92,4	111,9	126,3	140,7
30dk	36,6	53,8	65,2	79,6	90,3	100,9
1saat	23,5	36,8	45,7	56,8	65,1	73,3
2saat	14,5	22,0	26,9	33,2	37,9	42,5
6saat	6,6	9,9	12,1	14,9	16,9	19,0
12saat	3,9	5,7	6,9	8,4	9,5	10,6
24saat	2,6	3,8	4,6	5,6	6,3	7,1

Tablo 4.4 MPI-ESM-MR modelinin tarihsel ŞSF verileri

	2 YIL	5 YIL	10 YIL	25 YIL	50 YIL	100 YIL
5dk	71,7	100,5	119,6	143,7	161,6	179,4
10dk	59,7	86,5	104,3	126,7	143,4	159,9
15dk	51,6	75,5	91,4	111,4	126,3	141,1

Tablo 4.4 devamı

30dk	35,8	52,3	63,3	77,1	87,4	97,6
1saat	23,2	35	42,8	52,7	60	67,2
2saat	14,4	21,4	26	31,8	36,1	40,4
6saat	6,6	9,3	11,1	13,4	15	16,7
12saat	4	5,5	6,5	7,8	8,8	9,7
24saat	2,7	3,6	4,2	4,9	5,5	6,1



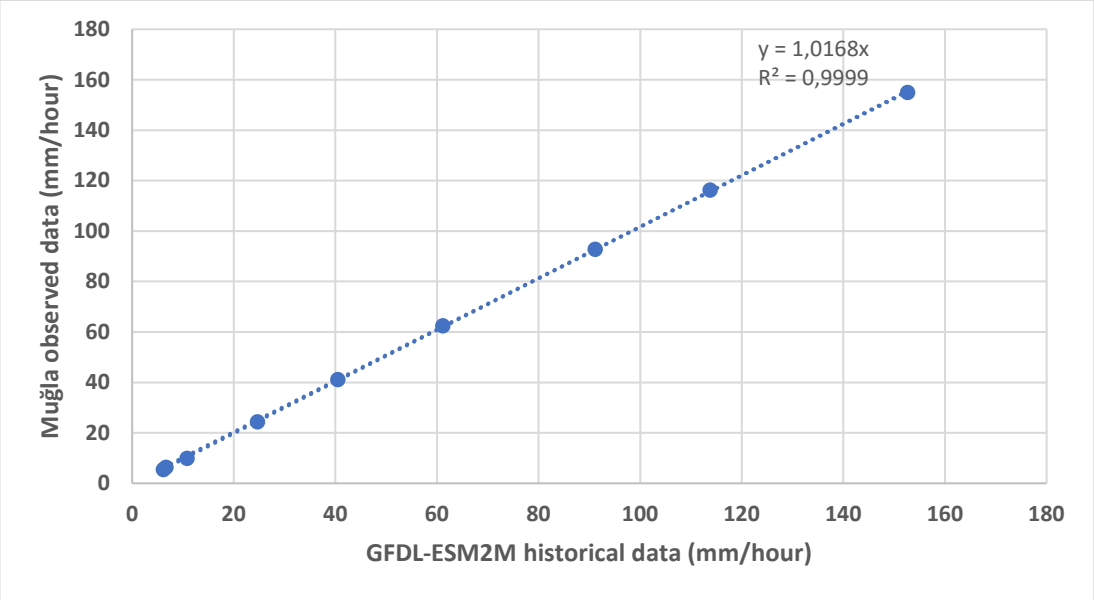
Şekil 4.2 10 yıllık tekerrür aralığı için, MPI-ESM-MR modeline ait 24 saatlik tarihsel veri setine uygulanan ayrıştırma işlemi ile elde edilen standart süreli yağış şiddeti verilerinin aynı periyotta (1971-2000) Ordu ili için gözlenen verilerle elde edilen standart süreli yağış değerleriyle karşılaştırılması.

Tablo 4.5 Muğla ilinin ŞSF verileri

	2 YIL	**5 YIL**	**10 YIL**	**25 YIL**	**50 YIL**	**100 YIL**
5dk	96,3	131,6	154,9	184,4	228,1	228,1
10dk	69,5	97,6	116,2	139,7	174,5	174,5
15dk	54,8	77,6	92,8	112,0	140,3	140,3
30dk	35,2	51,6	62,4	76,0	96,2	96,2
1saat	22,5	33,7	41,1	50,5	64,4	64,4
2saat	14,1	20,3	24,3	29,5	37,1	37,1
6saat	6,2	8,4	9,9	11,8	14,6	14,6
12saat	3,7	5,3	6,4	7,7	9,7	9,7
24saat	3,4	4,6	5,4	6,4	7,9	7,9

Tablo 4.6 GFDL-ESM2M modelinin tarihsel ŞSF verileri

	2 YIL	5 YIL	10 YIL	25 YIL	50 YIL	100 YIL
5dk	87,8	126,8	152,7	185,3	209,5	233,5
10dk	65,8	94,7	113,8	137,9	155,8	173,6
15dk	52,5	75,8	91,2	110,6	125,0	139,3
30dk	34,4	50,5	61,2	74,7	84,7	94,6
1saat	22,2	33,2	40,5	49,7	56,6	63,4
2saat	14,1	20,5	24,7	30,0	33,9	37,8
6saat	6,3	9,0	10,8	13,1	14,7	16,4
12saat	3,8	5,5	6,7	8,1	9,2	10,3
24saat	3,6	5,1	6,2	7,5	8,4	9,4



Şekil 4.3 10 yıllık tekerrür aralığı için GFDL-ESM2M modeline ait 24 saatlik tarihsel veri setine uygulanan ayrıştırma işlemi ile elde edilen standart süreli yağış şiddeti verilerinin aynı periyotta (1971-2000) Muğla ili için gözlenen verilerle elde edilen standart süreli yağış değerleriyle karşılaştırılması.

Tablo 4.4'te Muğla iline ait ŞŞF verileri, Tablo 4.5'te GFDL-ESM2M modelinin üretilmiş ŞSF verileri, Şekil 4.3'te ise 10 yıılık tekerrür aralığına göre gözlemsel ve model verilerin karşılaştırma yapılmıştır. Karşılaştırma sonucunda ise iki veri grubu arasında yüksek bir uyum görülmüştür. Her üç küresel modelin tarihsel veri setleri EKM yoluyla ayrıştırılarak üç istayona göre kıyaslaması yapılmış olup, belirlilik katsayısı, $R^2 \approx 1$ olarak bulunmuştur. Dolayısıyla kullanılan metodun yani EKM'nin verileri ayrıştırma konusunda yüksek oranda bir başarı sağladığı söylenebilir. Gelecek verilerinin ayrıştırılması konusunda kullanılabileceği anlaşılmıştır. Tablo 4.7, Tablo

4.8 ve Tablo 4.9'da küresel iklim modellerinin 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarına ait 3 farklı zaman periyodunda RCP4.5 ve RCP8.5 iklim senaryolarına göre üretilmiş ŞST verileri ile çalışmada kullanılan istasyonların(Diyarbakır, Ordu, Muğla) gözlemsel ŞST verilerinin ortalama yüzdesel farklar açısından kıyaslanmıştır.

Tablo 4.7 Küresel modellerin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 periyotlarına ait üretilmiş yağış şiddeti verilerinin Diyarbakır 1971-2000 yıllarına ait gözlemsel yağış şiddeti verilerine göre dönüş periyotlarındaki ortalama % değişimi

HadGEM-ES modeli RCP4.5 senaryosu							
		2	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
DİYARBAKIR	**2023-2048**	-9,3	0,7	4,8	8,4	10,5	12,1
	2049-2074	31,0	51,3	59,7	67,2	71,4	74,8
	2075-2098	-3,2	7,2	11,4	15,2	17,4	19,1
MPI-ESM-MR modeli RCP4.5 senaryosu							
		2	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
DİYARBAKIR	**2023-2048**	-34,8	-2,6	10,6	22,4	29,0	34,3
	2049-2074	-32,6	-33,0	-33,2	-33,4	-33,5	-33,5
	2075-2098	-18,5	-15,5	-14,3	-13,2	-12,6	-12,1
GFDL-ESM2M modeli RCP4.5 senaryosu							
		2	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
DİYARBAKIR	**2023-2048**	-9,5	-20,3	-24,7	-28,7	-30,9	-32,6
	2049-2074	-19,0	-28,5	-32,4	-35,9	-37,8	-39,4
	2075-2098	3,2	-5,1	-8,4	-11,5	-13,1	-14,5
HadGEM-ES modeli RCP8.5 senaryosu							
		2	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
	2023-2048	40,4	56,3	62,8	68,7	72,0	74,6
	2049-2074	-12,8	0,4	5,7	10,6	13,3	15,4
DİYARBAKIR	**2075-2098**	-6,1	-3,7	-2,8	-1,9	-1,4	-1,0
MPI-ESM-MR modeli RCP8.5 senaryosu							
		2	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
	2023-2048	-5,7	-2,4	-1,0	0,2	0,9	1,5
	2049-2074	-34,0	-44,6	-49,0	-52,9	-55,1	-56,9
DİYARBAKIR	**2075-2098**	-46,0	-29,3	-22,5	-16,3	-12,9	-10,2
GFDL-ESM2M modeli RCP8.5 senaryosu							
		2	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
DİYARBAKIR	**2023-2048**	-5,2	-15,2	-19,3	-23,0	-25,0	-26,7
	2049-2074	-18,1	-28,9	-33,3	-37,3	-39,5	-41,3
	2075-2098	-21,9	-27,5	-29,8	-31,9	-33,0	-34,0

Tablo 4.8 Küresel modellerin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 periyotlarına ait üretilmiş yağış şiddeti verilerinin Ordu 1971-2000 yıllarına ait gözlemsel yağış şiddeti verilerine göre dönüş periyotlarındaki ortalama % değişimi

HadGEM-ES modeli RCP4.5 senaryosu							
		2	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
ORDU	**2023-2048**	-6,6	0,6	3,4	5,8	7,1	8,2
	2049-2074	43,2	57,9	63,5	68,5	71,2	73,3
	2075-2098	0,2	7,5	10,3	12,7	14,1	15,1

MPI-ESM-MR modeli RCP4.5 senaryosu							
		2	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
ORDU	**2023-2048**	-35,5	-2,9	9,4	20,0	25,7	30,3
	2049-2074	-33,0	-35,2	-36,0	-36,7	-37,0	-37,3
	2075-2098	-17,1	-16,6	-16,4	-16,2	-16,1	-15,9

GFDL-ESM2M modeli RCP4.5 senaryosu							
		2	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
ORDU	**2023-2048**	-6,9	-21,7	-27,2	-31,9	-34,5	-36,4
	2049-2074	-17,6	-30,4	-35,1	-39,2	-41,4	-43,1
	2075-2098	7,4	-5,5	-10,3	-14,4	-16,6	-18,3

HadGEM-ES modeli RCP8.5 senaryosu							
		2	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
ORDU	**2023-2048**	47,3	55,5	58,6	61,4	63,0	64,2
	2049-2074	-14,1	-3,0	1,2	4,9	6,8	8,4
	2075-2098	-3,0	-4,1	-4,4	-4,7	-4,8	-4,9

MPI-ESM-MR modeli RCP8.5 senaryosu							
		2	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
ORDU	**2023-2048**	-2,6	-2,7	-2,6	-2,5	-2,5	-2,5
	2049-2074	-34,6	-47,6	-52,4	-56,6	-58,8	-60,6
	2075-2098	-48,2	-31,3	-24,9	-19,4	-16,4	-14,0

GFDL-ESM2M modeli RCP8.5 senaryosu							
		2	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
ORDU	**2023-2048**	-2,1	-16,3	-21,6	-26,1	-28,6	-30,5
	2049-2074	-16,6	-30,8	-36,1	-40,7	-43,1	-45,1
	2075-2098	-20,9	-29,4	-32,5	-35,2	-36,6	-37,8

Tablo 4.9 Küresel modellerin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 periyotlarına ait üretilmiş yağış şiddeti verilerinin Muğla 1971-2000 yıllarına ait gözlemsel yağış şiddeti verilerine göre dönüş periyotlarındaki ortalama % değişimi

HadGEM-ES modeli RCP4.5 senaryosu							
		2	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
MUĞLA	**2023-2048**	-6,0	6,2	11,1	15,3	5,9	19,5
	2049-2074	46,5	68,5	77,3	85,0	70,3	92,6
	2075-2098	1,2	13,7	18,7	23,0	12,9	27,3

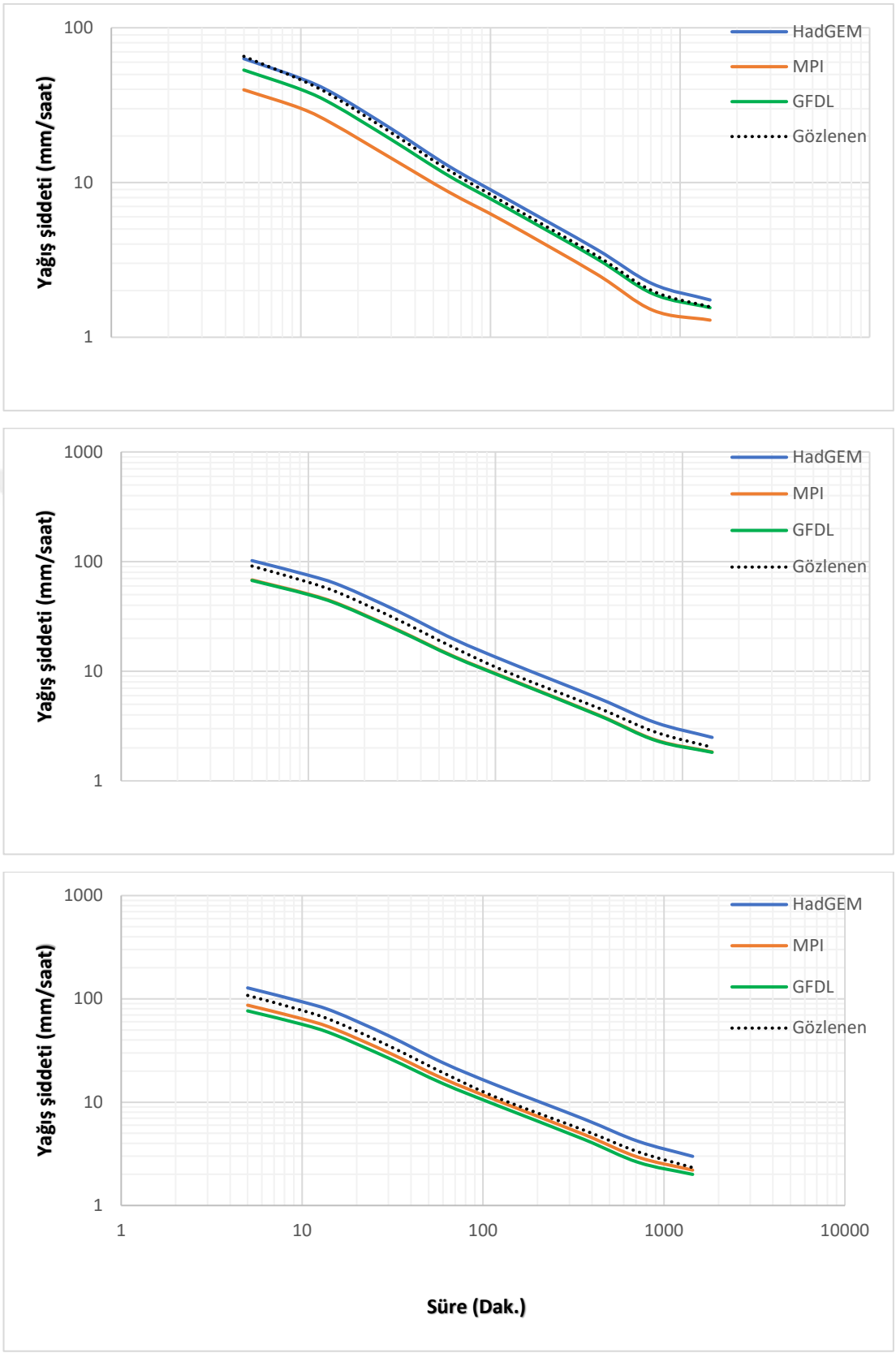
MPI-ESM-MR modeli RCP4.5 senaryosu							
		2	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
MUĞLA	**2023-2048**	-36,4	2,4	17,7	31,1	24,7	44,3
	2049-2074	-33,8	-32,7	-32,3	-31,9	-38,5	-31,5
	2075-2098	-17,0	-12,5	-10,7	-9,1	-17,4	-7,5

GFDL-ESM2M modeli RCP4.5 senaryosu							
		2	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
MUĞLA	**2023-2048**	-6,3	-18,0	-22,6	-26,6	-35,9	-30,5
	2049-2074	-17,6	-27,5	-31,3	-34,7	-42,9	-38,0
	2075-2098	8,8	-0,4	-4,0	-7,1	-17,9	-10,2

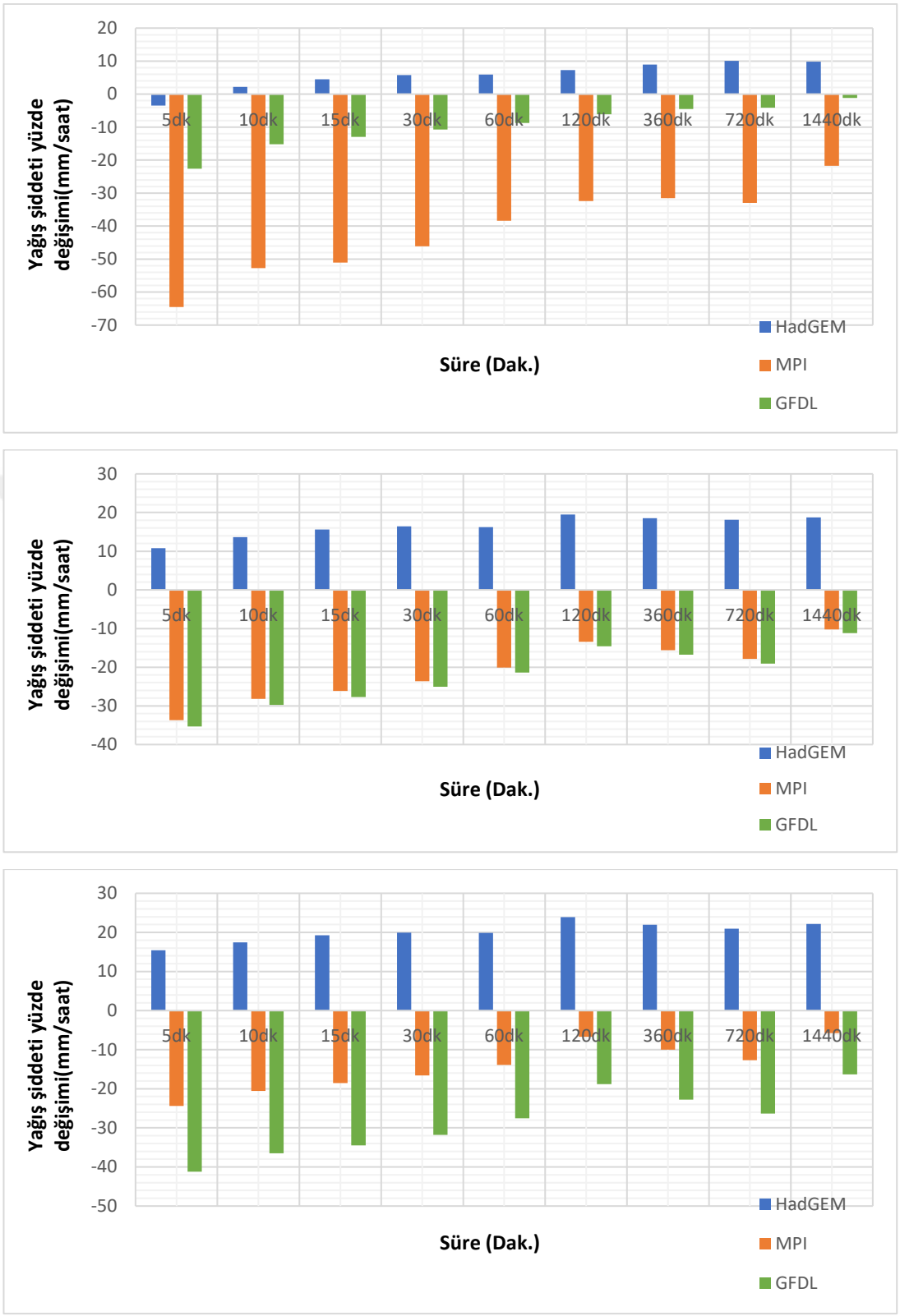
HadGEM-ES modeli RCP8.5 senaryosu							
		2	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
MUĞLA	**2023-2048**	50,9	65,9	71,9	77,2	62,1	82,4
	2049-2074	-10,1	5,9	12,2	17,8	8,8	23,3
	2075-2098	-2,2	1,1	2,5	3,7	-6,1	4,9

MPI-ESM-MR modeli RCP8.5 senaryosu							
		2	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
MUĞLA	**2023-2048**	-1,7	2,7	4,5	6,1	-3,7	7,6
	2049-2074	-35,4	-46,1	-50,3	-54,0	-60,4	-57,6
	2075-2098	-49,8	-28,4	-20,0	-12,6	-17,7	-5,4

GFDL-ESM2M modeli RCP8.5 senaryosu							
		2	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
MUĞLA	**2023-2048**	-1,2	-12,1	-16,4	-20,1	-29,9	-23,8
	2049-2074	-16,5	-28,0	-32,4	-36,3	-44,6	-40,2
	2075-2098	-21,0	-26,4	-28,4	-30,2	-38,1	-32,0



Şekil 4.4 Diyarbakır ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T= 5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması



Şekil 4.5 Diyarbakır ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T=5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması

Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te Diyarbakır ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının T=2 yıl, T= 5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle karşılaştırması yapılmıştır. Diğer periyotların yağış değerlerine ait şekiller ek kısmında verilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre:

T=2 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Diyarbakır'ın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %5 ila %10 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %2 ila %20 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %20 ila %65 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

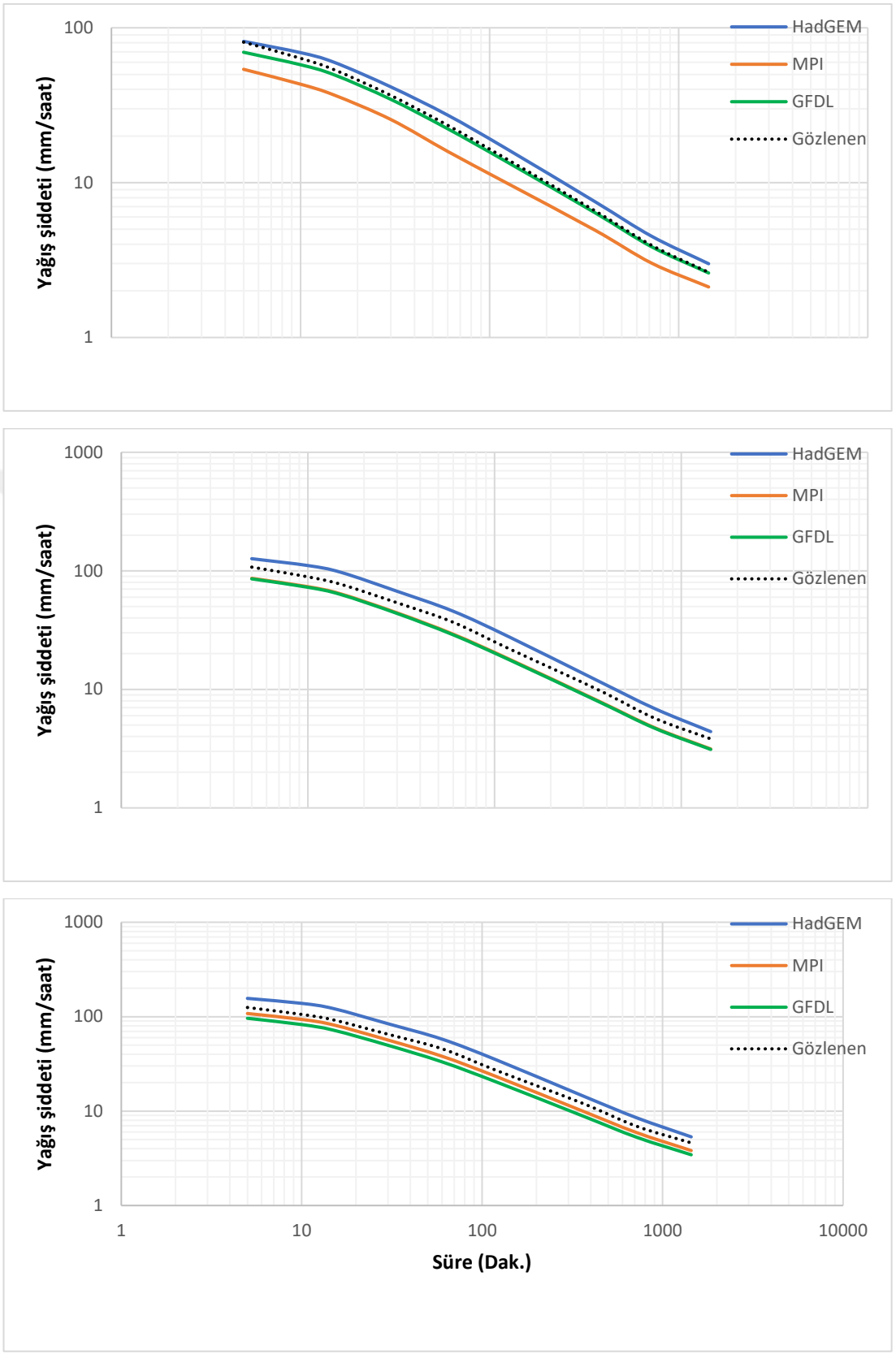
T=5 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Diyarbakır'ın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %10 ila %20 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %10 ila %34 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %10 ila %36 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

T=10 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Diyarbakır'ın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %18 ila %22 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %6 ila %24 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %16 ila %42 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

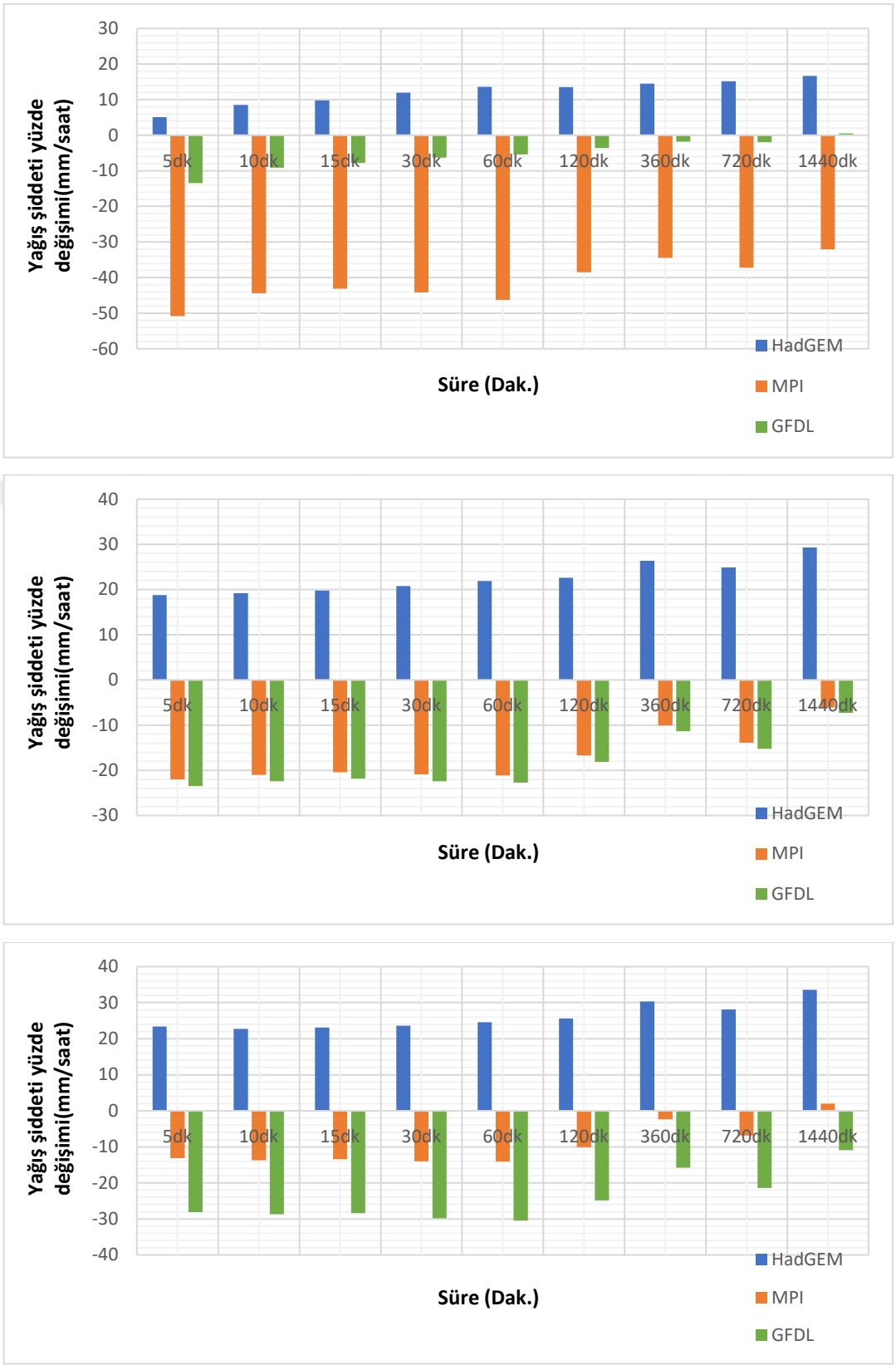
T=25 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Diyarbakır'ın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %18 ila %28 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %2 ila %16 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %22 ila %48 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

T=50 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Diyarbakır'ın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %22 ila %28 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %1 ila %14 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %24 ila %50 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

T=100 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Diyarbakır'ın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %22 ila %32 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %1 ila %10 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %24 ila %54 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.6 Ordu ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T= 5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması



Şekil 4.7 Ordu ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T=5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması

Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'te Ordu ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının T=2 yıl, T= 5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle karşılaştırması yapılmıştır. Diğer periyotların yağış değerlerine ait şekiller ek kısmında verilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre:

T=2 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Ordu'nun gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %6 ila %14 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %2 ila %12 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %34 ila %50 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

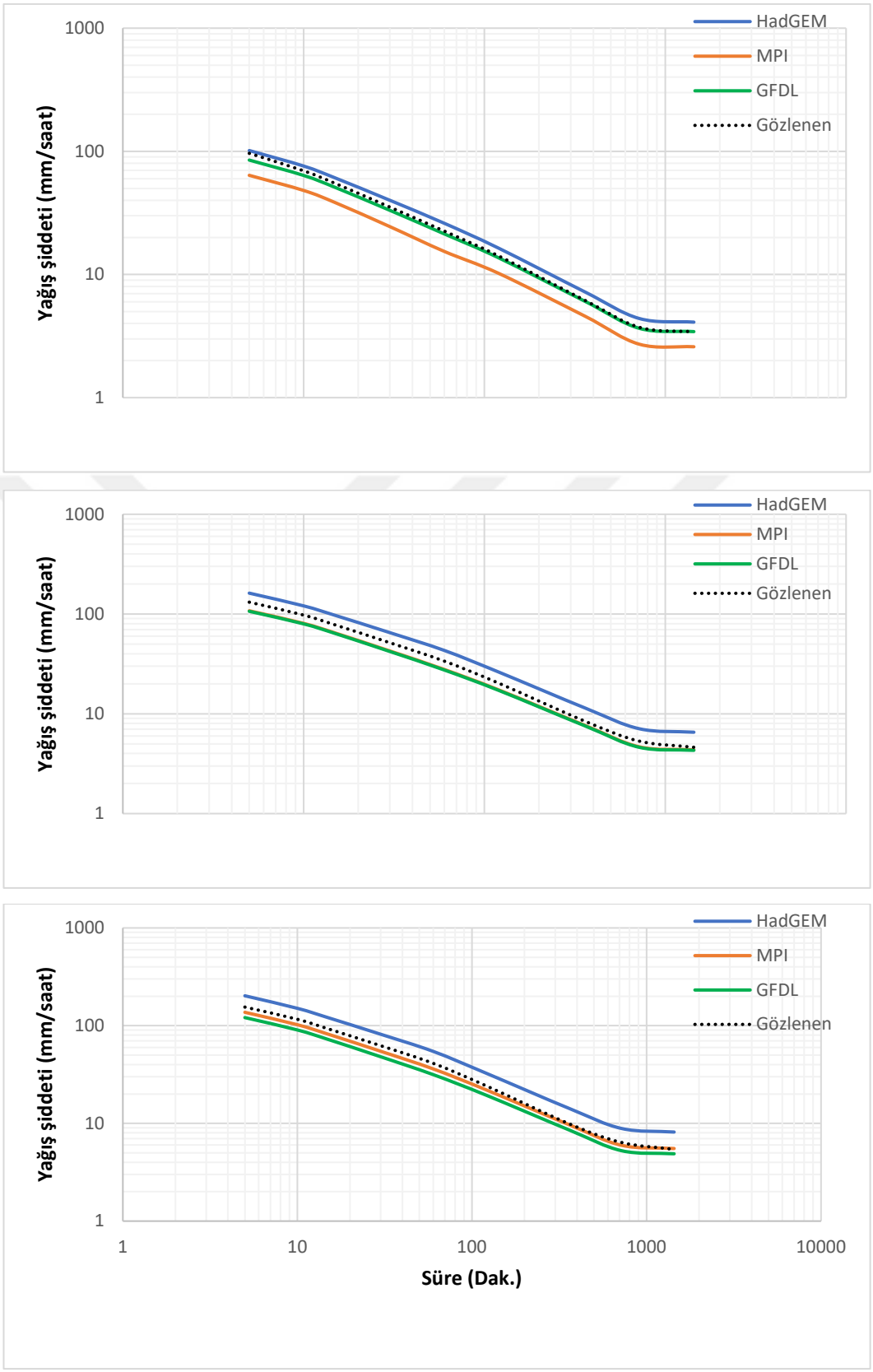
T=5 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Ordu'nun gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %18 ila %28 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %6 ila %22 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %8 ila %24 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

T=10 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Ordu'nun gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %24 ila %36 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %2 ila %12 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %12 ila %30 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

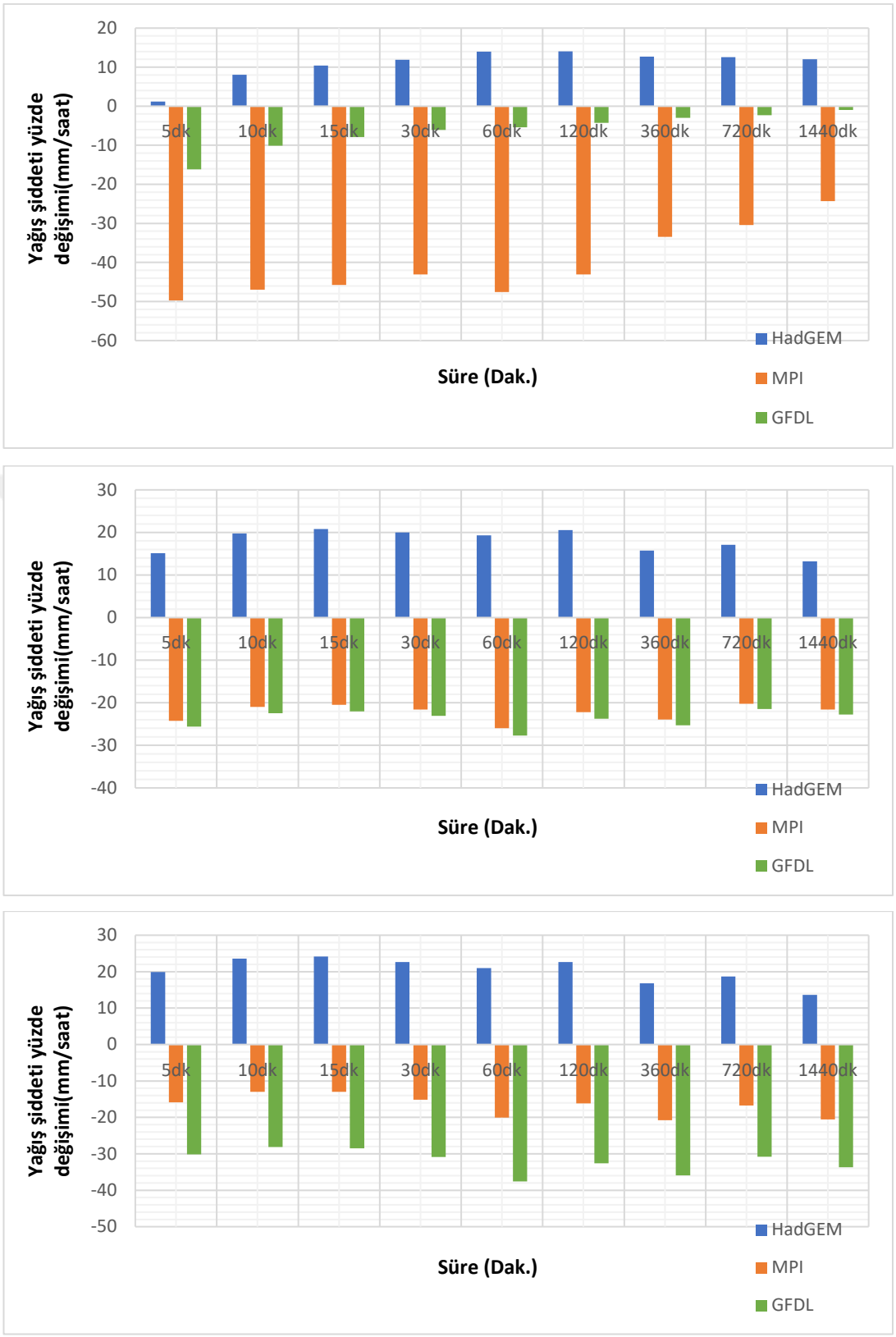
T=25 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Ordu'nun gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %26 ila %36 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %6 ila %8 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %14 ila %38 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

T=50 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Ordu'nun gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %18 ila %30 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %2 ila %18 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %30 ila %58 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

T=100 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Ordu'nun gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %28 ila %40 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %1 ila %5 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %18 ila %45 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.8 Muğla ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T=5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması



Şekil 4.9 Muğla ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T=5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması

Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da Muğla ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının T=2 yıl, T= 5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle karşılaştırması yapılmıştır. Diğer periyotların yağış değerlerine ait şekiller ek kısmında verilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre:

T=2 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Muğla'nın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %2 ila %14 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %24 ila %50 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %2 ila %16 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

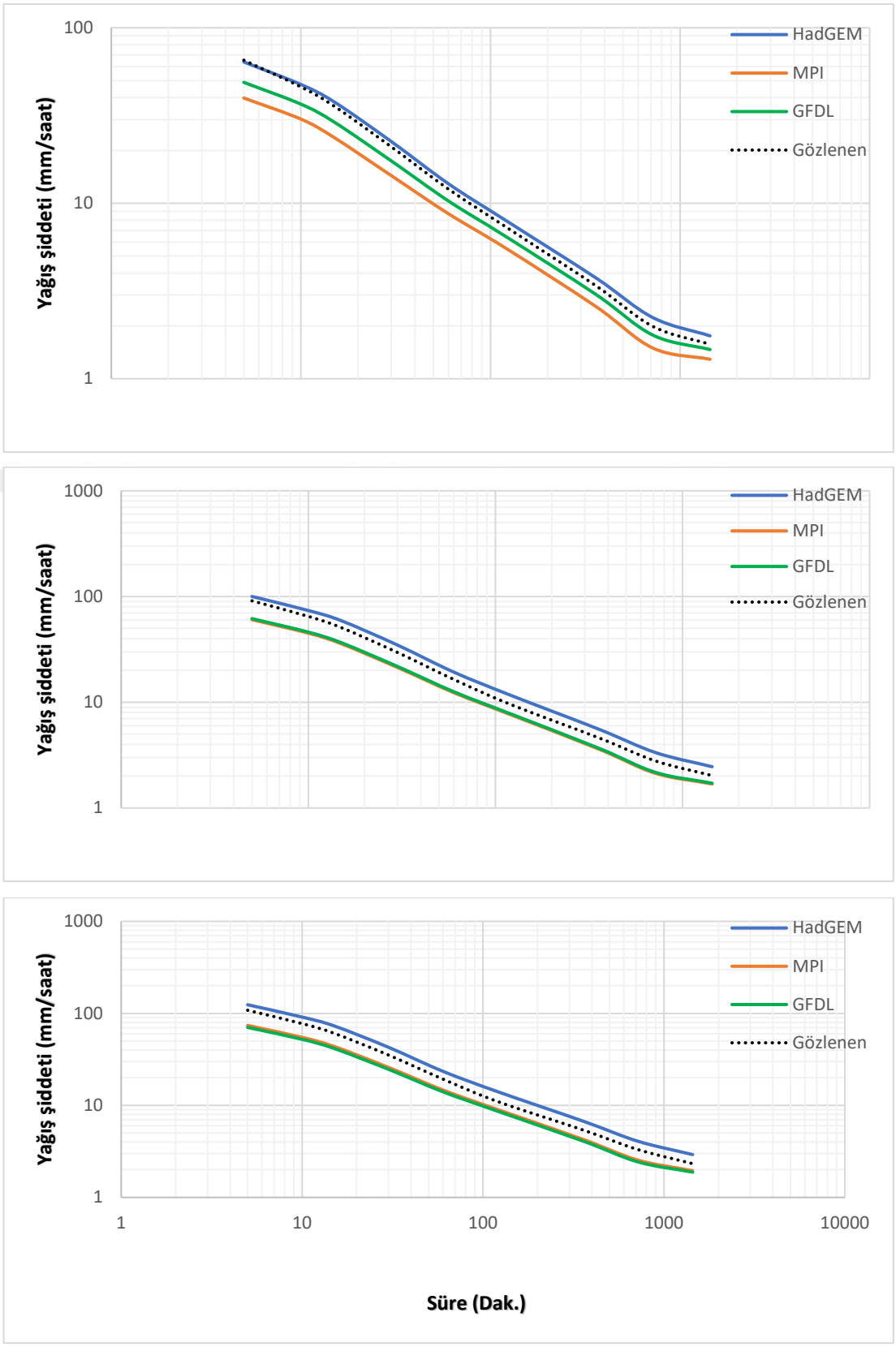
T=5 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Muğla'nın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %16 ila %22 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %20 ila %24 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %22 ila %28 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

T=10 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Muğla'nın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %20 ila %24 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %14 ila %22 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %28 ila %36 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

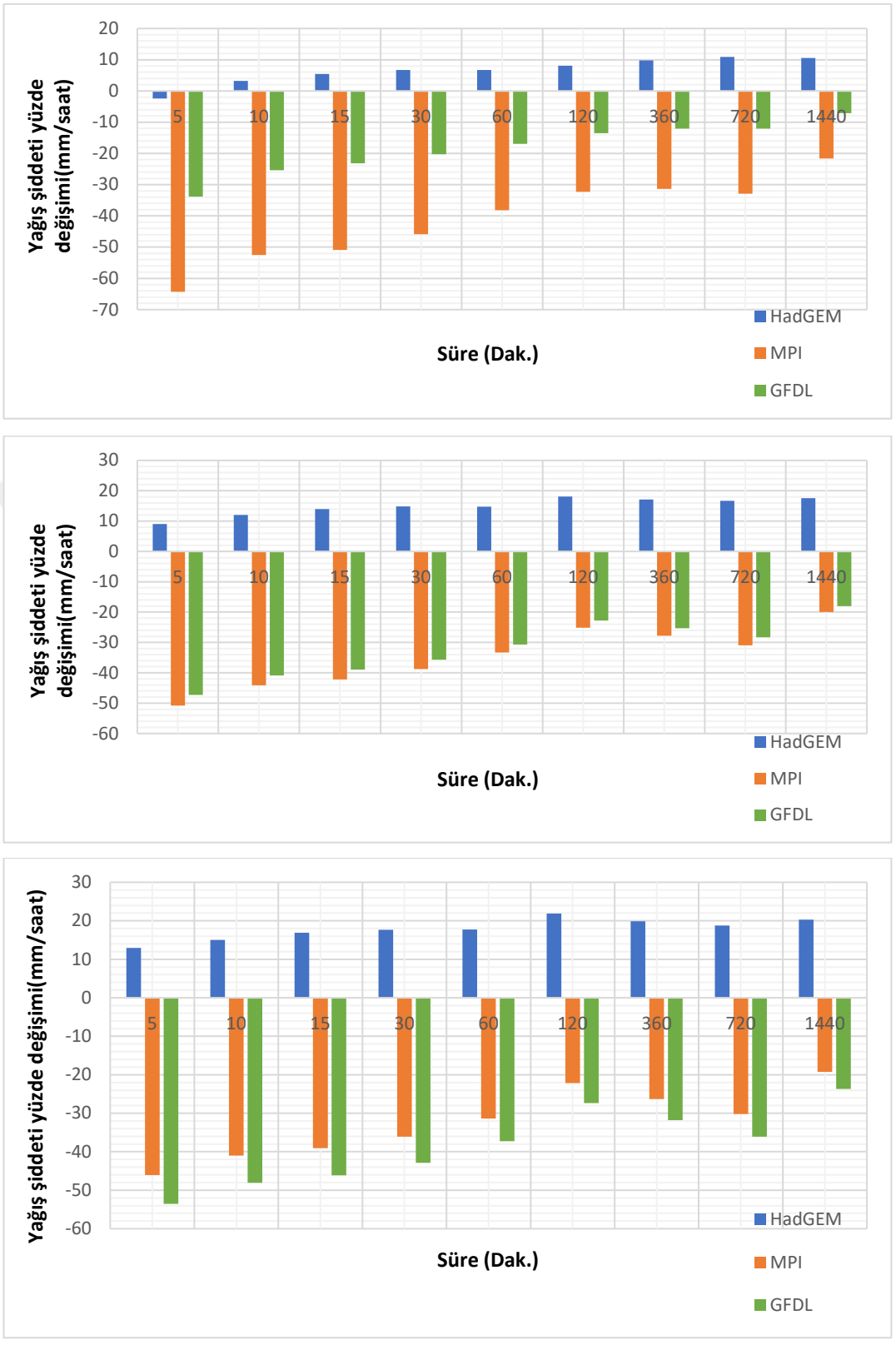
T=25 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Muğla'nın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %14 ila %28 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %8 ila %18 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %34 ila %46 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

T=50 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Muğla'nın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %14 ila %28 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %4 ila %18 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %38 ila %52 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

T=100 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Muğla'nın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %14 ila %30 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %1 ila %18 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %38 ila %58 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.9 Diyarbakır ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T= 5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması



Şekil 4.10 Diyarbakır ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T=5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması

Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da Diyarbakır ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının T=2 yıl, T= 5 yıl ve T= 10 yıl yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle karşılaştırması yapılmıştır. Diğer periyotların yağış değerlerine ait şekiller ek kısmında verilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre:

T=2 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Diyarbakır'ın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %1 ila %10 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %22 ila %64 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %8 ila %34 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

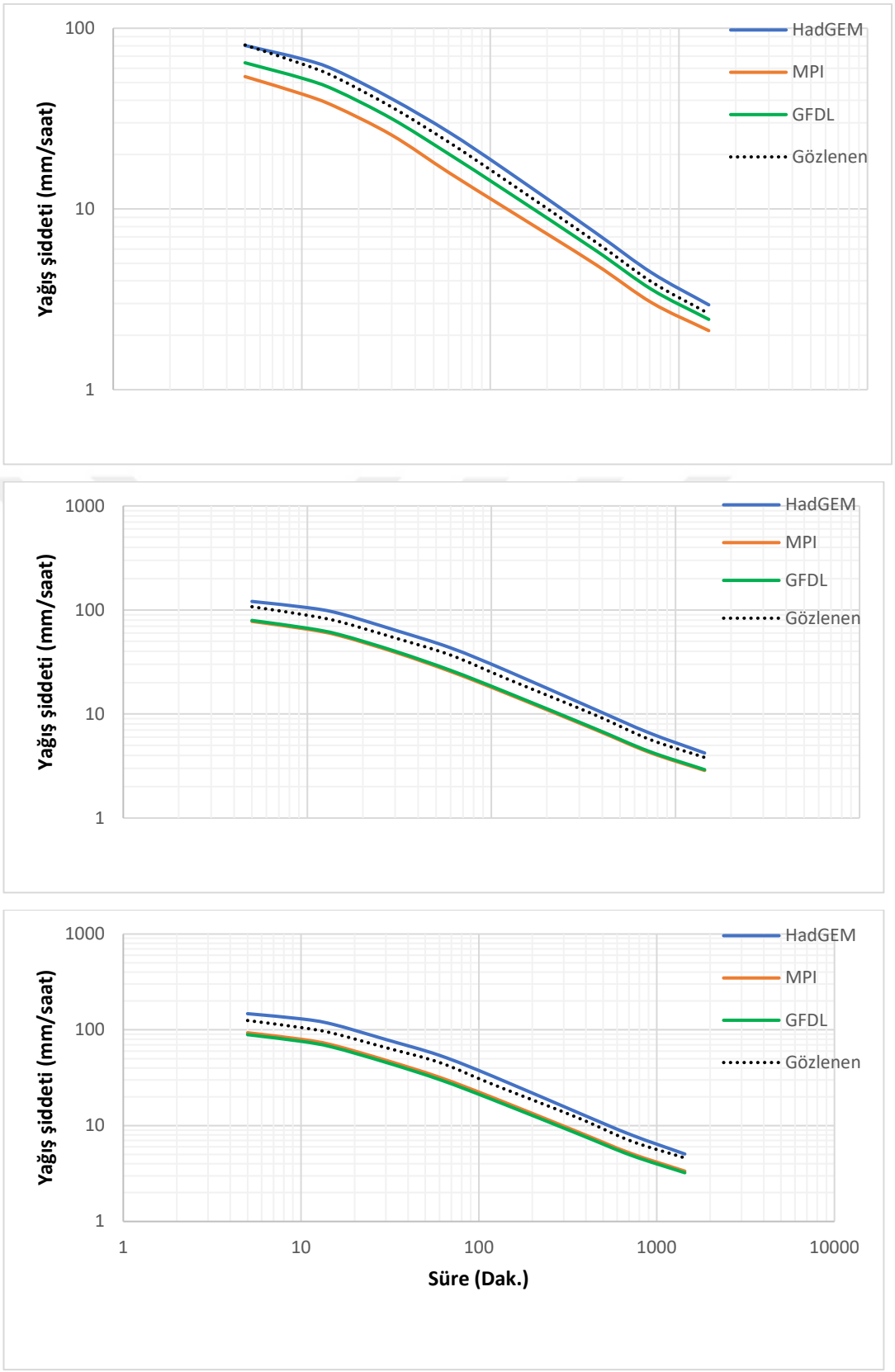
T=5 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Diyarbakır'ın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %8 ila %18 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %18 ila %48 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %22 ila %28 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

T=10 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Diyarbakır'ın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %14 ila %22 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %22 ila %46 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %28 ila %54 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

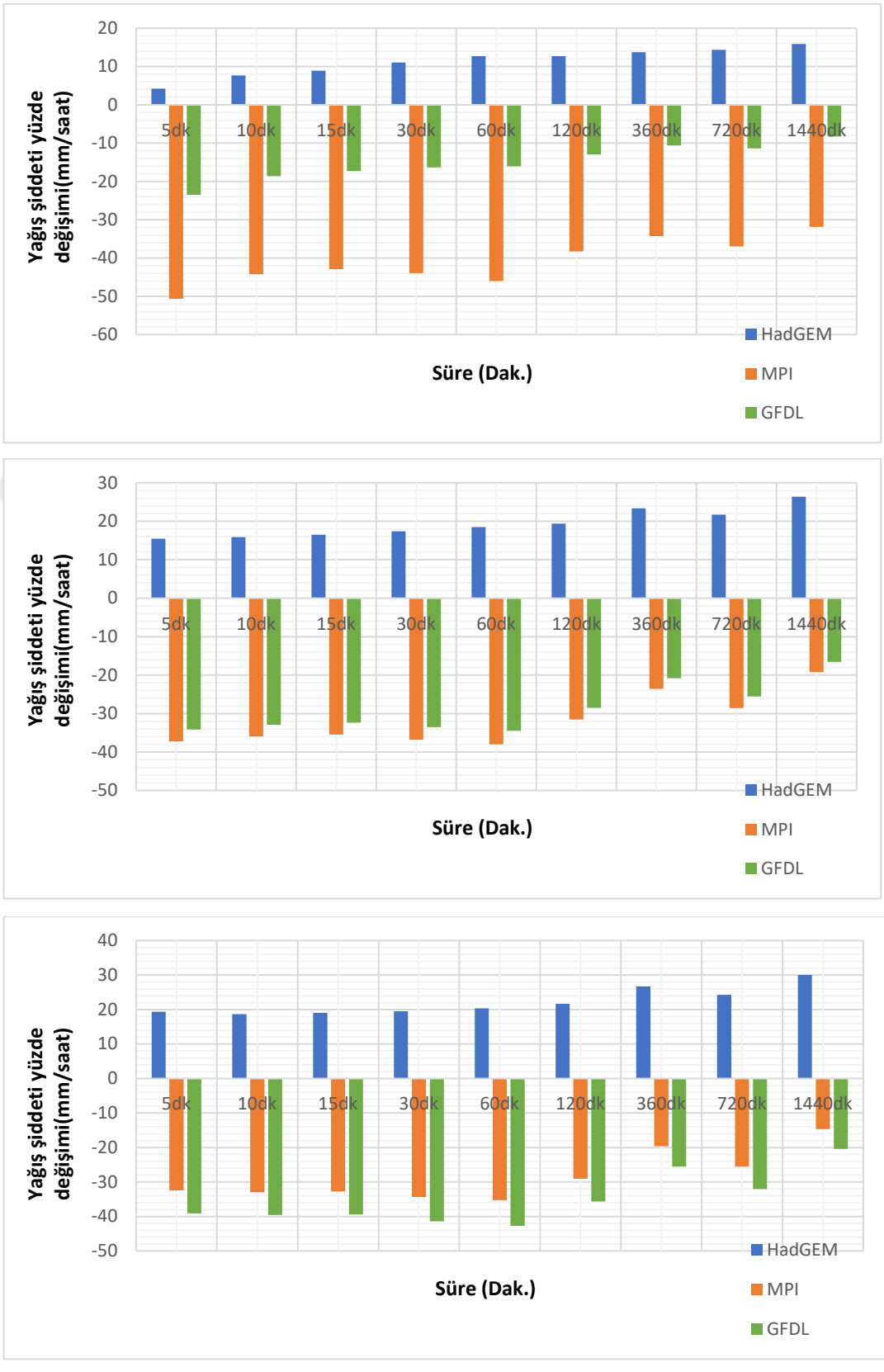
T=25 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Diyarbakır'ın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %16 ila %24 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %19 ila %42 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %32 ila %68 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

T=50 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Diyarbakır'ın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %18 ila %26 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %18 ila %40 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %34 ila %64 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

T=100 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Diyarbakır'ın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %20 ila %24 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %18 ila %38 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %36 ila %68 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.11 Ordu ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T=5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması



Şekil 4.12 Ordu ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T=5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması

Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de Ordu ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının T=2 yıl, T= 5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle karşılaştırması yapılmıştır. Diğer periyotların yağış değerlerine ait şekiller ek kısmında verilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre:

T=2 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Ordu'nun gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %4 ila %16 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %32 ila %51 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %8 ila %24 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

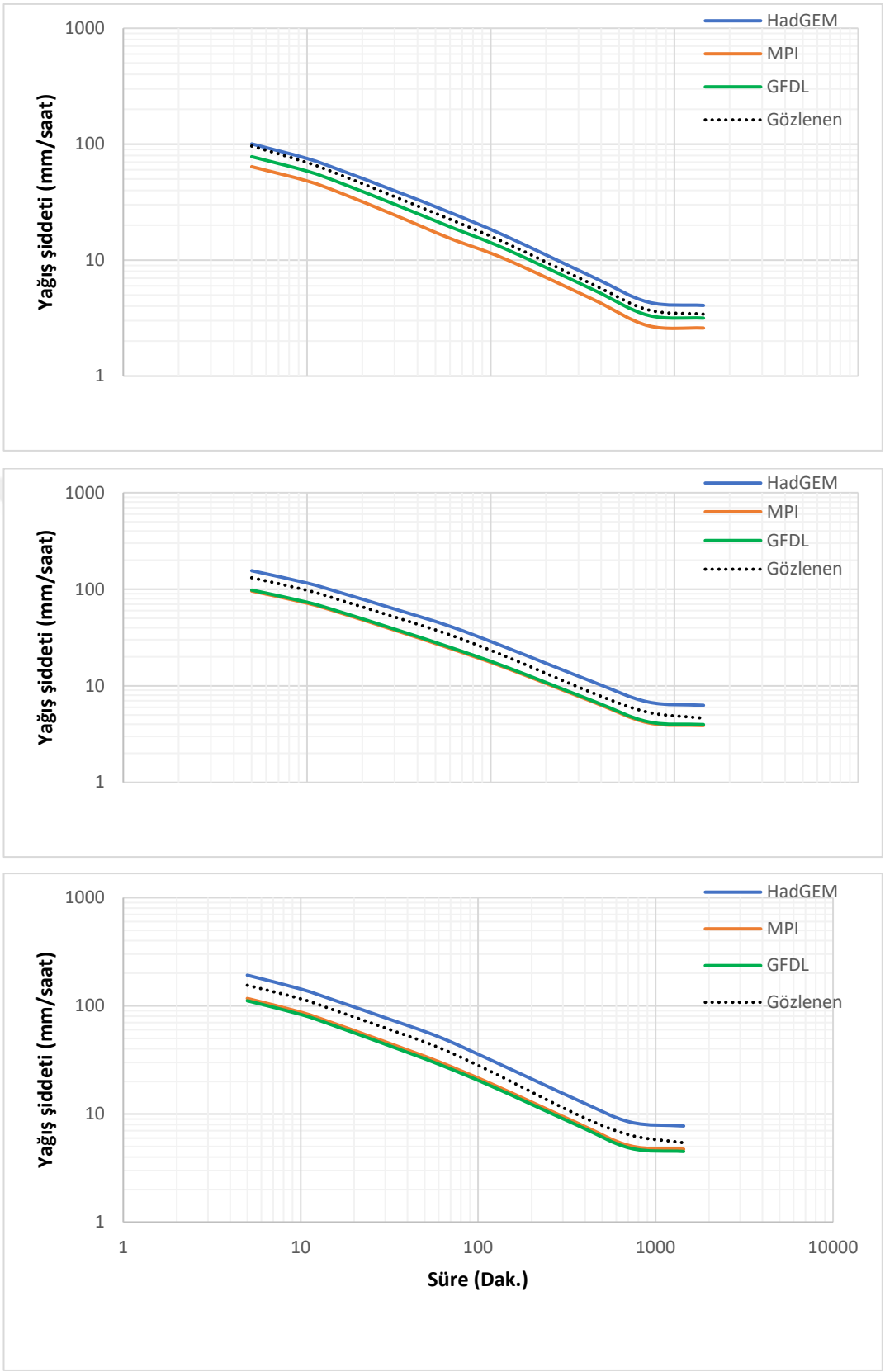
T=5 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Ordu'nun gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %14 ila %26 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %18 ila %38 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %18 ila %36 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

T=10 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Ordu'nun gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %18 ila %30 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %19 ila %36 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %20 ila %42 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

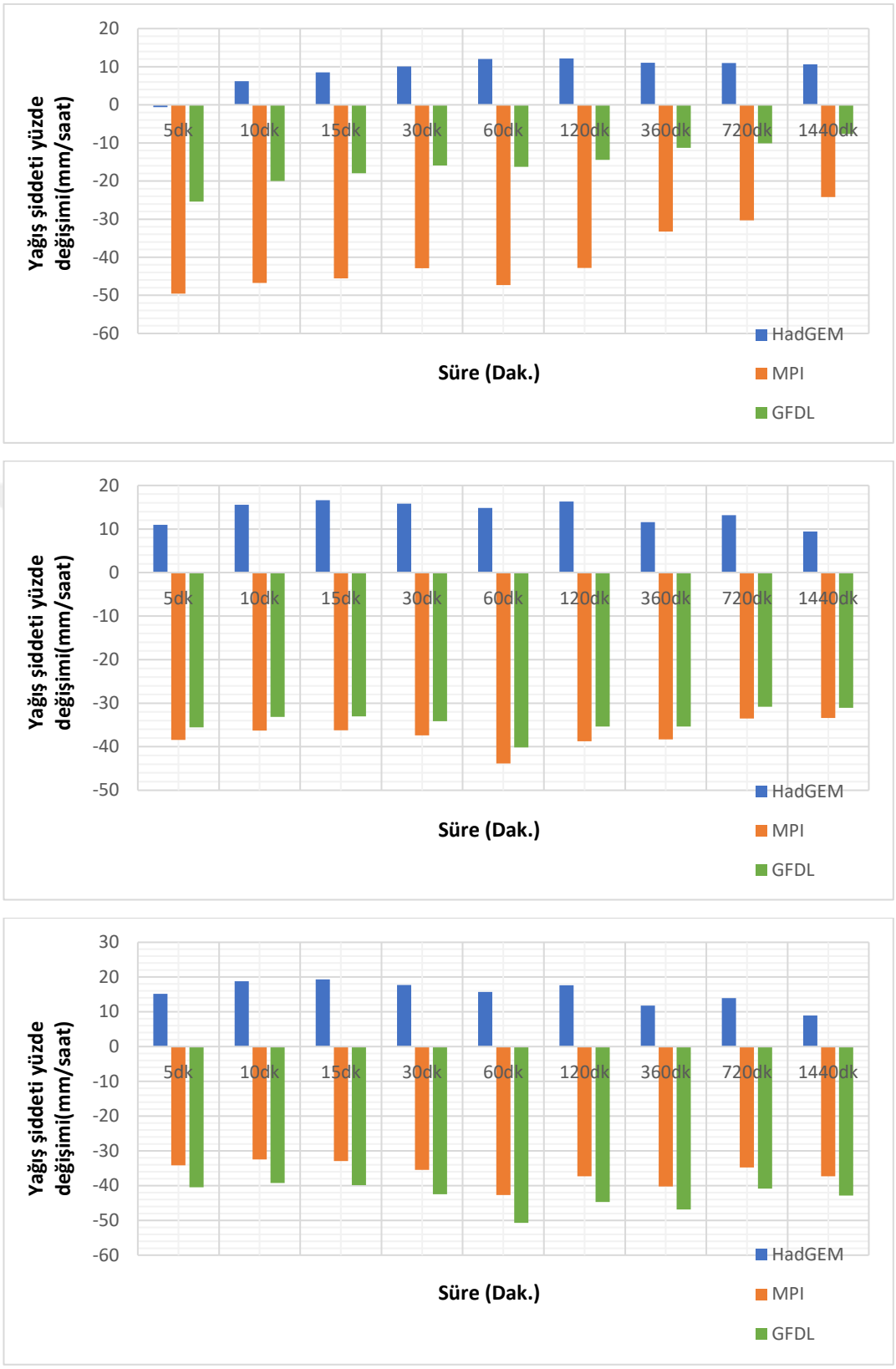
T=25 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Ordu'nun gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %24 ila %32 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %16 ila %32 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %24 ila %50 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

T=50 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Ordu'nun gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %16 ila %28 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %20 ila %48 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %40 ila %76 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

T=100 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Ordu'nun gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %24 ila %38 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %4 ila %32 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %28 ila %60 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.13 Muğla ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T=5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması



Şekil 4.14 Muğla ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=2 yıl, T=5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması

Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'te Muğla ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının T=2 yıl, T= 5 yıl ve T= 10 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle karşılaştırması yapılmıştır. Diğer periyotların yağış değerlerine ait şekiller ek kısmında verilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre:

T=2 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Muğla'nın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %1 ila %12 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %24 ila %50 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %8 ila %26 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

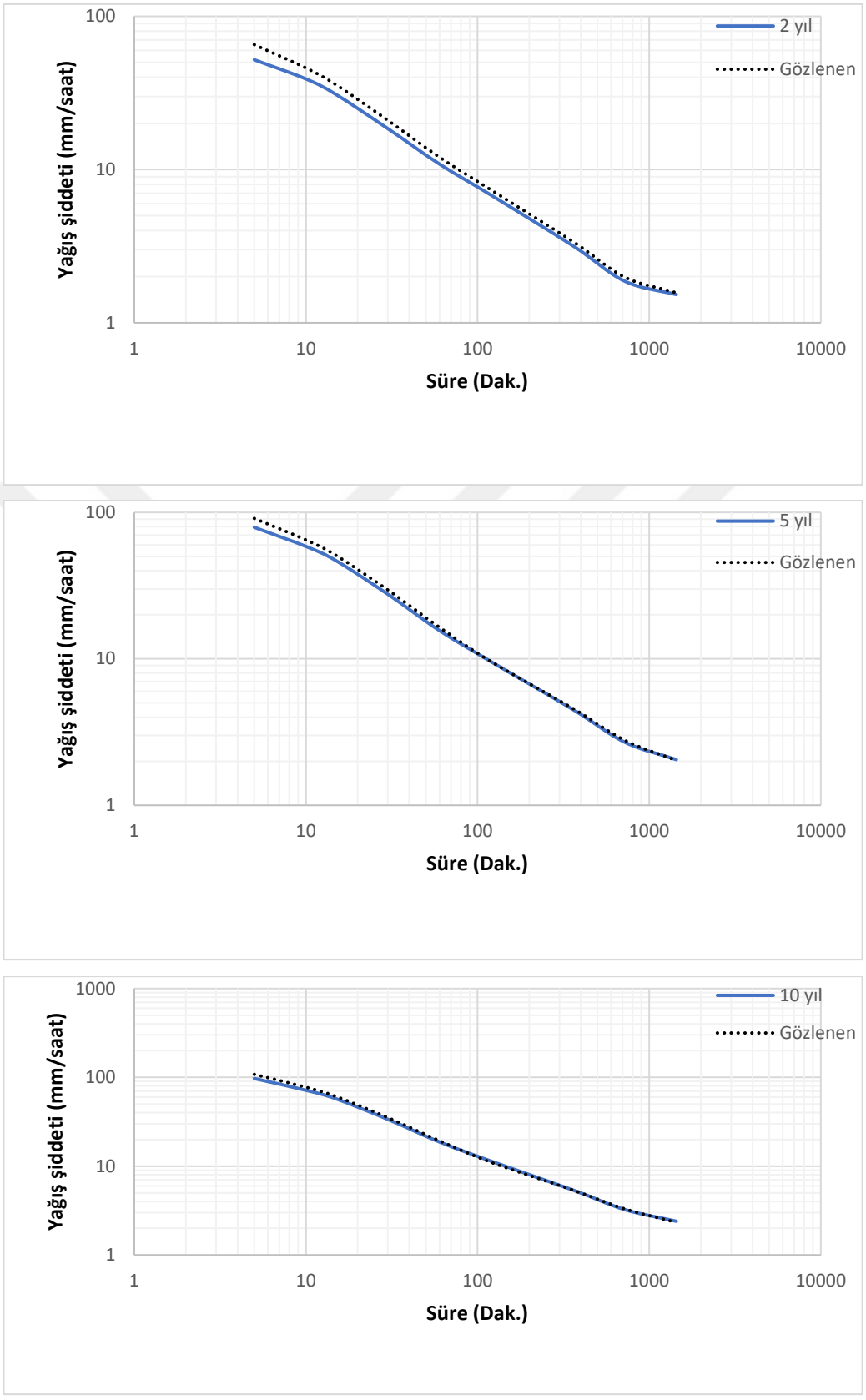
T=5 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Muğla'nın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %8 ila %16 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %32 ila %44 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %31 ila %40 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

T=10 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Muğla'nın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %8 ila %20 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %34 ila %42 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %40 ila %50 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

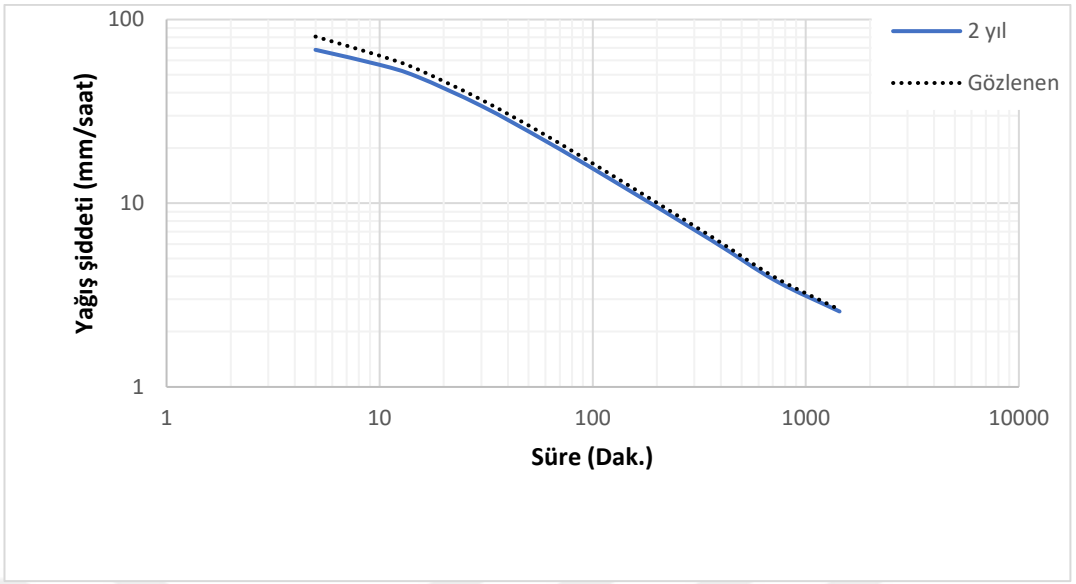
T=25 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Muğla'nın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %8 ila %22 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %29 ila %42 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %50 ila %56 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

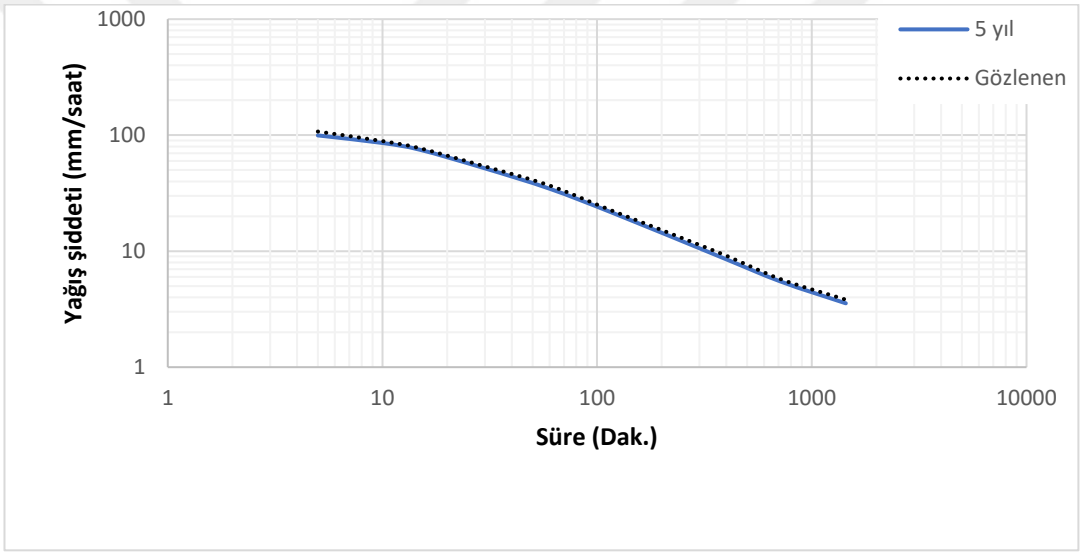
T=50 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Muğla'nın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %8 ila %23 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %28 ila %42 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %50 ila %66 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

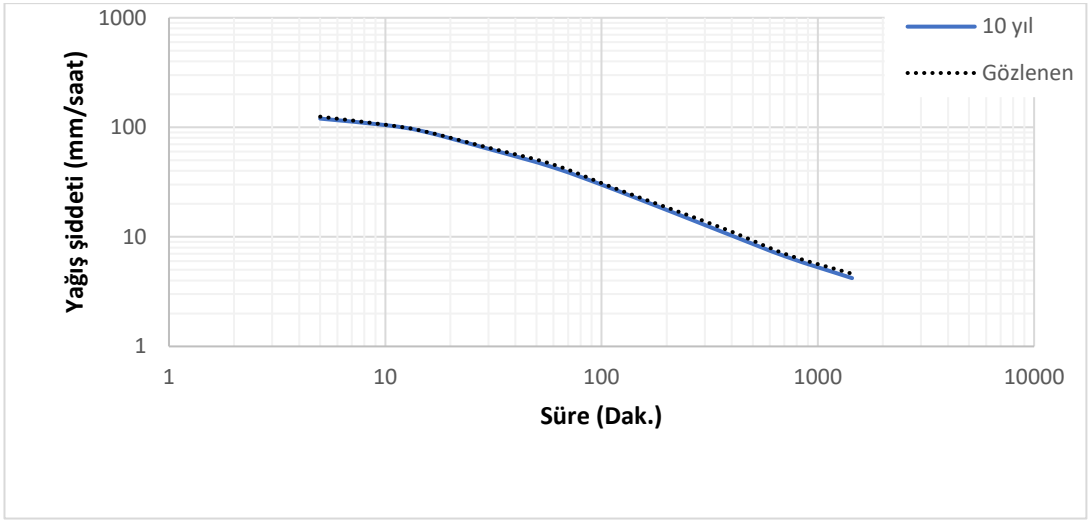
T=100 yıl periyodunda HadGEM modeliyle Muğla'nın gözlemlenmiş değerleriyle karşılaştırılmasına göre elde edilmiş yağış değerlerinde %8 ila %24 arasında bir artışın olduğu MPI modeline göre %28 ila %44 arasında bir azalış olduğu, GFDL modeline göre ise %52 ila %72 arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.



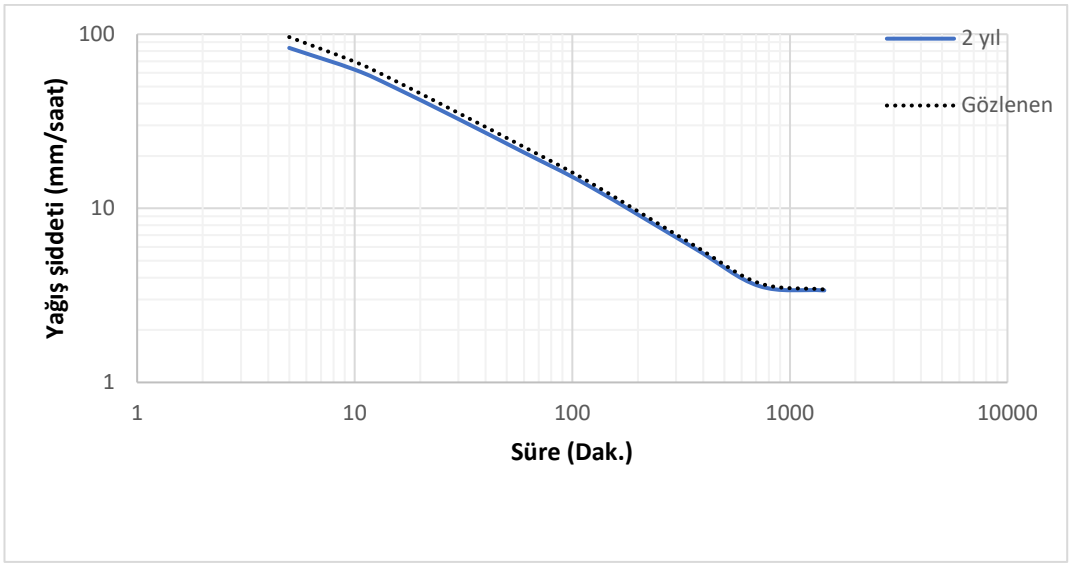
Şekil 4.15 Çalışmada kullanılan modellerin RCP4.5 senaryosuna göre elde edilmiş yağış verilerinin ortalama değerleri ile Diyarbakır iline ait gözlenmiş yağış verilerinin yukarıdan aşağıya doğru T=2, T=5, T=10 dönüş periyotlarına göre kıyaslanması

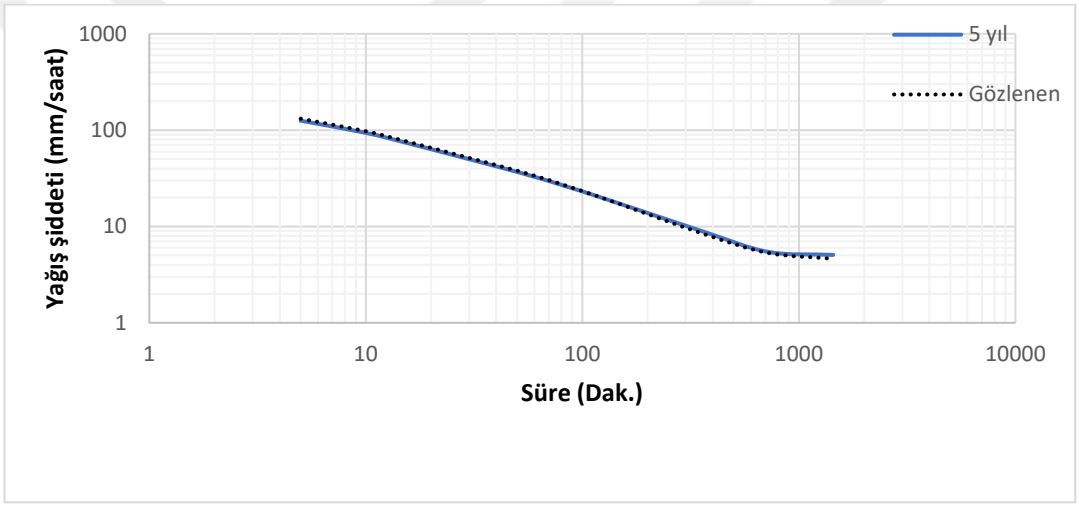


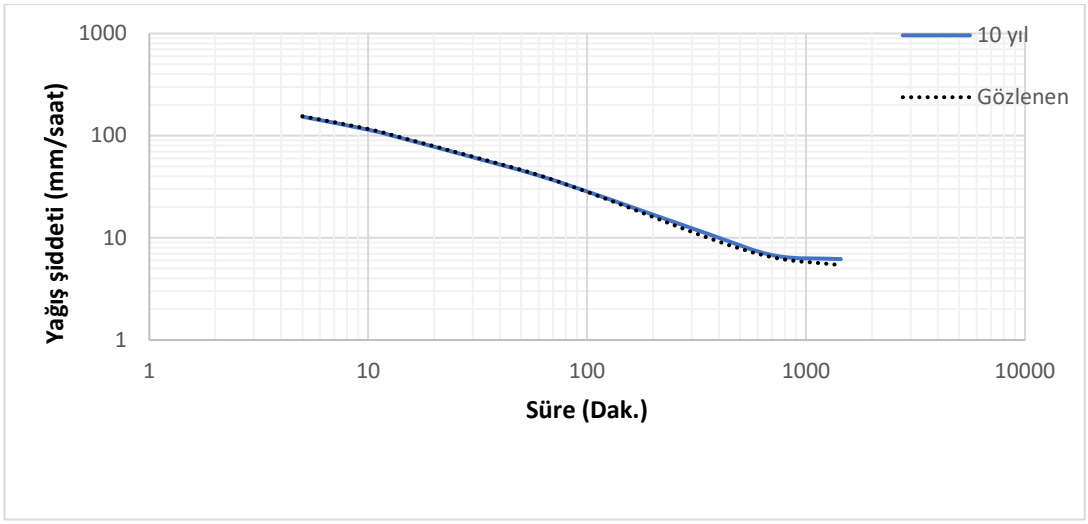




Şekil 4.16 Çalışmada kullanılan modellerin RCP4.5 senaryosuna göre elde edilmiş yağış verilerinin ortalama değerleri ile Ordu iline ait gözlenmiş yağış verilerinin yukarıdan aşağıya doğru T=2, T=5, T=10 dönüş periyotlarına göre kıyaslanması







Şekil 4.17 Çalışmada kullanılan modellerin RCP4.5 senaryosuna göre elde edilmiş yağış verilerinin ortalama değerleri ile Muğla iline ait gözlenmiş yağış verilerinin yukarıdan aşağıya doğru T=2, T=5, T=10 dönüş periyotlarına göre kıyaslanması

Elde edilen bulgular incelendiğinde çalışma alanı olarak belirlenen tüm şehirlerde HadGEM modelinin yağış verileri, çalışma alanı seçilen şehirlerin gözlemlenmiş yağış verilerine göre 2023-2098 yıllarına ait periyotta genel itibari ile arttığı, MPI ve GFDL modellerinin yağış verileri ise genel itibari ile azaldığı, GFDL modelindeki yağış verilerinin MPI modeline göre azalışlarının daha fazla olduğu görülmüştür. Çalışmada bulunan bulguların diğer yapılmış bazı çalışmalarla karşılaştırması yapılması adına literatürden bazı çalışma bulguları verilmek istenmiştir. Tayşi ve Özger (2021) çalışmalarında istasyon olarak İstanbul şehrini seçmiş ve gelecek dönem yağış verilerinin incelenmesi için küresel model olarak HadGEM-ES modelini kullanmışlardır. Değerlendirme periyodu olarak 2023-2097 yılları arası seçilmiş olup gelecek dönem yağış verilerinin hem RCP4.5 hemde RCP8.5 senaryolarında genel itibari ile artış gösterdiği bulunmuştur. Gürkan vd (2016) çalışmalarında GFDL-ESM2M modeli aracılığı ile Türkiye genelinde 2023-2098 yıllarına ait yağış şiddeti değişiminin incelenmesini yapılmış ve Türkiye genelinde sürekli bir yağış azalışının olduğu bulunmuştur. Literatürdeki çalışmalara ait bulgularla bu çalışmada elde edilen bulguların genel anlamda sayısal verilerde farklılıklar olması dışında yağışların genel artış ve genel azalışı bakımından benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. Küresel modellerin her birinin farklı sonuçlar vermesinden dolayı gelecek yağış verileri hakkında hangi modele göre değerlendirme yapılması gerektiği konusunda bir belirsizlik vardır. Bundan dolayı da şekil 4.15, şekil 4.16 ve şekil 4.17'de küresel modellerin RCP4.5 yağış verilerinin ortalaması alınıp gözlenmiş yağış verilerine göre kıyaslanması yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre yağış verilerinin gözlenmiş değerlerle hemen hemen benzer değerler gösterdiği kimi sürelerde ise gözlenen değerlere göre daha az olduğu görülmüştür. Tüm senaryolarda ve periyotlarda benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu sebepten dolayı elde edilen bulgularla birlikte her üç şehir içinde model ortalamalarına göre elde edilmiş sonuçlar doğrultusunda şehirlerin su yapıların alt yapılarının gelecek dönemler için genel olarak yeterli olabileceği sonucu ortaya çıkmaktadır.

5. SONUÇLAR

Küresel iklim değişikliği sadece mevcut zaman dilimimizin önemli bir sorunu değil geleceğimizi de etkileyecek önemli bir problemdir. Bu bakımdan konunun her açıdan incelenip birçok çalışma yapılması ve bunların kamuoyuna sunulması gerekir. Dünyanın geleceği için problemin zararlı etkilerini azaltacak önlemlerin alınması gerekmektedir. Çalışmada Diyarbakır, Ordu, Muğla illeri seçilerek küresel iklim değişikliğinin farklı iklim bölgeleri için olası etkilerinin ortaya konulması hedeflenmiştir.

- HadGEM-ES modeline göre Diyarbakır ili için RCP4.5 senaryosuna göre 2023-2048 yılları arası %5 ila %20 arasında bir artış olduğu, 2049-2074 yılları arası %20 ila %80 arasında yağışın arttığı, MPI-ESM-MR modeline göre Diyarbakır ili için RCP4.5 senaryosuna göre genel olarak bir yağış azalması olup 2049-2078 yılları arası %30 ila %50 arası bir yağış azalması belirlenmiştir.
- GFDL-ESM2M modeline göre baktığımızda hem RCP4.5 hemde RCP8.5 senaryolarına göre üç şehir içinde genel itibari ile yağışların azaldığı ve %10 ila %50 arasında değişen yağış azalışları görülmüştür.
- HadGEM-ES modeline göre Ordu ili için RCP4.5 senaryosuna göre 2049-2075 periyoduna göre % 80'ne varan yağış artışı görüldüğü genel anlamda değişim oranlarının Diyarbakır şehrinden fazla olduğu görülmüştür.
- Ordu ili MPI-ESM-MR modeli bakımından incelenecek olursa 2049-2075 yılları arası hem RCP4.5 hemde RCP8.5 senaryolarına göre %60'a varan azalışlar olduğu, diğer periyotlardada azalış olduğu görülmüştür.
- HadGEM-ES muğla ili için olarak incelendiğinde RCP4.5 2023-2048 yılları arasında %120'a varan yağış artşı görülmüştür
- HadGEM-ES modeline göre Diyarbakır ili için RCP8.5 senaryosuna göre ise 2023-2048 yılları arası %30 ila %80 arasında yağışın arttığı görülmektedir.
- MPI-ESM-MR modeline için Diyarbakır ilinde RCP8.5 senaryosuna göre 2049-2075 yılları arası %60 yağış azalması ve benzer sonuçların 2075-2098 yılları arasında görülmüştür.
- Ordu'da RCP8.5 senaryosuna göre ise 2023-2048 yılları arası %40 ila %80 arası artış olduğu görülmüştür .

- HadGEM-ES Muğla ili için RCP8.5'a göre 2048-2075 yıllarında %110'a varan yağış artışı görülmüştür. MPI-ESM-MR modeline göre genel anlamda %60 varan yağış azalışları görülmüştür.
- İklim modellerinin tamamına ait yağış verilerinin ortalaması alınıp şehirlere ait gözlenen değerlerle kıyaslaması yapıldığında ise model ortalaması ve gözlenen değerlerin birbirine yakın olduğu, bazı sürelerde ise azalışlar gösterdiği görülmüştür.

Küresel iklim değişikliğini bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre inceleyecek olursak iklim modellerinin yardımı ile oluşturulmuş güncel ŞSF verileri bizlere ilerleyen yılllarda yağış durumuna göre farklı alanlarda önlemler almamız gerektiğini genel itibari ile ifade etmektedir. Elde edilen bulgular, bazı senaryoların kimi zamanlarında taşkın durumlarına işaret ederken, genel itibari ile su sıkıntılarına sebep olabilecek yağışlarda azalmaların meydana geldiği durumlara işaret ettiği görülmektedir. Fakat genel bir değerlendirme yapmak adına yapılmış olan tüm modellerin ortalama veri eğrileri taşkına sebebiyet verecek aşırı yağışların olmayacağını belirtmektedir.

KAYNAKLAR

Akyüz, H.E. (2019). "Farklı İstatistiksel Dağılımlar ile Deprem Verilerinin Modellenmesi ve Performans Karşılaştırması". Academic Platform - Journal of Engineering and Science 7(1):7-13. doi: 10.21541/apjes.401652.

Aydemir, B., & Şenerol, H. (2014). İklim değişikliği ve Türkiye turizmine etkileri: Delfi anket yöntemiyle yapılan bir uygulama çalışması.

Bayazıt, S. (2018). İklim değişikliği ve turizm ilişkisinin Türkiye iç turizmi açısından incelenmesi. Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi, 29(2), 221-231.

Berberoğlu, S. , Dönmez, C. & Çilek, A. (2016). İklim Değişikliği Senaryoları Altında Konumsal Modelleme Kullanarak Türkiye'nin Çevresel Risk Analizi: Net Birincil Üretim Örneği . Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi , Cilt: 31 Sayı: ÖS2 , 107-116 . DOI: 10.21605/cukurovaummfd.316723

Bernard, M. M., (1932). Formulas for Rainfall Intensities of Long Duration, 96: 592-624

Brunettia, M., Buffonib, L., Mangiantic, F., Maugeria, M. and Nannid, T. (2003) 'Temperature, precipitation and extreme events during the last century in Italy',Global and Planetary Change, Vol. 40, pp. 141–149.

Buyukyildiz, M., Marti, A.I., and Yilmaz, V. (2009) 'Global climate change with its reflections on Turkey' in SGEM 2009: 9th International Multidisciplinary Scientific Geoconference, Vol II, Conference Proceeding-Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection, Antalya, Turkey, pp. 533-540.

Chen, X., Zhangb, X.S. and Li, B.L. (2003) 'The possible response of life zones in China under global climate change', Global and Planetary Change, Vol. 38, pp. 327– 337.

Culley, M.R.and Angelique, H. (2010) 'Nuclear power: Renaissance or relapse? Global climate change and long-term three mile island activists' Narratives', American Journal of Community Psychology, Vol. 45 No. 3-4, pp. 231-246

Çarpar, T., Mahmoody Vanolya, M., Kocaman, B., & Hanci, T. (2022, Ekim 14). İSTANBUL METROPOLÜNDE ŞİDDET SÜRE TEKKERRÜR EĞRİLERİNİN İKLİM DEĞİŞİMİ İÇİN GÜNCELLENMESİ UPDATING INTENSITY DURATION FREQUENCY CURVES FOR CLIMATE CHANGE IN ISTANBUL METROPOL.

Davis, C.C., Willis, C.G., Primack, R.B., and Miller-Rushing A.J. (2010) 'The importance of phylogeny to the study of phonological response to global climate change', Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences, Vol. 365 No.1555, pp. 3201–3213.

Demir, A. (2009). Küresel İklim Değişikliğinin Biyolojik Çeşitlilik ve Ekosistem Kaynakları Üzerine Etkisi . Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi , 1 (2) , 37-54 . DOI: 10.1501/Csaum_0000000013

Demir, C., Yıldız, H., Cingöz, A., Simav, M.(2005). Türkiye Kıyılarında Uzun Dönemli Deniz Seviyesi Değişimleri, 13 sayfa, V. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 5-7 Mayıs , Bodrum.

Fields, P.A., Graham, J.B., Rosenblatt, R.H., and Somero, G.N. (1993) 'Effects of expected global climate-change on marine faunas', Trends in Ecology & Evolution, Vol. 8 No.10, pp. 361-367.

Giannakopoulos, C., Le Sager, P., Bindi, M., Moriondo, M., Kostopoulou, E., and Goodess, C.M. (2009) 'Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2 °C global warming', Global and Planetary Change, Vol. 68 No. 3, pp. 209–224.

Gosselin, C. and Mareschal, J.-C. (2003) 'Variations in ground surface temperature histories in the Thompson Belt, Manitoba, Canada: environment and climate changes', Global and Planetary Change, Vol. 39 No. 3-4, pp. 271–284.

Grasso, V., Baronti S., Guarnieri, F., Magno, R., Vaccari, F.P. and Zabini F. (2011) 'Climate is changing, can we? A scientific exhibition in schools to understand climate change and raise awareness on sustainability good practices', International Journal of Global Warming, Vol. 3 No.1-2 pp. 129-141.

Gürkan, H. , Arabacı, H. , Demircan, M. , Eskioğlu, O. , Şensoy, S. & Yazıcı, B. (2016). GFDL-ESM2M Modeli temelinde RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre Türkiye için sıcaklık ve yağış projeksiyonları . Coğrafi Bilimler Dergisi , 14 (2) , 77-88 . DOI: 10.1501/Cogbil_0000000174

Harisaweni, Z., Yusop, Z., & Yusof, F. (2016). The Use of BLRP Model for Disaggregating Daily Rainfall Affected by Monsoon in Peninsular Malaysia. Sains Malaysiana, 45, 87-97.

https://www.cevreportal.com, Erişim Zamanı 10 Ekim 2022

https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim-degisikligi-projeksiyon2015.pdf Erişim Zamanı 20 Kasım 2022

https://www.wwf.org.tr/, Erişim Zamanı 15 Kasım 2022

https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/ARDE%20Sunum/iklim-modelleme.pptx, Erişim zamanı 25 Kasım 2022

https://www.meteoroloji.gov.tr, Erişim Zamanı 18 Ekim 2022

IPCC. (2007) The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), established by WMO and UNEP Fourth Assessment Report “Climate Change 2007”, 02 February 2007, Paris

IPCC. (2022a). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Hans-O. Pörtner, et al., (Drafting Authors:)]. Cambridge University Press. In Press.

IPCC. (2022b). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Draft.

Kickert, R.N. and Krupa, S.V. (1990) 'Forest responses to tropospheric ozone and global climate change: An analysis', Environmental Pollution, Vol. 68 No. 1-2, pp. 29-65.

Koutsoyiannis, D., Kozonis, D., And Manetas, A., A mathematical framework for studying rainfall intensity-duration-frequency relationships, Journal of Hydrology, 206, 118-135, 1998. (1)

López-Moreno, J.I., Beniston, M. and García-Ruiz, J.M. (2008) 'Environmental change and water management in the Pyrenees: Facts and future perspectives for Mediterranean mountains', Global and Planetary Change, Vol. 61, pp. 300–312.

Mendelssohn, R.O. and Dinar, A. (2009) 'Climate change and agriculture: An economic analysis of global impacts, adaptation and distributional effects (New Horizons in Environmental Economics)', Publisher(s): Edward Elgar Publishing Ltd, Publication date: 2009, ISBN/ISSN: 9781847206701, 246 p.

Önol, B., Ünal, Y. S., & Dalfes, H. N. (2011). İklim değişimi senaryosunun Türkiye üzerindeki etkilerinin modellenmesi. İTÜDERGİSİ/d, 8(5).

Sarıkaya, M.A. (2011). Türkiye'nin güncel buzulları, Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistematik ve Bölgesel (içinde), Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, Sayı: 6, 527-544, İstanbul.

Schönfeld, J., Zhan, R. andde Abreu, L. (2003) 'Surface and deep water response to rapid climate changes at the Western Iberian Magrin', Global and Planetary Change, Vol. 36, pp. 237–264.

Schwartz, M.W. (1992) 'Potential effects of global climate change on the biodiversity of plants', Forestry Chronicle, Vol. 68 No. 4, pp. 462-471.

Sertel, E., Ormeci, C. and Robock, A. (2011) 'Modelling land cover change impact on the summer climate of the Marmara Region, Turkey', International Journal of Global Warming, Vol. 3 No.1-2, pp. 194-202.

Sherman, C. W., (1931). Frequency and Intensity of Excessive Rainfall At Boston, Massachusetts, Transaction Paper, 95: 951-960.

Sommer, J.H., Kreft, H., Kier, G., Jetz, W., Mutke, J., and Barthlott, W. (2010) 'Projected impacts of climate change on regional capacities for global plant species richness', Proceedings of The Royal Society B-Biological Sciences, Vol. 277 No. 1692, pp. 2271-2280

Srivastav, Roshan, Andre Schardong, ve Slobodan Simonovic. 2014. Computerized tool for the Development of Intensity-Duration-Frequency Curves under a Changing Climate: Technical Manual v.1.

Şen, Ö. L., Bozkurt, D., Göktürk, O. M., Dündar, B., & Altürk, B. (2013). Türkiye'de iklim değişikliği ve olası etkileri. Taşkın Sempozyumu, 29, 30.

Şen, Z. (2009) 'Precipitation downscaling in climate modelling using a spatial dependence function', International Journal of Global Warming, Vol. 1, No.1-3 pp. 29- 42

Şen, Z., Alsheikh, A., Dakheel, A.M., Alamoud, A.I., Alhamid, A. A., Sebaay, A.S., Abu-Risheh, A.W. (2011) 'Climate change and Water Harvesting possibilities in arid regions', International Journal of Global Warming, Vol. 3, No.4 pp. 355 - 371.

Tas, İ. & Yıldırım, Y. E. (2021). HadGEM2 Küresel İklim Modeli Tahminine Dayalı Konya Kapalı Havzası İçin Olası Tarımsal Kurak Dönemleri . Toprak Su Dergisi , Özel Sayı , 56-66 . DOI: 10.21657/topraksu.806184

Tayşi H., Aydoğan B. (2022). A Shallow Artificial Neural Network Model for Rainfall Disaggregation. 14. International Conference on Hydroscience and Engineering , 26-27 May 2022, Izmir, Türkiye.

Tayşi, H., & Özger, M. (2021). Disaggregation of future GCMs to generate IDF curves for the assessment of urban floods. Journal of Water and Climate Change, 13(2), 684-706. https://doi.org/10.2166/wcc.2021.241

Thompson, L.G. (2010) 'Understanding global climate change: Paleo climate perspective from the world's highest mountains', Proceedings of the American Philosophical, Vol. 154 No. 2, pp. 133-157.

Türkeş, M. (2012). Türkiye'de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, 4(2), 1-32.

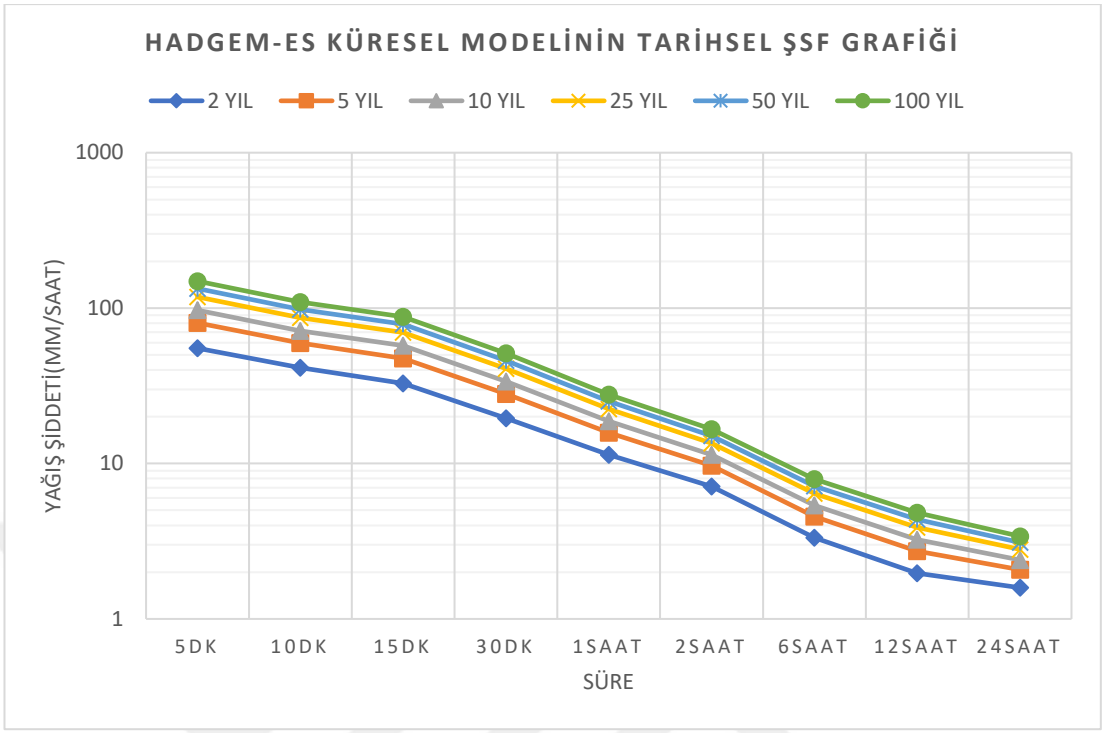
Türkeş, M. (2022). IPCC'nin Yeni Yayımlanan İklim Değişikliğinin Etkileri, Uyum ve Etkilenebilirlik Raporu Bize Neler Söylüyor? . Resilience , 6 (1) , 197-207 . DOI: 10.32569/resilience.1098946

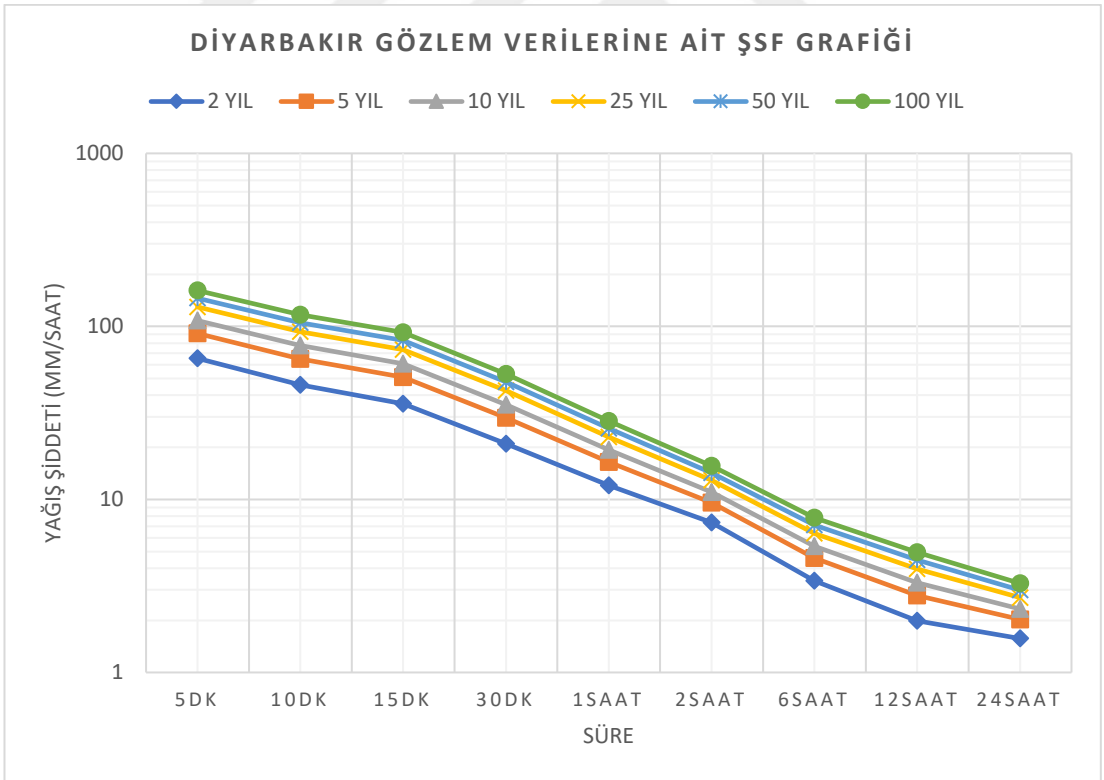
Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G. 2000. Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri, Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24, ÇKÖK Gn. Md.,Ankara

Varol, N., & Meltem, A. (2012). Küresel iklim değişikliği ve zeytincilik. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 1, 11-13.

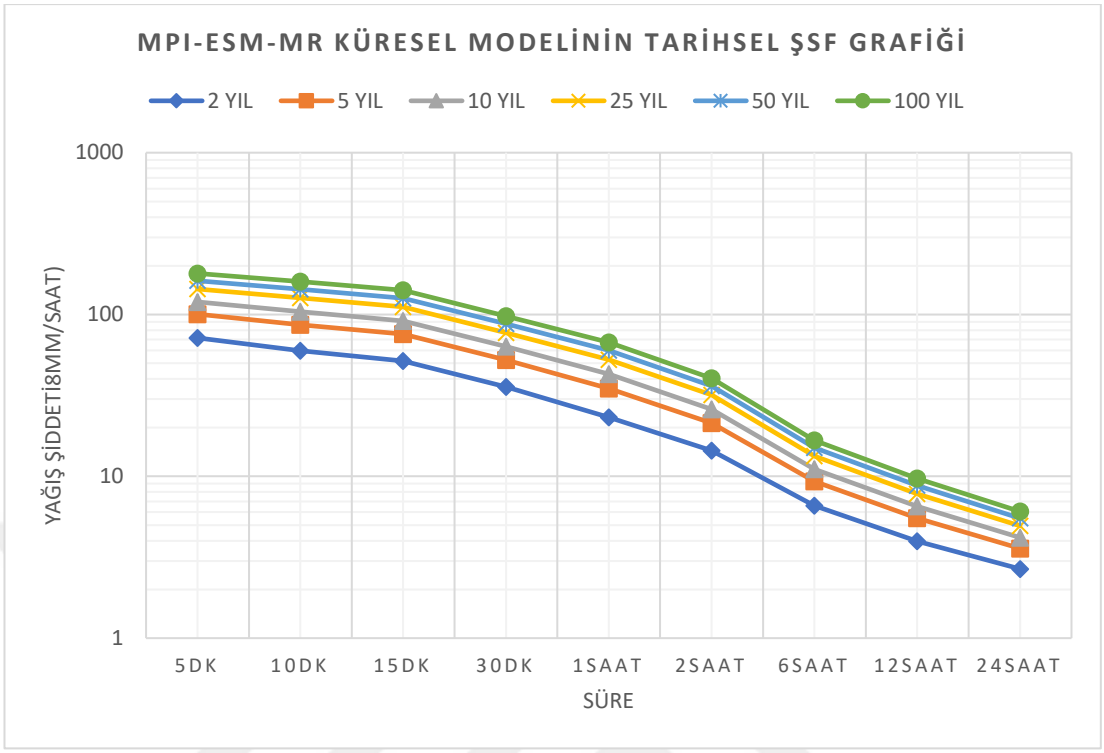
EKLER

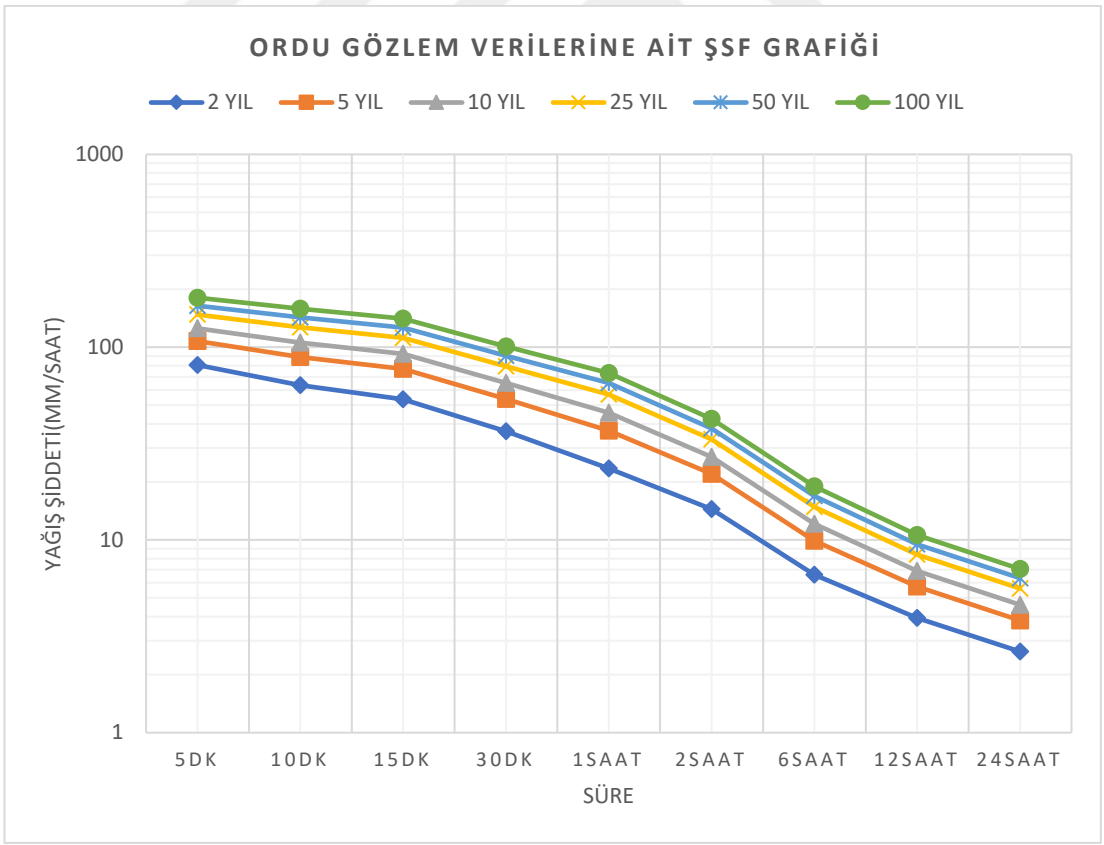
Ek 1: HadGEM-ES ve Diyarbakır tarihsel ŞSF eğrileri



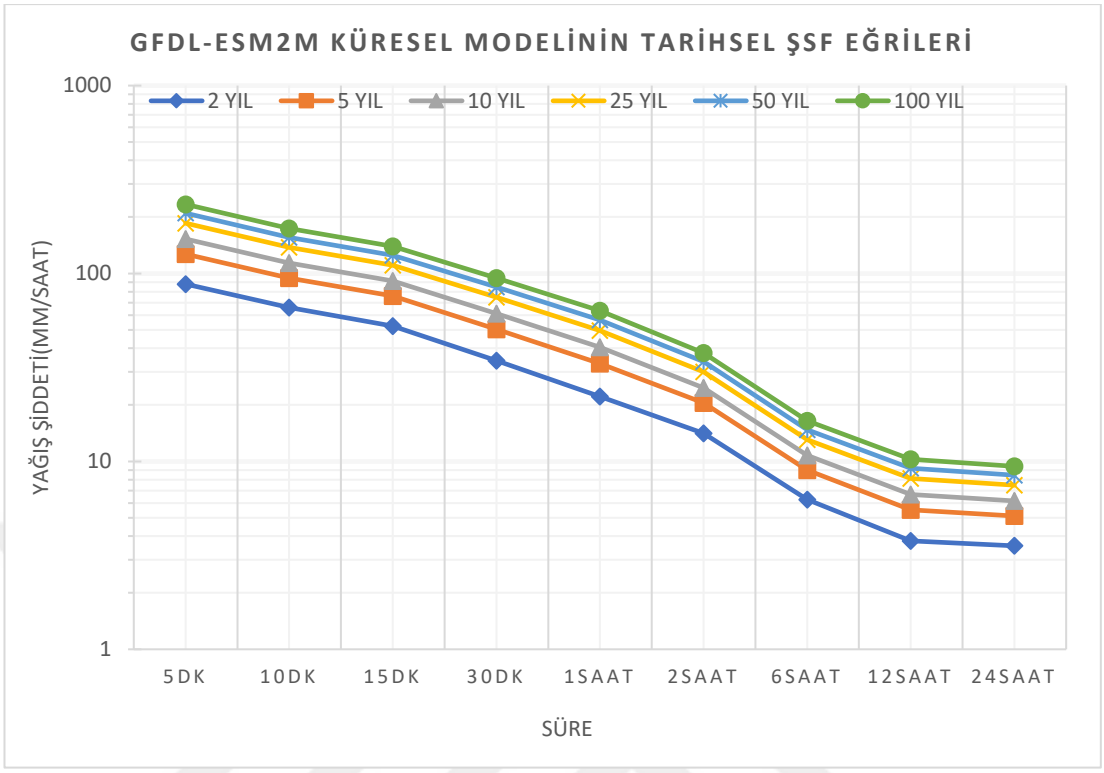


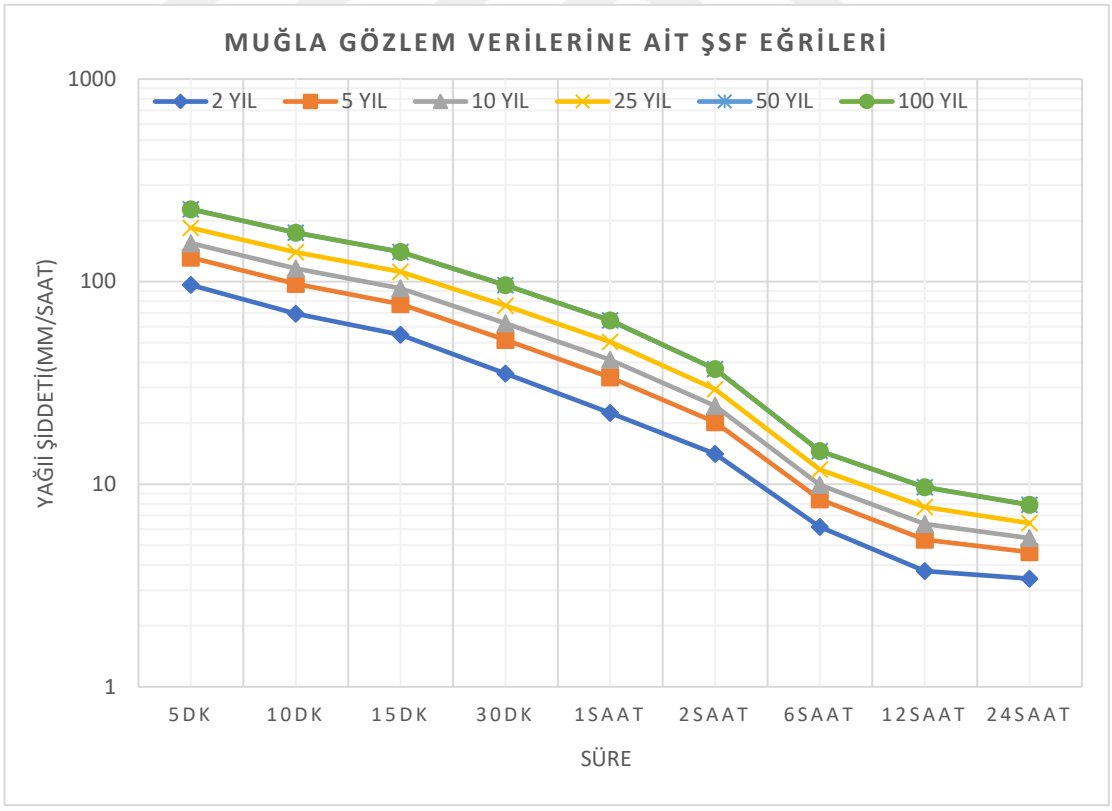
Ek 2: MPI-ESM-MR ve Ordu tarihsel ŞSF eğrileri





Ek 3: GFDL-ESM2M ve Muğla tarihsel ŞSF eğrileri





Ek 4: HadGEM-ES RCP4.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF verileri

	2023-2048					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	52,8	84,5	105,5	132,0	151,7	171,2
10dk	39,5	62,5	77,6	96,8	111,0	125,1
15dk	31,3	49,9	62,2	77,8	89,3	100,8
30dk	18,7	29,4	36,5	45,5	52,1	58,7
1saat	11,0	16,5	20,2	24,8	28,3	31,7
2saat	6,9	10,1	12,2	14,9	16,9	18,9
6saat	3,2	4,8	5,8	7,1	8,1	9,0
12saat	1,9	2,9	3,5	4,3	4,9	5,5
24saat	1,5	2,2	2,6	3,1	3,5	3,8

	2049-2074					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	79,8	131,2	165,2	208,2	240,1	271,7
10dk	59,1	96,2	120,8	151,8	174,9	197,7
15dk	47,2	77,3	97,3	122,5	141,2	159,8
30dk	27,9	45,2	56,7	71,2	81,9	92,6
1saat	15,7	24,7	30,6	38,2	43,7	49,3
2saat	9,6	14,8	18,3	22,7	25,9	29,1
6saat	4,5	7,1	8,7	10,8	12,4	13,9
12saat	2,7	4,3	5,3	6,6	7,6	8,6
24saat	2,1	3,1	3,7	4,5	5,2	5,8

	2075-2098					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	56,8	90,5	112,7	140,8	161,7	182,4
10dk	42,5	66,8	82,8	103,2	118,2	133,2
15dk	33,7	53,4	66,5	83,0	95,2	107,4
30dk	20,1	31,5	39,0	48,4	55,5	62,5
1saat	11,7	17,6	21,5	26,4	30,0	33,6
2saat	7,3	10,7	13,0	15,8	17,9	20,0
6saat	3,4	5,1	6,1	7,5	8,5	9,6
12saat	2,0	3,0	3,7	4,6	5,2	5,8
24saat	1,6	2,3	2,7	3,2	3,6	4,0

Ek 5: HadGEM-ES RCP8.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF verileri

	2023-2084					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	86,1	135,8	168,6	210,2	241,0	271,5
10dk	63,7	99,5	123,3	153,3	175,5	197,6
15dk	50,9	80,0	99,3	123,7	141,8	159,7
30dk	30,0	46,7	57,8	71,8	82,2	92,5
1saat	16,8	25,5	31,2	38,5	43,9	49,2
2saat	10,3	15,3	18,6	22,9	26,0	29,1
6saat	4,8	7,3	8,9	10,9	12,4	13,9
12saat	2,9	4,4	5,4	6,7	7,6	8,6
24saat	2,2	3,1	3,8	4,6	5,2	5,8

	2049-2074					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	50,4	84,2	106,5	134,8	155,7	176,5
10dk	37,8	62,2	78,4	98,8	113,9	129,0
15dk	29,9	49,7	62,9	79,4	91,7	103,9
30dk	18,0	29,3	36,9	46,4	53,5	60,5
1saat	10,6	16,5	20,4	25,3	29,0	32,6
2saat	6,6	10,1	12,3	15,2	17,3	19,4
6saat	3,1	4,8	5,8	7,2	8,3	9,3
12saat	1,8	2,8	3,5	4,4	5,0	5,7
24saat	1,5	2,1	2,6	3,1	3,5	3,9

	2075-2098					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	54,9	80,4	97,3	118,6	134,4	150,1
10dk	41,1	59,5	71,7	87,1	98,6	109,9
15dk	32,6	47,5	57,4	69,9	79,2	88,5
30dk	19,5	28,1	33,8	41,0	46,3	51,6
1saat	11,4	15,8	18,8	22,5	25,3	28,0
2saat	7,1	9,7	11,4	13,6	15,2	16,8
6saat	3,3	4,6	5,4	6,4	7,2	8,0
12saat	2,0	2,7	3,3	3,9	4,4	4,9
24saat	1,6	2,1	2,4	2,8	3,1	3,4

Ek 6: HadGEM-ES RCP4.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF verileri

	2023-2048					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	68,9	105,3	129,3	159,8	182,3	204,7
10dk	57,2	91,0	113,3	141,6	162,6	183,4
15dk	49,3	79,5	99,5	124,8	143,5	162,1
30dk	34,2	55,0	68,9	86,3	99,3	112,1
1saat	22,0	36,9	46,8	59,2	68,4	77,6
2saat	13,7	22,5	28,3	35,7	41,1	46,5
6saat	6,3	9,8	12,0	14,9	17,0	19,1
12saat	3,8	5,8	7,0	8,7	9,9	11,1
24saat	2,6	3,7	4,5	5,4	6,2	6,9

	2049-2074					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	102,9	162,3	201,7	251,5	288,4	325,0
10dk	88,7	144,0	180,6	226,9	261,2	295,3
15dk	77,5	126,9	159,6	201,0	231,6	262,1
30dk	53,7	87,8	110,4	138,9	160,1	181,2
1saat	35,9	60,3	76,4	96,7	111,9	126,8
2saat	21,9	36,3	45,8	57,8	66,8	75,6
6saat	9,5	15,1	18,8	23,5	26,9	30,4
12saat	5,6	8,8	10,9	13,6	15,5	17,5
24saat	3,7	5,5	6,8	8,3	9,5	10,6

	2075-2098					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	73,6	112,1	137,6	169,9	193,8	217,6
10dk	61,5	97,3	121,1	151,1	173,3	195,4
15dk	53,2	85,2	106,4	133,2	153,1	172,8
30dk	36,9	59,0	73,6	92,1	105,9	119,5
1saat	23,9	39,7	50,2	63,4	73,2	82,9
2saat	14,9	24,2	30,3	38,1	43,9	49,6
6saat	6,8	10,4	12,8	15,8	18,1	20,3
12saat	4,1	6,1	7,5	9,2	10,5	11,8
24saat	2,7	3,9	4,8	5,8	6,5	7,3

Ek 7: HadGEM-ES RCP8.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF verileri

	2023-2048					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	105,7	159,9	195,8	241,2	274,8	308,2
10dk	91,4	141,8	175,2	217,3	248,6	279,7
15dk	79,9	124,9	154,7	192,4	220,4	248,1
30dk	55,3	86,4	107,0	133,0	152,3	171,5
1saat	37,1	59,3	74,0	92,5	106,3	120,0
2saat	22,6	35,7	44,4	55,4	63,5	71,5
6saat	9,8	14,9	18,2	22,5	25,7	28,8
12saat	5,8	8,7	10,6	13,0	14,8	16,6
24saat	3,7	5,5	6,6	8,0	9,1	10,1

	2049-2074					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	63,8	101,6	126,7	158,4	181,9	205,2
10dk	52,4	87,6	110,9	140,4	162,2	183,9
15dk	45,0	76,5	97,3	123,6	143,2	162,5
30dk	31,2	53,0	67,3	85,5	99,0	112,4
1saat	19,9	35,4	45,7	58,7	68,3	77,8
2saat	12,5	21,6	27,7	35,3	41,0	46,7
6saat	5,9	9,4	11,8	14,7	16,9	19,1
12saat	3,5	5,6	6,9	8,6	9,8	11,1
24saat	2,4	3,6	4,4	5,4	6,1	6,9

	2075-2098					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	71,4	100,6	120,0	144,4	162,6	180,6
10dk	59,4	86,6	104,6	127,4	144,3	161,0
15dk	51,3	75,6	91,7	112,0	127,1	142,1
30dk	35,6	52,4	63,5	77,5	87,9	98,3
1saat	23,0	35,0	42,9	52,9	60,4	67,7
2saat	14,3	21,4	26,1	32,0	36,4	40,7
6saat	6,6	9,3	11,1	13,4	15,1	16,8
12saat	3,9	5,5	6,5	7,8	8,8	9,8
24saat	2,7	3,6	4,2	5,0	5,5	6,1

Ek 8: HadGEM-ES RCP4.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF verileri

	2023-2048					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	84,1	133,3	165,8	207,0	237,5	267,8
10dk	63,1	99,4	123,5	154,0	176,5	198,9
15dk	50,3	79,6	99,0	123,5	141,7	159,8
30dk	32,8	53,2	66,6	83,6	96,3	108,8
1saat	21,1	35,0	44,2	55,9	64,5	73,1
2saat	13,5	21,5	26,8	33,5	38,5	43,4
6saat	6,0	9,4	11,7	14,6	16,7	18,8
12saat	3,6	5,8	7,2	9,1	10,4	11,8
24saat	3,4	5,4	6,7	8,3	9,6	10,8

	2049-2074					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	130,0	210,4	263,7	331,0	380,9	430,5
10dk	97,0	156,5	195,9	245,7	282,6	319,3
15dk	77,7	125,6	157,3	197,4	227,2	256,7
30dk	51,8	85,1	107,1	135,0	155,6	176,1
1saat	34,1	56,9	71,9	91,0	105,1	119,1
2saat	21,0	34,1	42,8	53,7	61,9	69,9
6saat	9,2	14,8	18,5	23,2	26,7	30,2
12saat	5,7	9,2	11,6	14,6	16,8	19,0
24saat	5,2	8,5	10,6	13,3	15,3	17,3

	2075-2098					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	90,4	142,5	177,1	220,7	253,0	285,1
10dk	67,7	106,3	131,8	164,1	188,0	211,8
15dk	54,1	85,1	105,7	131,7	151,0	170,1
30dk	35,4	57,0	71,3	89,3	102,7	116,0
1saat	22,9	37,6	47,4	59,8	68,9	78,0
2saat	14,5	23,0	28,6	35,7	41,0	46,3
6saat	6,4	10,1	12,5	15,5	17,8	20,0
12saat	3,9	6,2	7,7	9,7	11,1	12,6
24saat	3,7	5,8	7,1	8,9	10,2	11,5

Ek 9: HadGEM-ES RCP8.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF verileri

	2023-2048					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	133,9	207,2	255,7	317,1	362,6	407,7
10dk	99,9	154,1	190,0	235,4	269,1	302,5
15dk	80,0	123,7	152,6	189,1	216,3	243,2
30dk	53,4	83,7	103,8	129,2	148,0	166,7
1saat	35,2	55,9	69,7	87,0	99,9	112,7
2saat	21,6	33,6	41,5	51,5	58,9	66,2
6saat	9,5	14,6	18,0	22,3	25,4	28,6
12saat	5,8	9,1	11,2	14,0	16,0	18,0
24saat	5,4	8,4	10,3	12,8	14,6	16,4

	2049-2074					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	80,4	132,8	167,5	211,3	243,8	276,1
10dk	60,4	99,1	124,8	157,2	181,2	205,1
15dk	48,1	79,3	100,0	126,1	145,5	164,7
30dk	31,3	53,0	67,3	85,4	98,9	112,2
1saat	20,1	34,9	44,7	57,1	66,3	75,4
2saat	12,9	21,4	27,1	34,2	39,5	44,8
6saat	5,7	9,4	11,8	14,9	17,1	19,4
12saat	3,5	5,8	7,3	9,3	10,7	12,2
24saat	3,3	5,4	6,8	8,5	9,8	11,1

	2075-2098					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	87,4	127,0	153,1	186,2	210,8	235,1
10dk	65,5	94,8	114,1	138,6	156,8	174,8
15dk	52,3	75,9	91,5	111,2	125,8	140,3
30dk	34,2	50,6	61,4	75,1	85,2	95,3
1saat	22,0	33,2	40,6	50,0	57,0	63,8
2saat	14,0	20,5	24,7	30,1	34,1	38,1
6saat	6,2	9,0	10,8	13,1	14,8	16,5
12saat	3,8	5,5	6,7	8,2	9,2	10,3
24saat	3,5	5,1	6,2	7,5	8,5	9,5

Ek 10: MPI-ESM-MR RCP4.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF verileri

	2023-2048					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	35,6	81,4	111,8	150,1	178,6	206,8
10dk	27,1	60,3	82,2	109,9	130,4	150,8
15dk	21,2	48,1	65,9	88,4	105,1	121,7
30dk	13,0	28,4	38,6	51,6	61,2	70,7
1saat	8,0	16,0	21,3	28,0	33,0	37,9
2saat	5,1	9,8	12,9	16,8	19,7	22,5
6saat	2,4	4,6	6,1	8,0	9,4	10,7
12saat	1,4	2,8	3,7	4,9	5,7	6,6
24saat	1,2	2,1	2,7	3,4	4,0	4,5

	2049-2074					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	37,1	53,4	64,2	77,8	87,9	97,9
10dk	28,2	40,0	47,8	57,6	64,9	72,2
15dk	22,1	31,6	38,0	46,0	51,9	57,8
30dk	13,4	18,9	22,6	27,2	30,6	34,0
1saat	8,2	11,1	13,0	15,4	17,1	18,9
2saat	5,3	6,9	8,0	9,4	10,4	11,5
6saat	2,4	3,2	3,8	4,4	4,9	5,4
12saat	1,4	1,9	2,2	2,7	3,0	3,3
24saat	1,2	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4

	2075-2098					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	46,5	69,5	84,7	103,9	118,2	132,4
10dk	35,0	51,6	62,6	76,5	86,8	97,0
15dk	27,6	41,1	50,1	61,3	69,7	78,0
30dk	16,6	24,4	29,5	36,0	40,8	45,6
1saat	9,9	13,9	16,6	19,9	22,4	24,9
2saat	6,2	8,6	10,1	12,1	13,5	15,0
6saat	2,9	4,0	4,8	5,7	6,4	7,1
12saat	1,7	2,4	2,9	3,5	3,9	4,3
24saat	1,4	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1

Ek 11: MPI-ESM-MR RCP8.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF verileri

	2023-2048					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	55,2	81,6	99,2	121,3	137,8	154,1
10dk	41,3	60,4	73,1	89,1	101,0	112,7
15dk	32,7	48,2	58,5	71,5	81,2	90,8
30dk	19,6	28,5	34,4	41,9	47,4	52,9
1saat	11,4	16,0	19,1	23,0	25,8	28,7
2saat	7,1	9,8	11,6	13,8	15,5	17,2
6saat	3,3	4,6	5,5	6,6	7,4	8,2
12saat	2,0	2,8	3,3	4,0	4,5	5,0
24saat	1,6	2,1	2,4	2,9	3,2	3,5

	2049-2074					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	36,2	42,7	47,0	52,4	56,4	60,5
10dk	27,5	32,2	35,3	39,3	42,2	45,1
15dk	21,5	25,4	27,9	31,1	33,5	35,8
30dk	13,1	15,3	16,8	18,6	20,0	21,3
1saat	8,1	9,2	10,0	10,9	11,6	12,3
2saat	5,2	5,9	6,3	6,8	7,3	7,7
6saat	2,4	2,7	2,9	3,2	3,4	3,6
12saat	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1
24saat	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7

	2075-2098					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	28,1	56,8	75,8	99,9	117,7	135,4
10dk	21,7	42,5	56,2	73,6	86,5	99,3
15dk	16,8	33,7	44,8	59,0	69,4	79,8
30dk	10,4	20,1	26,5	34,6	40,7	46,6
1saat	6,7	11,7	15,0	19,2	22,3	25,4
2saat	4,4	7,3	9,2	11,7	13,5	15,3
6saat	2,0	3,4	4,3	5,5	6,4	7,3
12saat	1,1	2,0	2,6	3,3	3,9	4,4
24saat	1,1	1,6	2,0	2,5	2,8	3,1

Ek 12: MPI-ESM-MR RCP4.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF verileri

	2023-2048					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	49,2	101,8	136,6	180,5	213,2	245,5
10dk	38,8	87,7	120,1	161,0	191,3	221,4
15dk	32,9	76,6	105,5	142,0	169,1	196,0
30dk	22,9	53,0	73,0	98,2	117,0	135,5
1saat	14,0	35,5	49,7	67,7	81,1	94,3
2saat	9,0	21,7	30,1	40,7	48,6	56,4
6saat	4,5	9,4	12,7	16,8	19,9	22,9
12saat	2,8	5,6	7,4	9,8	11,5	13,2
24saat	2,0	3,6	4,7	6,1	7,1	8,1

	2049-2074					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	50,9	69,6	82,0	97,6	109,2	120,7
10dk	40,4	57,8	69,3	83,8	94,6	105,3
15dk	34,3	49,9	60,1	73,1	82,8	92,3
30dk	23,8	34,6	41,7	50,6	57,3	63,9
1saat	14,7	22,3	27,4	33,8	38,5	43,2
2saat	9,4	13,9	16,9	20,7	23,5	26,2
6saat	4,7	6,4	7,6	9,0	10,1	11,2
12saat	2,9	3,9	4,5	5,3	6,0	6,6
24saat	2,0	2,6	3,0	3,5	3,9	4,2

	2075-2098					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	61,8	88,1	105,6	127,6	144,0	160,2
10dk	50,5	75,0	91,2	111,7	126,9	142,0
15dk	43,3	65,2	79,7	98,1	111,6	125,1
30dk	30,1	45,2	55,2	67,9	77,2	86,6
1saat	19,1	29,9	37,0	46,1	52,7	59,4
2saat	12,0	18,4	22,6	27,9	31,9	35,8
6saat	5,7	8,1	9,8	11,8	13,4	14,9
12saat	3,4	4,8	5,8	7,0	7,8	8,7
24saat	2,4	3,2	3,7	4,4	4,9	5,5

Ek 13: MPI-ESM-MR RCP8.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF verileri

	2023-2048					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	71,6	102,0	122,1	147,5	166,4	185,1
10dk	59,7	87,9	106,6	130,3	147,8	165,2
15dk	51,6	76,8	93,5	114,6	130,3	145,8
30dk	35,7	53,2	64,7	79,3	90,1	100,9
1saat	23,2	35,6	43,8	54,2	61,9	69,6
2saat	14,4	21,7	26,6	32,7	37,3	41,8
6saat	6,6	9,4	11,3	13,7	15,5	17,2
12saat	4,0	5,6	6,7	8,0	9,0	10,0
24saat	2,7	3,6	4,3	5,1	5,7	6,2

	2049-2074					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	49,8	57,3	62,2	68,5	73,1	77,7
10dk	39,4	46,4	51,0	56,8	61,1	65,3
15dk	33,4	39,7	43,8	48,9	52,8	56,6
30dk	23,2	27,5	30,4	33,9	36,6	39,2
1saat	14,2	17,3	19,3	21,9	23,8	25,6
2saat	9,1	10,9	12,1	13,6	14,7	15,9
6saat	4,6	5,3	5,7	6,3	6,7	7,2
12saat	2,8	3,2	3,5	3,8	4,0	4,3
24saat	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	2,9

	2075-2098					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	40,6	73,5	95,4	123,0	143,4	163,7
10dk	30,8	61,5	81,8	107,4	126,4	145,3
15dk	25,7	53,1	71,3	94,2	111,2	128,1
30dk	17,9	36,8	49,4	65,2	76,9	88,6
1saat	10,4	23,9	32,9	44,2	52,5	60,8
2saat	6,9	14,8	20,1	26,8	31,7	36,6
6saat	3,7	6,8	8,8	11,4	13,3	15,2
12saat	2,3	4,1	5,2	6,7	7,8	8,9
24saat	1,7	2,7	3,4	4,3	4,9	5,6

Ek 14: MPI-ESM-MR RCP4.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF verileri

	2023-2048					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	57,5	128,5	175,6	235,1	279,2	323,0
10dk	43,4	96,0	130,8	174,8	207,4	239,8
15dk	34,4	76,8	104,8	140,3	166,6	192,7
30dk	21,8	51,2	70,7	95,3	113,5	131,6
1saat	13,6	33,7	47,0	63,8	76,3	88,7
2saat	9,2	20,7	28,4	38,1	45,3	52,4
6saat	4,1	9,1	12,4	16,5	19,6	22,7
12saat	2,4	5,6	7,7	10,3	12,3	14,2
24saat	2,3	5,2	7,1	9,5	11,3	13,0

	2049-2074					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	59,7	85,0	101,7	122,9	138,6	154,1
10dk	45,0	63,7	76,1	91,8	103,4	114,9
15dk	35,8	50,8	60,8	73,4	82,8	92,1
30dk	22,7	33,2	40,1	48,9	55,4	61,8
1saat	14,2	21,4	26,1	32,1	36,5	40,9
2saat	9,5	13,6	16,4	19,8	22,4	24,9
6saat	4,3	6,1	7,2	8,7	9,8	10,9
12saat	2,5	3,7	4,4	5,3	6,0	6,7
24saat	2,4	3,4	4,1	5,0	5,6	6,2

	2075-2098					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	74,4	110,1	133,6	163,5	185,6	207,5
10dk	55,9	82,3	99,7	121,8	138,1	154,4
15dk	44,5	65,8	79,8	97,6	110,8	123,9
30dk	28,8	43,6	53,3	65,7	74,8	83,9
1saat	18,4	28,5	35,1	43,6	49,8	56,0
2saat	11,9	17,7	21,6	26,4	30,0	33,6
6saat	5,3	7,8	9,5	11,5	13,1	14,6
12saat	3,2	4,8	5,8	7,1	8,1	9,1
24saat	3,0	4,4	5,4	6,6	7,5	8,4

Ek 15: MPI-ESM-MR RCP8.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF verileri

	2023-2048					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	87,8	128,9	156,1	190,4	215,9	241,2
10dk	65,8	96,2	116,3	141,7	160,6	179,3
15dk	52,5	77,0	93,2	113,7	128,9	144,0
30dk	34,4	51,3	62,6	76,8	87,4	97,8
1saat	22,2	33,8	41,5	51,2	58,4	65,6
2saat	14,1	20,8	25,2	30,8	35,0	39,1
6saat	6,3	9,1	11,0	13,4	15,2	17,0
12saat	3,8	5,6	6,8	8,3	9,5	10,6
24saat	3,6	5,2	6,3	7,7	8,7	9,7

	2049-2074					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	58,3	68,4	75,1	83,5	89,8	96,0
10dk	44,0	51,5	56,4	62,7	67,3	71,9
15dk	34,9	41,0	44,9	50,0	53,7	57,4
30dk	22,2	26,3	29,1	32,6	35,2	37,7
1saat	13,8	16,7	18,6	20,9	22,7	24,5
2saat	9,3	10,9	12,0	13,4	14,4	15,4
6saat	4,2	4,9	5,4	6,0	6,4	6,8
12saat	2,5	2,9	3,2	3,6	3,9	4,1
24saat	2,4	2,8	3,0	3,4	3,6	3,9

	2075-2098					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	45,8	90,4	119,9	157,2	184,9	212,3
10dk	34,7	67,7	89,5	117,1	137,6	157,9
15dk	27,5	54,0	71,6	93,9	110,4	126,7
30dk	17,0	35,4	47,6	63,1	74,5	85,9
1saat	10,3	22,9	31,2	41,8	49,6	57,4
2saat	7,3	14,5	19,3	25,4	29,9	34,4
6saat	3,3	6,4	8,5	11,1	13,0	14,9
12saat	1,9	3,9	5,2	6,9	8,1	9,3
24saat	1,9	3,7	4,8	6,3	7,5	8,6

Ek 16: GFDL-ESM2M RCP4.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF verileri

	2023-2048					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	52,6	65,1	73,4	83,9	91,6	99,4
10dk	39,4	48,5	54,5	62,0	67,6	73,2
15dk	31,2	38,5	43,4	49,6	54,1	58,6
30dk	18,7	22,9	25,7	29,2	31,9	34,5
1saat	11,0	13,1	14,6	16,4	17,8	19,1
2saat	6,9	8,1	9,0	10,0	10,8	11,6
6saat	3,2	3,8	4,2	4,7	5,1	5,5
12saat	1,9	2,3	2,5	2,8	3,1	3,3
24saat	1,5	1,8	1,9	2,1	2,3	2,4

	2049-2074					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	46,2	57,6	65,1	74,6	81,6	88,6
10dk	34,8	43,0	48,4	55,3	60,4	65,4
15dk	27,4	34,1	38,5	44,1	48,2	52,3
30dk	16,5	20,4	22,9	26,1	28,5	30,8
1saat	9,8	11,8	13,1	14,8	16,0	17,2
2saat	6,2	7,4	8,1	9,1	9,8	10,5
6saat	2,9	3,4	3,8	4,3	4,6	5,0
12saat	1,7	2,0	2,3	2,6	2,8	3,0
24saat	1,4	1,6	1,8	2,0	2,1	2,2

	2075-2098					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	61,1	79,2	91,1	106,2	117,4	128,5
10dk	45,6	58,6	67,2	78,1	86,2	94,3
15dk	36,2	46,8	53,8	62,7	69,2	75,8
30dk	21,6	27,6	31,7	36,8	40,5	44,3
1saat	12,4	15,6	17,7	20,3	22,3	24,2
2saat	7,7	9,6	10,8	12,3	13,4	14,6
6saat	3,6	4,5	5,1	5,8	6,4	6,9
12saat	2,1	2,7	3,1	3,5	3,9	4,2
24saat	1,7	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0

Ek 17: GFDL-ESM2M RCP8.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF verileri

	2023-2048					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	55,5	69,8	79,3	91,3	100,2	109,0
10dk	41,5	51,8	58,7	67,4	73,8	80,2
15dk	32,9	41,3	46,9	53,9	59,1	64,3
30dk	19,7	24,5	27,7	31,7	34,7	37,7
1saat	11,5	14,0	15,6	17,7	19,3	20,8
2saat	7,2	8,6	9,6	10,8	11,7	12,6
6saat	3,3	4,0	4,5	5,1	5,5	6,0
12saat	2,0	2,4	2,7	3,1	3,3	3,6
24saat	1,6	1,9	2,1	2,3	2,5	2,6

	2049-2074					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	46,8	57,2	64,0	72,7	79,1	85,5
10dk	35,2	42,7	47,7	53,9	58,6	63,2
15dk	27,8	33,9	37,9	43,0	46,8	50,5
30dk	16,7	20,2	22,5	25,5	27,6	29,8
1saat	9,9	11,8	13,0	14,5	15,6	16,7
2saat	6,3	7,3	8,0	8,9	9,6	10,2
6saat	2,9	3,4	3,8	4,2	4,5	4,8
12saat	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9
24saat	1,4	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2

	2075-2098					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	44,3	58,5	67,8	79,7	88,5	97,2
10dk	33,4	43,6	50,4	59,0	65,4	71,7
15dk	26,3	34,6	40,1	47,1	52,3	57,4
30dk	15,9	20,7	23,8	27,8	30,8	33,7
1saat	9,5	12,0	13,6	15,7	17,2	18,8
2saat	6,0	7,5	8,4	9,6	10,5	11,4
6saat	2,8	3,5	4,0	4,5	5,0	5,4
12saat	1,6	2,1	2,4	2,7	3,0	3,2
24saat	1,4	1,7	1,8	2,1	2,2	2,4

Ek 18: GFDL-ESM2M RCP4.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF verileri

	2023-2048					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	68,7	83,1	92,6	104,6	113,5	122,3
10dk	57,0	70,3	79,2	90,3	98,6	106,8
15dk	49,1	61,1	69,0	78,9	86,3	93,7
30dk	34,1	42,3	47,8	54,6	59,8	64,8
1saat	22,0	27,8	31,7	36,6	40,3	43,9
2saat	13,7	17,2	19,4	22,3	24,5	26,6
6saat	6,3	7,7	8,6	9,7	10,5	11,4
12saat	3,8	4,6	5,1	5,7	6,2	6,7
24saat	2,6	3,0	3,3	3,7	4,0	4,3

	2049-2074					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	61,4	74,4	83,0	93,9	102,0	110,0
10dk	50,2	62,3	70,3	80,4	87,9	95,3
15dk	43,0	53,9	61,0	70,1	76,8	83,4
30dk	29,9	37,3	42,3	48,5	53,1	57,7
1saat	19,0	24,3	27,8	32,3	35,6	38,8
2saat	11,9	15,1	17,1	19,8	21,7	23,7
6saat	5,6	6,9	7,7	8,7	9,4	10,2
12saat	3,4	4,1	4,6	5,2	5,6	6,0
24saat	2,4	2,8	3,0	3,4	3,6	3,9

	2075-2098					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	78,5	99,2	112,9	130,2	143,0	155,8
10dk	66,1	85,3	98,0	114,1	126,1	137,9
15dk	57,2	74,4	85,8	100,2	110,9	121,5
30dk	39,7	51,5	59,4	69,3	76,7	84,0
1saat	25,9	34,4	40,0	47,1	52,4	57,6
2saat	16,0	21,0	24,4	28,5	31,6	34,7
6saat	7,2	9,2	10,5	12,1	13,3	14,5
12saat	4,3	5,4	6,2	7,1	7,8	8,5
24saat	2,9	3,5	4,0	4,5	4,9	5,3

Ek 19: GFDL-ESM2M RCP8.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF verileri

	2023-2048					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	72,0	88,4	99,3	113,1	123,2	133,4
10dk	60,0	75,3	85,4	98,2	107,7	117,1
15dk	51,9	65,5	74,5	86,0	94,4	102,8
30dk	35,9	45,4	51,6	59,5	65,4	71,2
1saat	23,3	30,0	34,5	40,1	44,3	48,4
2saat	14,5	18,4	21,1	24,4	26,9	29,3
6saat	6,6	8,2	9,2	10,5	11,4	12,4
12saat	4,0	4,9	5,4	6,2	6,7	7,3
24saat	2,7	3,2	3,5	4,0	4,3	4,6

	2049-2074					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	62,1	74,0	81,8	91,7	99,1	106,4
10dk	50,8	61,8	69,1	78,4	85,2	92,0
15dk	43,6	53,5	60,0	68,3	74,4	80,5
30dk	30,3	37,1	41,6	47,3	51,5	55,7
1saat	19,2	24,1	27,3	31,4	34,4	37,4
2saat	12,1	15,0	16,8	19,2	21,0	22,8
6saat	5,7	6,8	7,6	8,5	9,2	9,9
12saat	3,5	4,1	4,5	5,0	5,4	5,8
24saat	2,4	2,7	3,0	3,3	3,5	3,8

	2075-2098					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	59,2	75,4	86,2	99,8	109,9	119,9
10dk	48,1	63,2	73,2	85,9	95,3	104,6
15dk	41,2	54,7	63,6	74,9	83,3	91,7
30dk	28,6	37,9	44,1	51,9	57,7	63,4
1saat	18,0	24,7	29,1	34,7	38,8	42,9
2saat	11,4	15,3	17,9	21,2	23,6	26,1
6saat	5,4	7,0	8,0	9,2	10,2	11,1
12saat	3,3	4,2	4,7	5,5	6,0	6,5
24saat	2,3	2,8	3,1	3,6	3,9	4,2

Ek 20: GFDL-ESM2M RCP4.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF verileri

	2023-2048					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	83,8	103,2	116,1	132,3	144,4	156,3
10dk	62,9	77,2	86,7	98,8	107,7	116,5
15dk	50,1	61,7	69,4	79,1	86,2	93,4
30dk	32,7	40,7	46,1	52,8	57,8	62,7
1saat	21,0	26,5	30,2	34,8	38,2	41,6
2saat	13,5	16,6	18,7	21,4	23,3	25,3
6saat	6,0	7,3	8,2	9,4	10,2	11,0
12saat	3,6	4,5	5,0	5,8	6,3	6,8
24saat	3,4	4,2	4,7	5,3	5,8	6,3

	2049-2074					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	73,9	91,5	103,2	117,9	128,8	139,6
10dk	55,6	68,6	77,2	88,1	96,1	104,2
15dk	44,2	54,7	61,7	70,4	77,0	83,4
30dk	28,6	35,9	40,7	46,8	51,3	55,8
1saat	18,2	23,2	26,5	30,7	33,8	36,8
2saat	11,8	14,7	16,6	19,0	20,8	22,5
6saat	5,3	6,5	7,3	8,4	9,1	9,9
12saat	3,2	3,9	4,5	5,1	5,6	6,1
24saat	3,0	3,7	4,2	4,8	5,2	5,6

	2075-2098					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	97,0	125,0	143,5	167,0	184,3	201,6
10dk	72,6	93,3	107,0	124,4	137,2	150,0
15dk	58,0	74,7	85,7	99,7	110,0	120,3
30dk	38,2	49,8	57,4	67,1	74,3	81,4
1saat	24,8	32,7	37,9	44,6	49,5	54,3
2saat	15,6	20,2	23,2	27,0	29,8	32,6
6saat	6,9	8,9	10,1	11,8	13,0	14,2
12saat	4,2	5,4	6,3	7,3	8,1	8,8
24saat	3,9	5,0	5,8	6,7	7,4	8,1

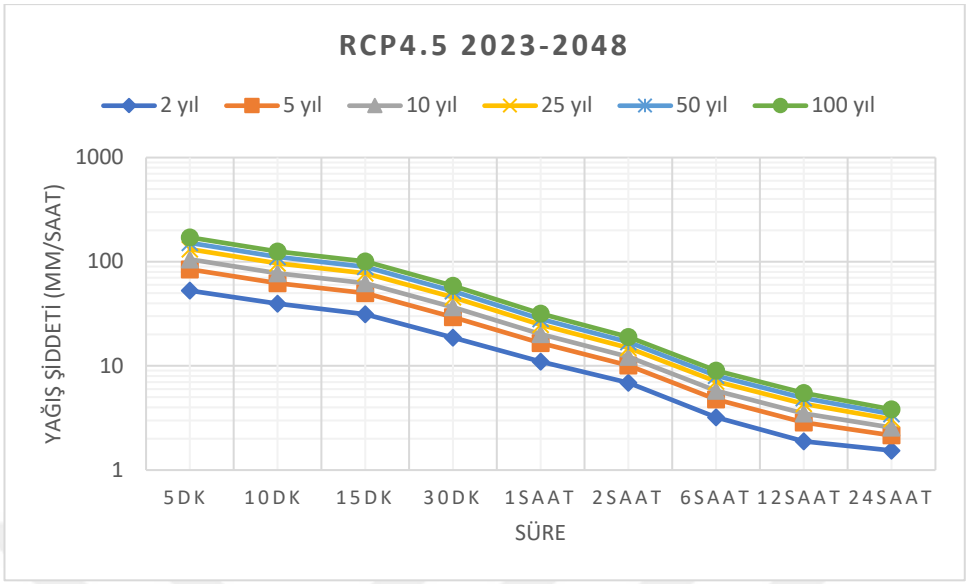
Ek 21: GFDL-ESM2M RCP8.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF verileri

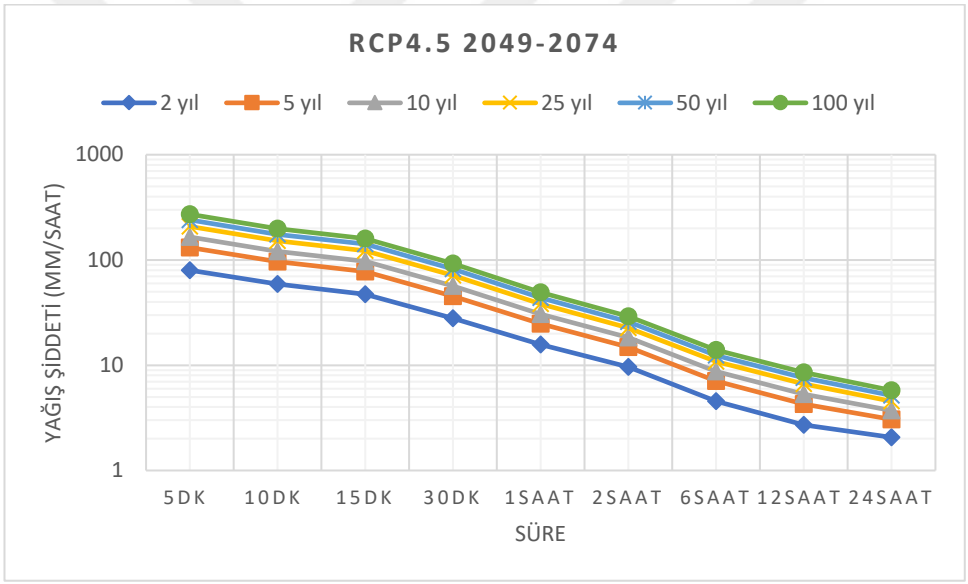
	2023-2048					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	88,3	110,5	125,2	143,8	157,6	171,3
10dk	66,2	82,6	93,5	107,2	117,4	127,6
15dk	52,8	66,0	74,8	85,9	94,1	102,3
30dk	34,6	43,7	49,8	57,5	63,2	68,9
1saat	22,3	28,6	32,7	38,0	41,9	45,8
2saat	14,2	17,8	20,2	23,2	25,5	27,7
6saat	6,3	7,8	8,9	10,2	11,1	12,1
12saat	3,8	4,8	5,4	6,3	6,9	7,5
24saat	3,6	4,5	5,1	5,8	6,4	6,9

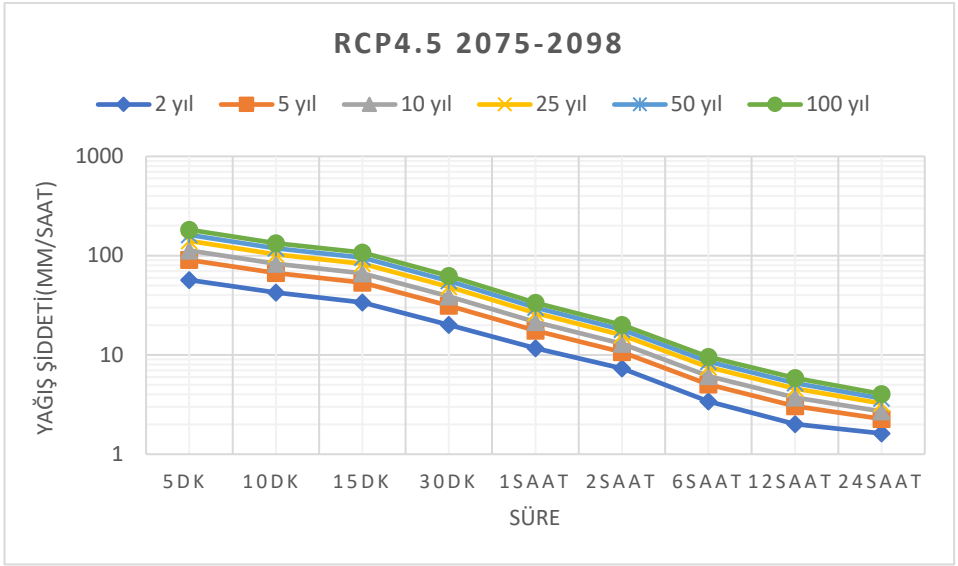
	2049-2074					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	74,9	90,9	101,5	115,0	124,9	134,8
10dk	56,2	68,1	76,0	85,9	93,3	100,6
15dk	44,8	54,4	60,7	68,7	74,6	80,5
30dk	29,0	35,6	40,0	45,6	49,7	53,8
1saat	18,5	23,0	26,0	29,8	32,7	35,5
2saat	12,0	14,6	16,3	18,5	20,2	21,8
6saat	5,4	6,5	7,2	8,2	8,8	9,5
12saat	3,2	3,9	4,4	5,0	5,4	5,9
24saat	3,0	3,7	4,1	4,6	5,0	5,4

	2075-2098					
	2 yıl	**5 yıl**	**10 yıl**	**25 yıl**	**50 yıl**	**100 yıl**
5dk	70,9	92,9	107,5	125,9	139,5	153,1
10dk	53,3	69,6	80,4	94,0	104,1	114,1
15dk	42,4	55,6	64,2	75,2	83,3	91,4
30dk	27,4	36,5	42,5	50,1	55,7	61,3
1saat	17,4	23,6	27,7	32,9	36,8	40,6
2saat	11,3	14,9	17,3	20,3	22,5	24,7
6saat	5,1	6,6	7,6	8,9	9,9	10,8
12saat	3,0	4,0	4,7	5,5	6,1	6,7
24saat	2,9	3,8	4,3	5,1	5,6	6,2

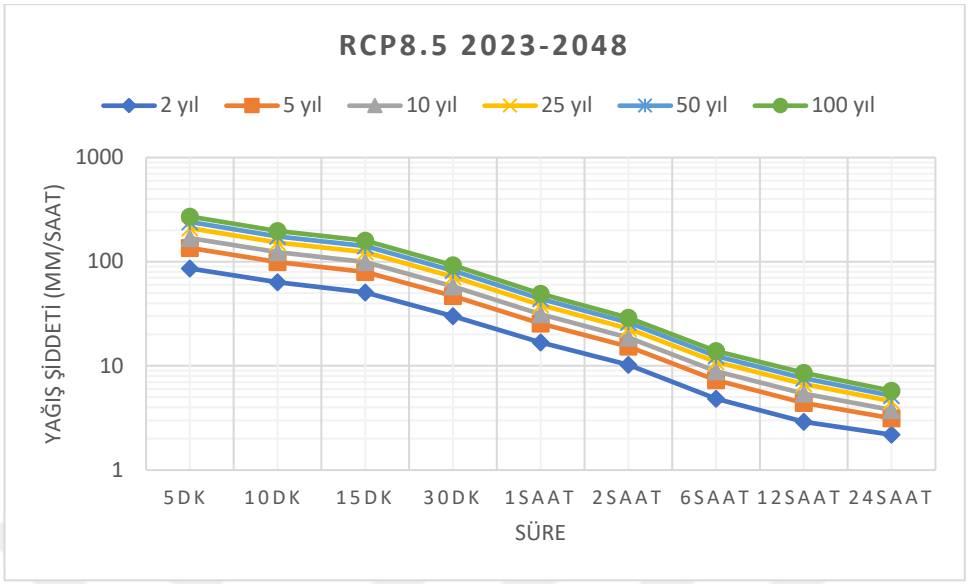
Ek 22: HadGEM-ES RCP4.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF eğrileri

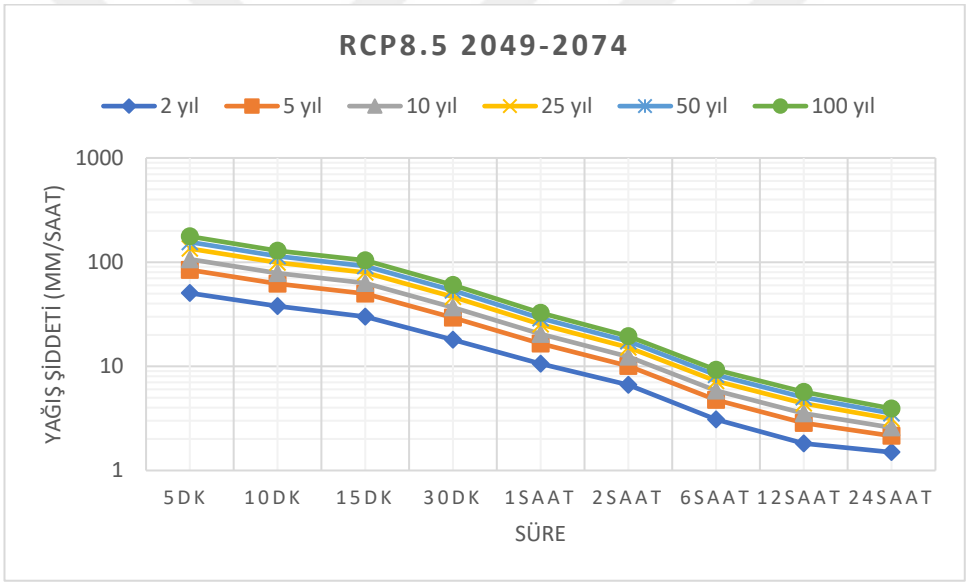


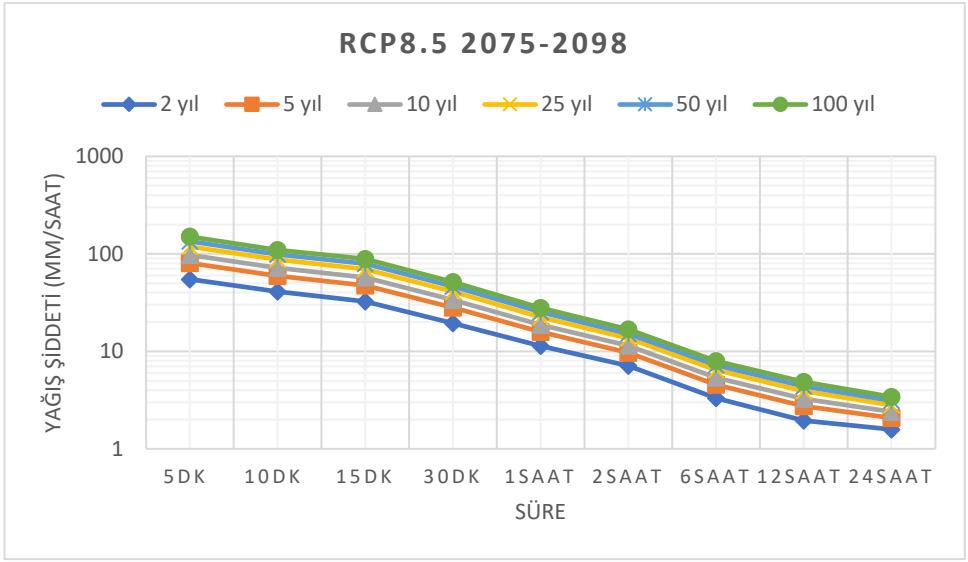




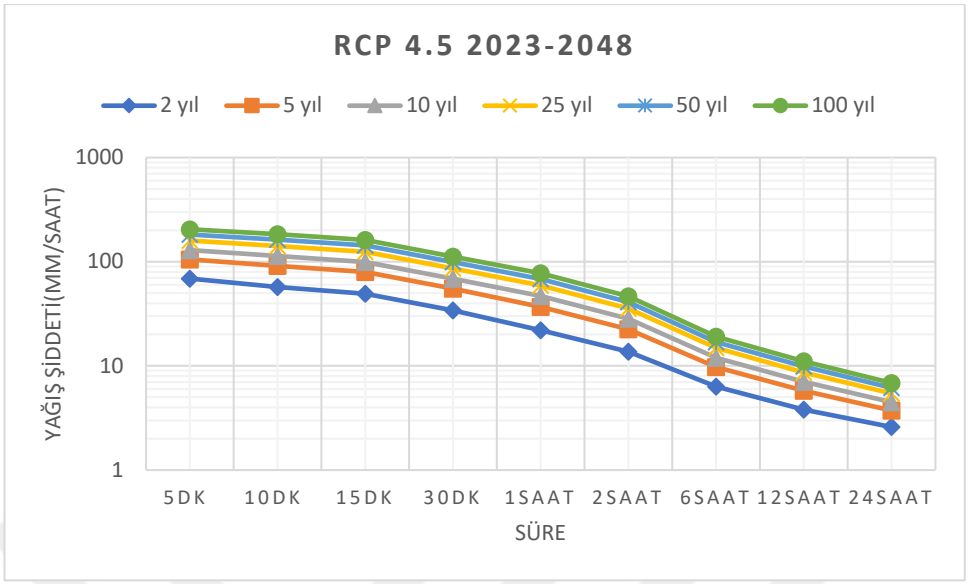
Ek 23: HadGEM-ES RCP8.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF eğrileri

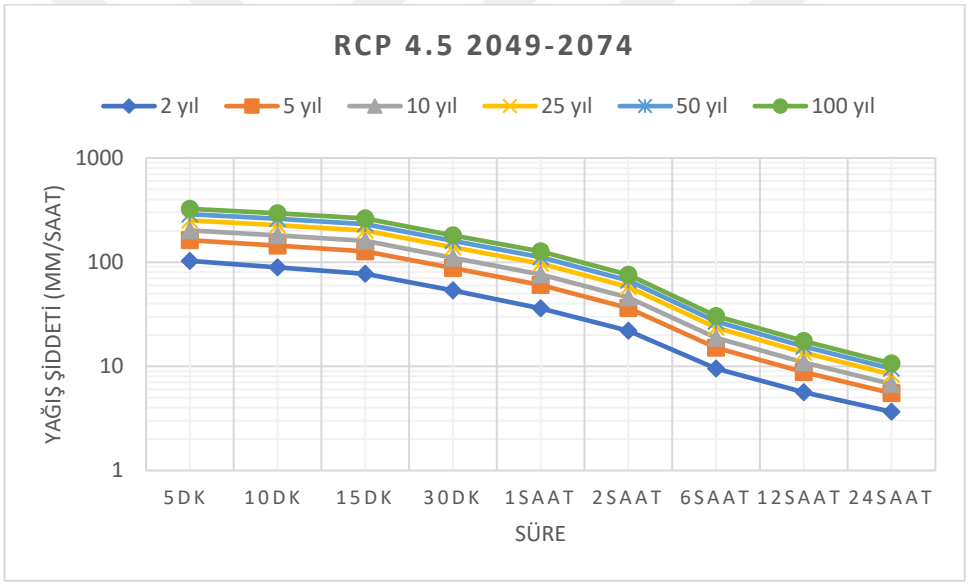


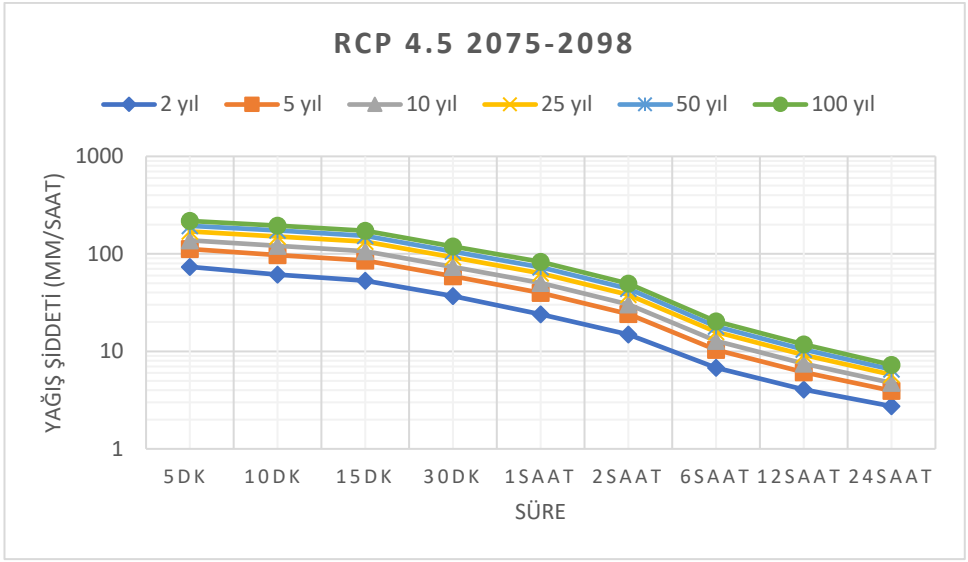




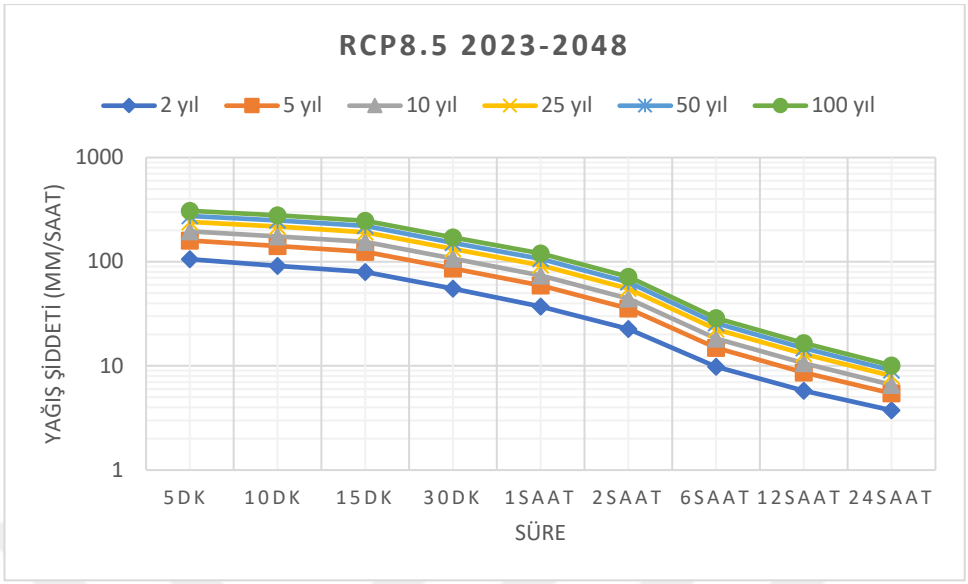
Ek 24: HadGEM-ES RCP4.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF eğrileri

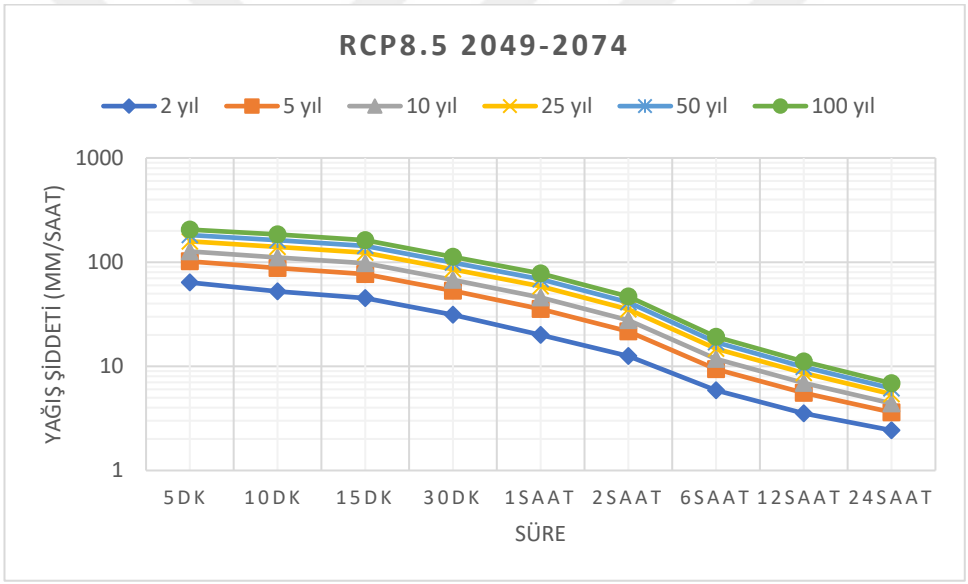


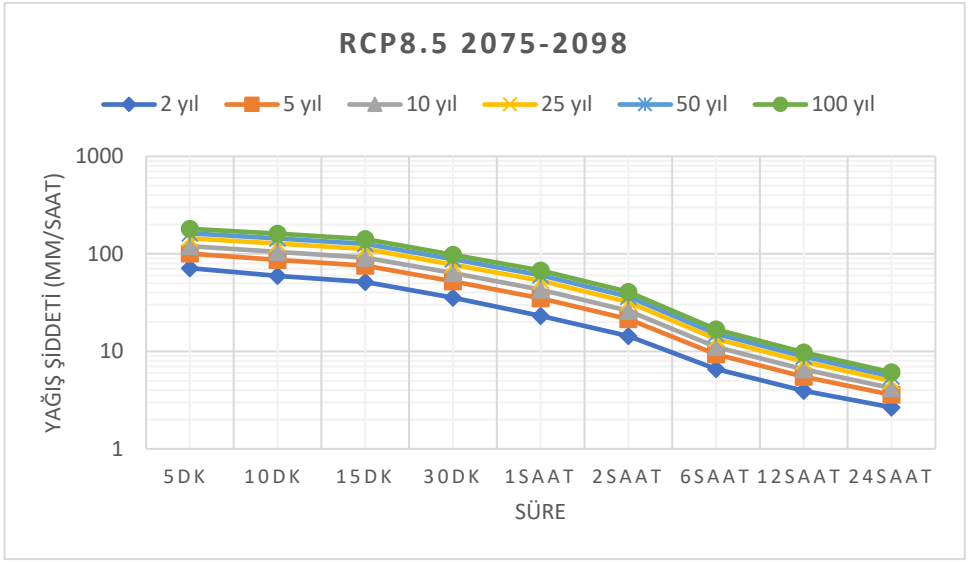




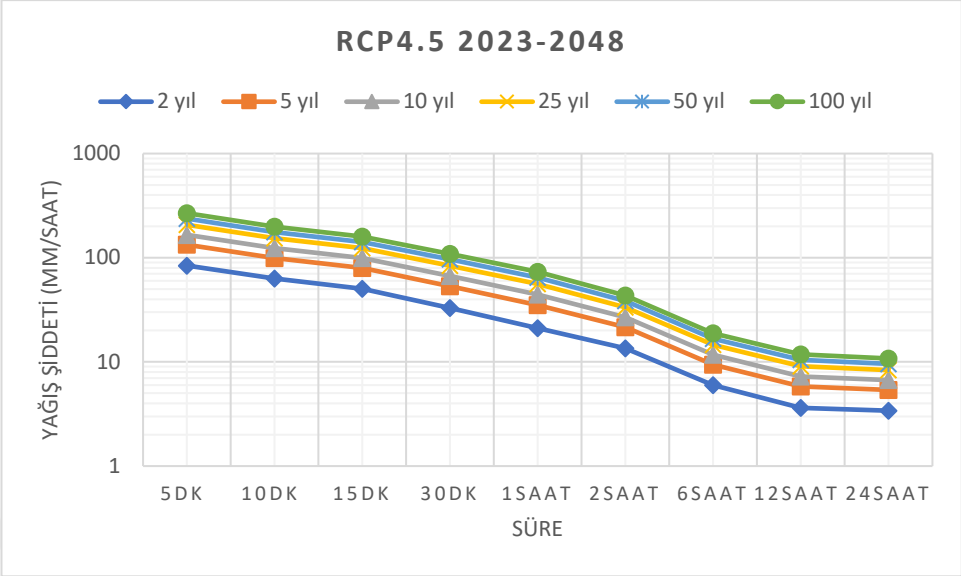
Ek 25: HadGEM-ES RCP8.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF eğrileri

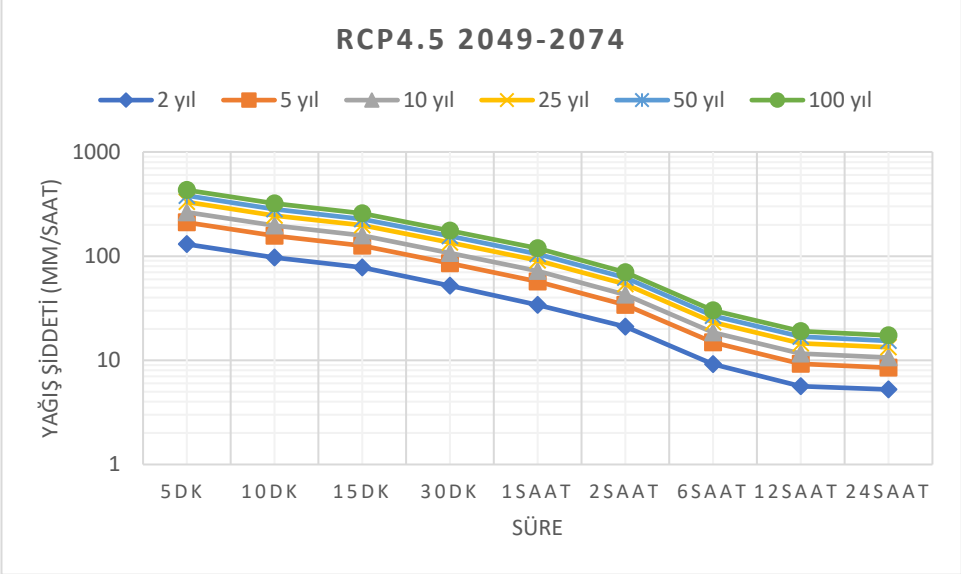


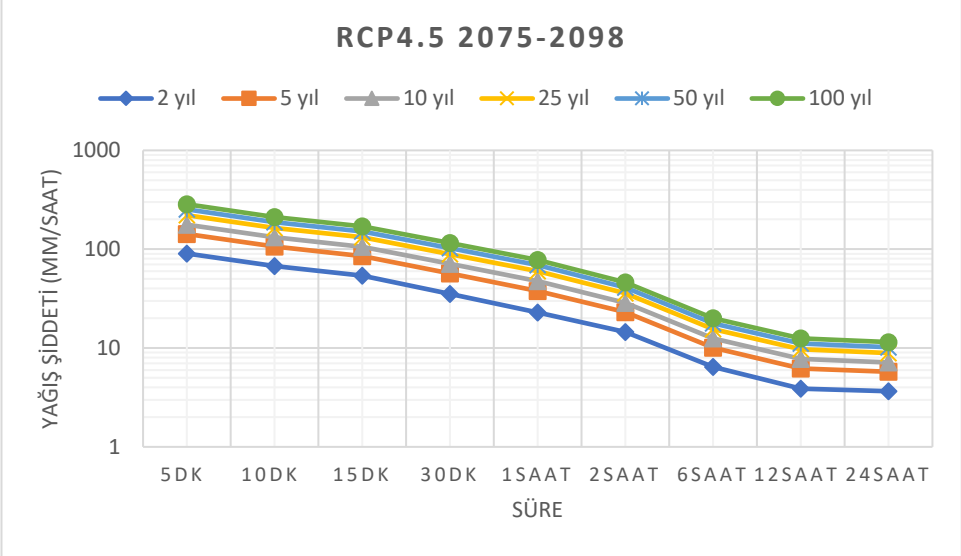




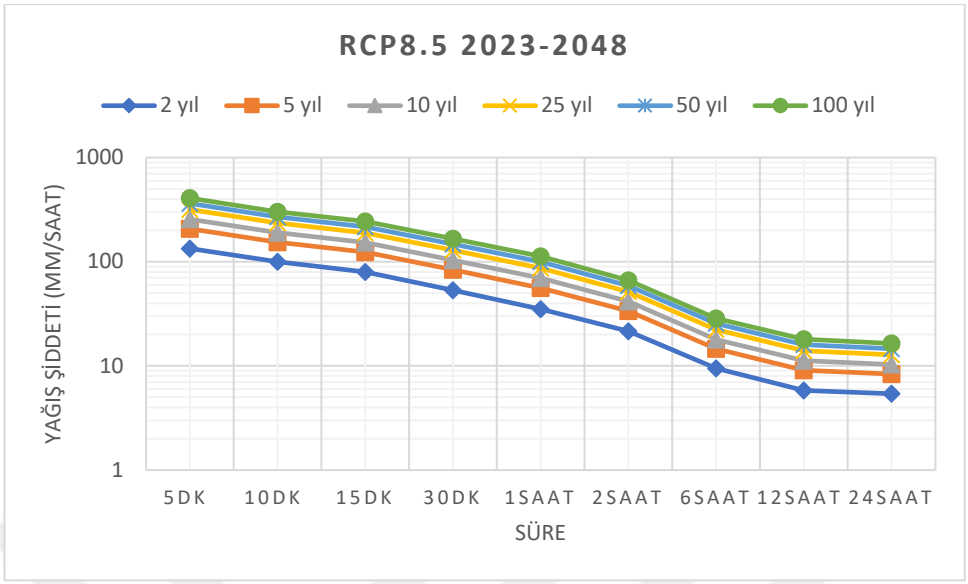
Ek 26: HadGEM-ES RCP4.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF eğrileri

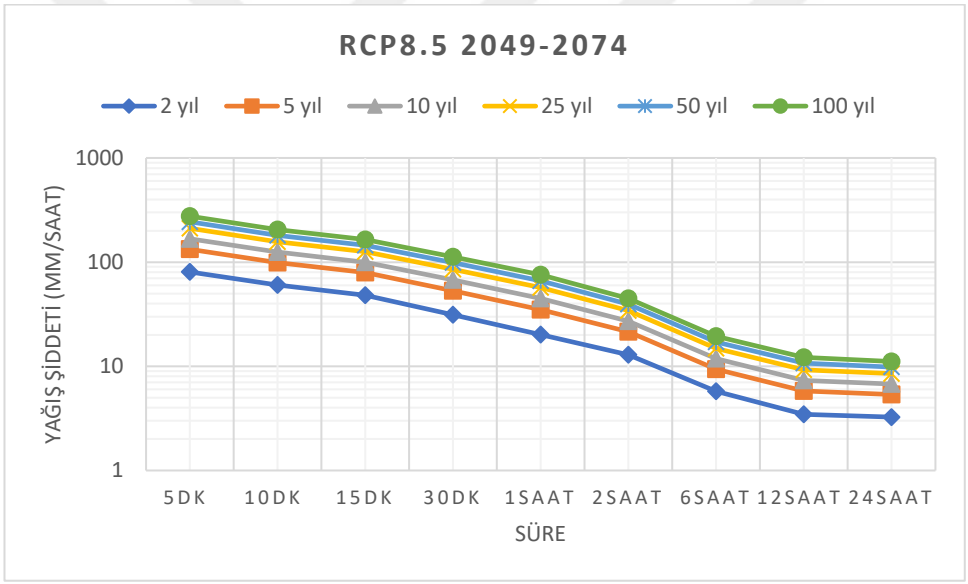


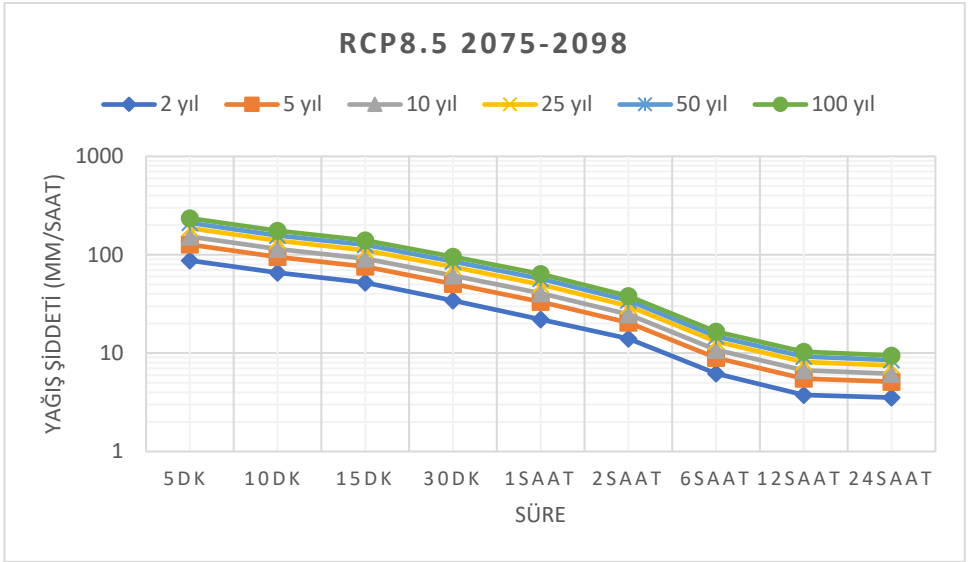




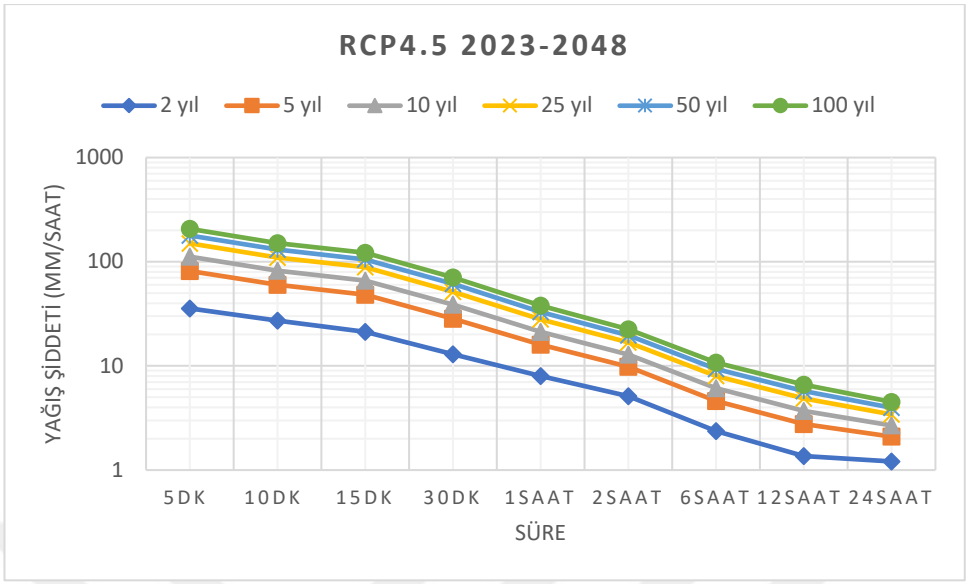
Ek 27: HadGEM-ES RCP8.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF eğrileri

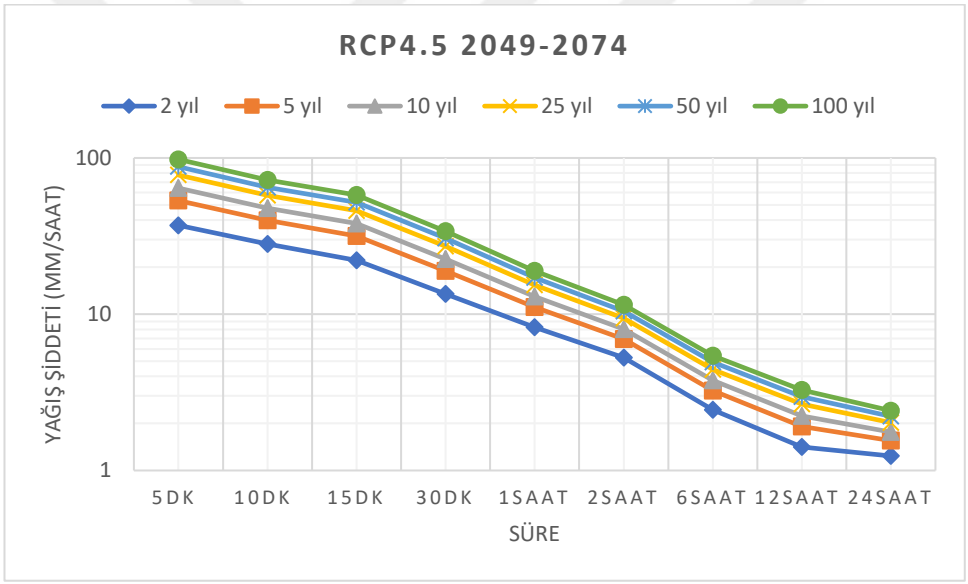


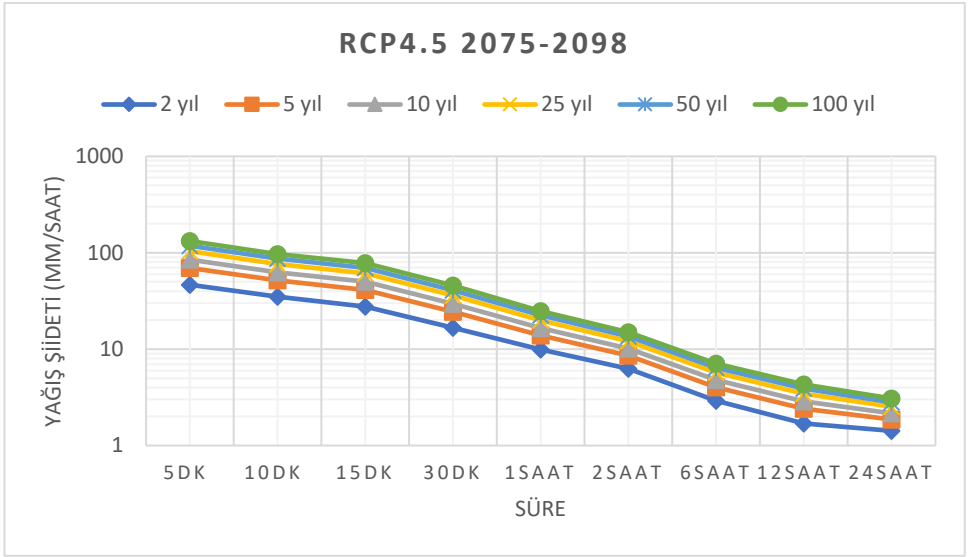




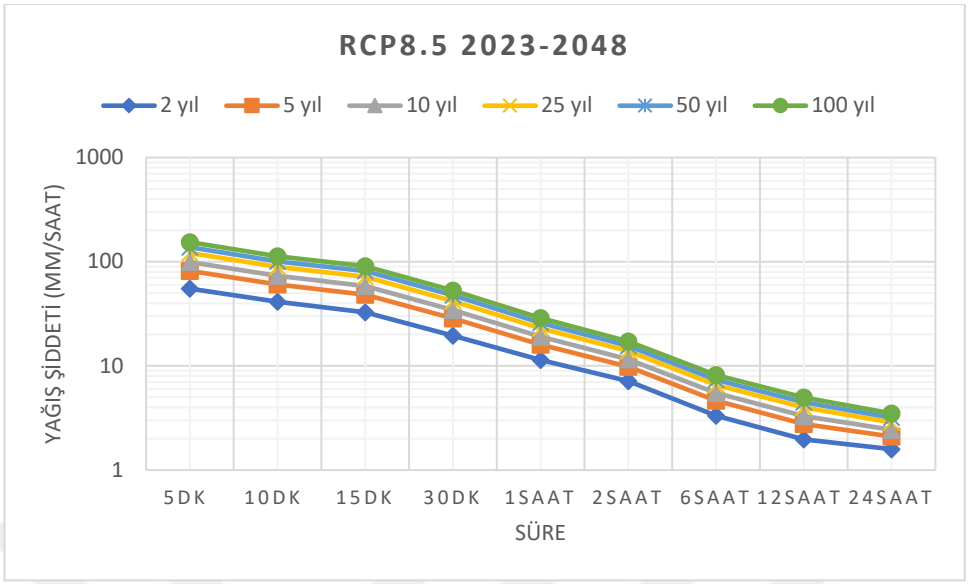
Ek 28: MPI-ESM-MR RCP4.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF eğrileri

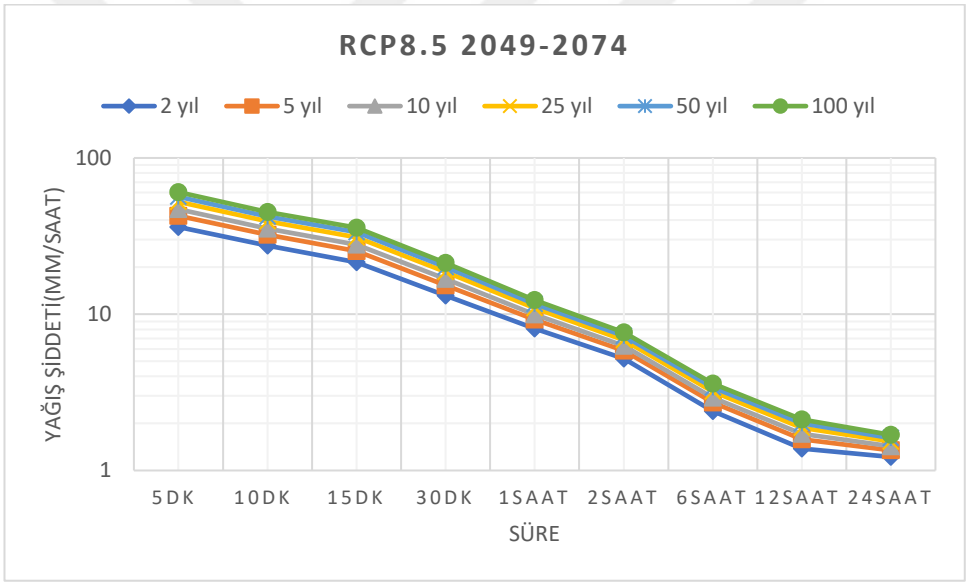


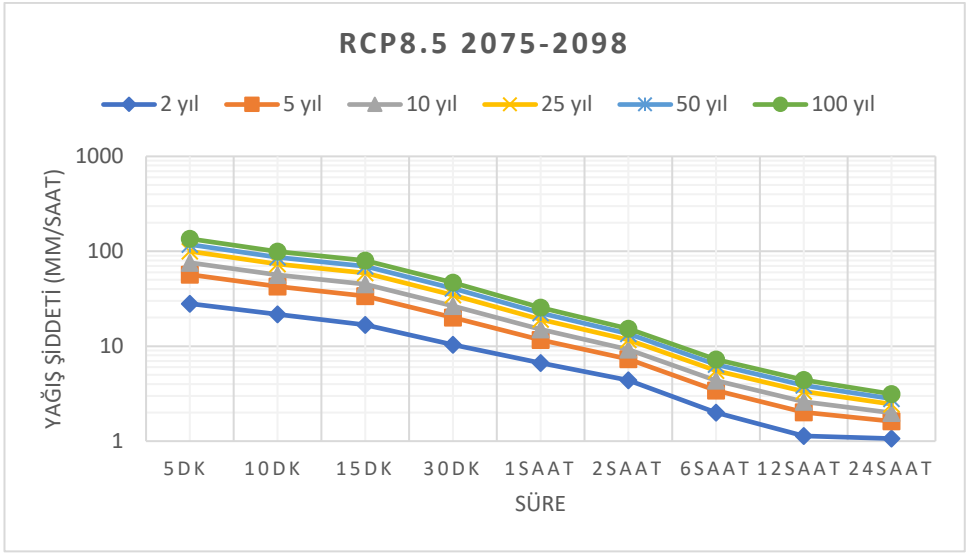




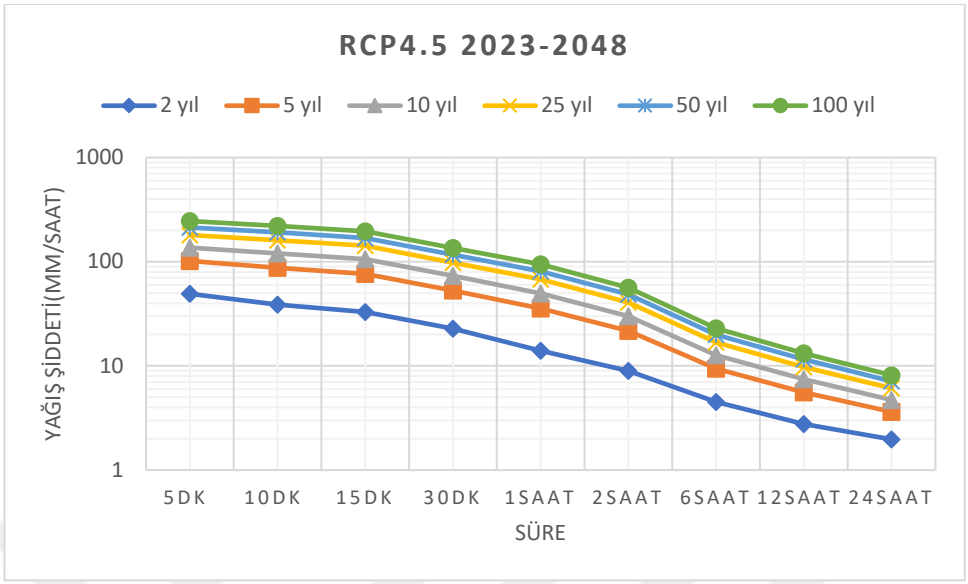
Ek 29: MPI-ESM-MR RCP8.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF eğrileri

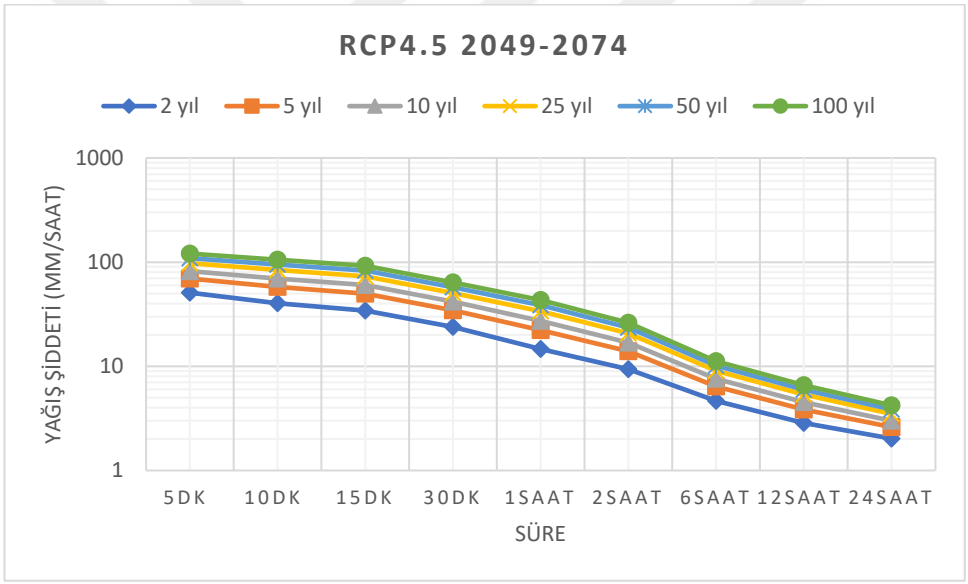


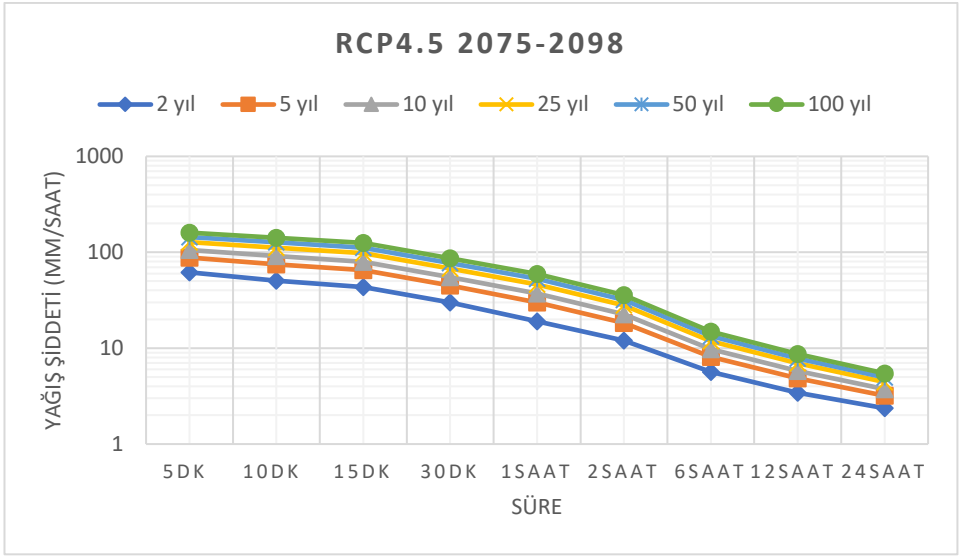




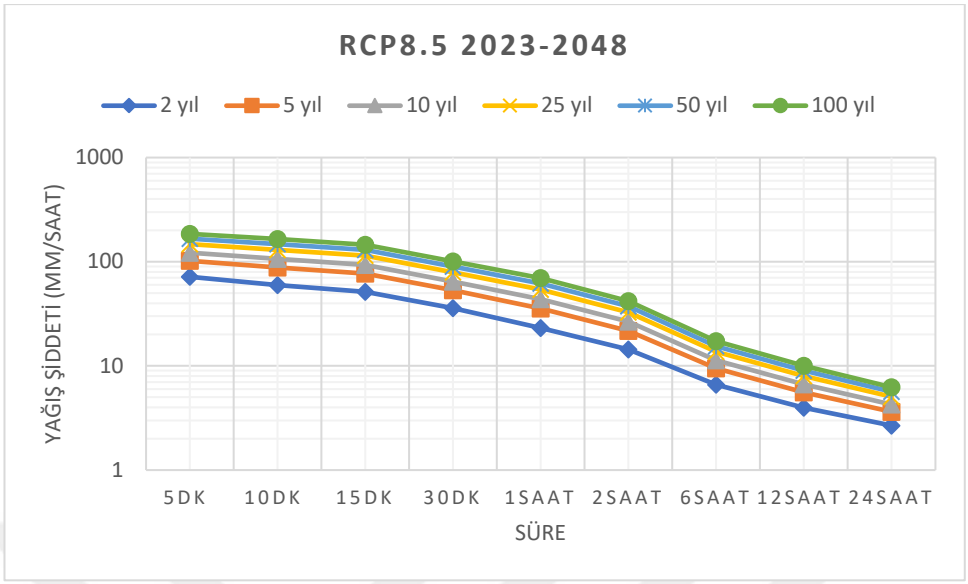
Ek 30: MPI-ESM-MR RCP4.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF eğrileri

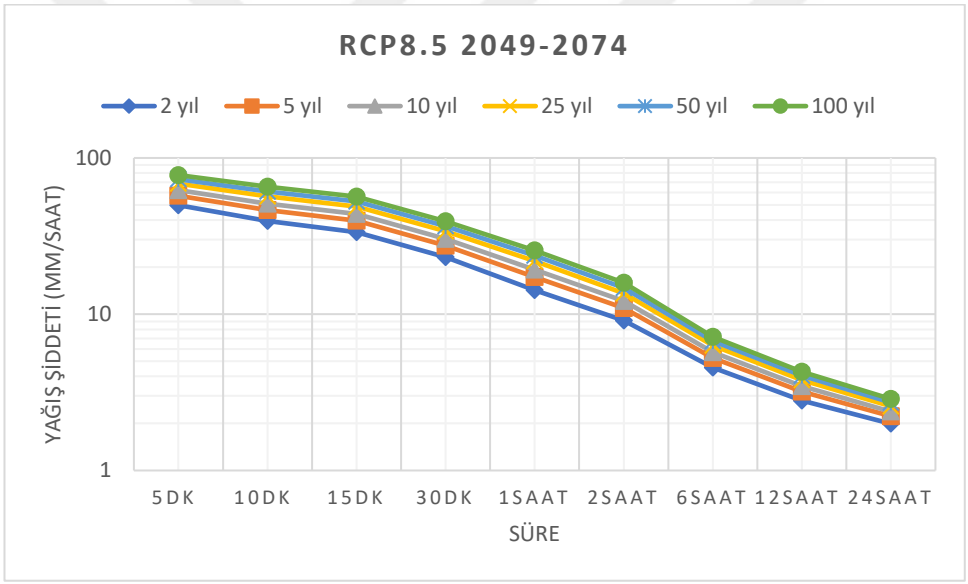


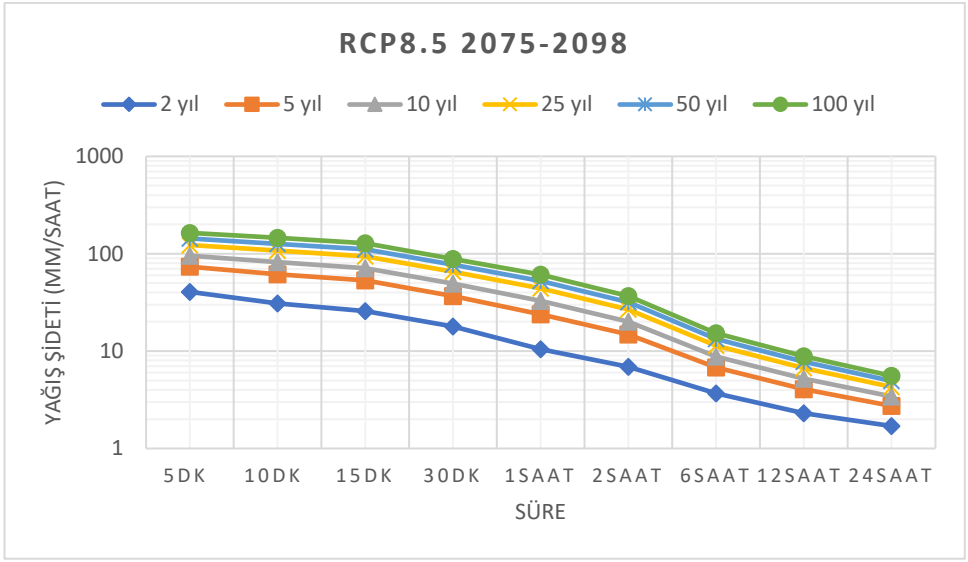




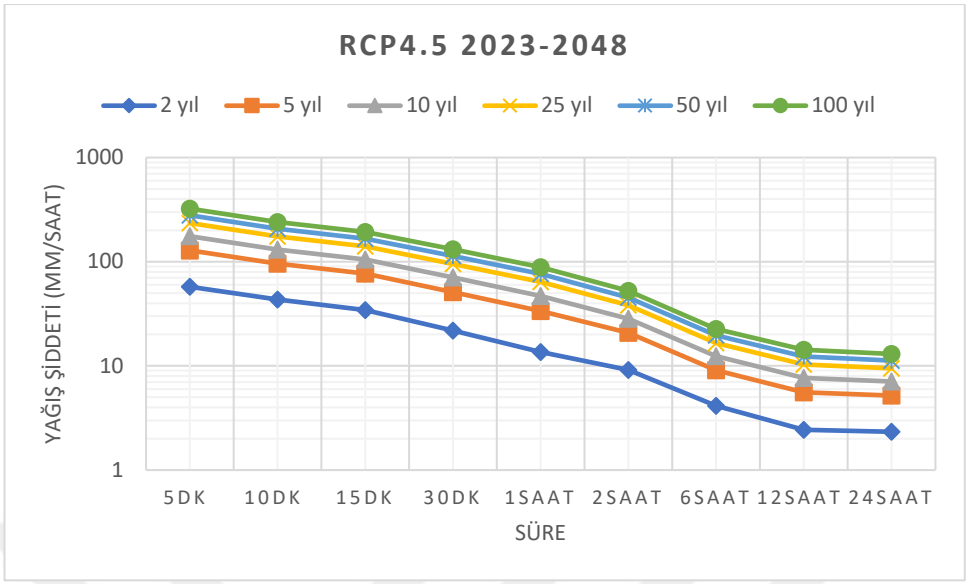
Ek 31: MPI-ESM-MR RCP8.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF eğrileri

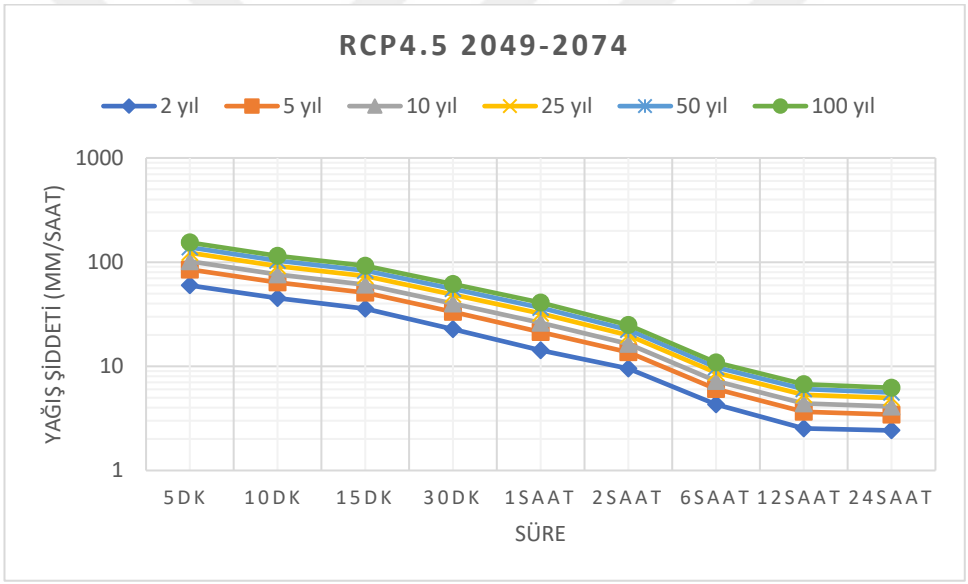


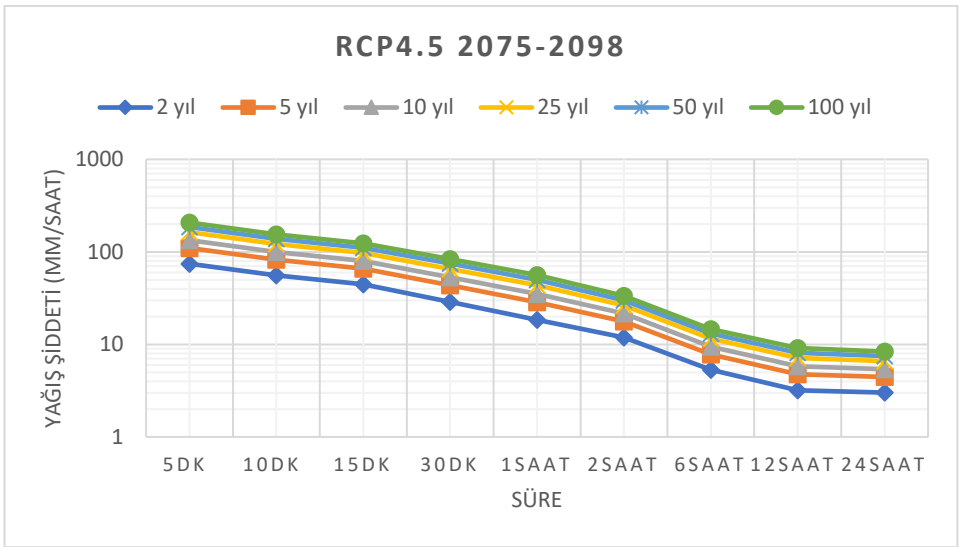




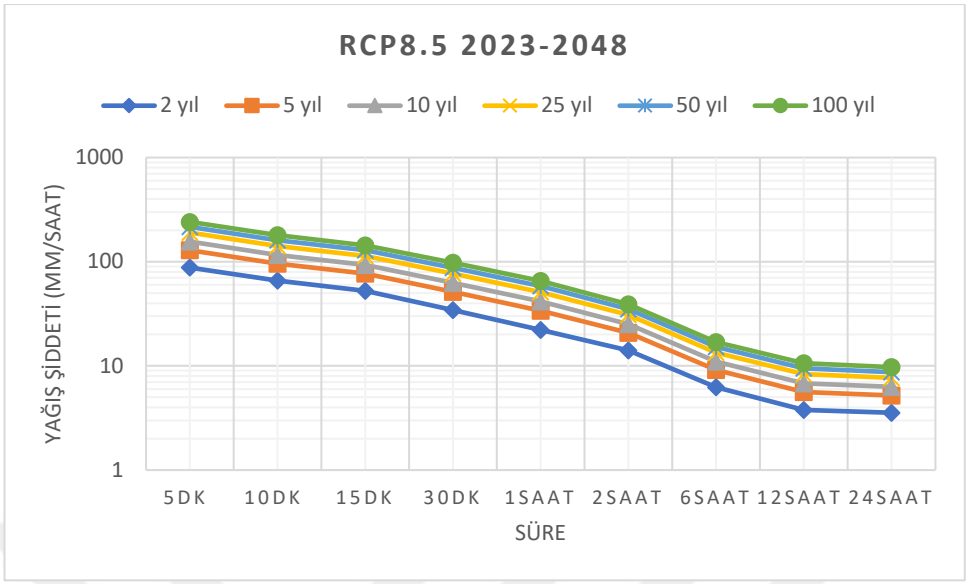
Ek 32: MPI-ESM-MR RCP4.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF eğrileri

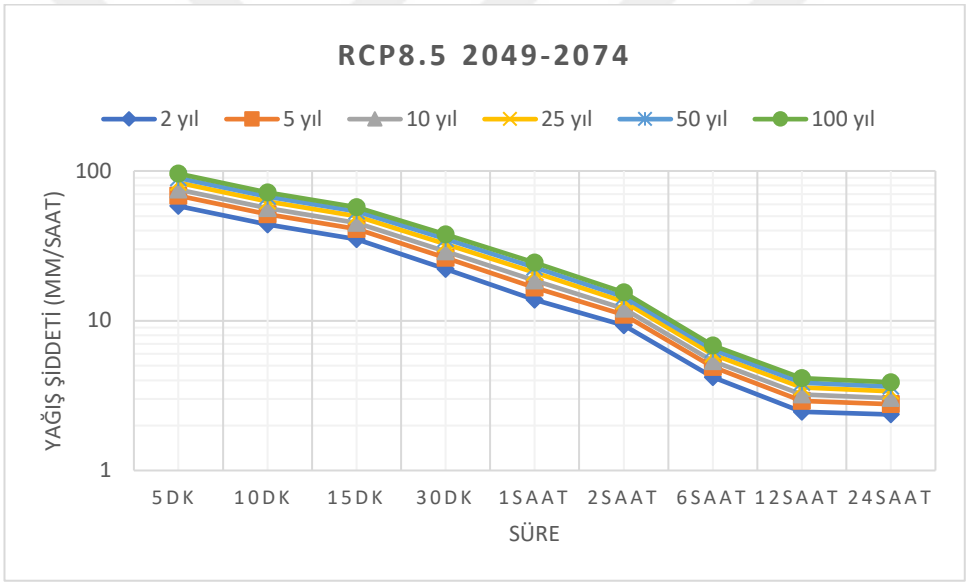


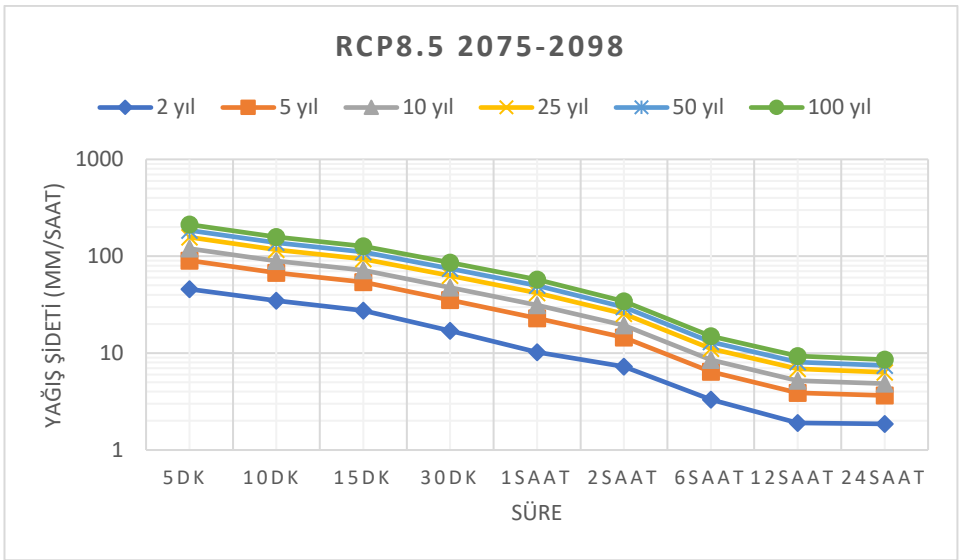




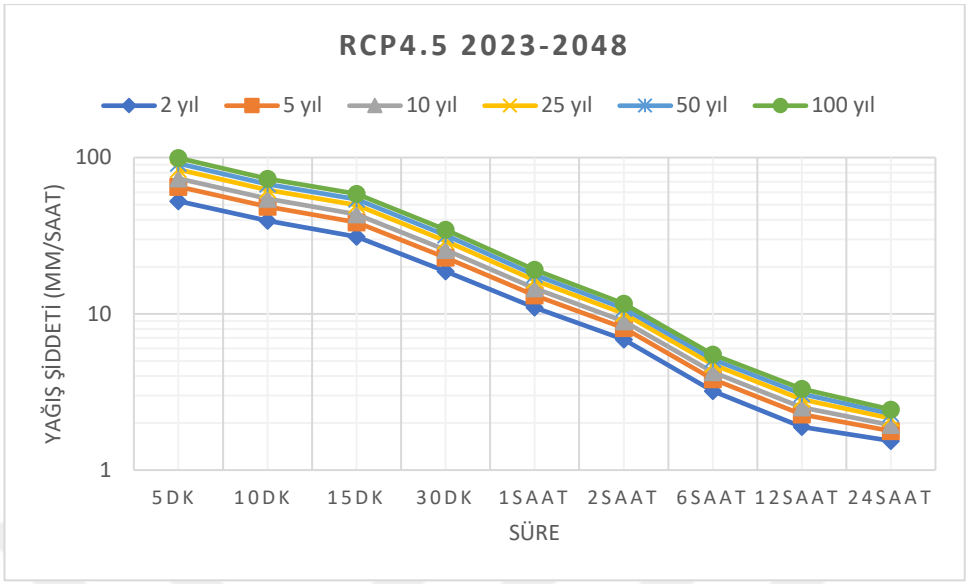
Ek 33: MPI-ESM-MR RCP8.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF eğrileri

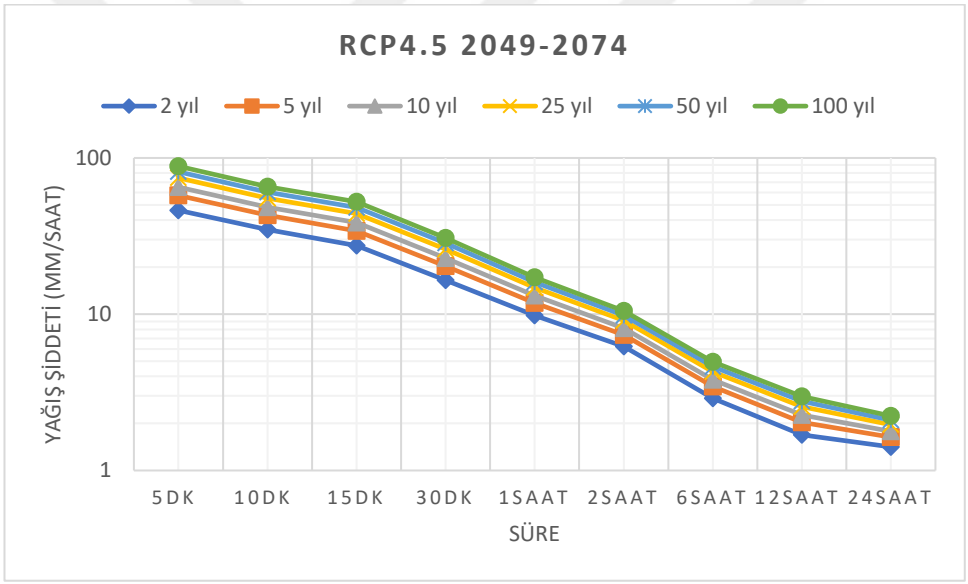


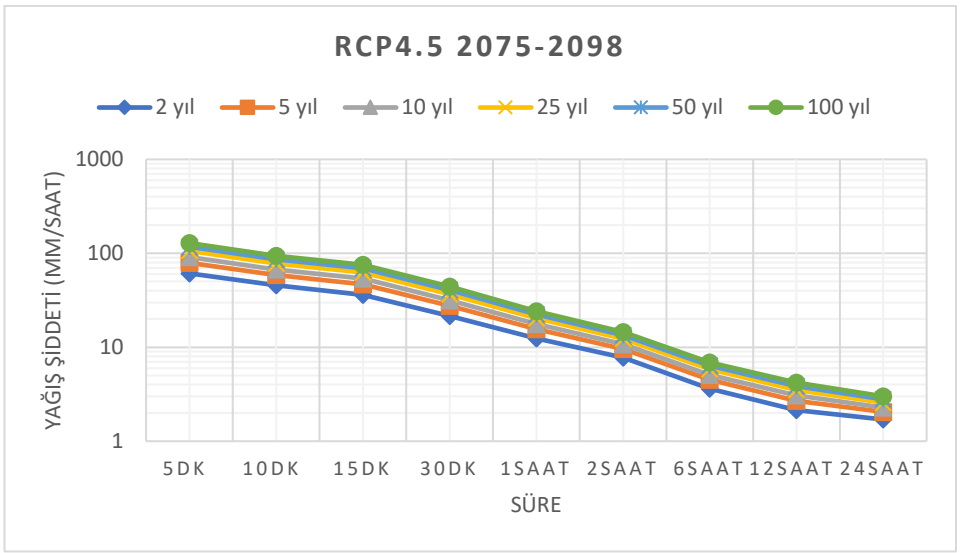




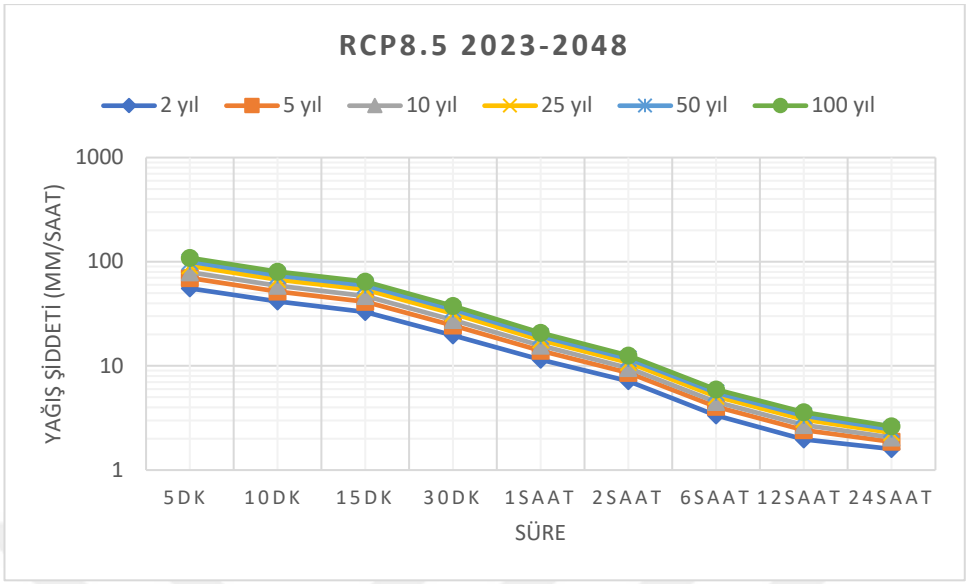
Ek 34: GFDL-ESM2M RCP4.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF verileri

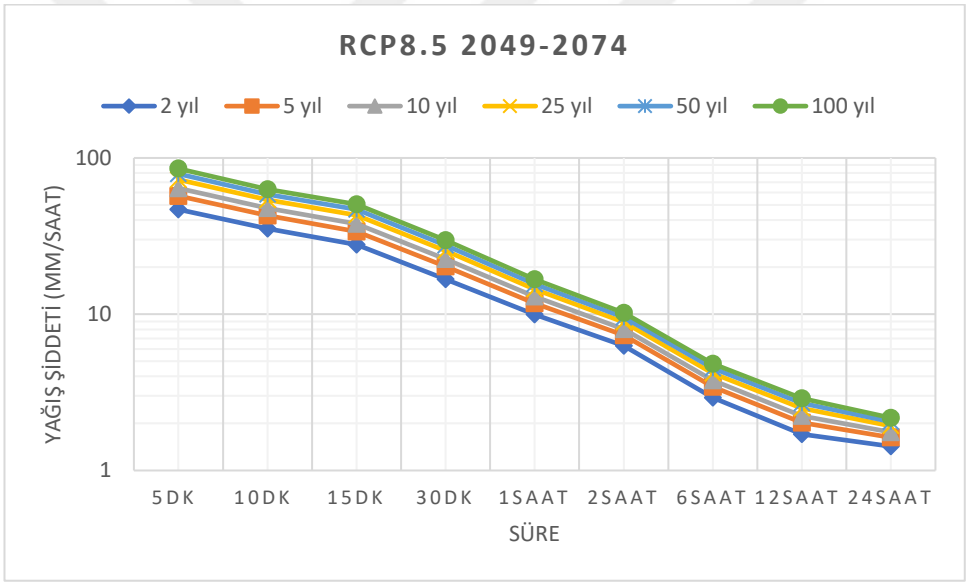


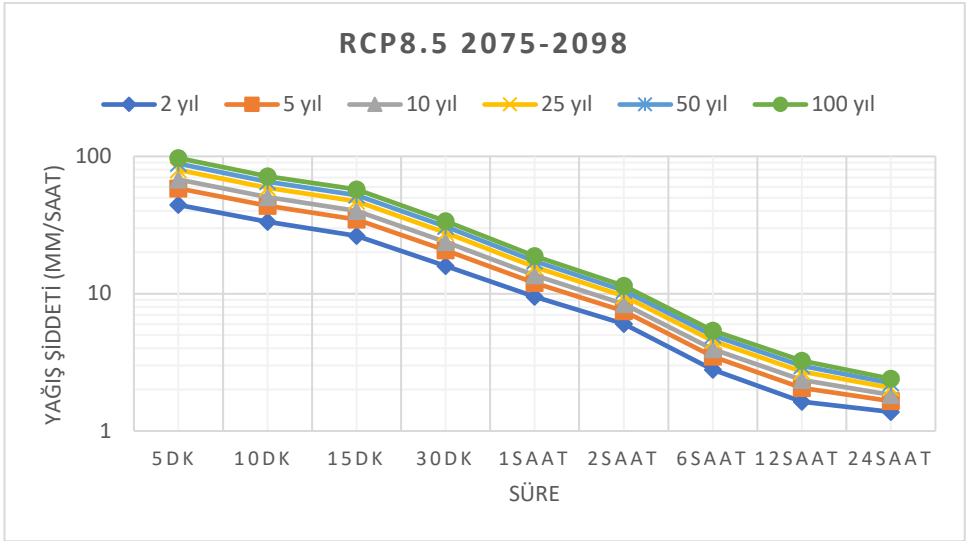




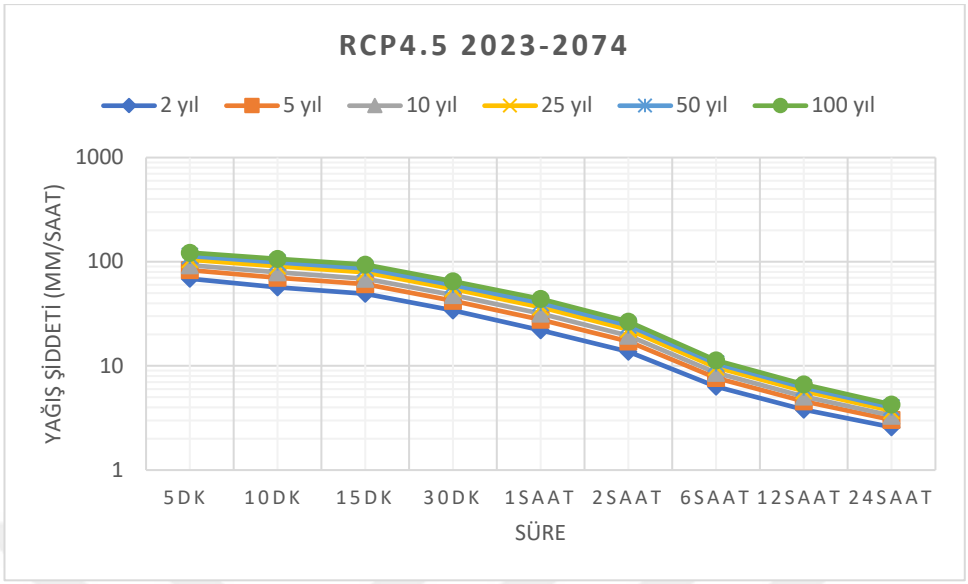
Ek 35: GFDL-ESM2M RCP8.5 modeline göre Diyarbakır ili için ŞSF verileri

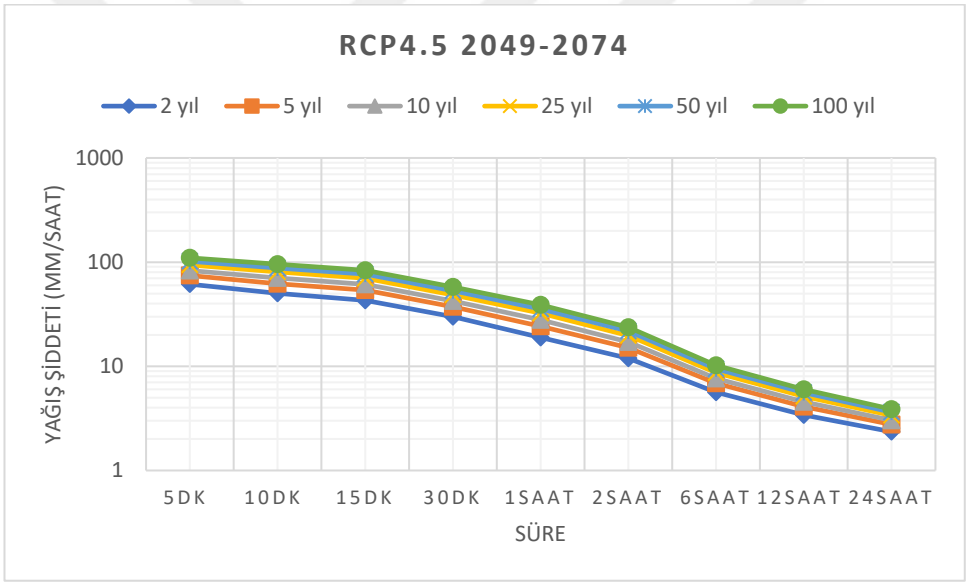


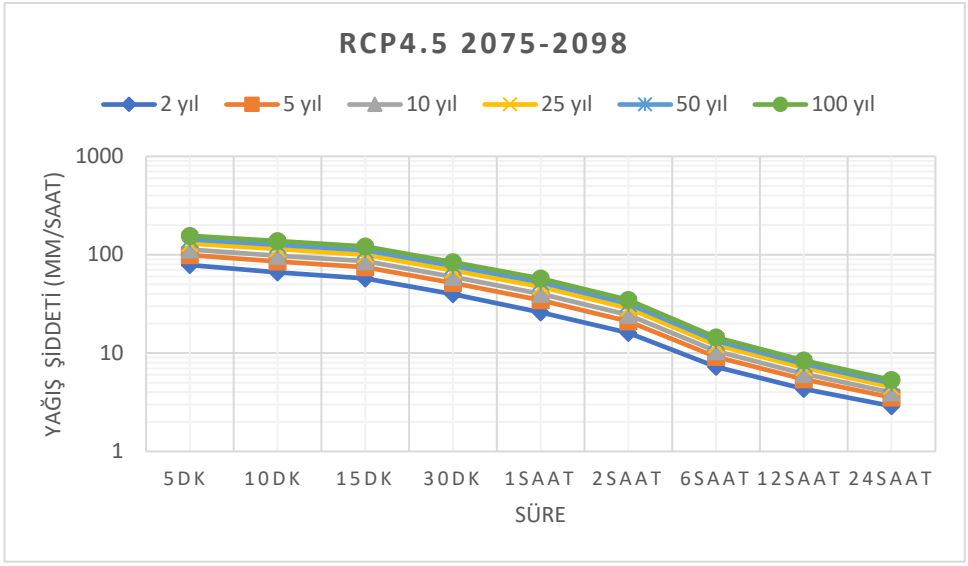




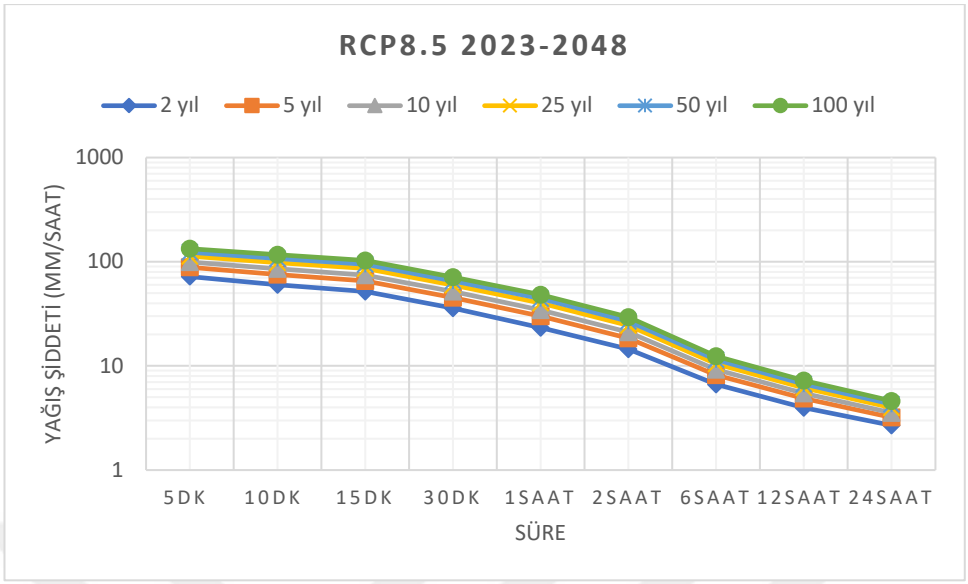
Ek 36: GFDL-ESM2M RCP4.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF verileri

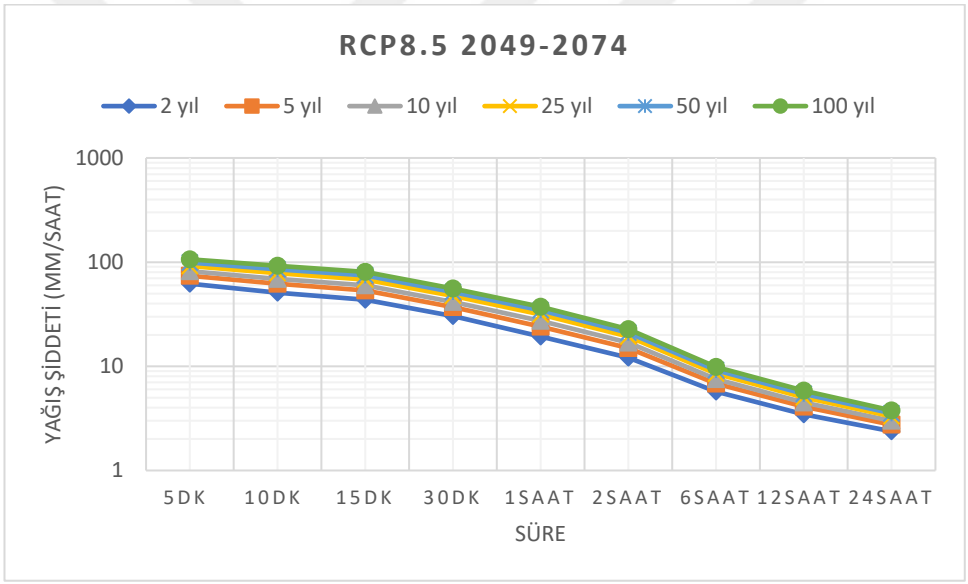


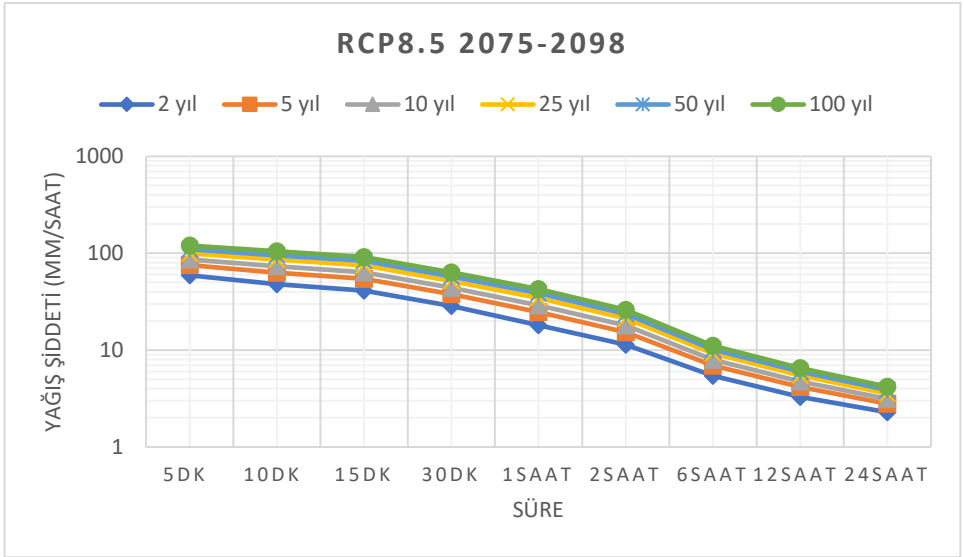




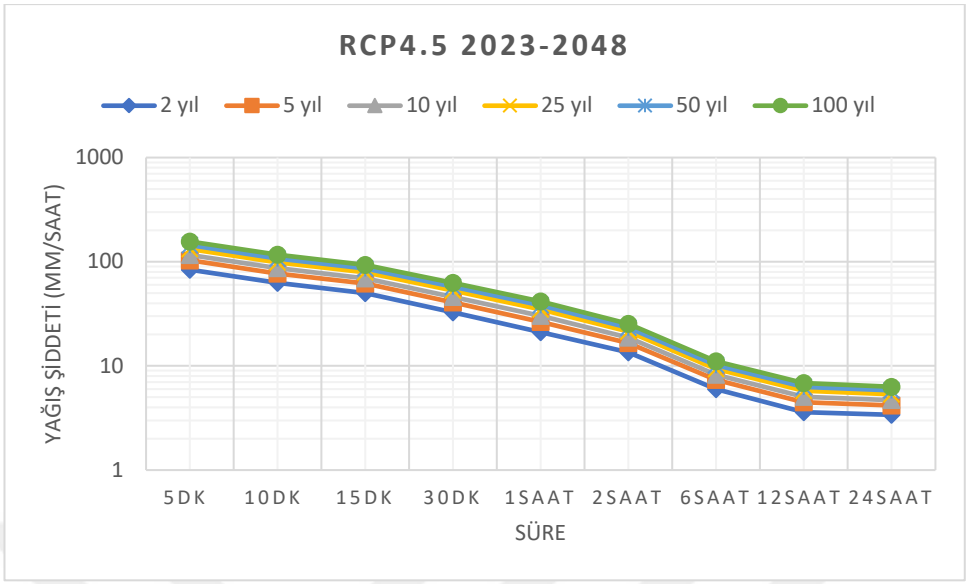
Ek 37: GFDL-ESM2M RCP8.5 modeline göre Ordu ili için ŞSF verileri

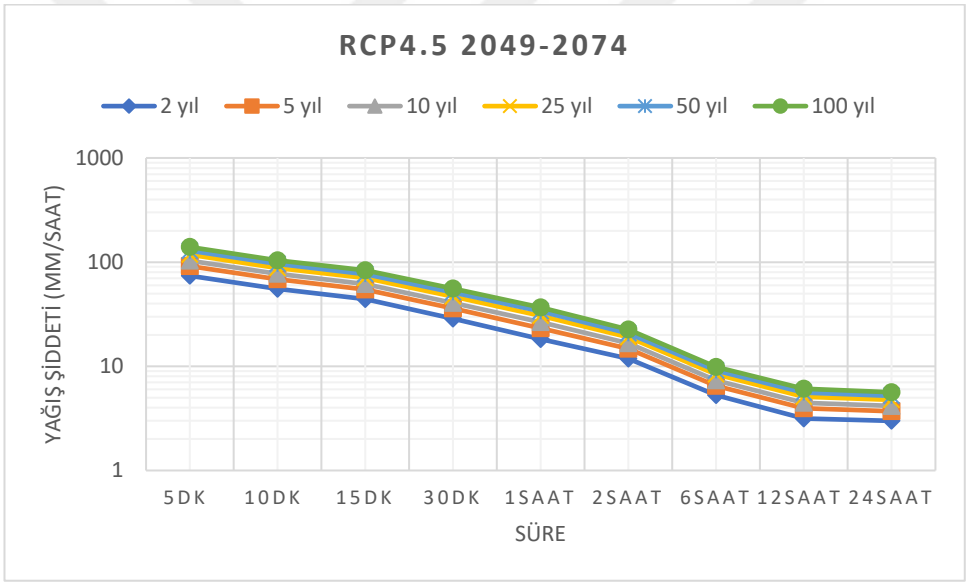


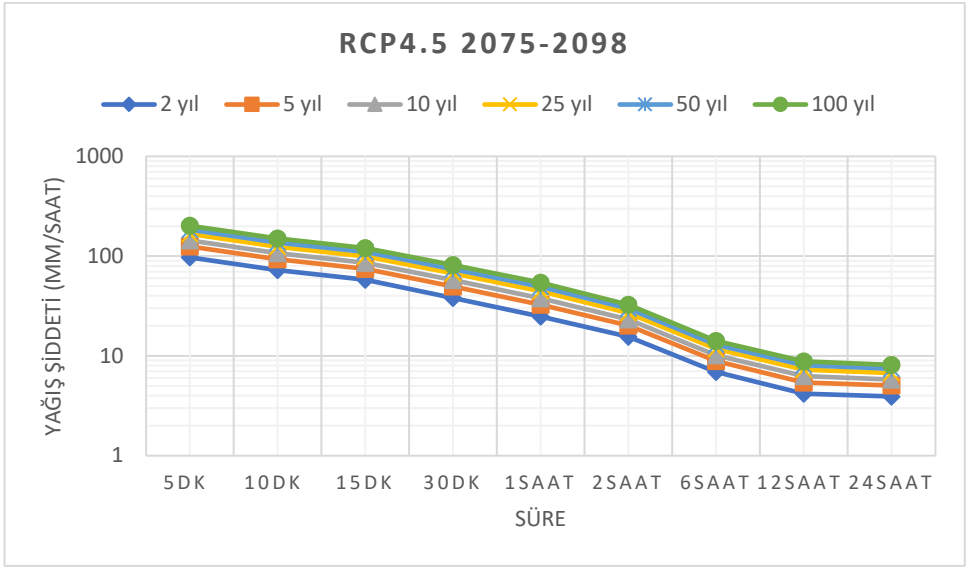




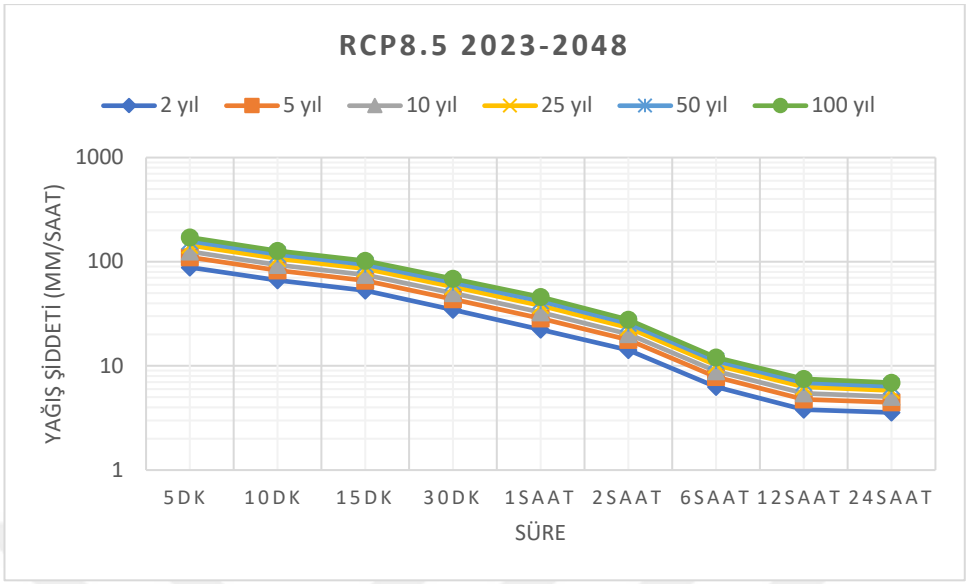
Ek 38: GFDL-ESM2M RCP4.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF verileri

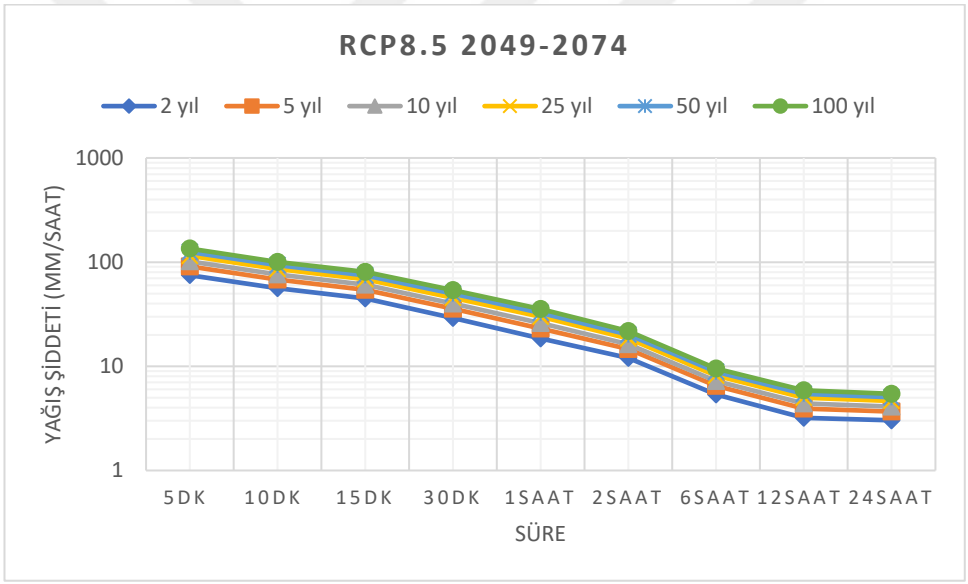


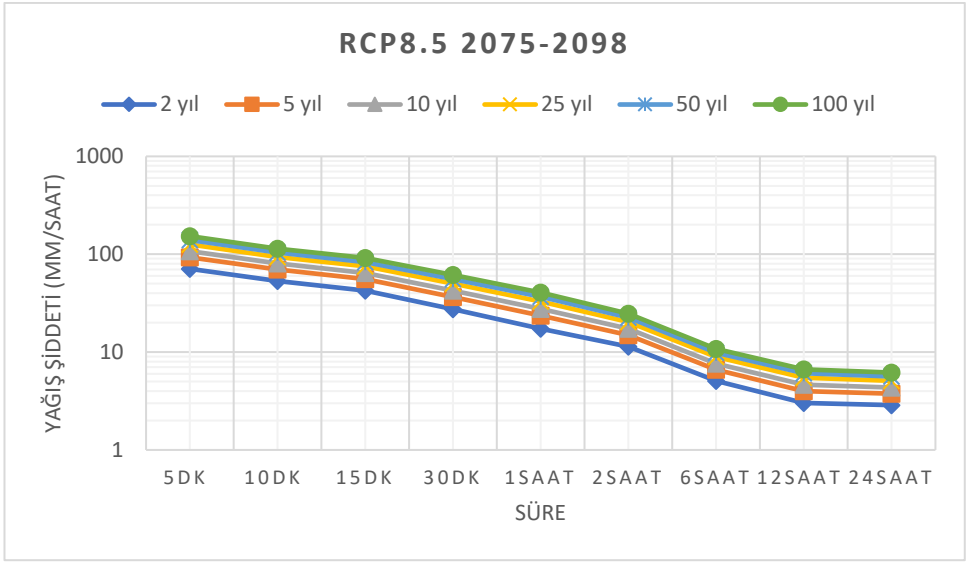




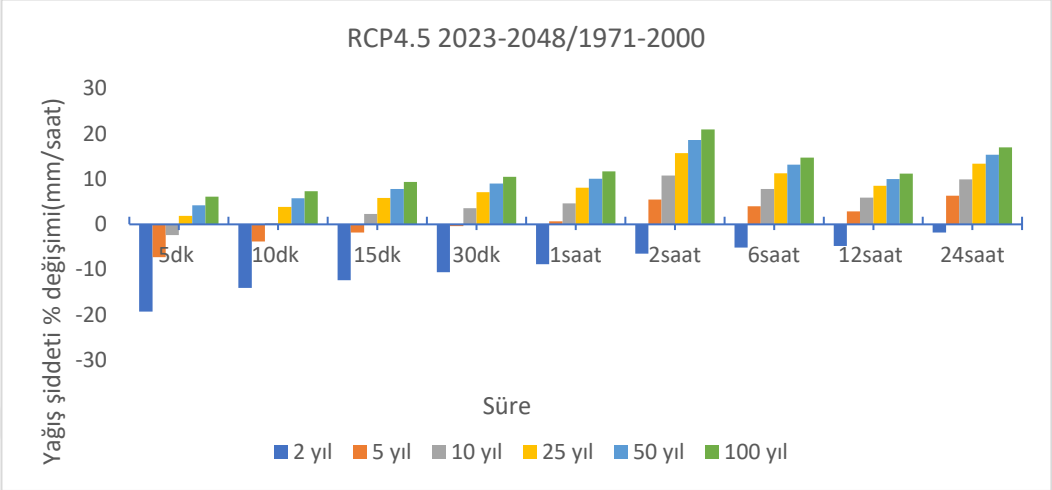
Ek 39: GFDL-ESM2M RCP8.5 modeline göre Muğla ili için ŞSF verileri

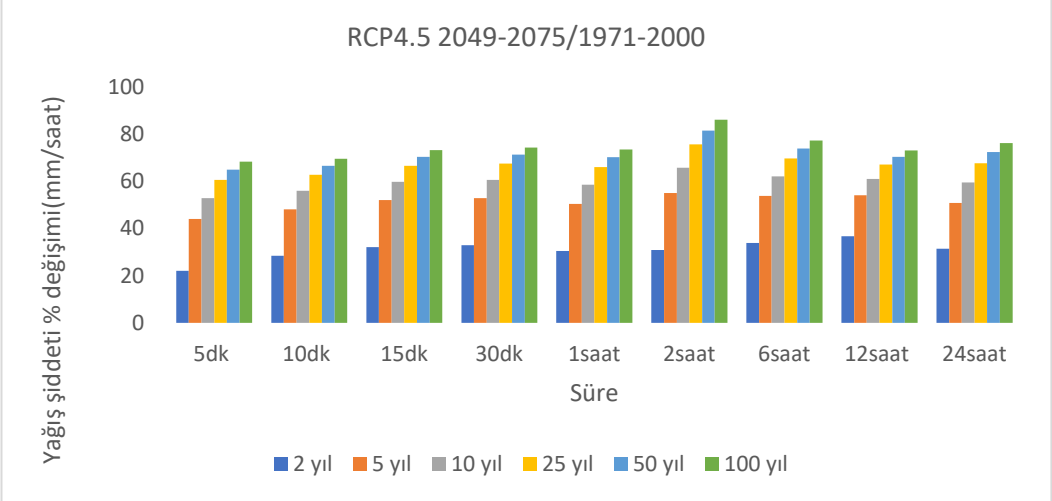


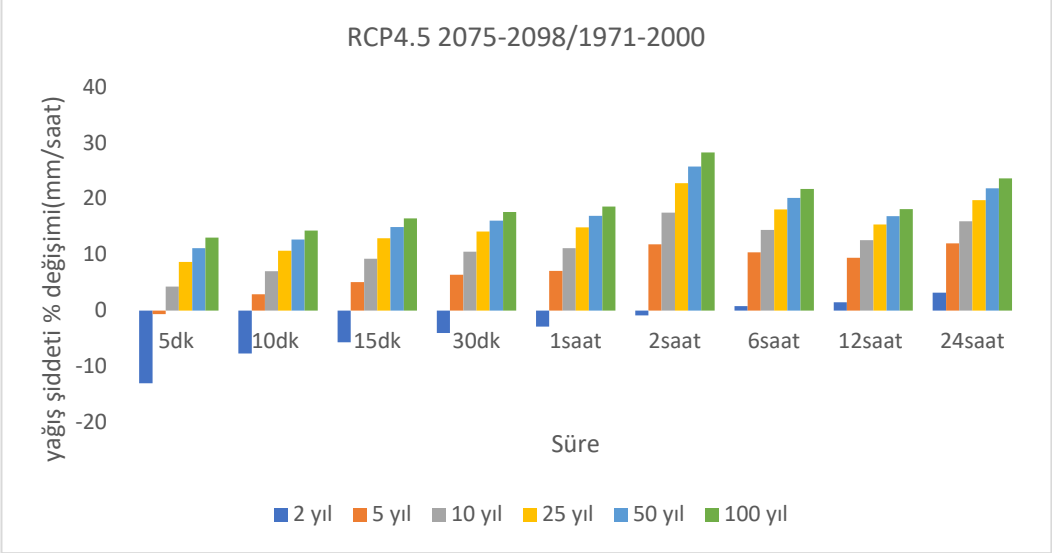




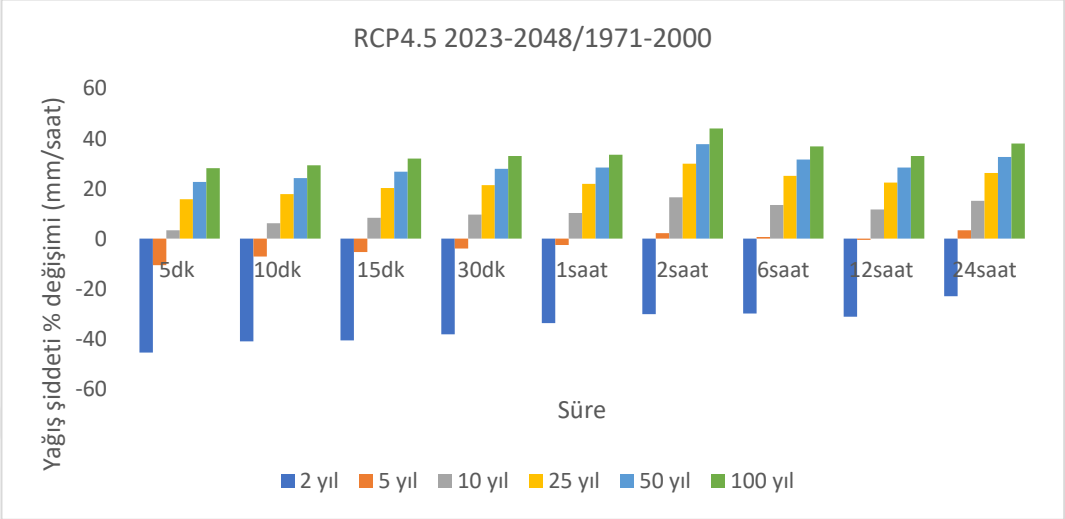
Ek 40: HadGEM-ES modelinin RCP4.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Diyarbakır'ın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması

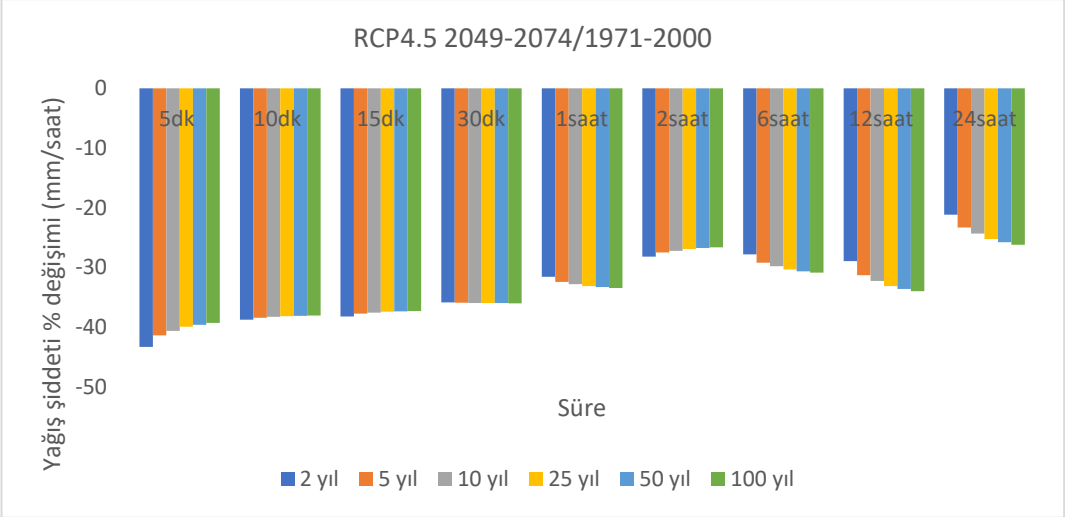


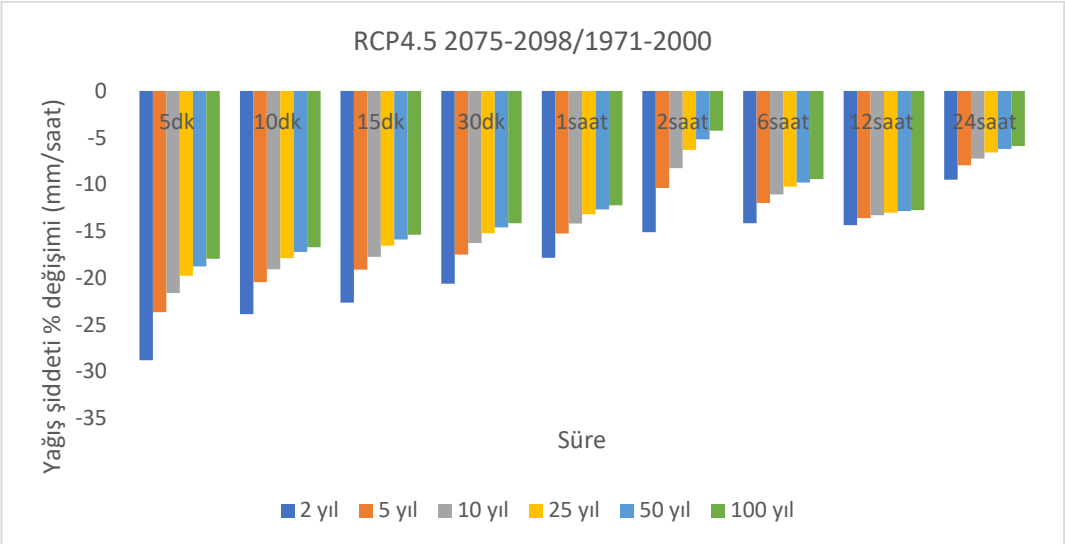




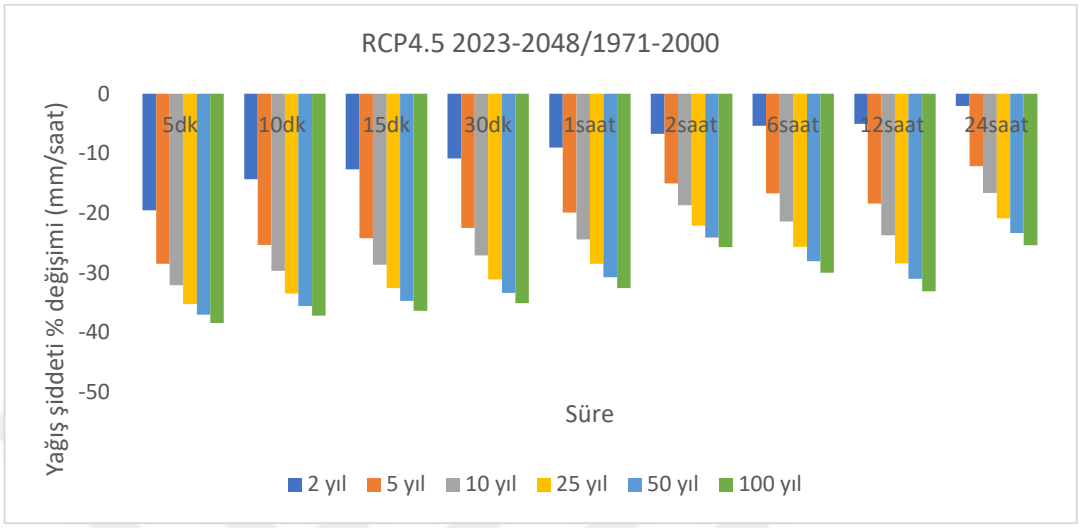
Ek 41: MPI-ESM-MR modelinin RCP4.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Diyarbakır'ın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması

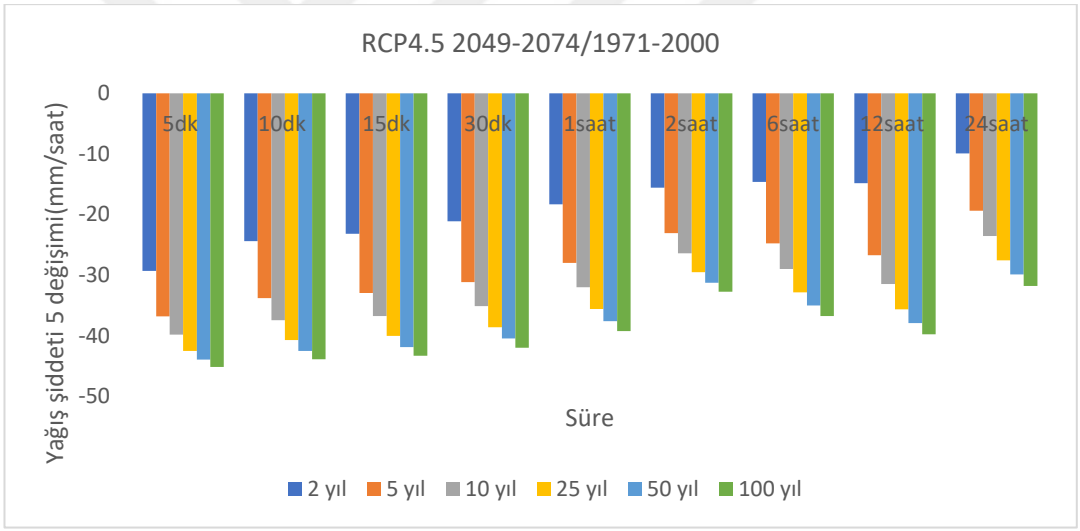


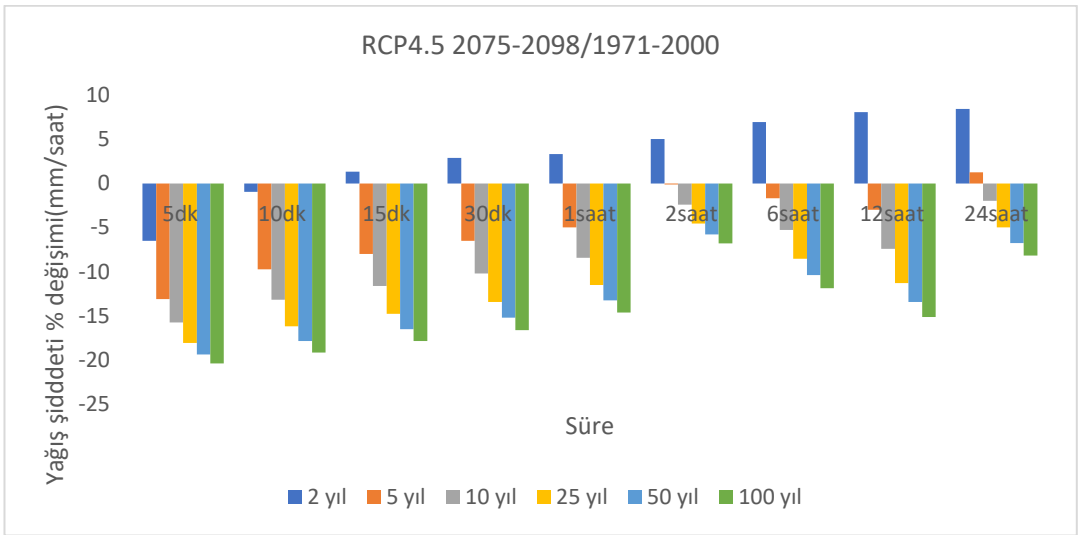




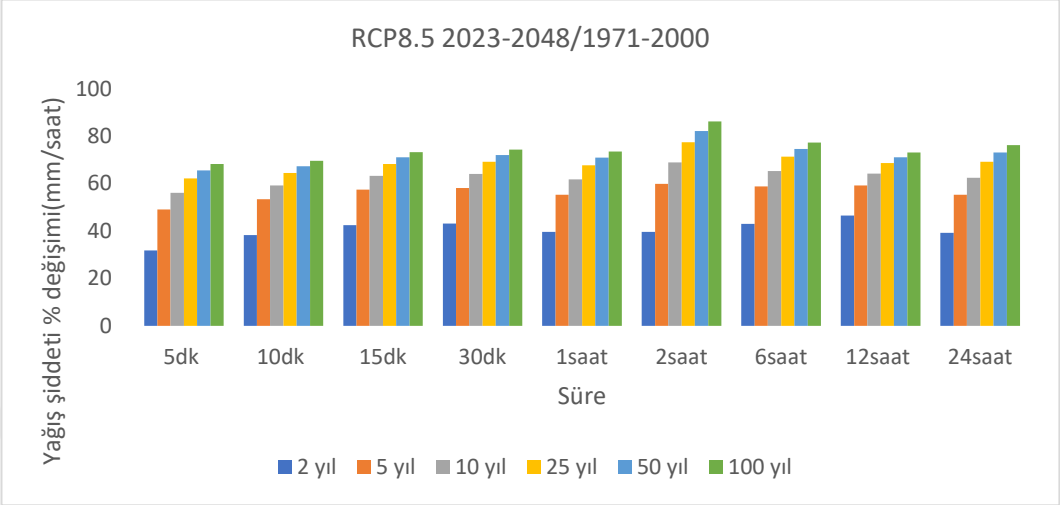
Ek 42: GFDL-ESM2M modelinin RCP4.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Diyarbakır'ın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması

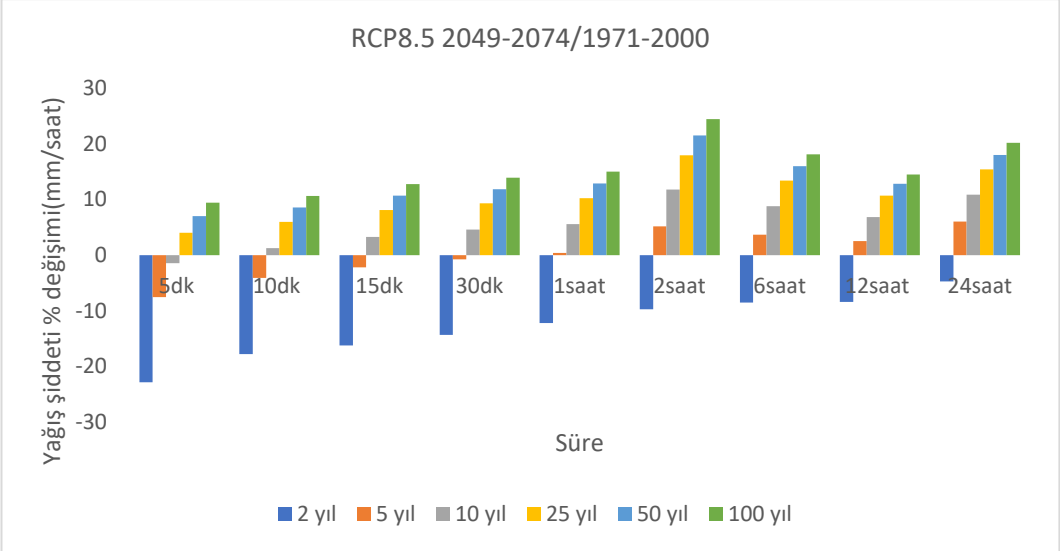


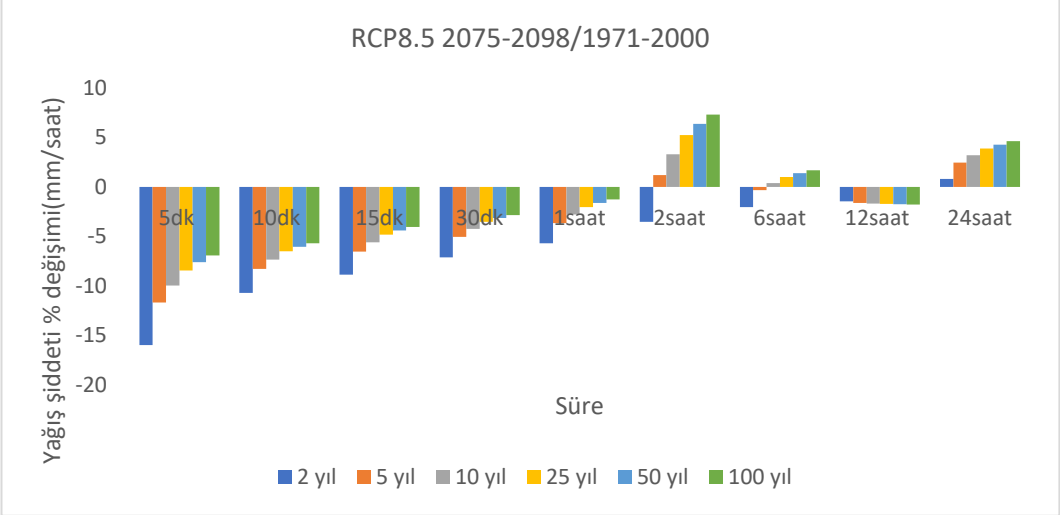




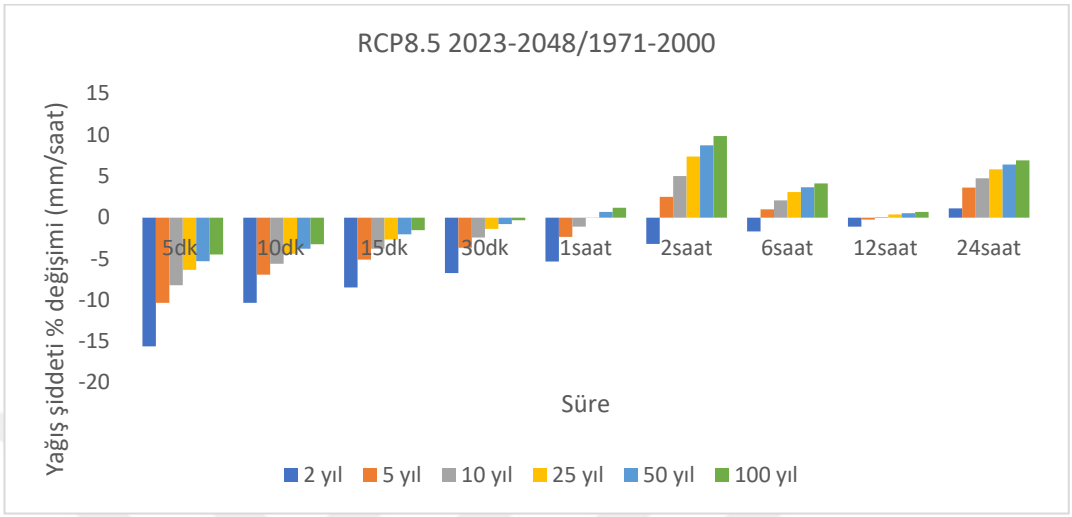
Ek 43: HadGEM-ES modelinin RCP8.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Diyarbakır'ın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması

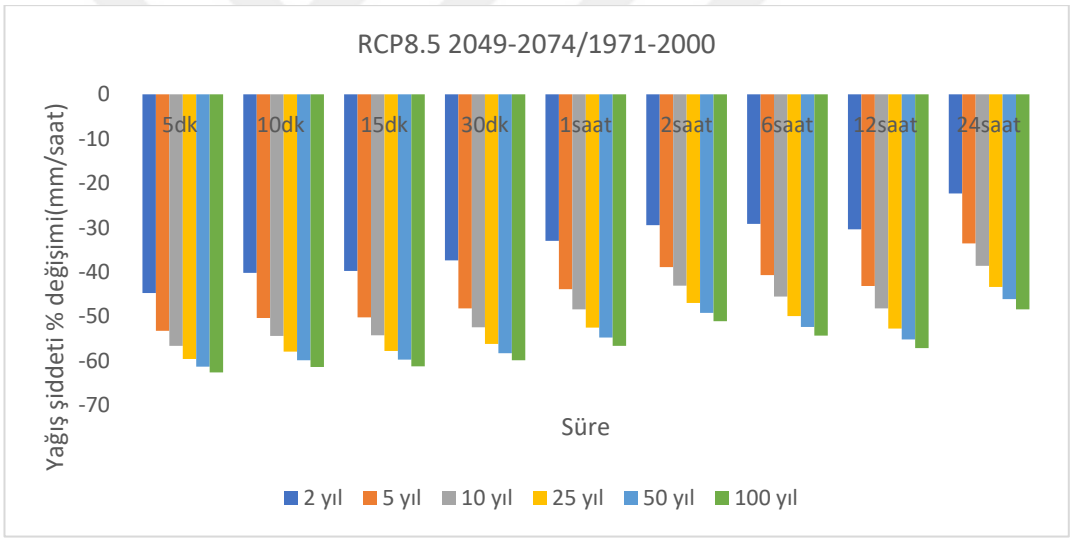


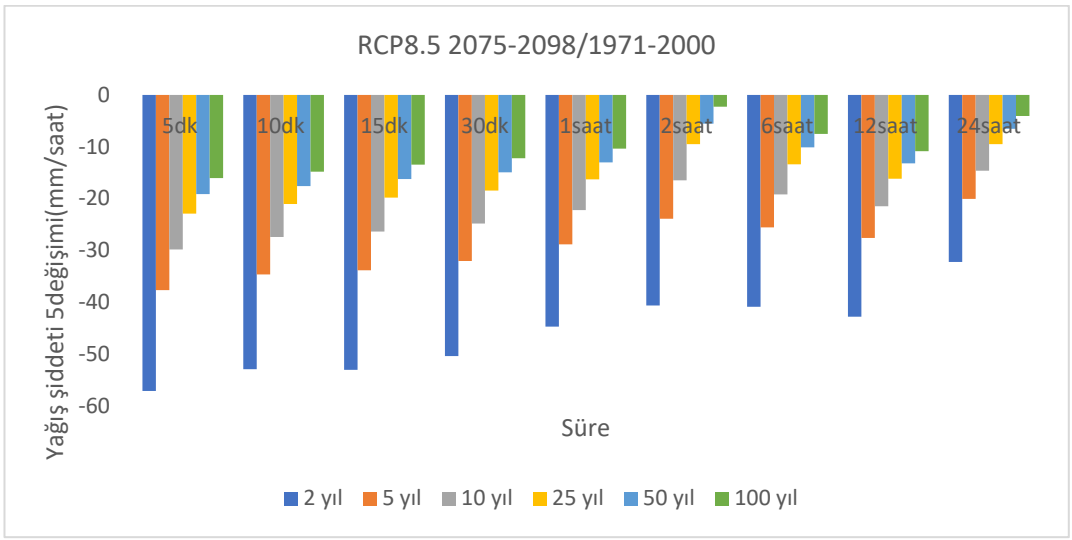




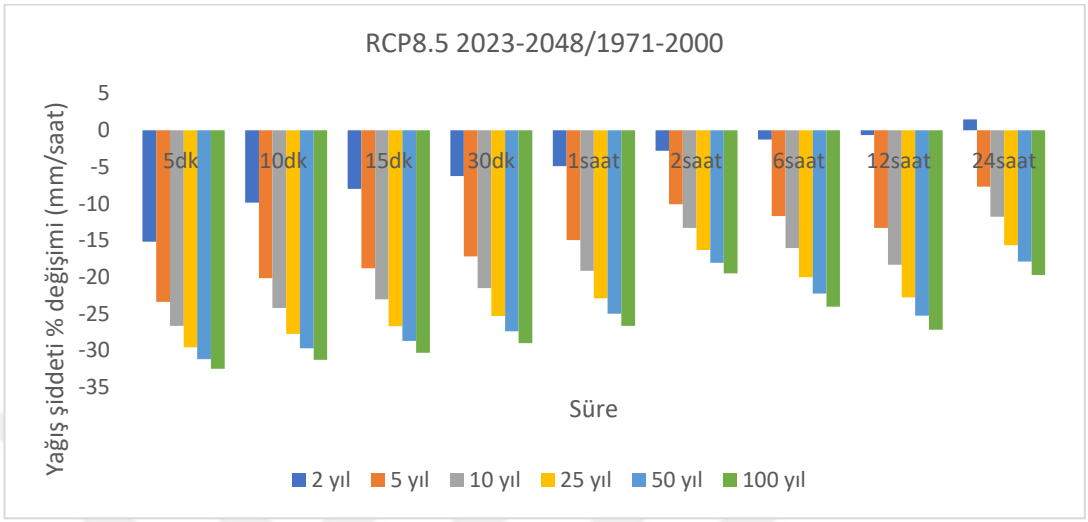
Ek 44: MPI-ESM-MR modelinin RCP8.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Diyarbakır'ın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması

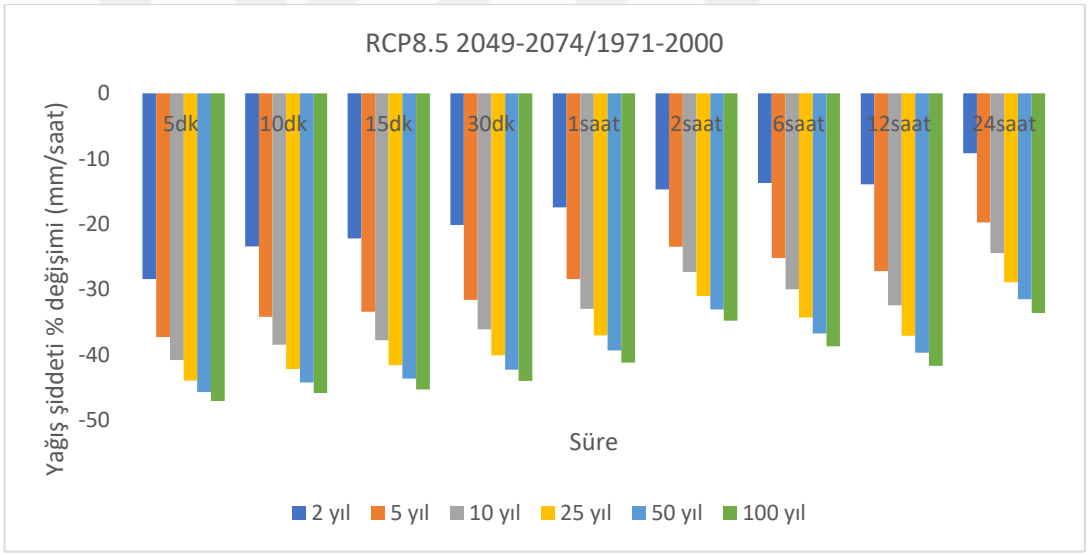


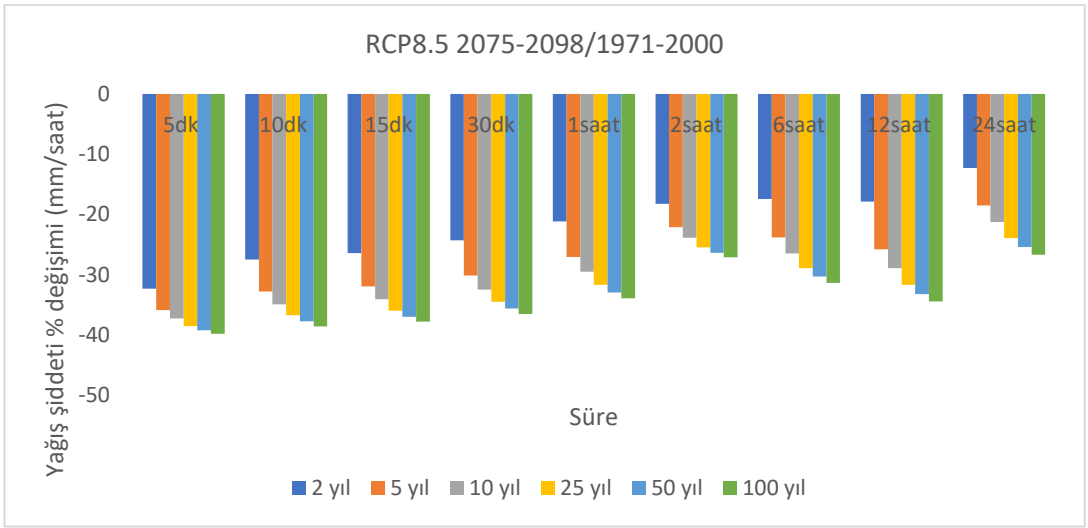




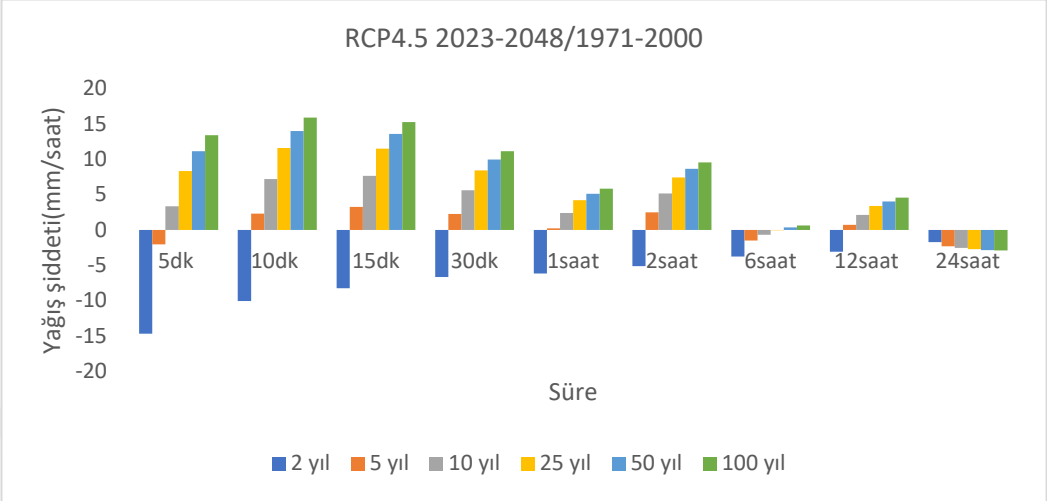
Ek 45: GFDL-ESM2M modelinin RCP8.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Diyarbakır'ın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması

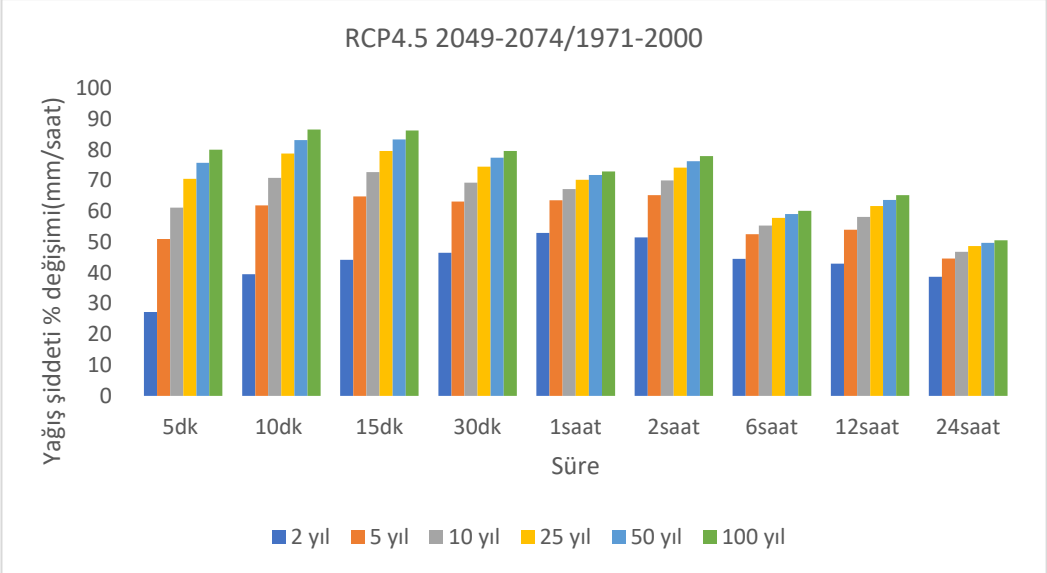


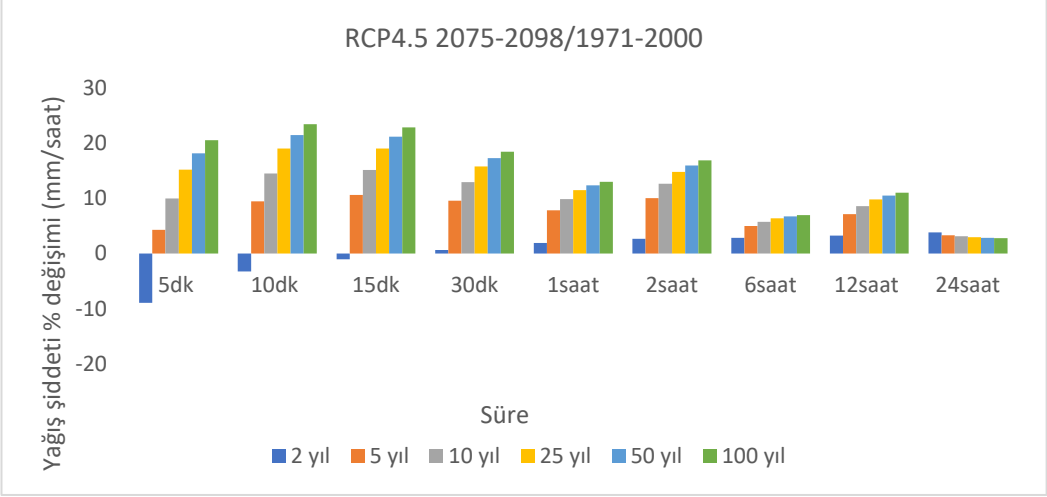




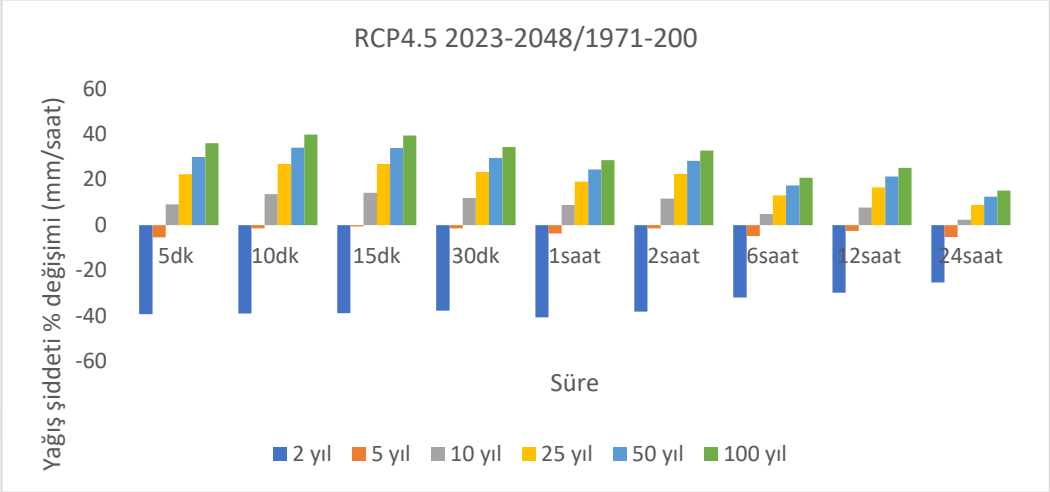
Ek 46: HadGEM-ES modelinin RCP4.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Ordu'nun 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması

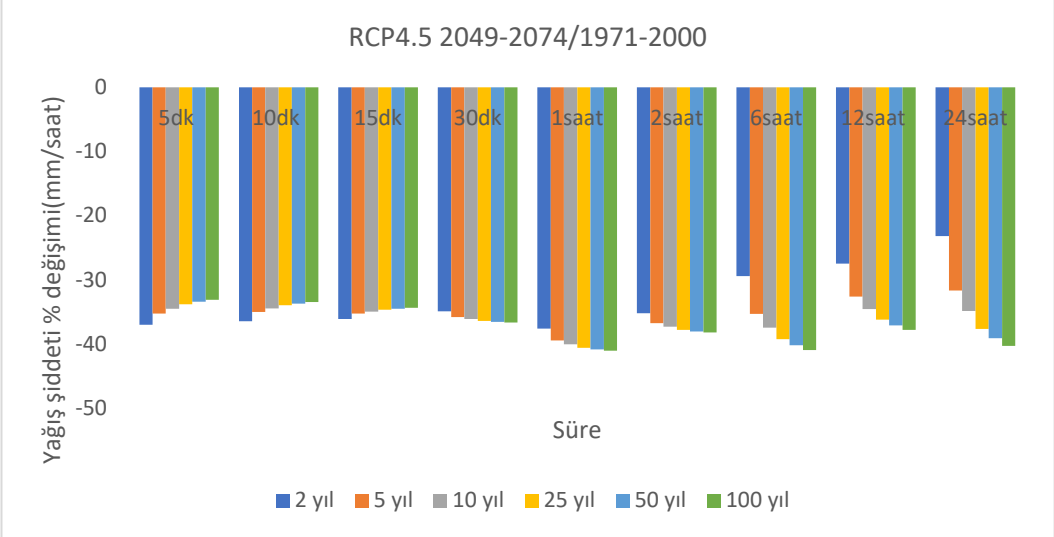


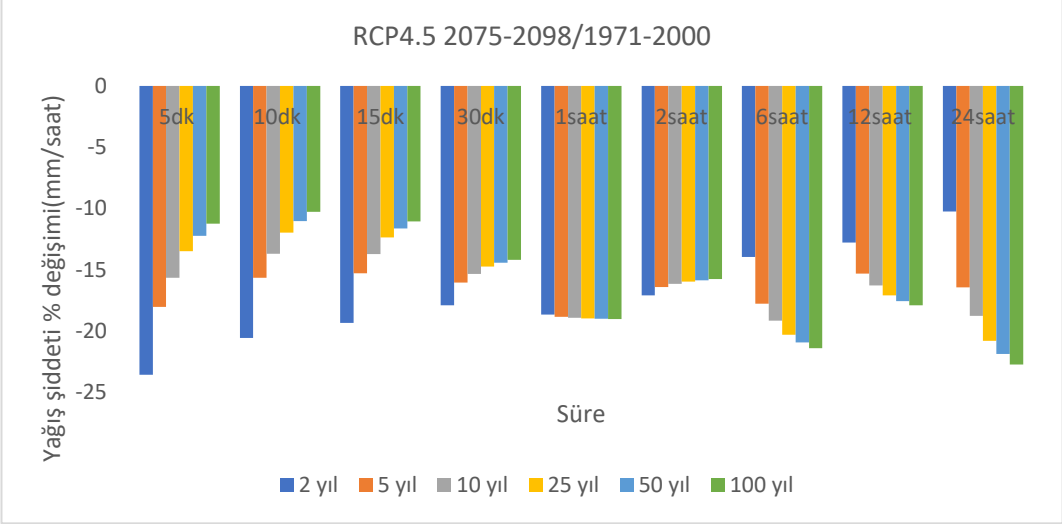




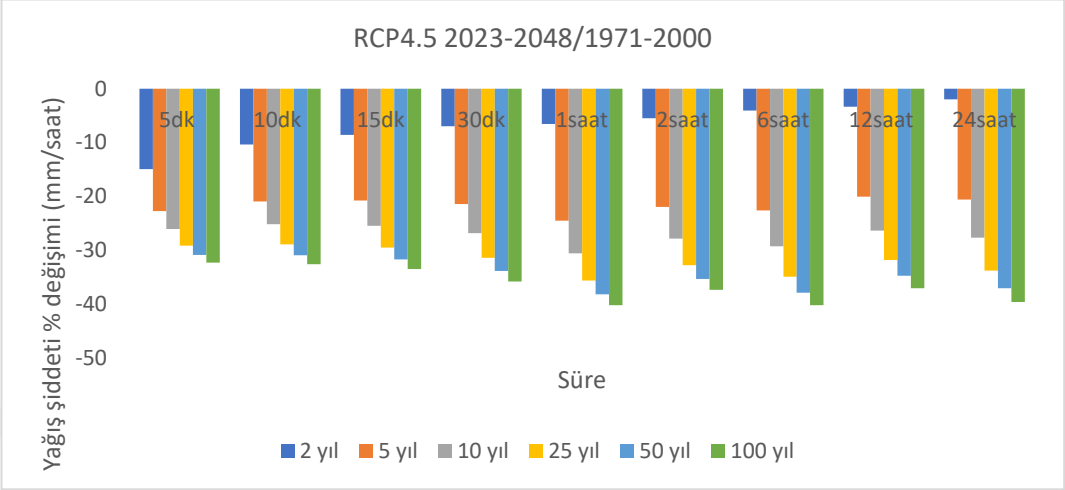
Ek 47:MPI-ESM-MR modelinin RCP4.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Ordu'nun 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması

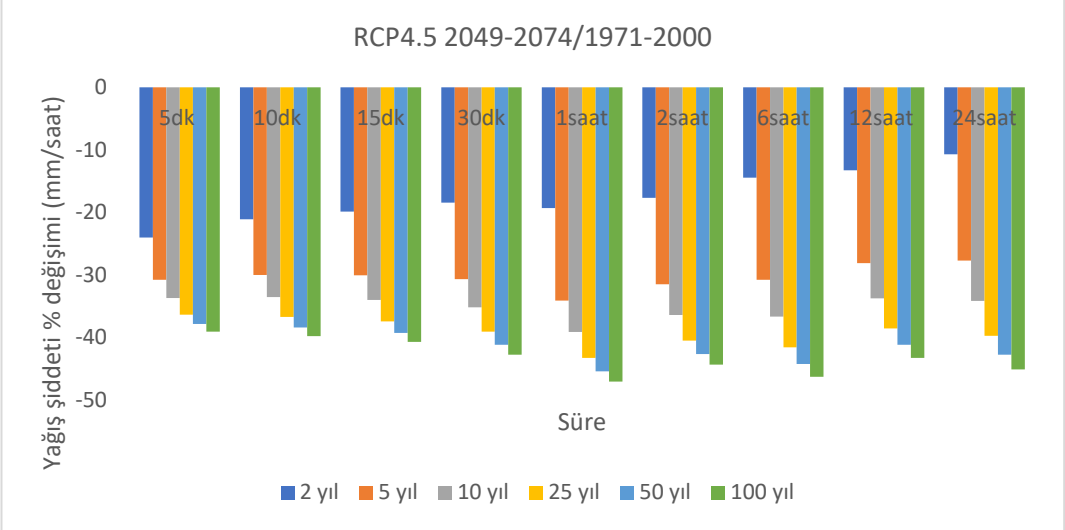


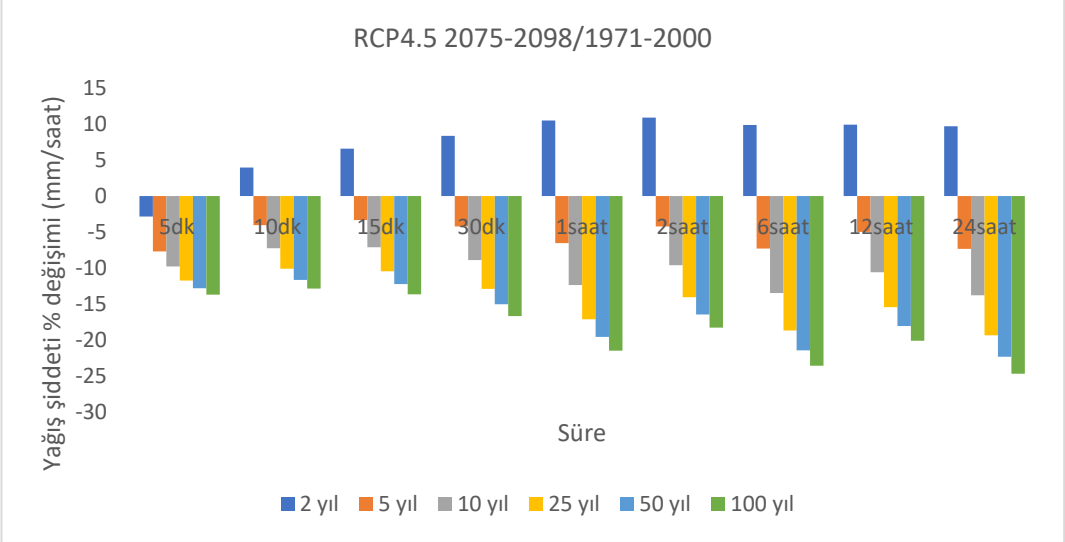




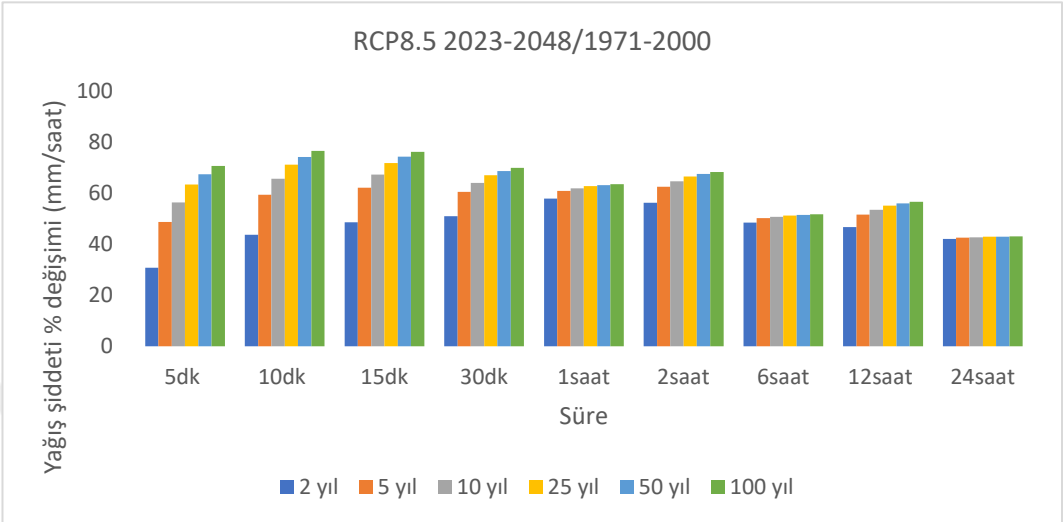
Ek 48: GFDL-ESM2M modelinin RCP4.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Ordu'nun 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması

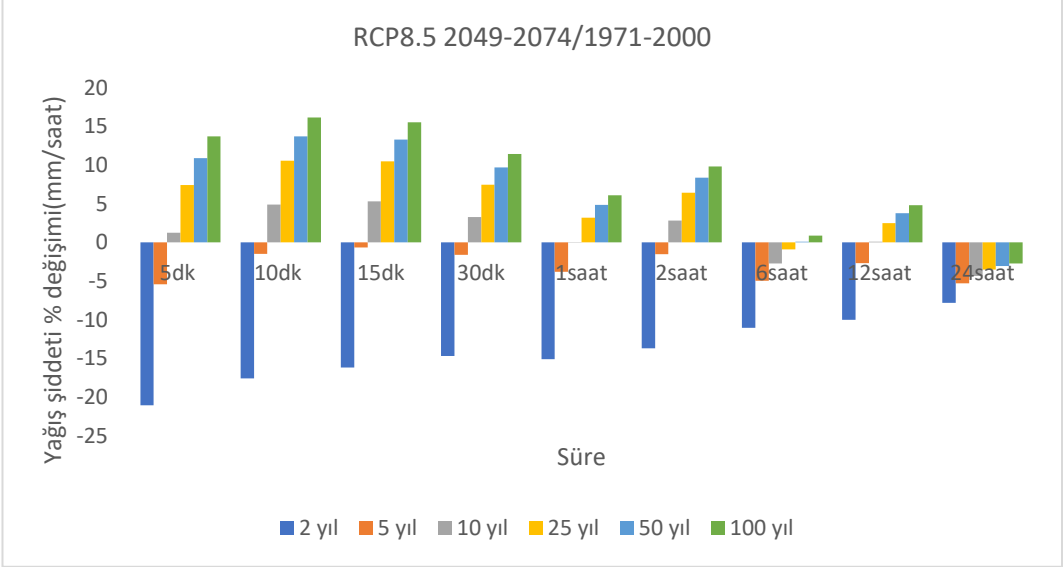


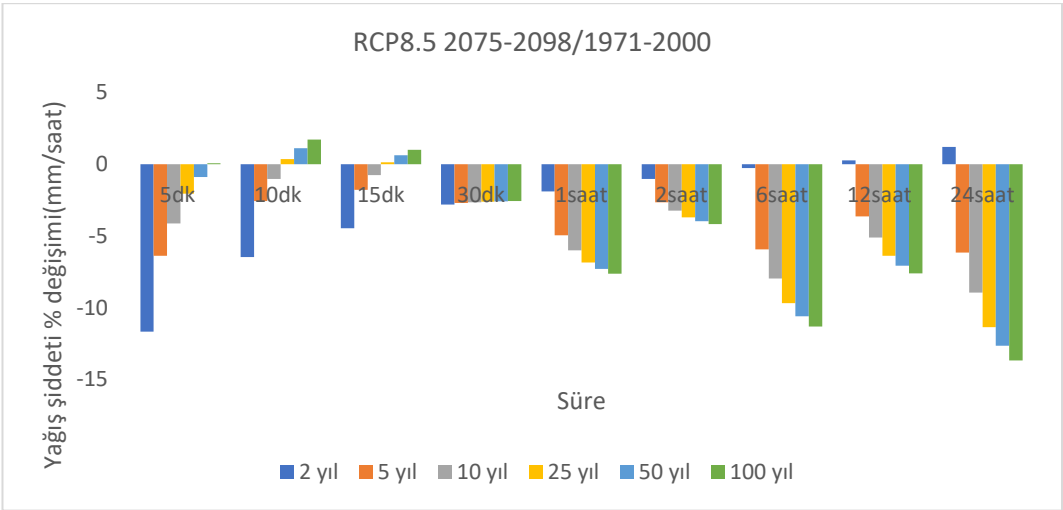




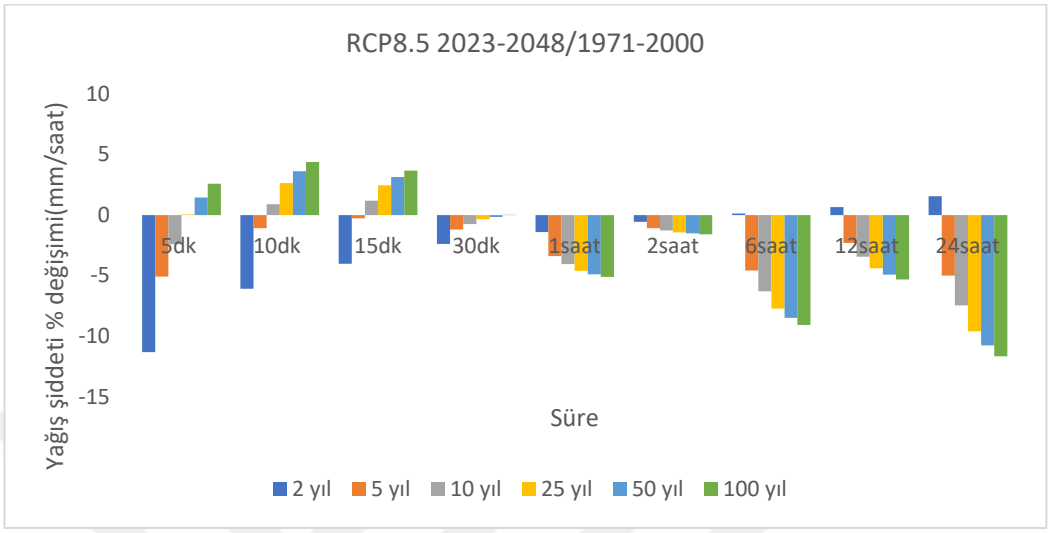
Ek 49: HadGEM-ES modelinin RCP8.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Ordu'nun 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması

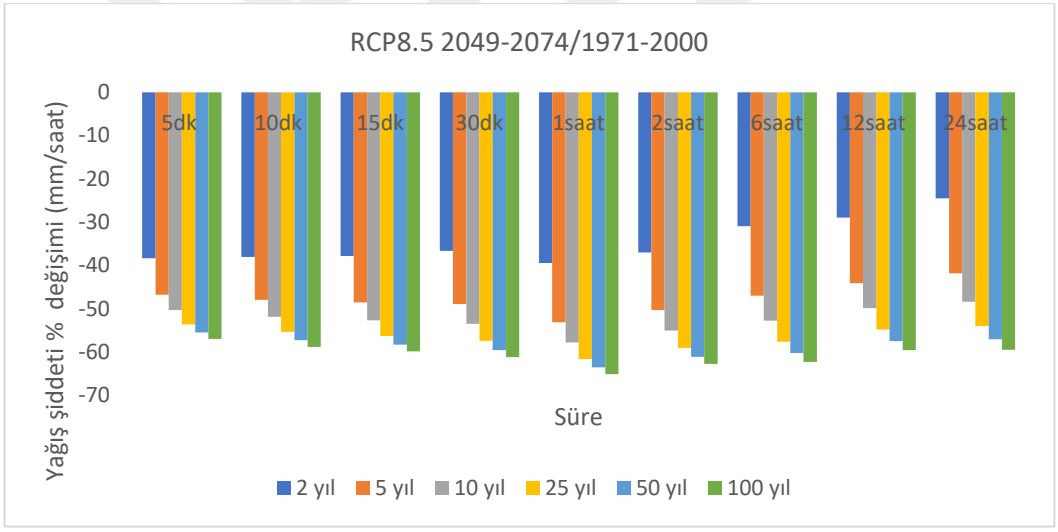


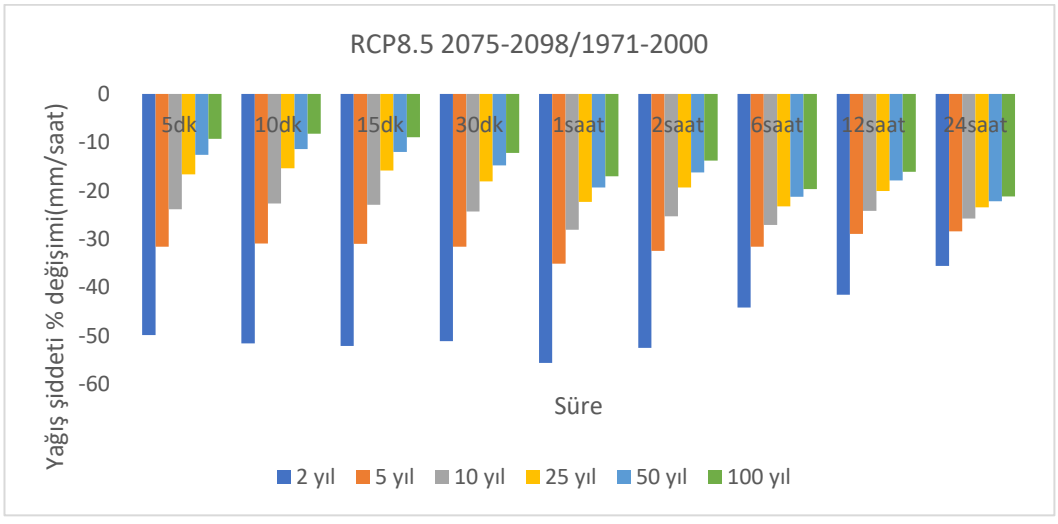




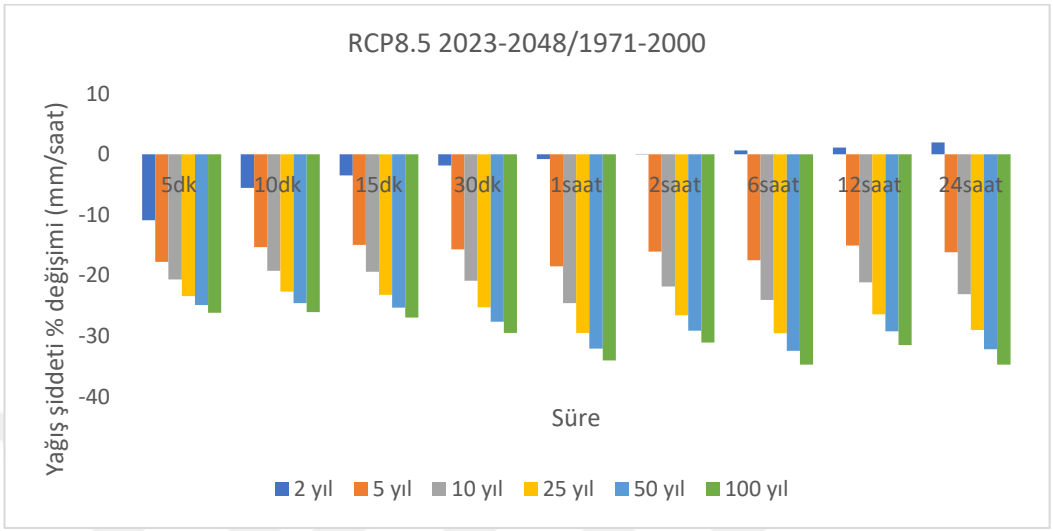
Ek 50: MPI-ESM-MR modelinin RCP8.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Ordu'nun 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması

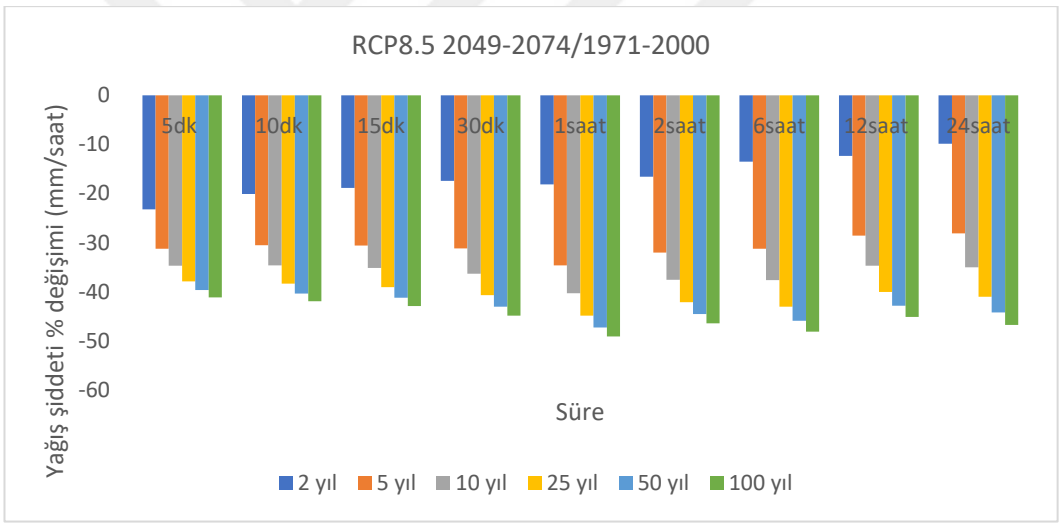


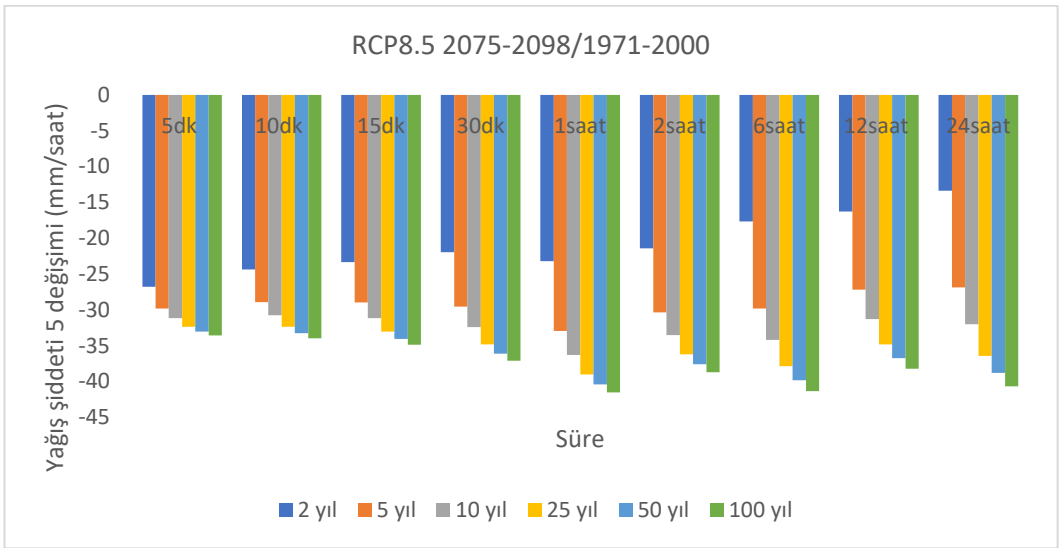




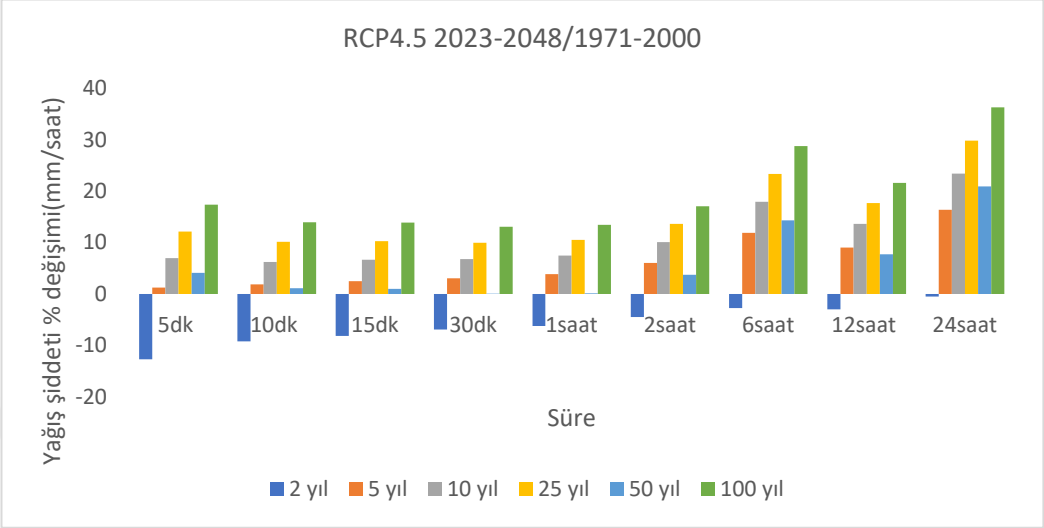
Ek 51: GFDL-ESM2M modelinin RCP8.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Ordu'nun 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması

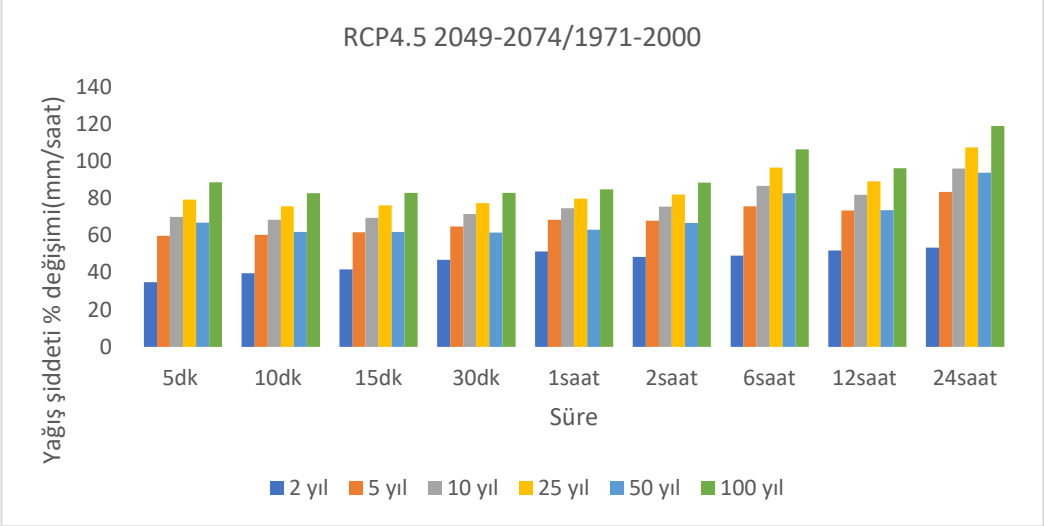


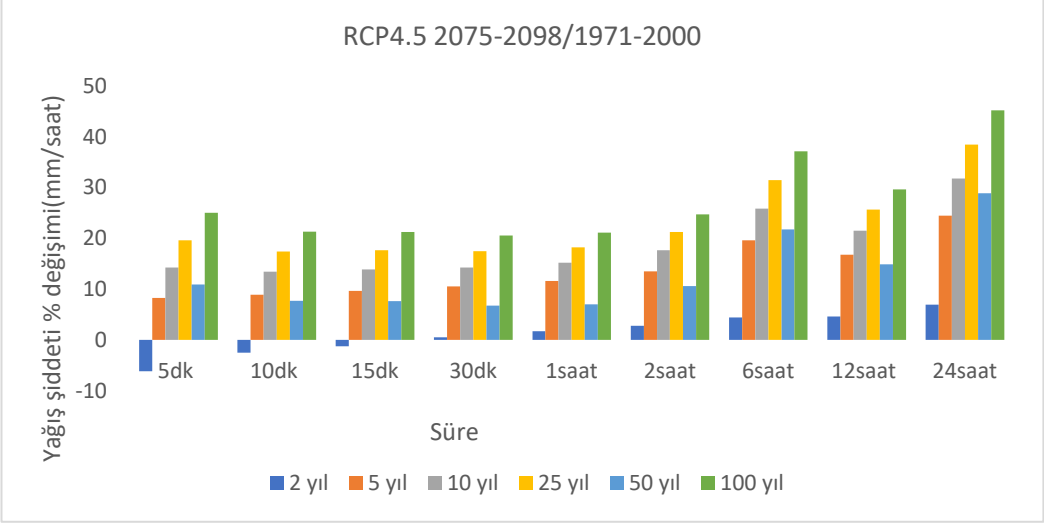




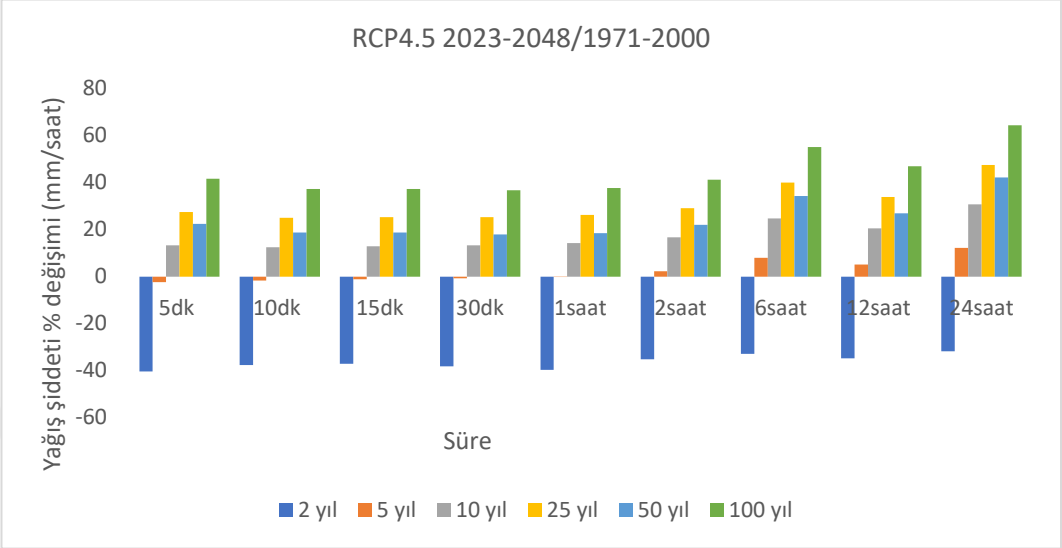
Ek 52: HadGEM-ES modelinin RCP4.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Muğla'nın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması

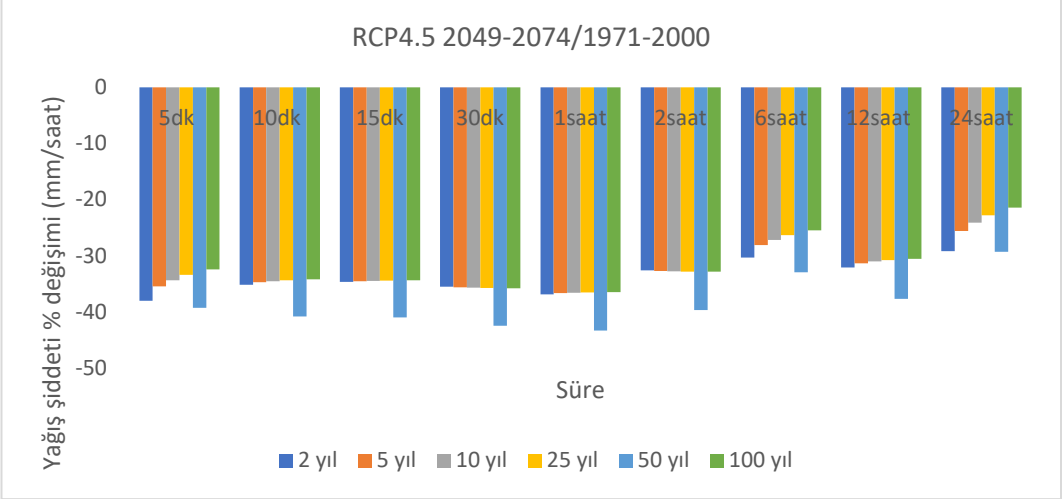


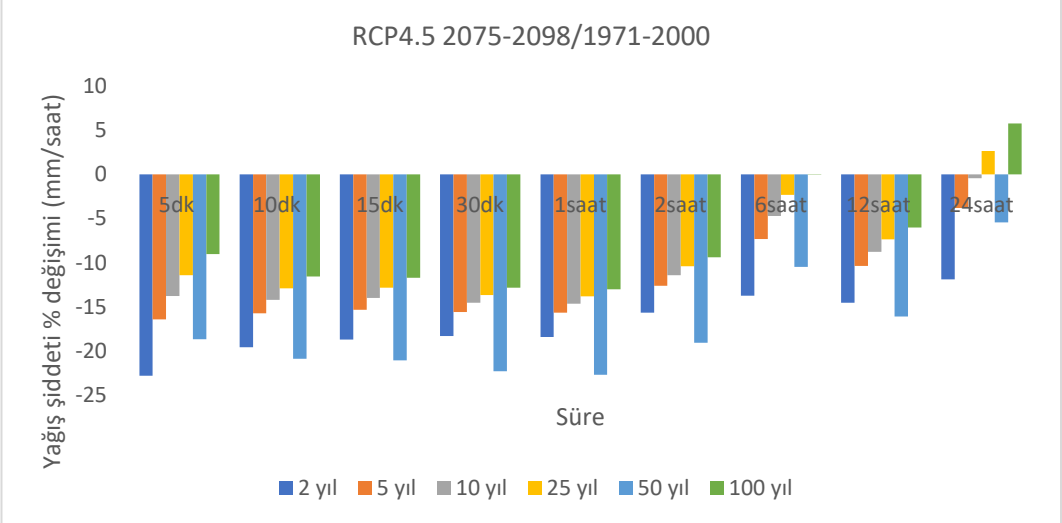




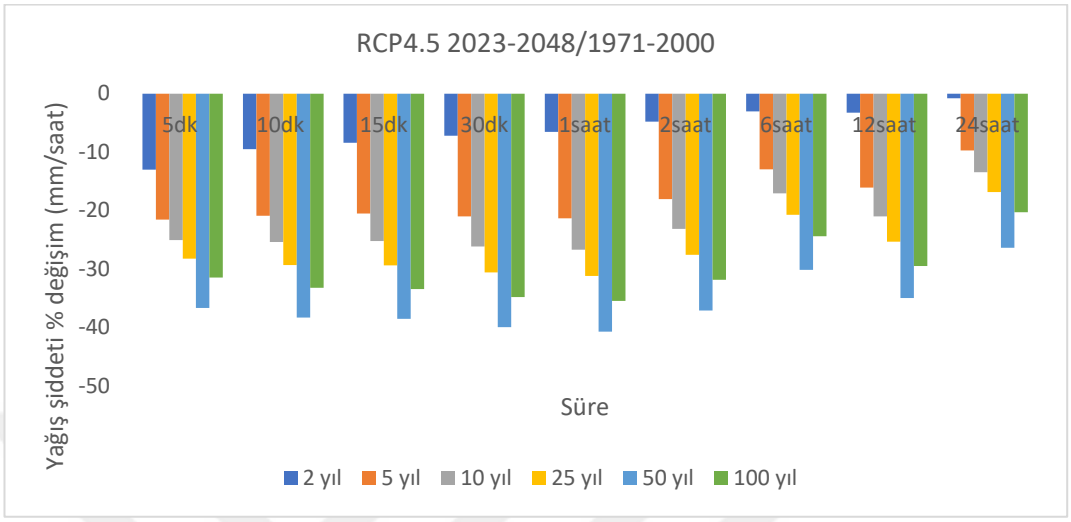
Ek 53: MPI-ESM-MR modelinin RCP4.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Muğla'nın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması

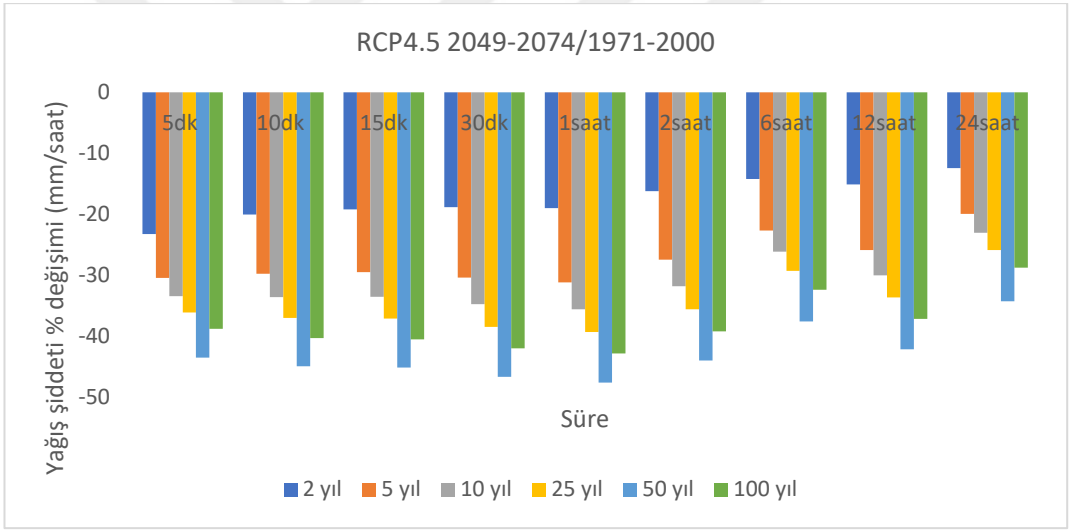


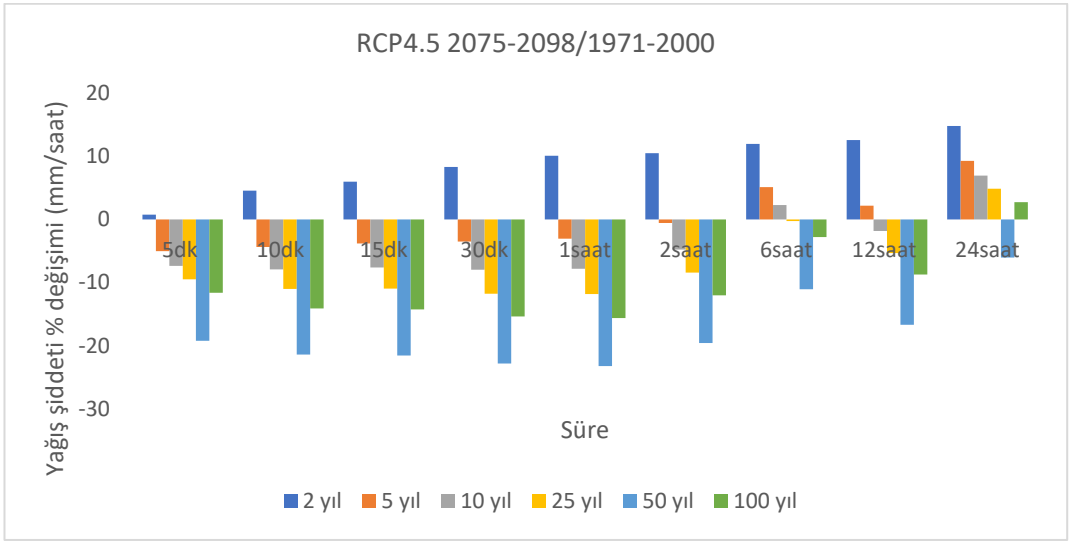




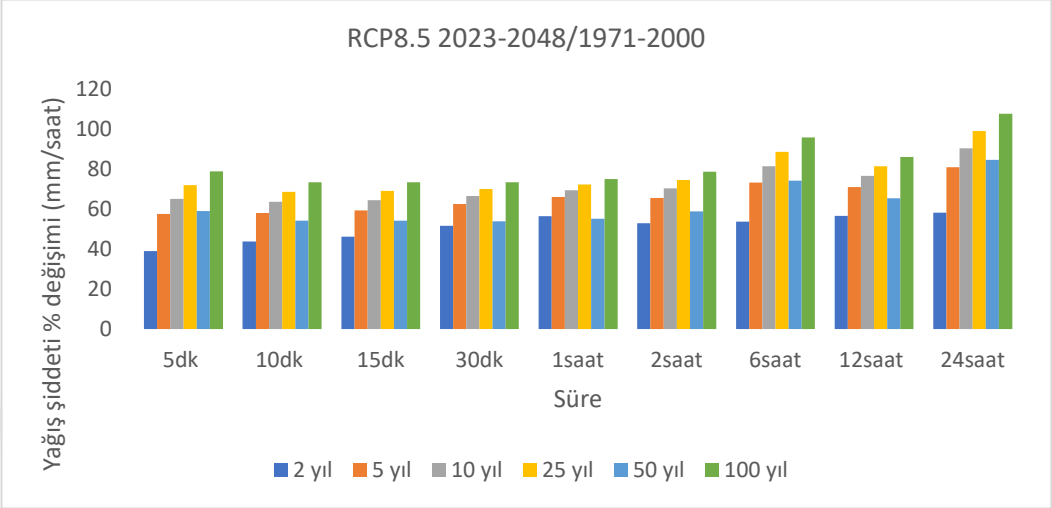
Ek 54: GFDL-ESM2M modelinin RCP4.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Muğla'nın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması

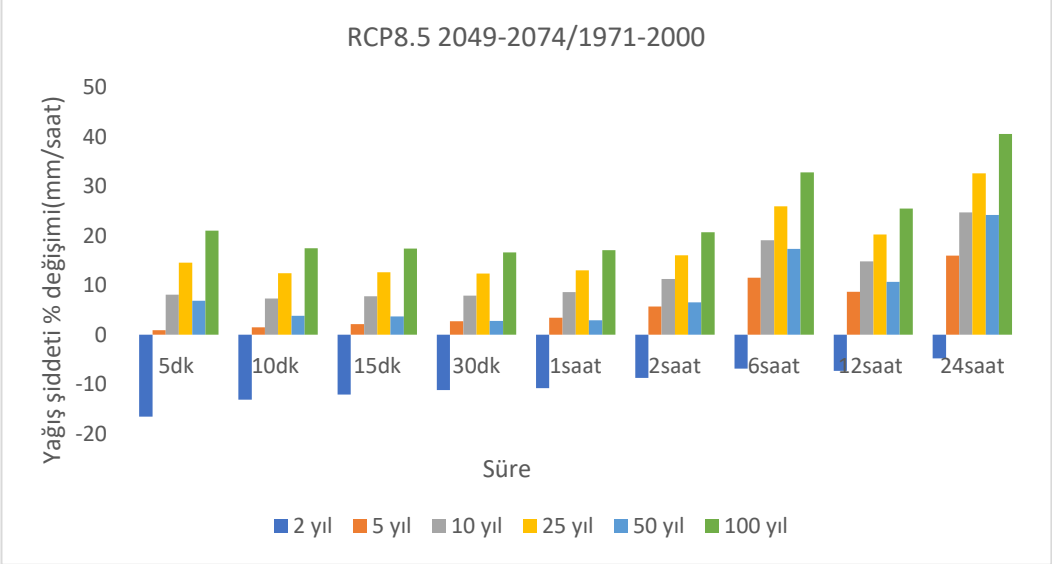


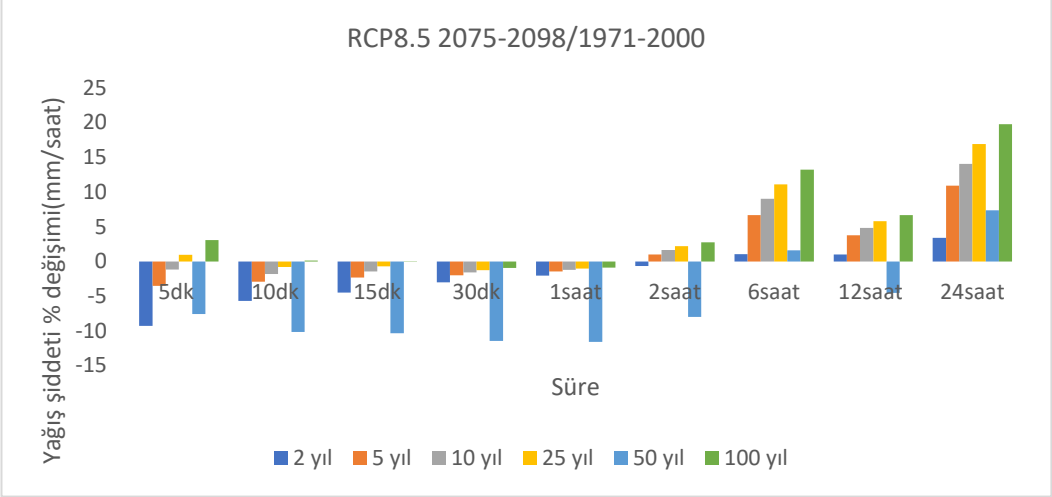




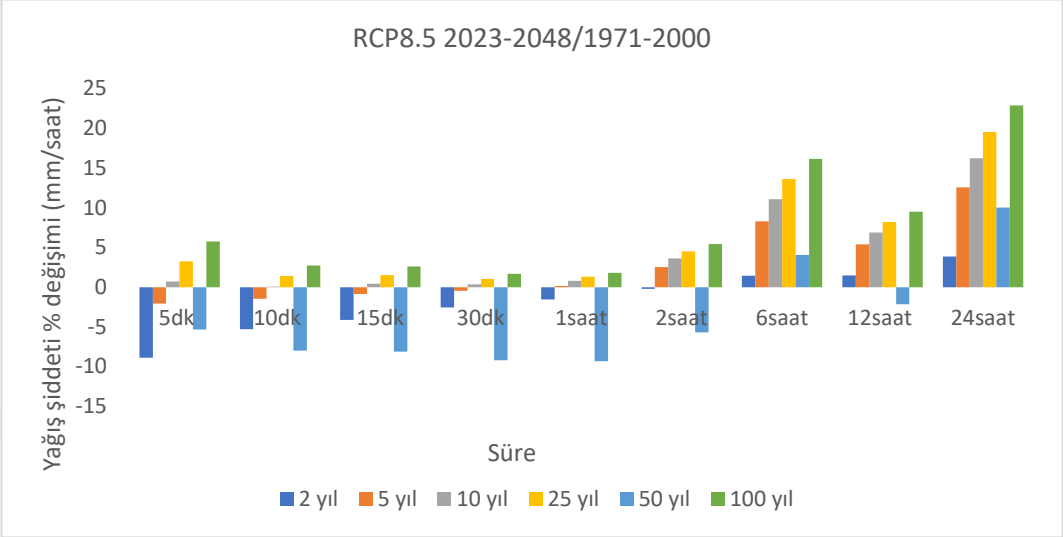
Ek 55: HadGEM-ES modelinin RCP8.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Muğla'nın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması

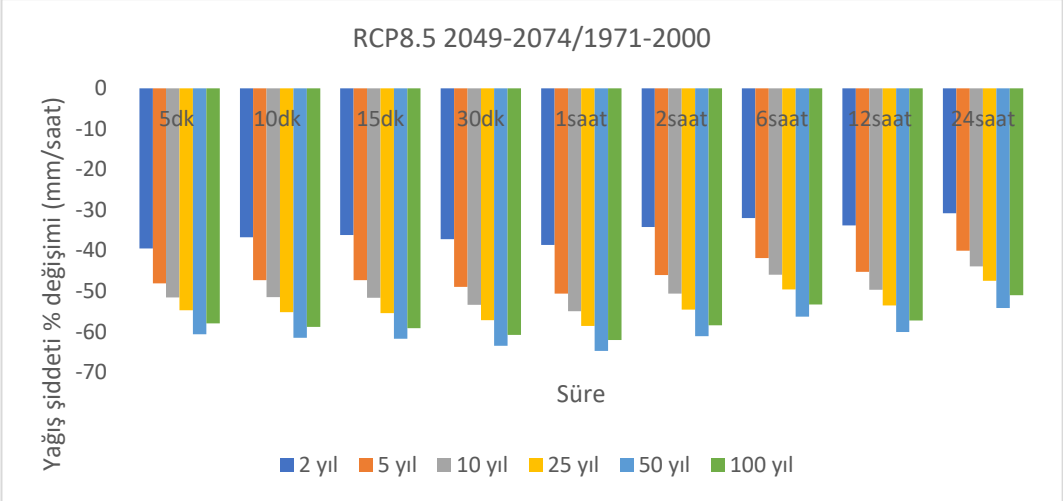


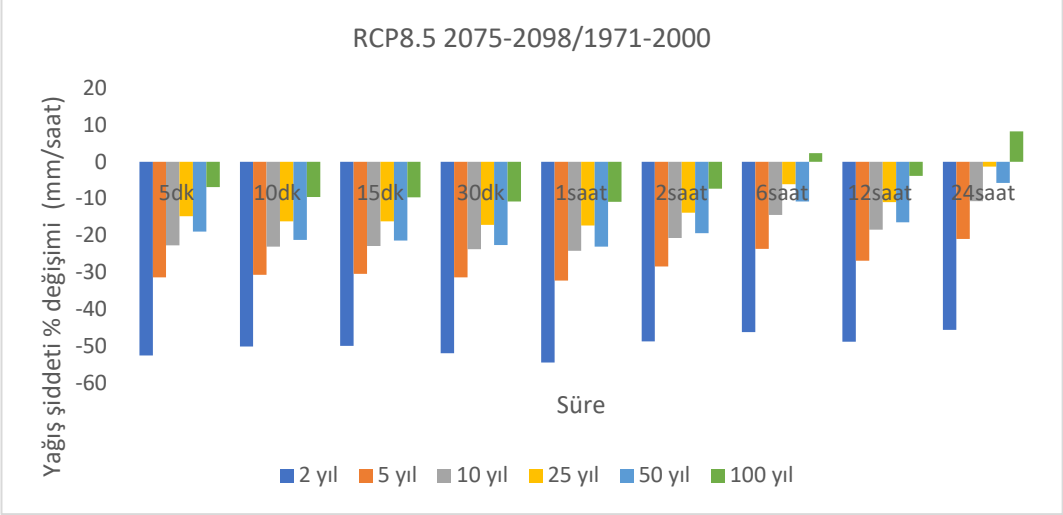




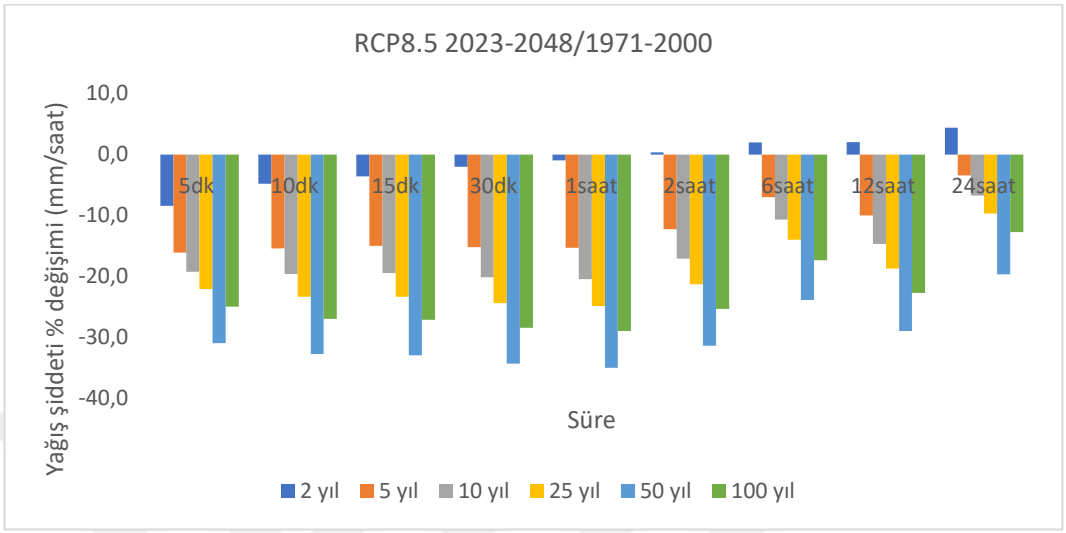
Ek 56: MPI-ESM-MR modelinin RCP8.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Muğla'nın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması

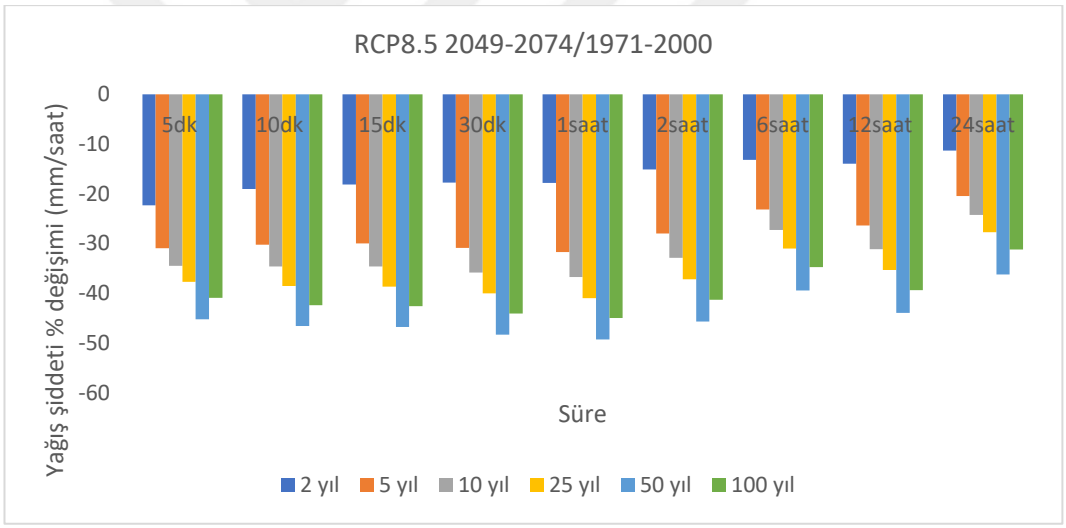


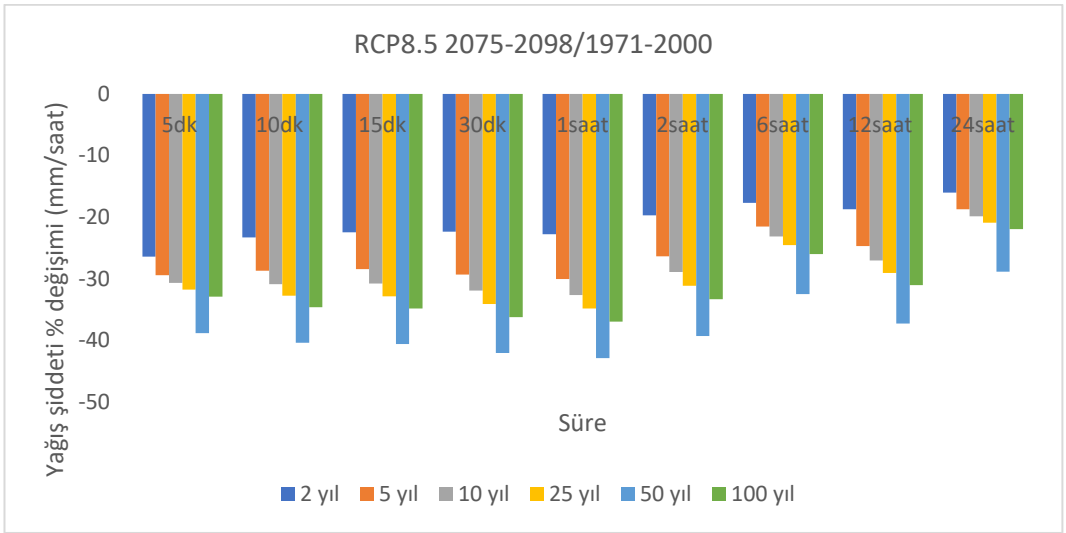




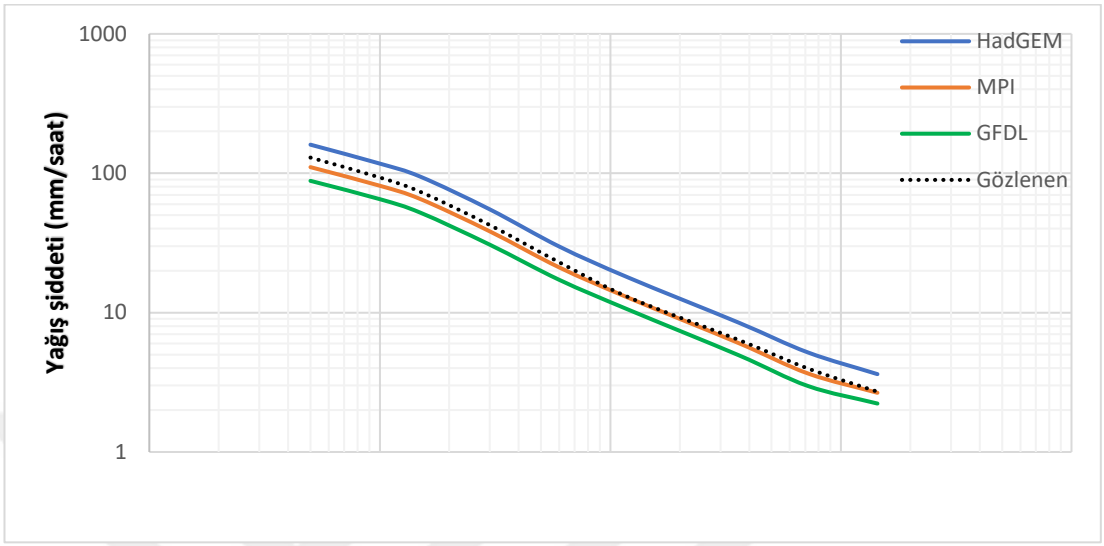
Ek 57: GFDL-ESM2M modelinin RCP8.5 senaryosuna göre 2023-2048, 2049-2074, 2075-2098 yıllarını kapsayan üretilmiş yağış şiddetleri ile Muğla'nın 1971-2000 yıllarına ait ait yağış şiddetlerinin % değişimi olarak kıyaslanması

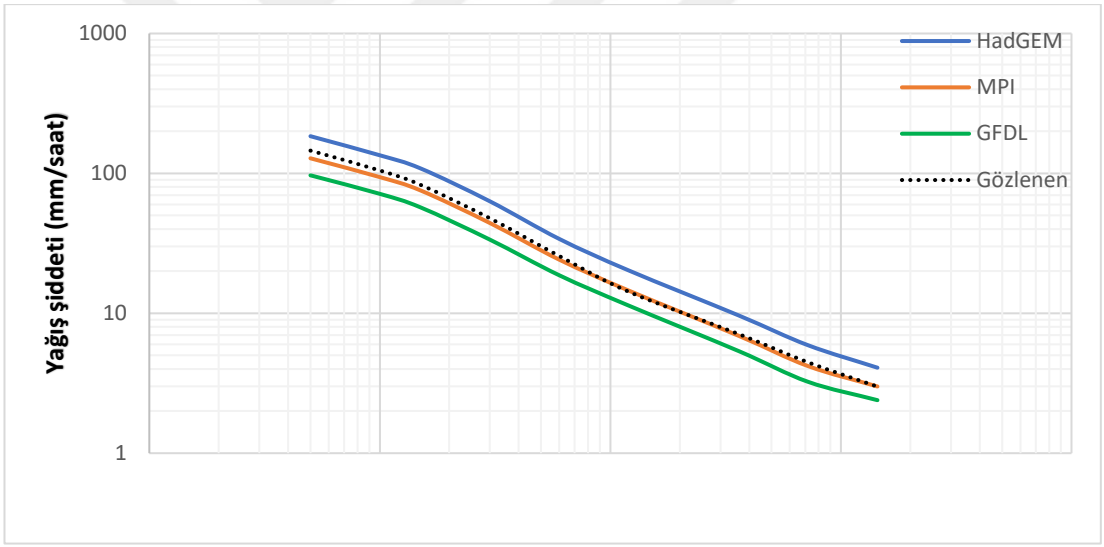


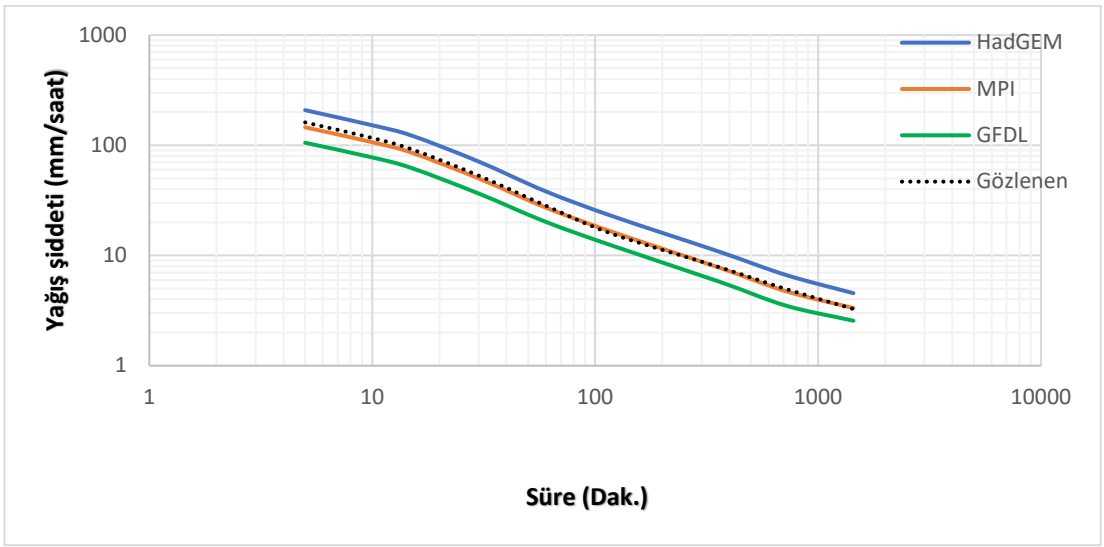




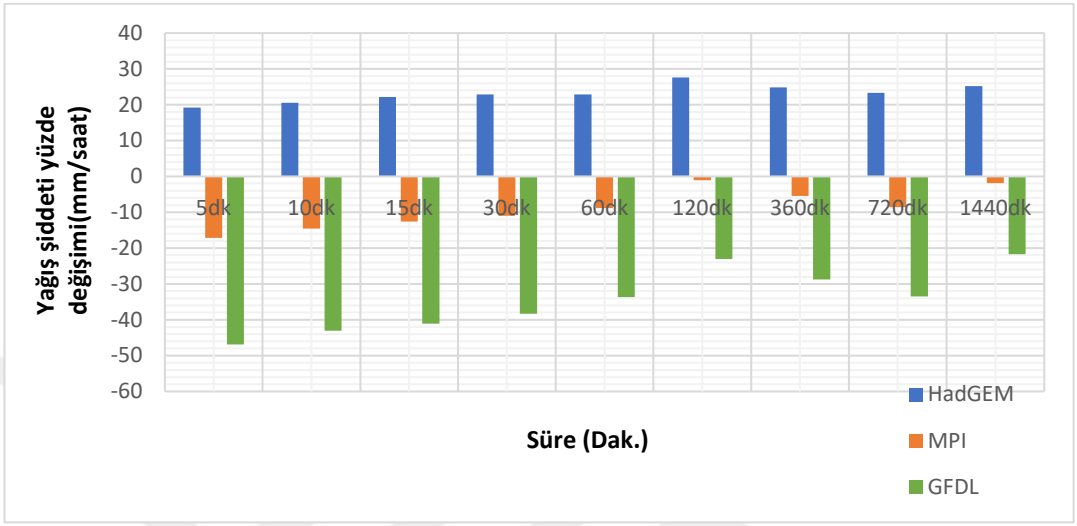
Ek 58:Diyarbakır ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T= 50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması



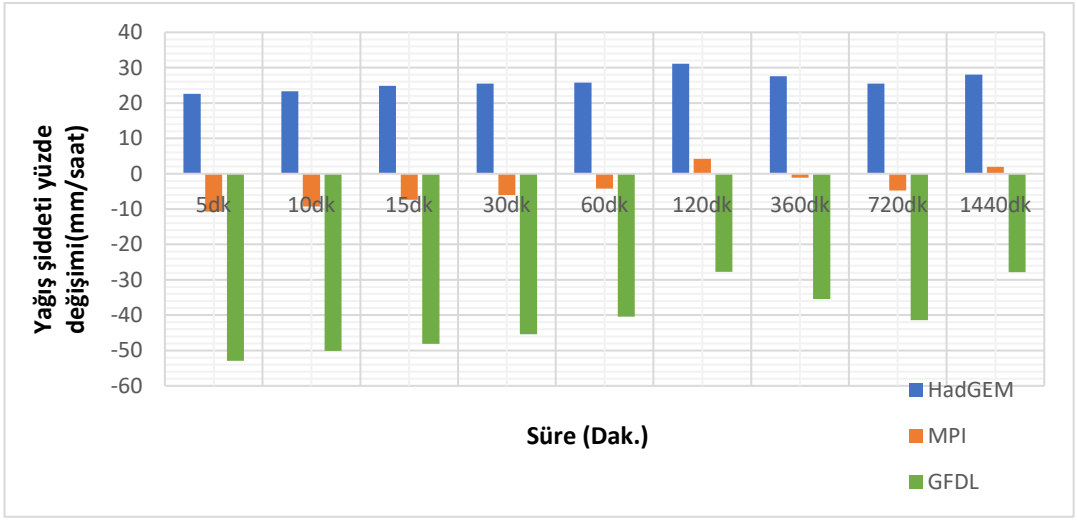




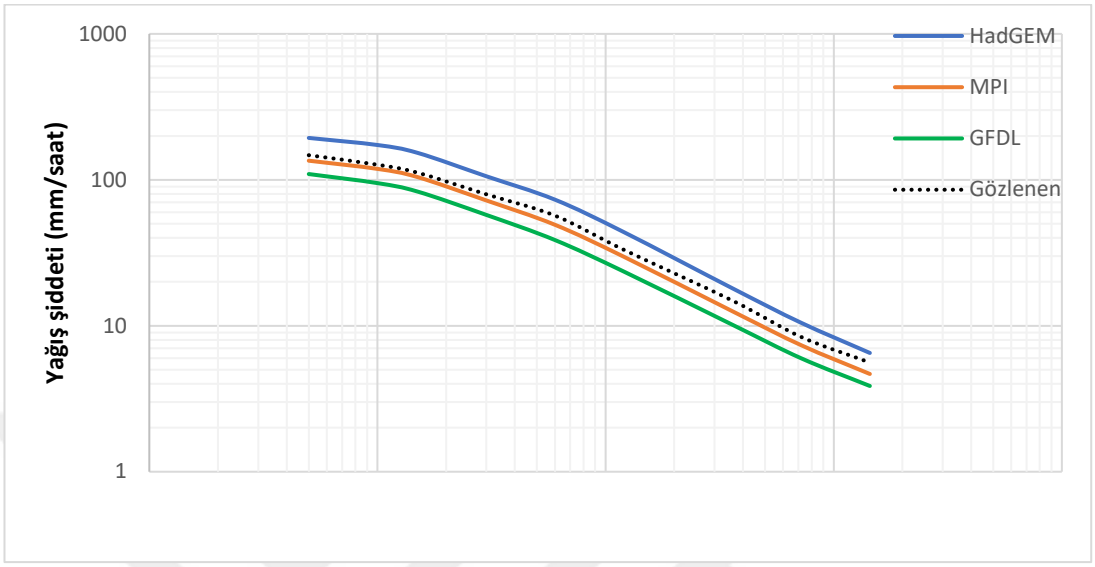
Ek 59: Diyarbakır ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T= 50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması

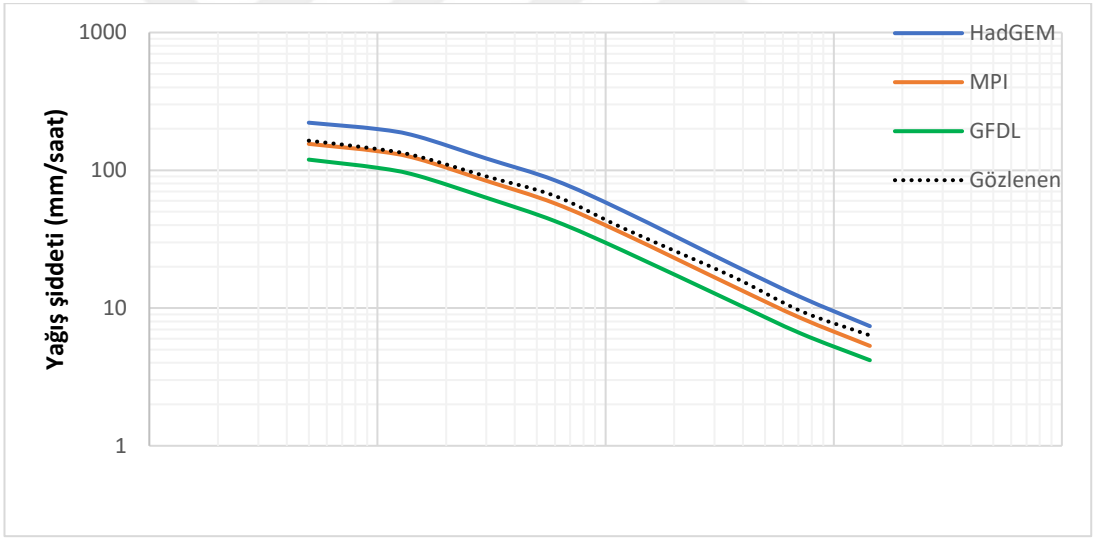


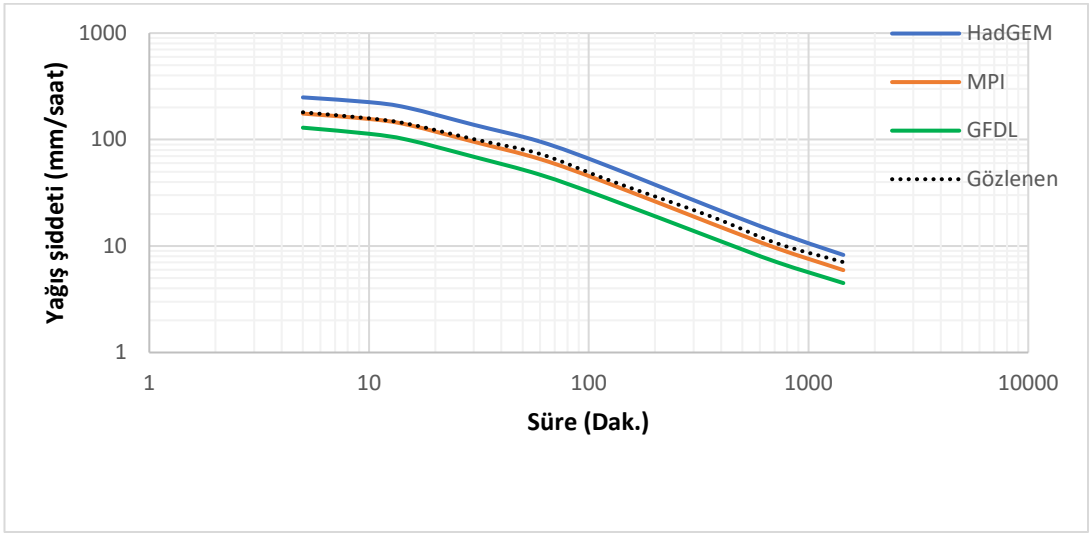




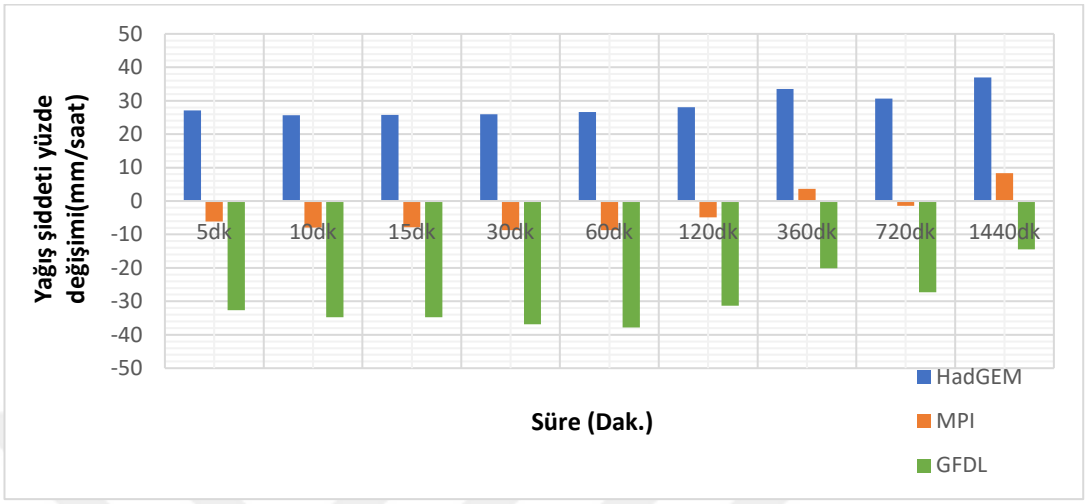
Ek 60: Ordu ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T=50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması

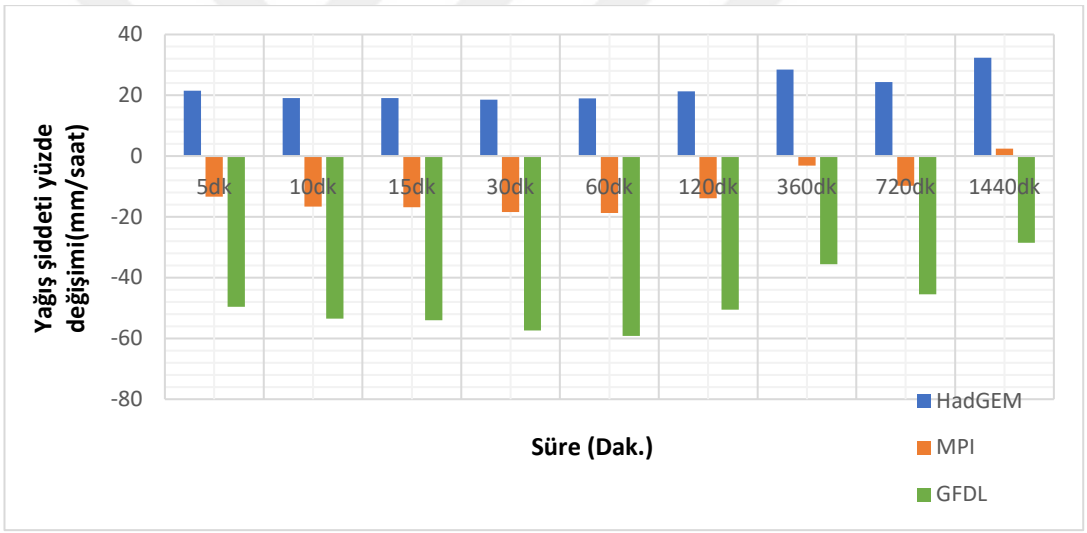






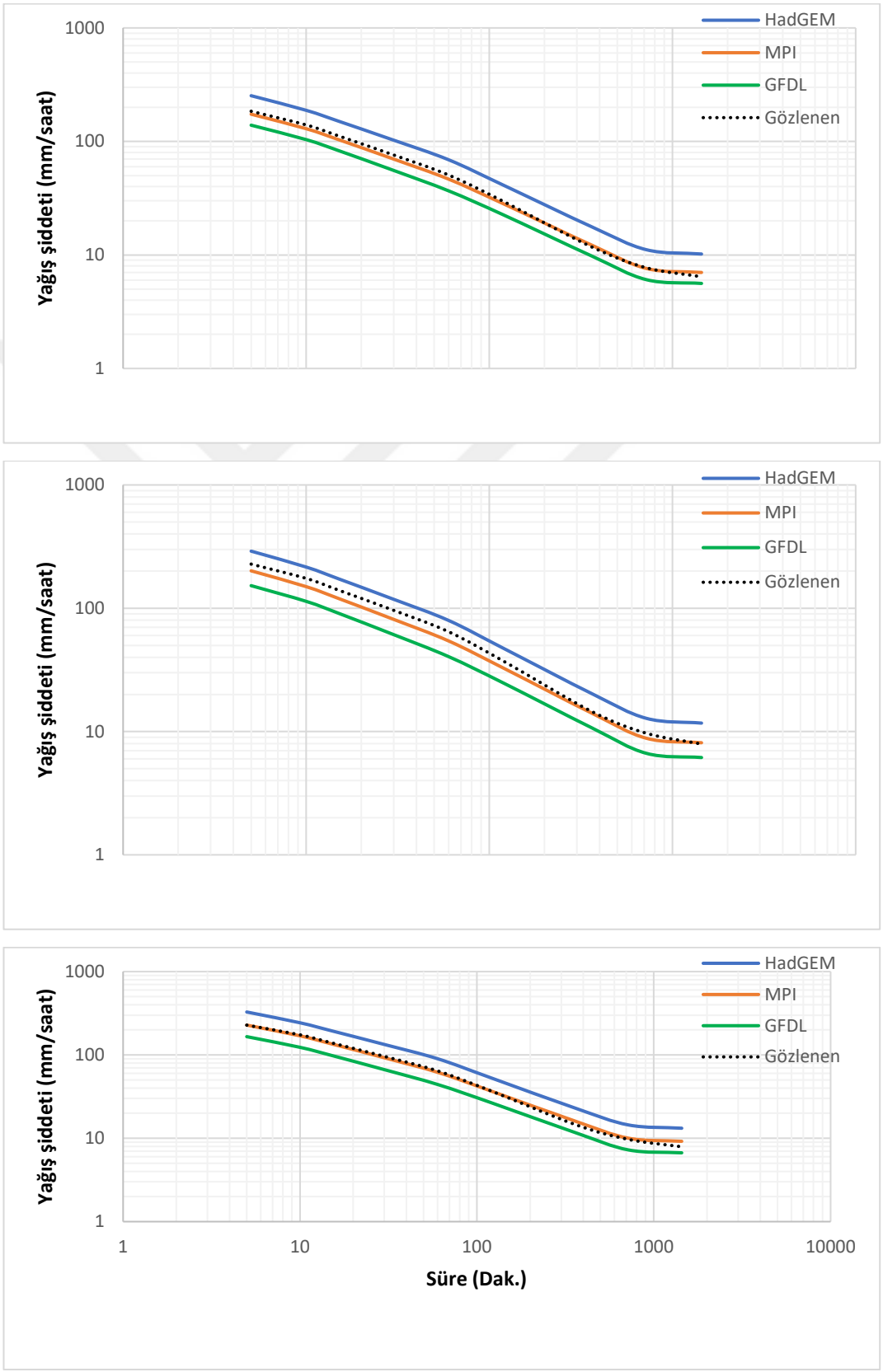
Ek 61: Ordu ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T=50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması



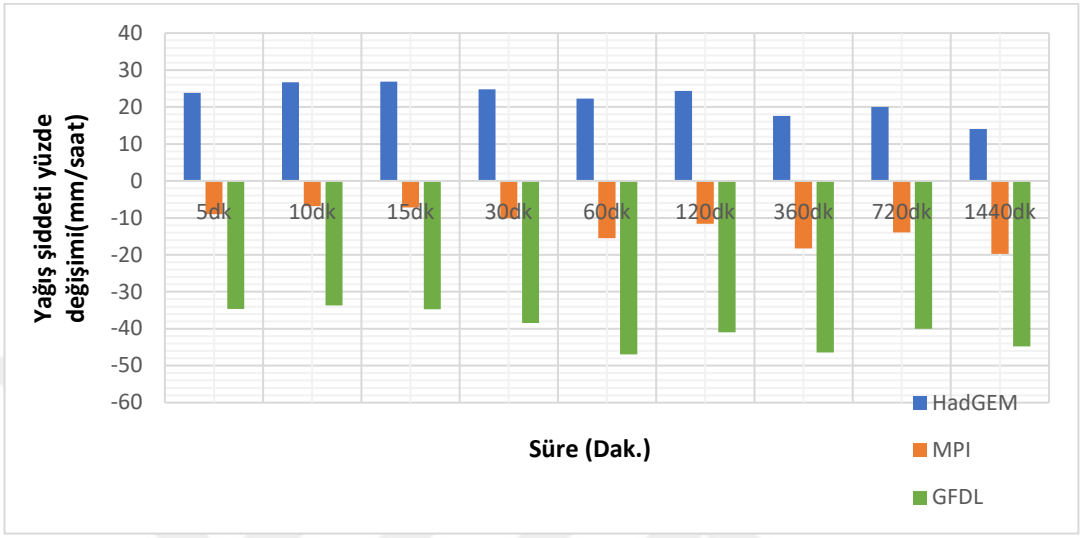


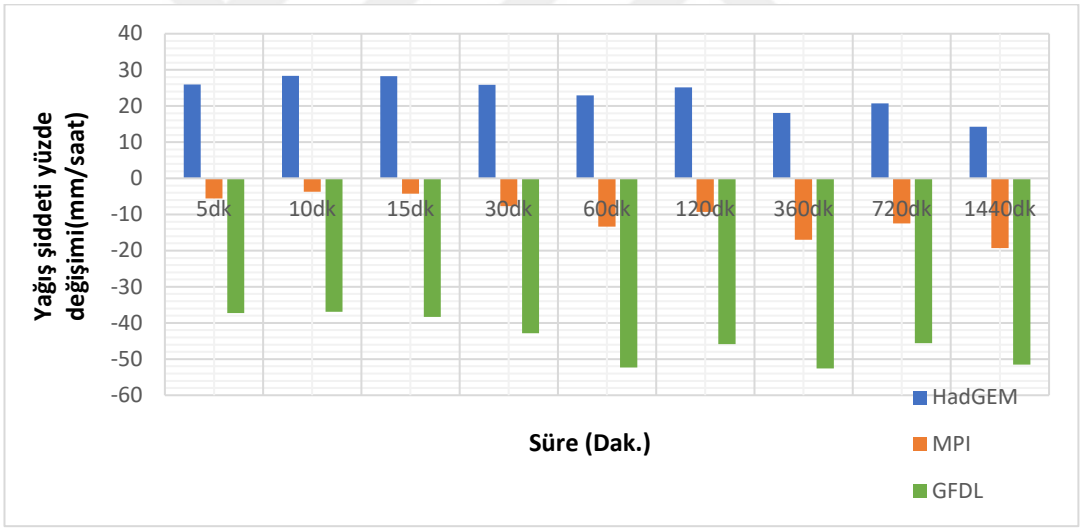


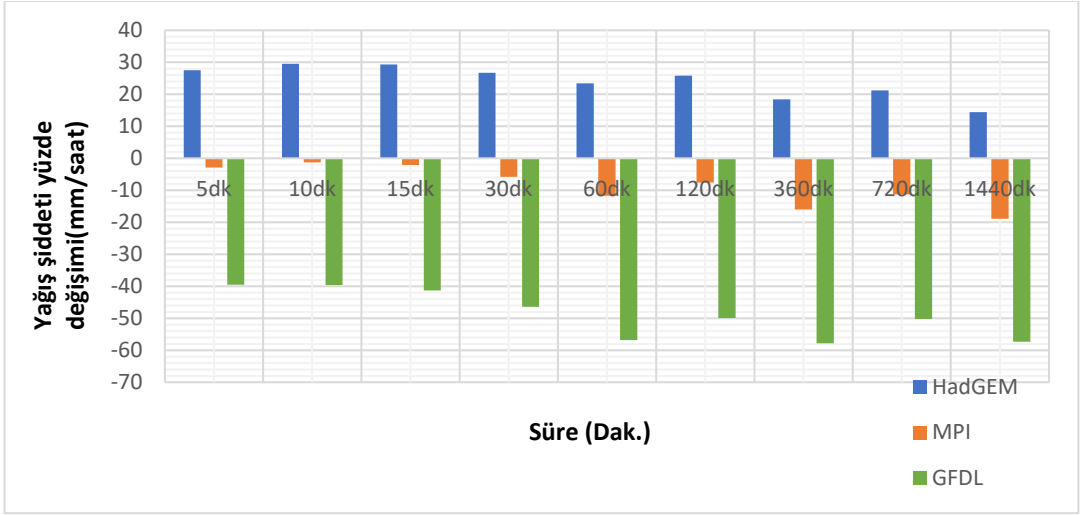
Ek 62:Muğla ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T=50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması



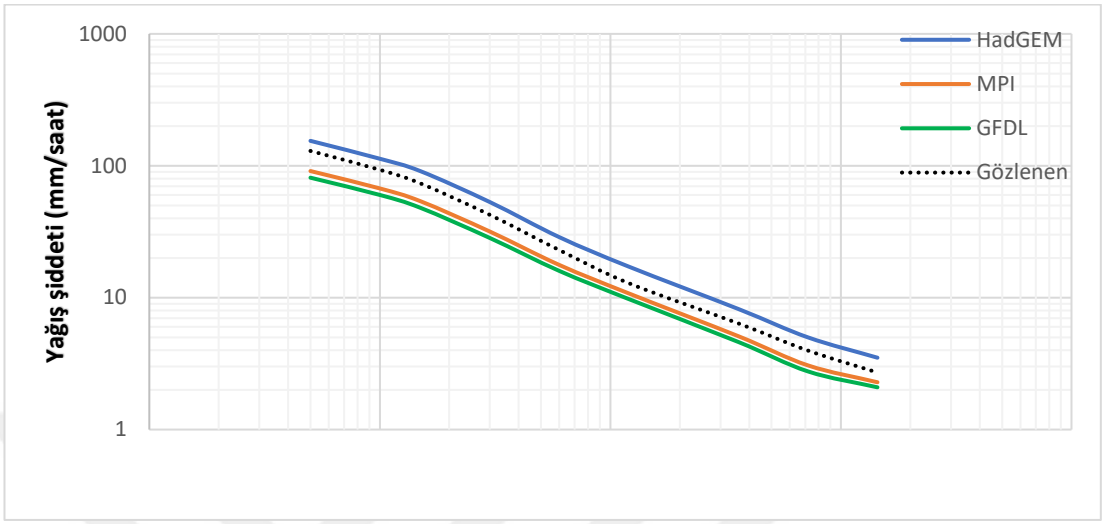
Ek 63: Muğla ili için iklim modellerinin RCP4.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T=50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması

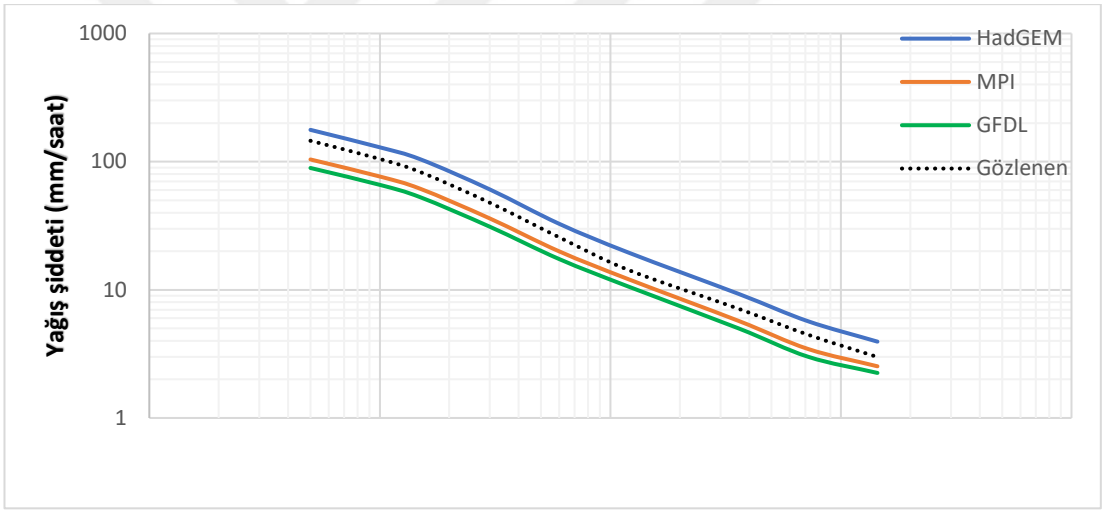


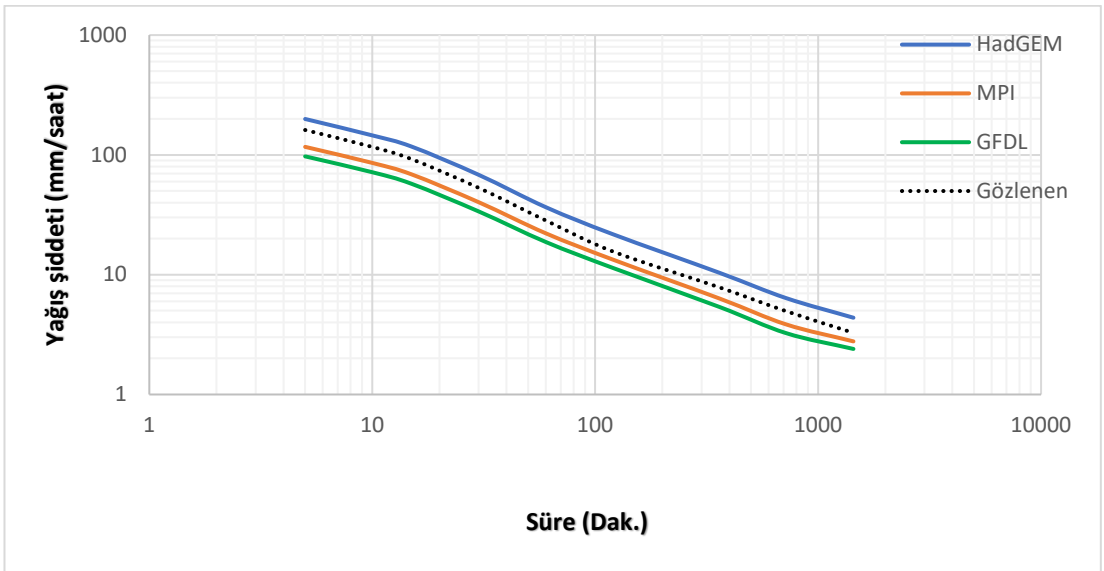




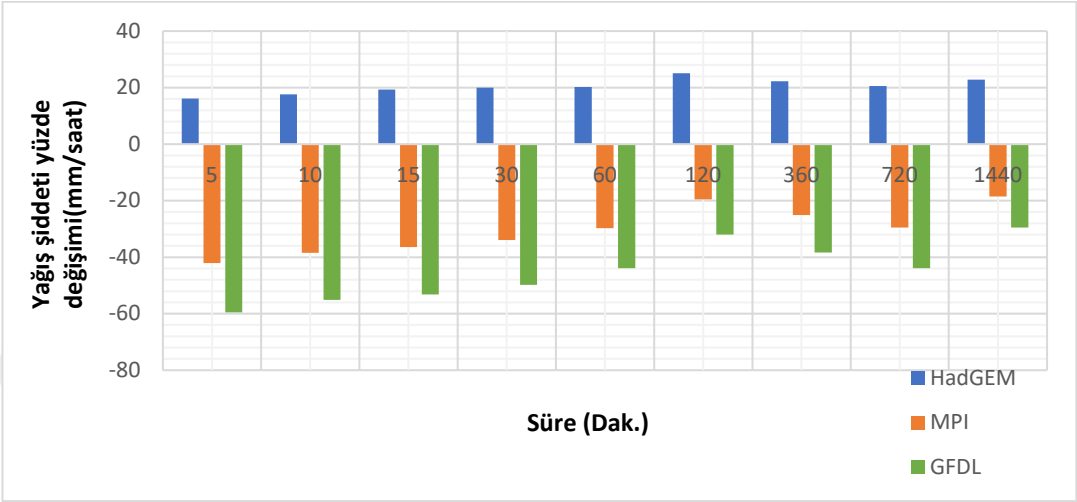
Ek 64: Diyarbakır ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T= 50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması

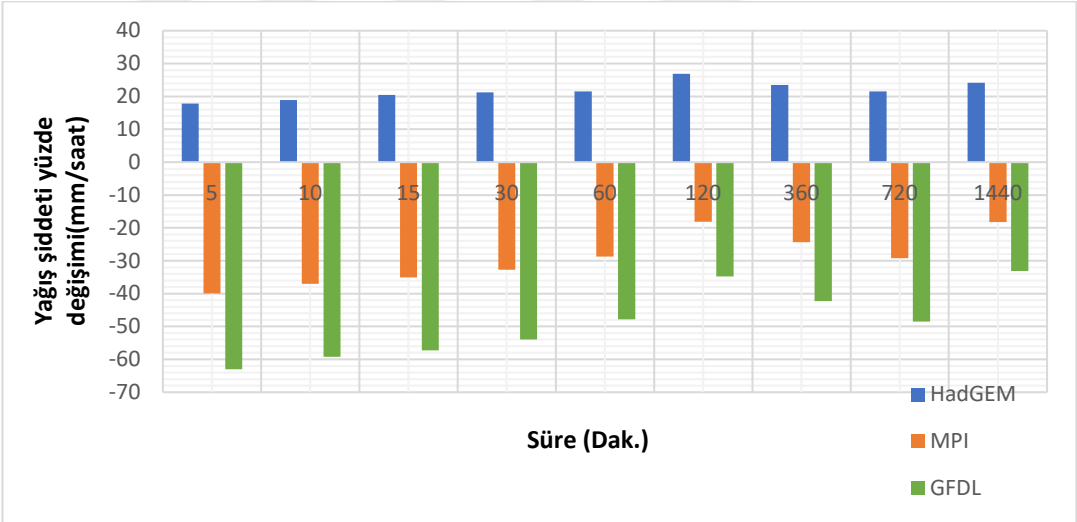


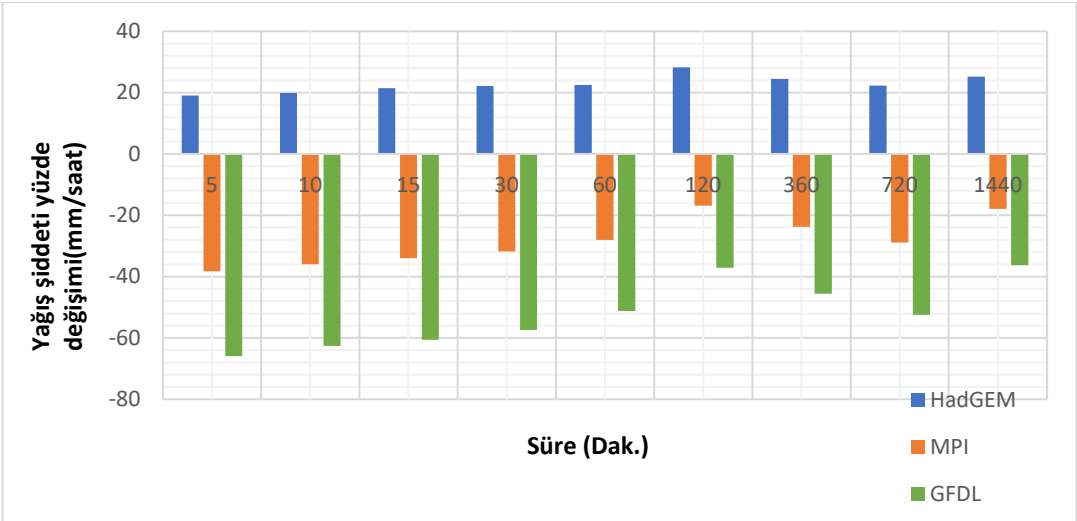




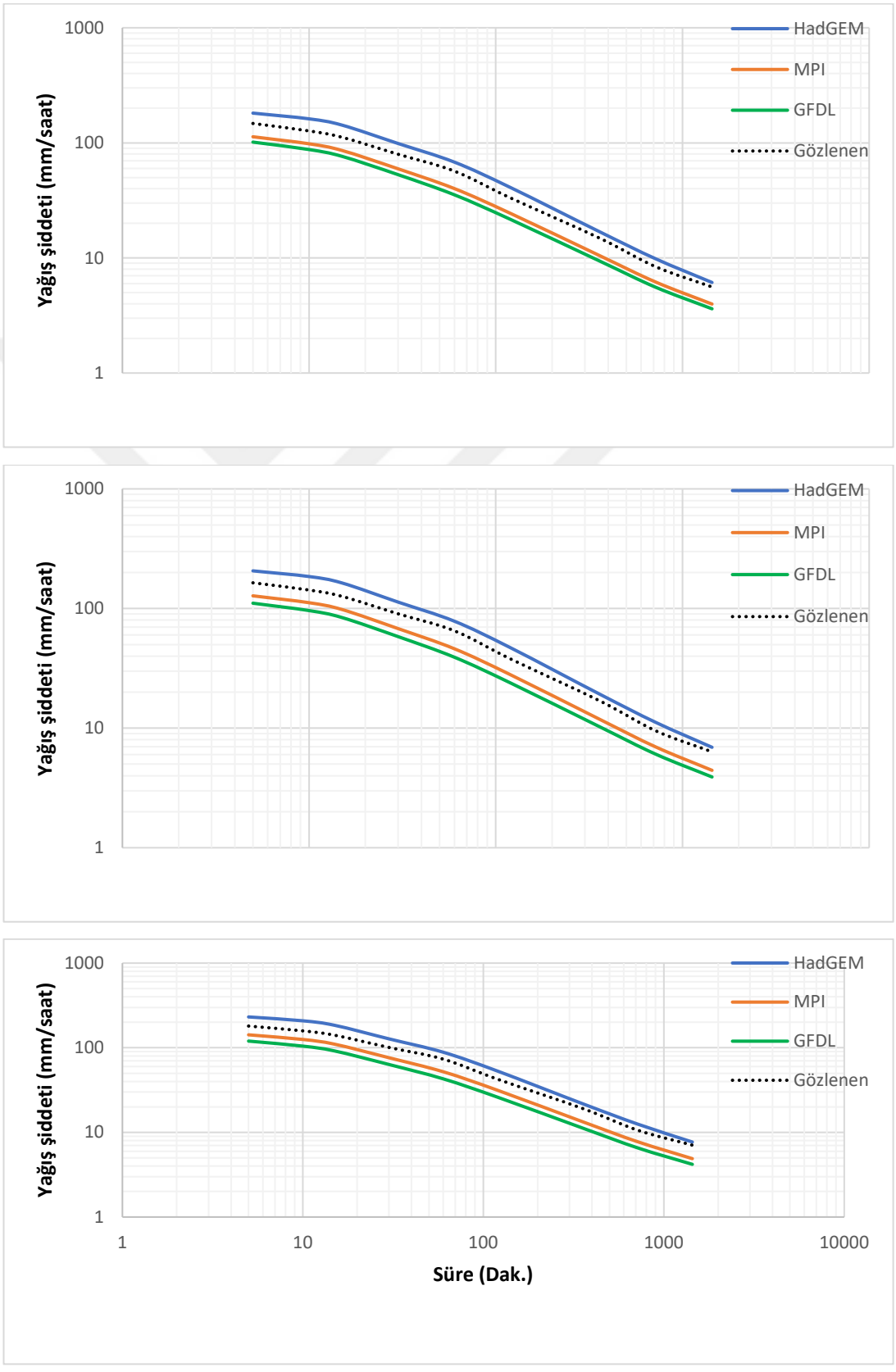
Ek 65: Diyarbakır ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T= 50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması



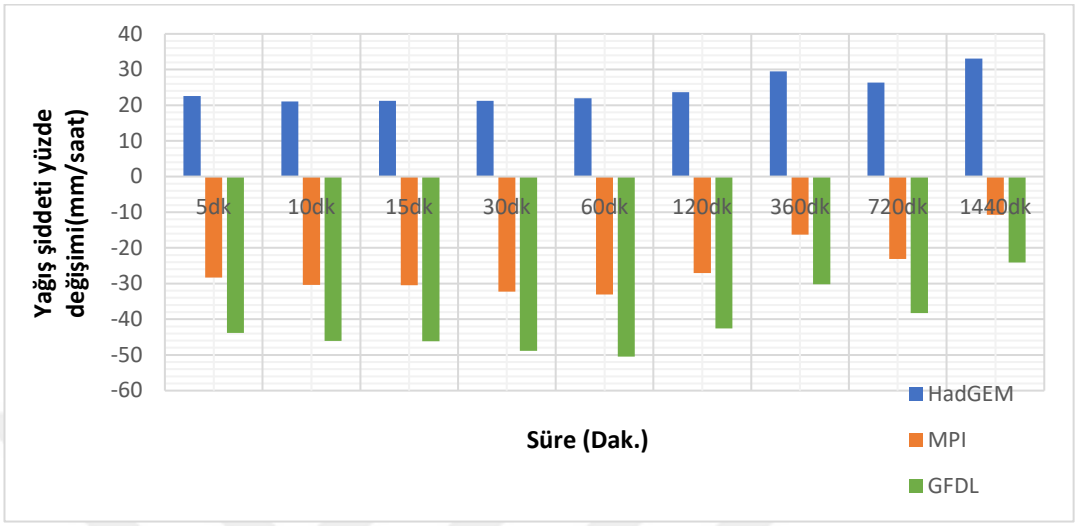


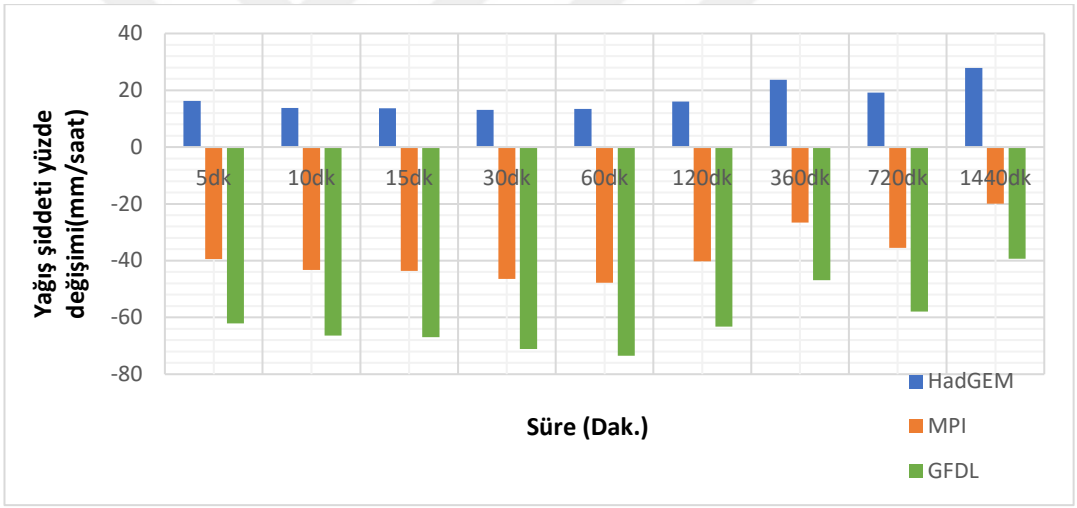


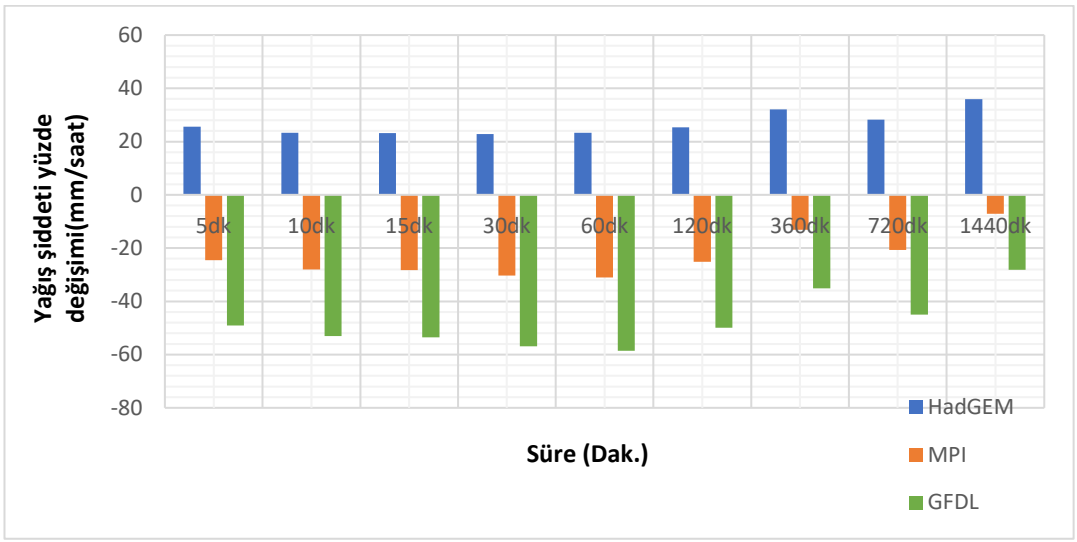
Ek 66: Ordu ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T=50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması



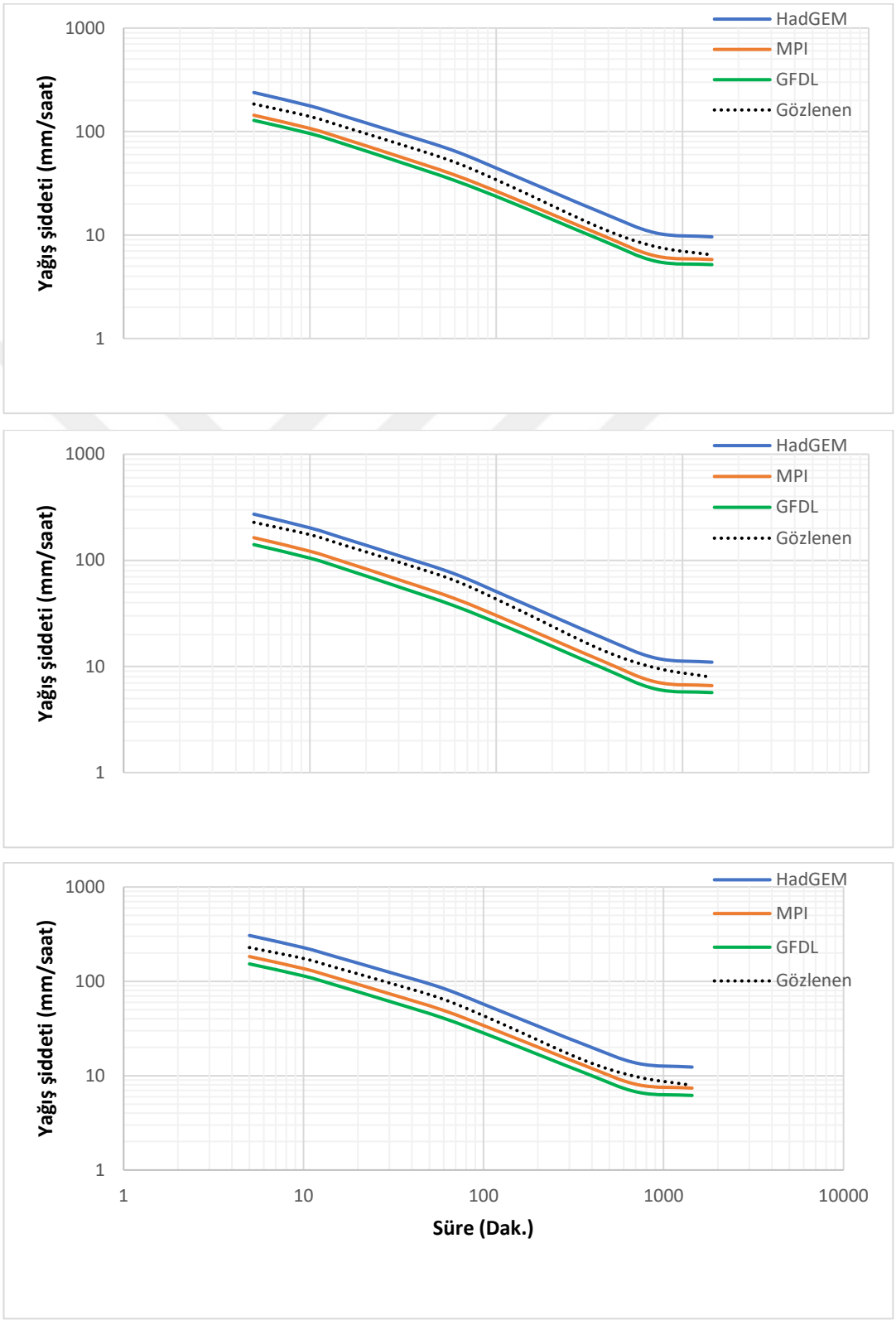
Ek 67: Ordu ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T=50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması



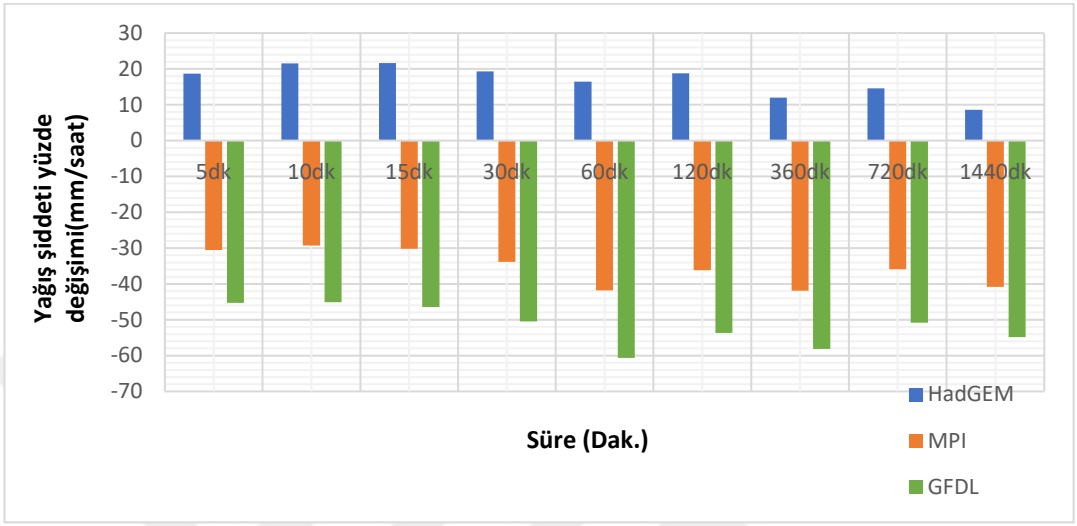


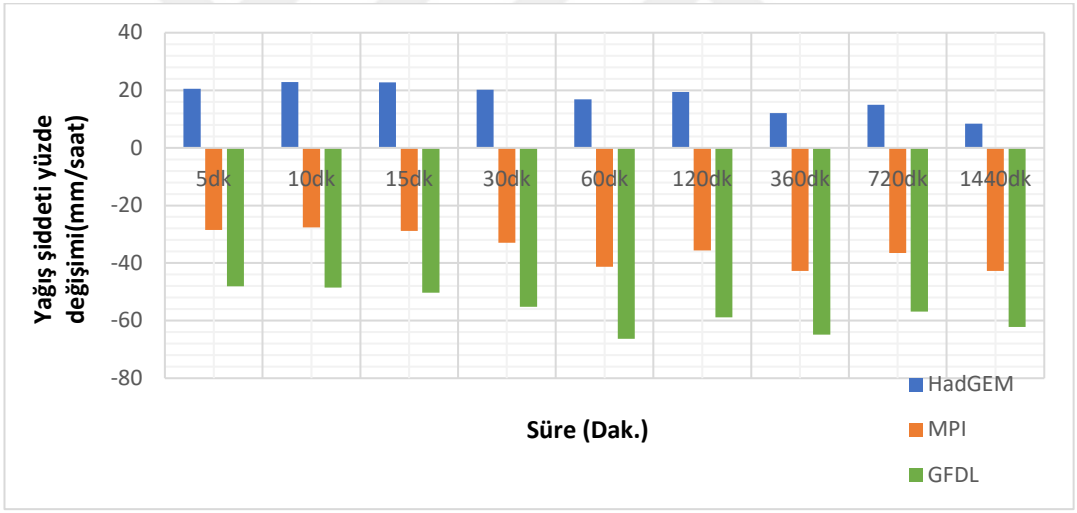


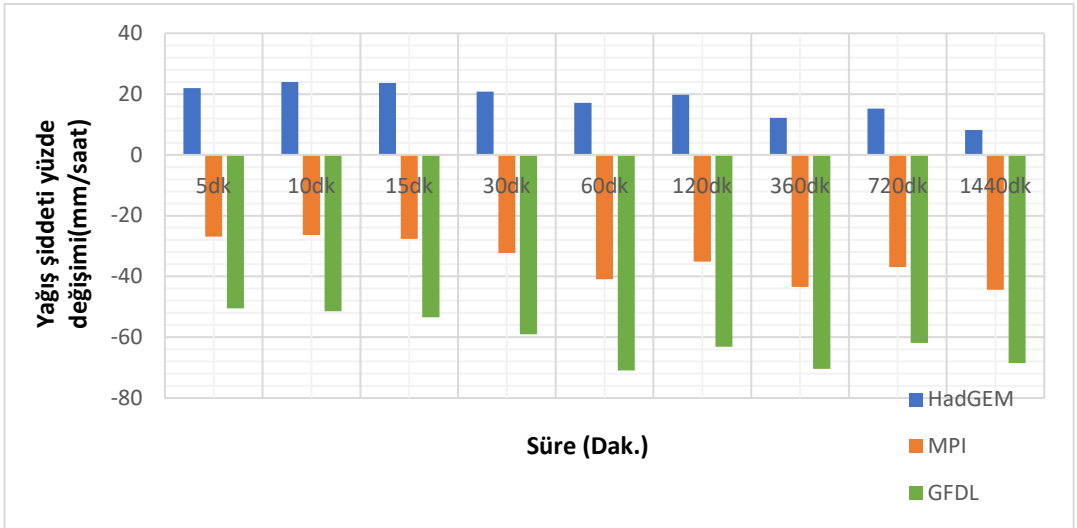
Ek 68: Muğla ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T=50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle karşılaştırılması



Ek 69: Muğla ili için iklim modellerinin RCP8.5 senaryolarının, yukarıdan aşağıya doğru, T=25 yıl, T=50 yıl ve T= 100 yıl periyotlu yağış şiddeti tahminlerinin gözlenen verilerle elde edilen değerlerle % değişimi olarak karşılaştırılması







ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyad, Ad	Gül, Burak
Web sayfası (Research Gate, Academia, vs.)	

Eğitim Bilgileri

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Dicle Üniversitesi	2023
Lisans	Dicle Üniversitesi	2020
Lise	Gaffar Okkan A.L.	2015

İş Deneyimi

Dönem (Yıl)	Şirket, Kurum	Görev
2017-2018	Avlar İnşaat	Stajyer
2018-2019	Avlar İnşaat	Stajyer

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Özel İlgiler

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	Burak Gül		
Öğrenci No	20806004		
Ana Bilim Dalı	İnşaat Mühendisliği		
Program Türü	Proje ☐	Yüksek Lisans ☒	Doktora ☐
Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	Doç. Dr. Necati Kayaalp		
Tez Başlığı	Değişen İklim Koşulları Altında Yağış Şiddeti–Süre–Frekans Eğrilerinin Tahmin Edilmesi		
RAPOR BİLGİLERİ			
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası		
Sayfa Sayısı	174		
Raporlama Tarihi	17.04.2023		
Benzerlik Oranı (%)	18		

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 174 sayfalık kısmına ilişkin, 17.04.2023 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 18 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

☐Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç

☐Kaynaklar hariç

☐Alıntılar hariç/dâhil

☒Diğer (Her şey dahil)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Benzerlik oranım üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir,
gereğini arz ederim.

Öğrencinin Adı, Soyadı: Burak Gül
Tarih: 16.04.2023
İmza:

Danışman Adı, Soyadı: Doç. Dr. Necati Kayaalp İmza:
Tarih: 16.04.2023

Ana Bilim Dalı Başkanı Adı, Soyadı: Prof. Dr. Zeynel Fuat Toprak İmza:
Tarih: 16.04.2023