

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKTEKİ BÖLGESEL İKLİM MODELİ
SİMÜLASYONU İLE EKSTREM İKLİM İNDEKSLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fulden BATİBENİZ

Meteoroloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Atmosfer Bilimleri Programı

Haziran 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKTEKİ BÖLGESEL İKLİM MODELİ
SİMÜLASYONU İLE EKSTREM İKLİM İNDEKSLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Fulden BATİBENİZ
(511121003)**

Meteoroloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Atmosfer Bilimleri Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Barış ÖNOL

6 Haziran 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 511121003 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Fulden BATİBENİZ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKTEKİ BÖLGESEL İKLİM MODELİ SİMÜLASYONU İLE EKSTREM İKLİM İNDEKSLERİNİN BELİRLENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Barış ÖNOL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Adı SOYADI**
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Adı SOYADI
Boğaziçi Üniversitesi

Prof. Dr. Adı SOYADI
Gebze Yüksek Teknoloji

Teslim Tarihi : 5 Mayıs 2014
Savunma Tarihi : 6 Haziran 2014

Aileme,

ÖNSÖZ

Bu çalışma İstanbul Teknik Üniversitesi Meteoroloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Atmosfer Bilimleri yüksek lisans tez çalışmasıdır. Bu çalışmada, daha önce Türkiye için 1961-2008 yıllarını kapsayan ve bölgesel iklim modeli (RegCM3-NCEP) tarafından üretilmiş (Önol B., 2010) günlük yağış ve sıcaklık çıktıları, ekstrem hava olaylarının modellenebilirliğinin araştırılması için günlük zaman ölçeğinde analiz edilmiştir. Yüksek Lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, çalışmamda yoğun emeği olan değerli hocam Doç. Dr. Barış Önol'a, yardımını benden hiç esirgemeyen Ferat Çağlar'a ve her zaman yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2014

Fulden Batıbeniz
(Meteoroloji Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xixx
SUMMARY	xxii
1. GİRİŞ	1
2. YÖNTEM.....	9
2.1 Bölgesel İklim Modeli (RegCM3)	9
2.2 Deney Dizaynı.....	10
2.3 Kullanılan Veri.....	11
2.4 Noktasal Karşılaştırma	13
2.5 Bilineer Enterpolasyon Yöntemi.....	13
2.6 Kullanılan İndeksler	13
2.6.1 Yağış indeksleri.....	13
2.6.2 Sıcaklık indekleri	14
3. ANALİZ	21
3.1 Genel Analiz.....	21
3.2 Yağış İndeksleri.....	30
3.2.1 RR1	30
3.2.2 RR10m	33
3.2.3 RR20m	35
3.2.4 R95p	38
3.2.5 CDD	39
3.3 Sıcaklık İndeksleri.....	42
3.3.1 TN90p	42
3.3.2 TX90p	44
3.3.3 TX99p	46
3.3.4 TX35	48
3.3.5 SU.....	50
3.4 Model Sonuçları	52
3.5 Ekstrem İndekslerdeki Son Dönem Değişimler ve Trend Analizleri.....	60
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	75
KAYNAKLAR	79
ÖZGEÇMİŞ.....	81

KISALTMALAR

AOGCM	: Atmosfer-Okyanus Genel Dolaşım Modeli
CGCM	: Birleştirilmiş Genel Dolaşım Modeli
CLIVAR	: İklim Değişikliği Belirleme, Görüntüleme ve İndis Uzman Grubu
ECHAM	: Küresel İklim Modeli
ERA-40	: ECMWF re-analiz veri seti
HadCM	: Hadley Dolaşım Modeli
HadRM	: Hadley Bölgesel Modeli
GCM	: Genel Dolaşım Modeli
IPCC	: Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli
RegCM	: Bölgesel İklim Modeli
WCRP	: Dünya İklim Araştırmaları Programı
WMO	: Dünya Meteoroloji Örgütü

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Çalışmada kullanılan 187 istasyonun enlem ve boylamları..... 14

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Seçilen model alanının topoğrafyası (Önol B.,2010).	11
Şekil 2.2 : MGM istasyonlarının konumları ve istasyon numaraları.	12
Şekil 2.3 : Maksimum ve minimum sıcaklıklar için olasılık yoğunluk fonksiyonu üst panellerde, yağışlar için histogramlar alt panelde verilmiştir. Açık gri renkli histogram model ve istasyon arasındaki ortak bölgeleri, beyaz istasyonu göstermektedir.	18
Şekil 3.1 : En üstteki satır günlük bütün verilerin birleştirilmesiyle elde edilen, yağış için %95, maksimum ve minimum sıcaklık için %90 yüzdelik alanlardaki Q-Q grafiğini vermektedir. İkinci satırda iyi sonuç veren istasyonlar, üçüncü satır kötü sonuç veren istasyonlar örnek verilmiştir.	22
Şekil 3.2 : Hatalı olduğu düşünülen istasyonların çıkarılmasıyla elde edilen maksimum sıcaklık için %90 yüzdelik alanlardaki Q-Q grafiğini göstermektedir.	23
Şekil 3.3 : Sıcaklık indeklerinden üç tanesi (TN90p, TX90p ve TX99p) için iyi (sağ sütun) ve kötü (sol sütun) sonuç veren 6 farklı istasyondan örnekler seçilmiştir. Model (siyah) ve gözlem (kırmızı) verilerinden hesaplanan indeks değerleri 1961-2008 yılları arası için zaman serisi olarak gösterilmektedir.	25
Şekil 3.4 : Sıcaklık indeklerinden iki tanesi (TX35 ve SU) için iyi (sağ sütun) ve kötü (sol sütun) sonuç veren dört farklı istasyondan örnekler seçilmiştir. Model (siyah) ve gözlem (kırmızı) verilerinden hesaplanan indeks değerleri 1961-2008 yılları arası için zaman serisi olarak gösterilmektedir.	26
Şekil 3.5 : Yağış indeklerinden üç tanesi (RR1, R10mm ve R20mm) için iyi (sağ sütun) ve kötü (sol sütun) sonuç veren altı farklı istasyondan örnekler seçilmiştir. Model (siyah) ve gözlem (kırmızı) verilerinden hesaplanan indeks değerleri 1961-2008 yılları arası için zaman serisi olarak gösterilmektedir.	28
Şekil 3.6 : Yağış indeklerinden iki tanesi (R95p ve CDD) için iyi (sağ sütun) ve kötü (sol sütun) sonuç veren dört farklı istasyondan örnekler seçilmiştir. Model (siyah) ve gözlem (kırmızı) verilerinden hesaplanan indeks değerleri 1961-2008 yılları arası için zaman serisi olarak gösterilmektedir.	29
Şekil 3.7 : RR1 indeksi için hesaplanan Gözlem, Model ve Model-Gözlem değerlerinin uzun yıllar ortalamaları gösterilmektedir.	32
Şekil 3.8 : R10mm indeksi için Gözlem, Model ve Model-Gözlem değerlerinin uzun yıllar ortalamaları gösterilmektedir.	35
Şekil 3.9 : R20mm indeksi için hesaplanan Gözlem, Model ve Model-Gözlem değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.	37
Şekil 3.10 : R95p indeksi için hesaplanan Gözlem, Model ve Model-Gözlem değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.	39

Şekil 3.11 : CDD indeksi için hesaplanan Gözlem, Model ve Model-Gözlem değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.	41
Şekil 3.12 : TN90p indeksi için hesaplanan Gözlem, Model ve Model-Gözlem değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.	43
Şekil 3.13 : TX90p indeksi için hesaplanan Gözlem, Model ve Model- Gözlem değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.	45
Şekil 3.14 : TX99p indeksi için hesaplanan Gözlem, Model ve Model-Gözlem değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.	47
Şekil 3.15 : TX35 indeksi için hesaplanan Gözlem, Model ve Model-Gözlem değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.	49
Şekil 3.16 : SU indeksi için hesaplanan Gözlem, Model ve Model-Gözlem değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.	51
Şekil 3.17 : RR1 indeksi için hesaplanan Model değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.	53
Şekil 3.18 : R10mm indeksi için hesaplanan Model değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.	53
Şekil 3.19 : R20mm indeksi için hesaplanan Model değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.	54
Şekil 3.20 : R95p indeksi için hesaplanan Model değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.	55
Şekil 3.21 : CDD indeksi için hesaplanan Model değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.	55
Şekil 3.22 : TN90p indeksi için hesaplanan Model değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.	56
Şekil 3.23 : TX90p indeksi için hesaplanan Model değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.	57
Şekil 3.24 : TX99p indeksi için hesaplanan Model değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.	58
Şekil 3.25 : TX35 indeksi için hesaplanan Model değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.	58
Şekil 3.26 : SU indeksi için hesaplanan Model değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.	59
Şekil 3.27 : a) RR1 indeksi için Model değerleri kullanılarak hesaplanan anomali değerlerini göstermektedir. b) RR1 indeksi için trend analizi sonuçlarını göstermektedir.	61
Şekil 3.28 : a) R10mm indeksi için Model değerleri kullanılarak hesaplanan anomali değerlerini göstermektedir. b) R10mm indeksi için trend analizi sonuçlarını göstermektedir.	62
Şekil 3.29 : a) R20mm indeksi için Model değerleri kullanılarak hesaplanan anomali değerlerini göstermektedir. b) R20mm indeksi için trend analizi sonuçlarını göstermektedir.	64
Şekil 3.30 : a) R95p indeksi için Model değerleri kullanılarak hesaplanan anomali değerlerini göstermektedir. b) R95p indeksi için trend analizi sonuçlarını göstermektedir.	65
Şekil 3.31 : a) CDD indeksi için Model değerleri kullanılarak hesaplanan anomali değerlerini göstermektedir. b) CDD indeksi için trend analizi sonuçlarını göstermektedir.	66
Şekil 3.32 : a) TN90p indeksi için Model değerleri kullanılarak hesaplanan anomali değerlerini göstermektedir. b) TN90p indeksi için trend analizi sonuçlarını göstermektedir.	68

Şekil 3.33 : a) TX90p indeksi için Model değerleri kullanılarak hesaplanan anomali değerlerini göstermektedir. b) TX90p indeksi için trend analizi sonuçlarını göstermektedir.	69
Şekil 3.34 : a) TX99p indeksi için Model değerleri kullanılarak hesaplanan anomali değerlerini göstermektedir. b) TX99p indeksi için trend analizi sonuçlarını göstermektedir.	70
Şekil 3.35 : a) TX35 indeksi için Model değerleri kullanılarak hesaplanan anomali değerlerini göstermektedir. b) TX35 indeksi için trend analizi sonuçlarını göstermektedir.	71
Şekil 3.36 : a) SU indeksi için Model değerleri kullanılarak hesaplanan anomali değerlerini göstermektedir. b) SU indeksi için trend analizi sonuçlarını göstermektedir.	73

YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKTEKİ BÖLGESEL İKLİM MODELİ SİMÜLASYONU İLE EKSTREM İKLİM İNDEKSLERİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

İklim değişiminin etkisi ile değişiklik gösteren ekstrem hava olaylarının analizi, tahmini ve değerlendirmesi hayati önem taşımaktadır. Dolayısı ile ekstremlerde meydana gelecek değişikliklerin modellenebilirliği, ekstrem iklim indekslerinin ve olası trendlerinin hesaplanması, gelecekte meydana gelebilecek değişimlerin belirlenmesine katkı koyması bakımından analiz edilmelidir. Bu çalışmada bölgesel iklim modeli'nin (ICTP-RegCM3) günlük yağış ve sıcaklık çıktıları, deney alanı olarak seçilen Türkiye ve çevresi için (Önol B., 2010) ekstrem hava olaylarının belirlenmesi kapsamında iklim indeksleri kullanılarak değerlendirilmiştir. 1961-2008 yıllarını kapsayan yaklaşık yarım yüzyıllık dönem için oluşturulan bu model NCEP/NCAR verileri ile zorlanmış olup çözünürlüğü 10km'dir. Ayrıca şiddetli yağışlar, sıcak hava dalgaları gibi çevreyi ve doğal sistemleri önemli ölçüde ilgilendiren ekstrem hava olaylarındaki değişimin araştırılması için seçilen indeksler hesaplanmıştır. Çalışmada daha önce sözü edilen model ile Türkiye'deki istasyonlara ait gözlemlerin, 1961-2008 dönemindeki günlük yağış, günlük maksimum ve minimum sıcaklık verileri için ekstrem iklim indeksleri ve olası trendleri hesaplanmıştır. Bu yolla model çıktılarının ekstrem hava olaylarını yakalamadaki becerisi değerlendirilecektir.

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Dünya İklim Araştırmaları Programı (WCRP) tarafından kullanılan indekslerden yapılan seçimde kıstas, ekstremlerin insan hayatına ve doğal sistemlere olan etkisidir. Bu doğrultuda sıcaklık indekslerinden, Aşırı Sıcak Günler (TX35), Yaz Günleri (SU), Sıcak Geceler (TN90p), Sıcak Günler (TX90p), Çok Sıcak Günler (TX99p), yağış indekslerinden ise, Islak Günler (RR1), Şiddetli Yağışlı Günler (R10mm), Aşırı Şiddetli Yağışlı Günler (R20mm), Çok Islak Günler (R95p), Ardarda Kurak Günler (CDD) seçilmiştir. Model çıktıları ile Türkiye üzerindeki 187 istasyona ait gözlemlerden hesaplanan indeksler, ekstremlerdeki frekans ve yoğunluk değişimini analiz edebilmek için yıllar bazında incelenmiştir.

Yapılan diğer bir çalışma, istasyon noktaları ile modelde bu noktalara karşılık gelen grid kutularındaki ekstremlerin Q-Q grafiği analizidir. Bu analiz her istasyon için ayrı ayrı yapılmış, yağış için %95, maksimum ve minimum sıcaklık için %90 yüzdelik alanlardaki ekstremleri ifade etmektedir ve sonuçlar hem sıcaklıkta hem de yağışta oldukça tutarlıdır.

Çalışmada tüm indekslerin zaman serileri incelenmiş ve korelasyonları hesaplanmıştır. Buna bağlı olarak, zaman serisi analiz sonuçları göstermektedir ki sıcaklığın son 10 yıldaki artan trendi model tarafından iyi bir şekilde yakalanmıştır ve model ile gözlemler birbiri ile uyumludur.

Seçilen indekslerden hesaplanan uzun dönem ortalamaları, model sonuçlarının gözlemlerle hem yağışta hem de sıcaklıkta uyumlu olduğunu göstermektedir. Gözlem noktaları ile model grid noktalarının karşılaştırılması sonucunda, yağışın

genel paterininin yakalandığı ancak özellikle Islak Günler İndeksinde (RR1) modelin pozitif taraflığı (50-150 gün) olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sıcaklıkta da Çok Sıcak Günler İndeksi (TX99p) dışında model ile gözlem sonuçları paraleldir. Dolayısı ile model tarafından üretilen tüm indeks değerleri makul bir aralıkta kalmaktadır ve bu durum model sonuçlarının gözlemlerle olan mekânsal uyumluluğunun kanıtıdır.

İstasyon olmayan noktalardaki ekstremlerle ilgili daha detaylı bilgiye ulaşmak amacıyla tüm model alanı için iklim indeks analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, daha önce yapılan noktasal karşılaştıma analizini destekler niteliktedir.

Ekstrem indekslerdeki son dönem değişimleri araştırmak için 1991-2008 dönemi seçilmiş ve referans dönemi 1961-1990 alınarak anomaliler hesaplanmıştır. Bunun sonucunda, Türkiye'nin kuzeyinde, ıslak günlerde (RR1) 2-15 gün civarında azalmalar görülmüştür. Kuraklık İndeksi CDD indelendiğinde ise Türkiye'nin güney kesimlerinde artışlar olduğu görülmüştür. Benzer şekilde tüm sıcaklık indekslerinin 18 yıllık dönemde artış gösterdiği gözlenmiştir. Özellikle Yaz Günleri (SU), Sıcak Geceler (TN90p), Sıcak Günler (TX90p) ortalama 10-25 gün civarında artış göstermiştir. Buna bağlı olarak, ekstrem olayların son dönemdeki artışlarının insan kaynaklı küresel iklim değişikliğinin etkilerine paralel artış gösterdiği belirlenmiştir.

Son dönemdeki değişim analizlerine ek olarak onyıllık zaman ölçeğinde, sıcaklıkta ve yağışta meydana gelen eğilimi belirlemek için trend analizi yapılmıştır. Trend analizi ile son dönem değişim analizleri arasında uyumlu sonuçlar görülmüştür. Buna bağlı olarak, sıcaklık indekslerinden TX90p, TN90p ve SU ile kuraklık indekslerinden CDD'de 2-10 günlere varan artış trendleri görülürken, yağış indekslerinden RR1'de 1-4 günlere varan azalma eğilimleri tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak, sıcaklıklarda ve kuraklıktaki artış eğilimi ile yağışlardaki azalma eğilimlerini tespit edebilmesi bakımından modelin güvenilirliği kanıtlanmıştır.

Bu çalışmada model sonuçlarının ekstrem hava olaylarını yakalamadaki becerisi ve uzun dönemdeki değişimleri belirmesi amacıyla analizler yapılmış ve bölgesel iklim modeli sonuçlarının özellikle sıcaklık ve kuraklık indekslerini belirlemede başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

DEFINING EXTREME INDICES BY USING HIGH RESOLUTION REGIONAL CLIMATE MODEL SIMULATION

SUMMARY

Extreme events connected with changing climate is vitally important for human and natural systems. Therefore, the main aim of this study is to analyse extrem events, calculating indexes and possible trends of extremes, decreasing risk factor to reduce damage and testing model skills in respect of capturing the extreme events. In this study, daily time-scale analyses have been performed to investigate model skills. Domain of experiment includes Turkey and surrounding area. Öñol's previous Regional Climate Model (ICTP-RegCM3) simulation results (2010); daily maximum and minimum temperatures and daily precipitations have been used. Model forced with NCEP/NCAR re-analysis data for period including 1961-2008 and horizontal resolution is 10 km (Öñol, 2010). Furthermore, extremes such as heavy precipitation, heat wave etc. have been calculated and analysed. In this study, daily maximum and minimum temperatures and daily precipitation data of Turkey's 187 gages, other than simulations, have been used to calculate extreme indices and possible trends. Through this way, the evaluations of model skills about capturing ability of extreme events will be tested.

The indices selected from among World Meteorological Organization's (WMO) and World Climate Research Program's (WCRP) extreme indices with regard to impact on human and natural resources. Accordingly, Extreme hot days (TX35), summer days (SU), warm nights (TN90p), warm days (TX90p), Extreme warm days (TX99p) are picked for temperature indices and very wet days (R95p), wet days (RR1), heavy rainy days (R10mm), excessive heavy rainy days (R20mm), consecutive dry days (CDD) are calculated for precipitation indices. Model results and 187 gages of Turkey observed inter-annually to investigate frequency and intensity of extremes.

Additionally, extremes analysed by Q-Q plots of station points and corresponding points of model results. The analysis have been performed for upper part of 95. Percentile in precipitation and for upper part of 90. Percentile in maximum and minimum temperatures. Results demonstrate that the simulation and observations are highly consistent for both extreme daily precipitation and extreme daily temperature.

Furthermore, time series of all indices of temperature and all indices of precipitation have been observed and correlation coefficients have been calculated. Recent increment at temperature trends have been captured by model results quite well. Additionally, model and observation results are consistent. Similarly, time series of precipitation shows decreasing trend both in model and in observation.

Long-term averages calculated from selected indices demonstrates that the model is consistent with observations both in precipitation and temperature variables. Additionally, the biases show that general pattern of precipitation and CDD are captured by model. Hence, model overestimates all precipitation indices. Especially on wet days (RR1) model has positive biases ranges in 50-150 days. Inter-annually

analysed temperature results also consistent with observations except Extremely Hot Days Indice (TX99p). All indices results generated by model vary as an acceptable range. Therefore, spatial consistency of model and observation has been proved.

In order to reach information about places where there is no station, extreme indices maps have been generated. These maps capture general pattern of precipitation quite well, despite model has overestimations on RR1. The general pattern and spatial distribution of Drought indice (CDD) also obtained well. Similarly, model results capture general pattern and distribution of precipitation indices.

The recent changes of indices have been also performed by calculating the anomaly for the period of 1991-2008 (reference period: 1961-1990). According to analysis, the changes in wet days (RR1) for this period indicate negative signal ranges in 2-15 days over the northern parts of Turkey. On the other hand, recent changes in CDD represent increasing signals over southern parts of Turkey. In the last 18-year period for all domain, all temperature indices shows positive signals. Especially, SU (summer days) TN90p (warm nights) and TX90p (warm days) increase in the range of 10-25 days.

Additionally, trend analysis have been performed to understand decadal tendency of temperature and precipitation indices. The results of trend analysis parallel with recent changes. Decadal analysis of all precipitation indices demonstrate decreasing trend. Especially, RR1 decadal trend shows decreasing tendency in the range of 1-4 days in all regions of Turkey. Additionally, R10mm and R20mm exhibit decreasing trend in range of 1-3 days in Aegean and Black Sea region. On the other hand, drought index (CDD) shows increasing trend in the southern part of Anatolian peninsula. Trend analysis of all temperature indices indicate increasing tendency. Particularly, TX90p, TN90p and SU increase in range of 2-10 days. Decadal tendency of extreme warm days also increases but the range is 1-2 day over Turkey. The trend analysis of TX35 shows increasing signals especially at Aegean region and southern coastlines of Turkey in range of 2-10 days. According to trend analysis, model's accuracy has been proven with regard to capturing skill in both increasing tendency of temperature indices and decreasing tendency of precipitation indices.

To sum up, high-resolution simulations give considerably well results. Simulations and observations consistent with each other. Therefore, changing extreme events and trend analysis of extremes can performed by models. Additionally model has good skills to capture general pattern of temperature and precipitation extremes. According to these analyses, the model usage for extreme event studies will be inevitable.

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze, iklim insanların yaşamları, yerleşimleri, etkinlikleri ve benzeri yaşamsal ortamları üzerinde önemli rol oynar. Bir bölgenin ikliminin bilinmesi o bölgede gerçekleşen ve gerçekleşmesi olası hava olaylarını, yararlar ve zararlar bakımından yönetmek açısından çok önemlidir. Uzun yıllar değişmeyen ortalama koşullar iklimi anlamak için yalnız başına yeterli değildir. Bunun yanında, ekstrem değerlerin ve buna bağlı olarak meydana gelen olayların da bilinmesi gerekmektedir. Bu sayede iklimin nasıl ve ne sıklıkta salınımlar gösterebileceği konusunda daha kapsamlı bilgiye ulaşmak mümkün olacaktır.

Bir bölgenin iklimini anlamak ve ortalama koşulları hakkında bilgi sahibi olmak için temsil kabiliyeti yüksek bir veri ağı ve uzun yılları kapsayan ölçümler gereklidir. Ancak bir bölgedeki iklimin nasıl değişebileceğini ve ne gibi salınımlar gösterebileceğini anlamak için genel hava şartlarını gösteren klimatolojik ortalamalar yeterli değildir. Bunun yanında, günlük hava koşullarının da bilinmesi gerekmektedir. Ekstrem hava olaylarının iklime, insan hayatına ve doğal sistemlere olan etkisini anlamak için günlük veriler büyük önem taşımaktadır. İklim biliminde ekstrem olayları sınıflandırabilmek için yetersiz kalan aylık ortalamaların yerine, bu olayların insanlara ve doğal sistemlere olan etkisini anlamak için günlük gözlemler kullanılarak ekstrem indeksleri belirlemiştir.

Özellikle Hükümetler arası İklim Değişikliği Panelinin son hazırladığı İklim Değişikliğine Adaptasyon için Aşırı Olayların ve Felaketlerin Risklerini Yönetme (IPCC, 2012) özel raporu, ekstrem hava olayları ile ilgili gelecekteki olası değişimleri ayrıntılarıyla göstermektedir. Raporda, gelecekte dünya üzerinde birçok bölgede, sıcak hava dalgalarının daha sıklıkla görüleceği, daha şiddetli olacağı ve daha uzun süreler etkisini göstereceği vurgulanmaktadır. Buna ek olarak, 21.yy'da aşırı yağışların sıklığının ve şiddetinin artacağı uyarısı yapılmaktadır. İklim modelleri kullanılarak önümüzdeki 100 yıl için yapılan simülasyonların yorumlanması ile elde edilen bu bilgilerin, günümüz koşullarında sınanması ve içinde bulunduğumuz iklim şartlarında modellerin ekstrem olayları modelleme

becerisinin test edilmesi gerekmektedir. Özellikle ülkemizin arazi örtüsünün karmaşık yapısı, Karadeniz ve Akdeniz boyunca denize paralel uzanan dik dağ sıraları, batı bölgelerimiz boyunca kara-deniz dağılımının iklimsel özelliklerin belirlenmesinde hakim olması, ekstrem hava olaylarının iklim modelleri tarafından tahmin edilebilirliğini zorlaştıran faktörler olarak ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden topoğrafya ve atmosferin etkileşiminin modellenmesinde, model tarafından kullanılan grid kutularının yatay çözünürlüğü önem kazanmaktadır. Yapılan çalışmanın bu temel soruna çözüm getireceği ve ekstrem hava olaylarının modellenmesi konusuna katkı sunacağı öngörülmüştür.

Dinamik bir sistem olan iklimin yapısı ve küresel ölçekteki karmaşıklığı nedeniyle birçok disiplinin bir araya gelerek çalışması gerekmektedir. Bu amaçla WMO (Dünya Meteoroloji Örgütü) ve CLIVAR (İklim Değişikliği Belirleme, Görüntüleme ve İndis Uzman Grubu) 1998'den 2012'ye kadar toplam 22 çalıştay düzenlemiş ve ekstrem olaylara yönelik 27 adet temel iklim indeksi belirlemiştir. Türkiye'nin 2005 Ekim'inde ev sahipliği yaptığı çalıştay toplantısında birçok bilim insanı bir araya gelmiştir. Bu çalıştay, ilk kez geniş bir alanda (Ortadoğu) bölgesel veri üretimi yapılması nedeniyle ve iklim ekstremleri incelenmesi açısından oldukça önemlidir. Çalıştay sonunda çıkan raporda, toplam 27 olmak üzere, ekstrem sıcaklık ve yağış indeksleri için trendler hesaplanmış ve yeni indeks verileri üretilmiştir. Bu indekslerdeki trendler, 1950-2003 döneminde, Ermenistan, Azerbaycan, Arabistan, Kıbrıs, Gürcistan, İran, Irak, İsrail, Ürdün, Kuveyt, Umman, Katar, Suudi Arabistan, Suriye ve Türkiye'nin de içinde olduğu 15 ülkenin 52 istasyonuna ait verileriyle elde edilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre, bölge için genel olarak soğuk günlerde 1970'lerde başlayan azalma trendleri, sıcak günlerde ise 1990'larda görülen ani artış trendleri gözlenmiştir. Buna ek olarak, sıcaklık verileri kullanılarak elde edilen sonuçlarda, sıcaklık artışıyla ilişkilendirilen, istatistiksel olarak anlamlı ve mekânsal olarak tutarlı trendler elde edilmiştir. Yıllık maksimum sıcaklıkların, günlük maksimum ve günlük minimumlarında, yıllık minimum sıcaklıkların, günlük maksimum ve günlük minimumlarında, yaz gecelerinin sayılarında ve 90'ıncı yüzdeler değeri aşan günlük sıcaklık değerlerinin sayısında anlamlı ve artan trendler gözlenmiştir (Zhang ve diğ., 2005).

Bu çalışmaya benzer şekilde, gözlemler kullanılarak Avrupa üzerinde de benzer çalışmalar yapılmıştır. Örnek olarak Tank ve diğerlerinin (2002) yaptığı çalışmada,

1976-1999 döneminde Avrupa'da kış (Ekim-Mart) ısınması için birçok istasyonda sıcak gün sayısında artan bir trend, soğuk gün sayısında ise azalan bir trend olduğu bulunmuştur. Ancak kış mevsimi haricinde, Avrupa'da soğuk gün sayısının artmakta olduğu söylenmektedir. Bulgulara ek olarak, 1946 ve 1999 yılları arasındaki kış yağışları için, yağışlı günlerin ortalama miktarında artış trendlerinin hâkim olduğu gözlenmiştir. İstasyon gözlemleri kullanılarak yapılan bir başka çalışmada da Orta/Doğu Avrupa'da, özellikle Karpat Havzasında, 1946-2001 dönemi için ekstrem indeksleri hesaplanmış ve karşılaştırmalar yapılmıştır (Barothly ve. Pongracz, 2007). Özellikle, sıcak günler (TX90p), yaz günleri (SU), sıcak geceler (TN90p) ve sıcak hava dalgası süresi indekslerinde ciddi anlamda artış trendleri tespit edilmiştir. 1958-2000 dönemini kapsayan, ekstremlerle ilgili bir diğer çalışmada ise iklim değişikliğine bağlı sıcaklık ve yağıştaki olası değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır (Kostopoulou ve Jones, 2005). Bu çalışmada, ekstrem indekslerini hesaplamak için, Doğu Akdeniz'in Avrupa kısmını kapsayan 10 ülkenin istasyonları ve bu istasyonlardaki ortalama, minimum ve maksimum sıcaklıklar ile günlük toplam yağış verileri kullanılmıştır. Yaz için hem maksimum hem de minimum sıcaklıklarda, istatistiksel olarak anlamlı artış trendleri gözlenmiştir. Ayrıca sıcak hava dalgalarının sürelerinde artan, soğuk gecelerin frekansında ise (kışın ve özellikle yazın) azalan trendler gözlenmiştir. Bunun aksine yağış indekslerinde, devam eden bir trend değil, daha çok bölgesel kontrastlar bulunmuştur. İtalyan istasyonları ile temsil edilen bölgenin batı kısmındaki (Orta Akdeniz) sağanaklarda ve aşırı yağışlarda anlamlı pozitif trendler bulunmuştur. Bu durumun aksine bölgenin doğu kısmında, tüm yağış indekslerinde azalma eğilimleri görülmüş ve son dönemde bölgede kuraklığın hâkim olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, ardarda kurak günler indeksinde (CDD), özellikle güney bölgedeki istasyonlarda ve adalarda, anlamlı pozitif trendler bulunmuştur. Avrupa dışında, Hawaii Adalarında küresel ısınmaya bağlı değişim gösteren yağış ekstremlerini incelemek için yapılan bir diğer çalışmada yine gözlemler kullanılmıştır (Chu P.-S. ve diğerleri, 2010). 1950-2007 dönemini kapsayan araştırma sonucunda, hafif yağışların 1980'lerden başlayarak daha sık, orta ve şiddetli sağanakların ise daha seyrek gerçekleşeceği sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar Kolmogorov-Smirnov testi uygulanarak doğrulanmıştır. Bunlara ek olarak yapılan analizler sonucunda, 2007'ye kadar olan süreçte, yağışta azalma trendleri, kuraklıkta ise artma trendleri bulunmuştur.

İklim değışikliği ve buna bağlı olarak değışen ekstremler Türkiye’de de gözlemler kullanılarak incelenmiştir. Ünal ve diğerlerinin (2013) yaptığı çalışmada, yüzey sıcaklığında meydana gelen değışimlerin, insan sağlığına ve ekosisteme büyük ölçüde zarar veren ekstrem sıcak hava olaylarının artmasıyla sonuçlanacağı vurgulanmaktadır. Buna bağlı olarak, nüfus yoğunluğunun çok fazla olduğu ve iklim değışimi tahminlerinin, yazdaki sıcaklık değışiminin en fazla olacağı bölge olarak işaret ettiği Türkiye’nin batı bölgesi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışmada, 1965-2006 dönemindeki sıcak hava dalgasını bulmak için, günlük sıcaklık değeri kullanılmıştır. İstasyon sonuçlarını bölgesel olarak karşılaştırabilmek amacıyla, herbir istasyonun 90. yüzdilik değeri, sıcak hava dalgaları için eşik değeri olarak kabul edilmiştir. Buna ek olarak, sıcak hava dalgalarının sayısını belirlemek amacıyla, sıcaklıkların ardışık üç gün, eşik değeri den fazla olması kıstas alınmıştır. Daha sonra sıcak günler ile sıcak hava dalgalarının sayısındaki değışimler ve süreleri, en küçük kareler yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda, bölge üzerinde, 1965-2006 yılları arasındaki yaz ayları için sıcak günlerin sayısında, sıcak hava dalgalarında ve devam süresinde artışlar gözlenmiştir. Buna ek olarak, son onyılda sıcak hava dalgalarında ve sıcak günlerdeki değışim oranları önceki yıllara göre daha fazladır ve 1998’den sonra ekstremlerin sıklığı artmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bölgesel dağılımlar, güney enlemlere doğru gidildikçe sıcak hava dalgası olaylarının sayısının artma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Çalışmadaki eğilim analizlerine ek olarak, sıcak günlerin sayısı ile Akdeniz ve Karadeniz’in deniz yüzeyi sıcaklıkları arasındaki ilişki araştırılmıştır. Buna ek olarak, sıcak günlerin sayısı ile batı, orta ve doğu Akdeniz ve Karadeniz bölgelerindeki deniz yüzeyi sıcaklıkları arasında korelasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Korelasyon analizleri sonucunda, Doğu Akdeniz ve Karadeniz üzerindeki ortalama deniz yüzeyi sıcaklıkları ile Türkiye’nin batısındaki sıcak günlerin sayısı arasında daha iyi bir korelasyon olduğu bulunmuştur. Ayrıca, sıcak hava dalgalarının sayısı ile orman yangınları arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler bulunmuştur.

Gözlemlerle yapılan çalışmalar, günümüze kadar olan dönemde iklim değışikliğinin ekstremler üzerindeki etkisini açıkça ortaya koymaktadır. Buna bağlı olarak, gelecekte ekstrem hava olaylarında meydana gelebilecek değışimleri tahmin edebilmek için, günümüze kadar olan sürecin modellenebilirliğinin test edilmesi gerekmektedir. Örneğin, Orta Avrupa’da bulunan Alp bölgesindeki ekstremlerin

analizi ile ilgili bir çalışmada, bölgesel iklim modeli kullanılarak performans değerlendirmesi yapılmıştır (Montesarchio M. ve diğerleri, 2014). 1971-2000 dönemi için COSMO-CLM modeli ERA-40 verisiyle zorlanarak iki farklı çözünürlükte (0.125° ve 0.0715°) simülasyon üretilmiş, elde edilen sıcaklık ve yağış verileri gözlemlerle karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, yüksek çözünürlüklü modelin, sıcaklığın mekânsal çözünürlüğünü iyi bir şekilde, yağış paternini ise orta/yüksek hatalarla simüle ettiği bulunmuştur. Hem gözlemlerin hem de modelin kullanıldığı diğer bir çalışma ise Amerika'nın doğusunda yapılmıştır (Lynn B. H. ve diğerleri, 2006). Çalışmada, 1977-2004 dönemini kapsayan gözlem verileri ile yuvalanmış GCM/RCM'den (Genel Dolaşım Modeli/Bölgesel İklim Modeli) elde edilen simülasyonlar kullanılmış ve sıcaklık ekstremlerindeki değişimlerin analizi amaçlanmıştır. Gözlem sonuçlarına göre, doğu Pasifik denizindeki anormal soğumalarla aynı zamana denk gelen anormal derecede sıcak yazlar, yağış frekansları ve toplam yağışın azalmasına sebep olmaktadır. Çalışmada, yağış zamanının radyasyon dengesindeki önemi, gece başlayıp gündüz devam eden yağışların gündüz yağışlarına oranla daha sıcak olmasıyla vurgulanmaktadır. Ayrıca maksimum sıcaklık anomalilerindeki 28 yıllık salınımın %57'si, yağış frekansı ve doğu Pasifik deniz yüzey sıcaklığı anomalileri ile açıklanmıştır. Simülasyon sonucunda, farklı şemaların farklı günlük döngülere ve farklı yağış frekanslarına sebep olduğu, dolayısı ile maksimum sıcaklığın simülasyonunda nem konveksiyon parametризasyonlarının önemli olduğu vurgulanmaktadır. Ayrıca çalışmada, sıcaklık ekstremlerindeki değişim senaryolarından güvenilir sonuçlar elde edebilmenin, yağış karakterinin yıllık çeşitliliğinden kaynaklanan yüzey enerji dengesindeki değişikliklerin model tarafından gerçeğe yakın bir şekilde simüle edilmesi ile mümkün olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Son olarak Orta-Ölçekli Modellerin Genel Dolaşım Modellerine göre daha sıcak ortalama ve maksimum sıcaklık ürettiği ve daha gerçekçi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bunlara ek olarak, gelecek için iklim modelleri tarafından üretilen senaryo simülasyonları çeşitli çalışmalarda iklim indeksleri yardımıyla incelenmiştir. Diffenbaugh ve diğerlerinin (2007) 2071-2100 yıllarını kapsayan yaklaşık 30 yıllık dönem için Akdeniz havzası üzerinde yaptıkları çalışmada ısı stresinde çok ciddi artışlar olacağı hesaplanmıştır. Özellikle kıyı bölgelerinde, ısı indekslerinin "aşırı tehlikeli" seviyelere yükseleceğini ortaya çıkarmışlardır. Akdeniz bölgesinde yağış

ekstremlerinin gelecekteki değişimi ile ilgili yapılan bir diğer çalışmada, kış ayları dışındaki mevsimler için kurak periyodların uzunluğunda (DSL) ciddi artışlar hesaplanmış ve kuraklığın gelecekte bu bölge üzerinde güçlendiği belirlenmiştir (Gao ve diğerleri, 2006). Akdeniz’de, 1961-1990 döneminde, ekstrem sıcaklıklardaki trendlerin analizi için yapılan bir başka çalışmada, günlük istasyon verileri ve genel dolaşım modellerinden GCMs ve ECHAM5 kullanılmıştır. Isınmayı, sera gazı emisyonunu arttırarak yapan, istatistiksel ölçek küçültme yöntemi kullanılarak, yaz aylarındaki maksimum sıcaklıkların 95. yüzdelik değeri ve kış aylarındaki minimum sıcaklıkların 5. yüzdelik değeri değerlendirilmiştir. Bunun sonucunda, sıcaklıkta özellikle Batı Akdeniz bölümünde artan trendler, Doğu Akdeniz bölgesinde ise azalan trendler gözlenmiştir (Hertig E. ve diğerleri, 2010). Modelle yapılan çalışmalardan bir diğerinde ise Kanada’nın İklım Modelleme ve Analiz Merkezi’nin birleştirilmiş atmosfer-okyanus genel dolaşım modeli (AOGCM) kullanılmıştır (Kharin V. V. and F. W. Zwiers, 2000). Çalışmada üretilen geçici iklim simülasyonlarının birbirleriyle olan uyumu, ekstremlerin değişimi bakımından incelenmiştir. Yüzey sıcaklığı, yağış ve rüzgar hızı ekstremleri ile bu değişkenlerin ışınımsal zorlama altındaki değişimlerini analiz etmek için, 1900-2100 aralığını kapsayan  simlasyon üretilmiştir. Bu çalışmada, sera gazı ve aerosollerin dağılımı IPCC’nin A senaryosu ile uyum göstermektedir. Sonuç olarak, 1985, 2050 ve 2090 yıllarında merkezlenen üç tane 21 yıllık dönemde, modelin yüzey iklimindeki ekstremleri makul bir şekilde simüle edebilme becerisine sahip olduğu görülmüştür. Çalışmada, günlük maksimum ve günlük minimum sıcaklık ekstremlerindeki değişimin birbirinden farklı olması, ortalama sıcaklık, toprak nemi, kar ve deniz-buz örtüsündeki değişimlerle ilişkilendirilir. Ayrıca yağışın küresel ölçekte arttığı ancak bağıl değişiminin toplam değişimine kıyasla daha az olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna ek olarak, ıslak ve kuru dönemlerin srelerindeki değişimin, toplam yağış değişimi ile uyumlu olduğu ve Tropikler dışındaki ekstrem rüzgarların hızında küçük değişimler olduğu bulunmuştur. Ektremlerin gelecekteki değişimi ile ilgili yapılan bir diğer çalışma, 2030’a kadar olan süreçte sıcaklık ekstreminde meydana gelecek değişikliklerin insan kaynaklı mı yoksa doğal çeşitliliğin bir sonucumu sorusuna yanıt bulmak amacıyla yapılmıştır (Shiogama H., 2007). Çalışmada 10 tane simlasyon, birleştirilmiş Atmosfer-Okyanus genel dolaşım modelinin ıktıları ile zorlanarak üretilmiştir. Tüm simlasyon sonuçları, yakın gelecekte birçok karasal alanda, sıcak günler ve gecelerde artmaların, soğuk günler ile gecelerde ise

azalmaların meydana geleceğini ve bu durumun doğal değişkenlikten çok insan kaynaklı olduğu göstermektedir. Ayrıca, soğuk ve sıcak ekstremlerin frekanslarında meydana gelecek değişimlerin, sıcaklığın mevsimsel ortalamalardan sapmasına ve kar örtüsünden etkilenme derecesine bağlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Ekstremlerin tahmini kadar, frekanslarında, sürelerinde ve miktarlarında meydana gelecek değişimlerin belirlenmesi de büyük önem taşımaktadır. Buna bağlı olarak, Lustenberger ve diğerleri (2014) tarafından sıcaklığın günlük dağılımındaki istatistiksel değişimi ve sıcaklık ekstremlerinin dönüş süresini (return period) araştıran bir çalışma yapılmıştır. 1961-1990 dönemindeki sıcak geceler ve sıcak günlerin, ortalamadan ve varyanstan meydana gelmesi beklenen değişiklikleri kullanılarak elde edilmiş dönüş süreleri, bölgesel iklim modeli kullanılarak simüle edilen 2070-2099 senaryo döneminden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Buna bağlı olarak, Avrupa'nın çok küçük bir kısmında sıcak günler ve gecelerin dönüş sürelerinde az miktarda kaymalar meydana geldiği sonucuna ulaşılmıştır. Avrupa'da yapılan bir diğer çalışmada da bölgesel iklim modeli farklı senaryolar kullanılarak çalıştırılmış ve yağış ekstremlerinin gelecekteki değişimi araştırılmıştır (Frei C. ve diğerleri, 2006). Çalışmadaki 6 model deneyinde de, IPCC'nin (Hükümetler arası İklim Değişikliği Panelinin) A2 senaryosu kullanılarak elde edile küresel model çıktılarının 1961-1990 ve 2071-2100 dönemini kapsayan verileri kullanılmıştır. Alp Bölgesi için model sonuçları gözlemlerle karşılaştırıldığında, ıslak günlerin yoğunluğunda ve ortalama yağışta modelin bazı noktalarda gözlemlerle yakın, bazı noktalarda ise gözlemlerden az sonuçlar ürettiği bulunmuştur. Buna ek olarak, kışın yağış ekstremlerinde kuzeye doğru bir artma eğilimi, güneye doğru ise önemli olmayan bir azalma eğilimi bulunmuştur. Bunun dışında, günümüz koşullarında 40-100 yıl arasında olan dönüş sürelerinin, gelecekte 20 yıla düşeceği, yani yağış ekstremlerinin frekanslarının artacağı sonucuna ulaşılmıştır. Sonuç olarak, farklı senaryolar kullanılarak çalıştırılan modeller arasında yağışın yoğunluğu ve frekansı bakımından küçük farklılıklar olsa da model ekstremleri oldukça iyi yakalamakta ve iklim değişiminin ekstremleri etkileyeceği sonucuna ulaşılmaktadır. Avrupa'daki yağış ekstremlerindeki değişimi analiz etmek için yapılan bir başka çalışmada, Hadley Merkezi'nin birleştirilmiş Atmosfer-Okyanus Genel Dolaşım Modeli'nin (AOGCM) 50 kilometre yatay çözünürlükteki çıktıları (HadCM2) ile zorlanmış iki bölgesel iklim modeli koşturulmuştur (HadRM2 ile HadRM3)

(Buonomo E. ve diğeri, 2007). Çalışmada, 1961-1990 ve 2080-2100 dönemleri için iki model çalıştırılmıştır. Daha sonra, Büyük Britanya'nın geniş gözlem ağı ile karşılaştırılan simülasyon sonuçları ile iki modelin de ekstrem yağışı 1-30 gün ölçeğinde, dönüş süresini ise 2-20 yıl ölçeğinde iyi bir şekilde simüle ettiği sonucuna ulaşılmıştır. İki modelde de ekstrem yağışlardaki hataların dağılımı farklıdır. Özellikle Büyük Britanya'nın batı ve yukarı kesimlerinde HadRM2 negatif taraflılık, HadRM3 ise pozitif taraflılık göstermektedir. Bütün model alanındaki karasal alanlarda, ekstremlerin yoğunluğunun %5 anlamlılık seviyesinde artacağı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca elde edilen sonuçlar, ekstremlerdeki değişimi analiz etmede yatay çözünürlüğün önemini göstermekte ve modellerin güvenilirliğini kanıtlamaktadır. Yapılan tüm bu çalışmalar, iklim değişikliğine bağlı olarak ekstrem hava olaylarında meydana gelen ve gelecek olan değişimlerin, model kullanımı ile gerçeğe oldukça yakın bir benzetiminin yapılabileceğini göstermektedir.

Tez çalışması, Türkiye ve çevresi için yapılmış, 1961-2008 zaman aralığını kapsayan bölgesel iklim modeli sonuçları kullanılmıştır. Yukarıda bahsedilen ekstrem iklim indekslerinden çalışma için seçilenler, bölgesel iklim modeli tarafından daha önceden üretilmiş (Önol B., 2010) yüksek çözünürlükteki (yatayda 10-km) günlük sıcaklık ve yağış çıktılarına uygulanmıştır. Bölgesel model ile iyi çözülmüş karmaşık yapıya sahip topoğrafya, bir noktada hesaplanmış yağışın değerine sıcaklığa oranla çok daha büyük ölçüde katkı koyar (Boo ve diğ., 2006). Bu bağlamda, yüksek çözünürlükteki model çıktılarının ekstrem indekslerin belirlenmesinde kullanılması, gözlemlere göre daha homojen sonuçların üretilmesi ve meteorolojik istasyonların bulunmadığı bölgelerde bu indekslerin değişkenliğinin takip edilmesi açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada insan hayatını doğrudan veya dolaylı olarak etkilediği düşünülen iklim indeksleri kullanılmıştır. Çalışmanın ikinci kısmında kullanılan veriler ve indeksler detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Analiz kısmında ise istasyon ve model sonuçları detaylı bir şekilde karşılaştırılmış ve incelenmiştir. Son bölümde ise sonuçlar tartışılmış ve gelecek çalışmalar için öneriler bulunmaktadır.

2. YÖNTEM

2.1 Bölgesel İklim Modeli (RegCM3)

İklim geniş bir bölgedeki sıralı hava olaylarının uzun yıllar boyunca değişmeyen ortalama hava koşulları olarak tanımlanır. Bir bölgede hakim olan iklimin özelliklerini tayin edebilmek için atmosferin genel döngüsündeki geniş ölçekli özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla kullanılan başlıca araçlardan biri genel dolaşım modelleridir (GCM).

Genel dolaşım modelleri atmosferin ve okyanusun genel döngüsündeki sıcaklık ve yağış gibi değişkenlerin genel özelliklerini kolayca tespit edebilmektedir. Küresel ölçekteki GCM'ler atmosfer ve okyanusu 100-200 km civarındaki gridlerle çözebilmektedir (Giorgi F., 2006). Dolayısıyla gerçek çözünürlükleri ortalama 7 grid kutusuna denk gelen bölgesel ve yerel iklimleri yakalamada, genel dolaşım modelleri yetersiz kalmaktadır. Yerel etkileri yakalamak amacıyla, GCM'ler çok yüksek çözünürlükte koşturularabilir ancak hesaplama maliyetinin yüksek olması bu seçilen çözüm yolunu makul kılmamaktadır. Bu noktada bölgesel modeller ortaya çıkmaktadır. İklimin değişmesi ile birlikte, GCM'lerin atmosferin genel döngüsüyle ilgili sağladığı ortalama bilgiler insanlığın ihtiyaçlarına cevap vermemektedir. Dolayısı ile daha kısa zaman ölçeğinde koşturulabilen bölgesel modellerle öngörüler yapılması tercih edilmektedir. GCM'lerin düşük çözünürlükteki uzun dönem simülasyonları gibi sayısal modellerin de maksimum 10 güne kadar ürettiği simülasyonlar iklimi anlamada yetersiz kalmaktadır. Bu iki modelden elde edilemeyen simülasyonlar, hem yerel etkileri içine alacak hem de daha uzun süreli iklimi benzetmeleri yapacak şekilde Bölgesel İklim Modelleri (RCM) tarafından üstlenilmektedir (Önol B., 2001). RCM'in bölgesel ve yerel etkileri içine alacak şekilde iklimle ilgili detaylı çalışmalara olanak sağlaması onu yaygın olarak kullanılan bir araştırma yöntemi haline getirmiştir. Dolayısı ile RCM, iklim değişikliği, iklim çeşitliliği, oluşacak zararları tayin edebilme ve önlemler alabilme kapsamında yapılan araştırmalara girdi sağlar. Kısacası bölgesel iklim modelleri ölçek küçültme yoluyla bölgesel ve yerel detaylar elde ederek hem uygulamada hem

de araştırmada kolaylık sağlamaktadır. Bu geniş kapsamlı ve tutarlı Bölgesel İklim Modelleri'nin basit olduğu anlamına gelmez, aksine iklim süreçlerinin tanımını, geniş kapsamlı bir genel dolaşım modelinden daha karmaşık bir şekilde tanımlanmıştır.

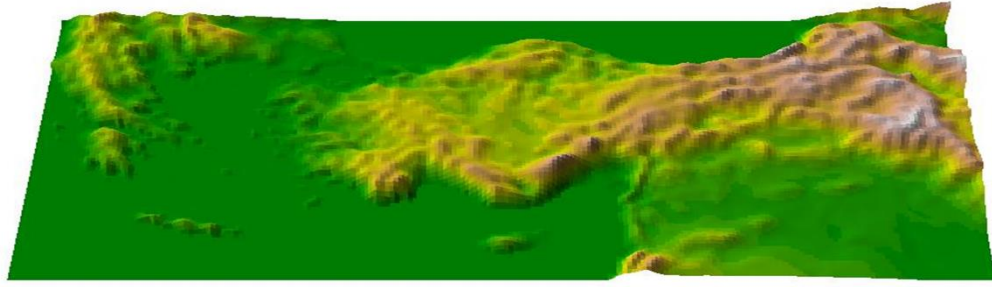
Bu çalışmada seçilen çalışma alanı küresel ölçekte olmadığından ve daha fazla detay elde edebilmek için daha önce Önal tarafından (2010) üretilmiş iklim modeli (RegCM3-NCEP) sonuçları (günlük yağış ve günlük sıcaklık verisi), ekstrem hava olaylarının modellenebilirliğinin araştırılması için analiz edilmiştir.

2.2 Deney Dizaynı

Bu alışmada, Türkiye için bölgesel iklim modeli (ICTP-RegCM3)'ün 1961-2008 yıllarını kapsayan, yaklaşık 50 yıllık dönem için üretilmiş günlük yağış ve sıcaklık ıktıları (Önal B., 2010) kullanılarak, ekstrem iklim indekslerinin ve olası trendlerin hesaplanarak ile iklim değişikliğine bağlı ekstrem olaylardaki olası değişiklikler araştırılmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada, daha önceden üretilmiş, 50 yıllık dönemi kapsayan yüksek çözünürlükte (10km) simülasyonlar kullanılmıştır. Ayrıca ekstremlerdeki olası değişikliklerin araştırılması için belirlenen ekstrem indekslerinin hesaplanmasıyla, şiddetli yağışlar arttı mı, donma noktasının atlındaki günler azaldı mı, sıcak hava dalgaları şiddetlendi mi gibi soruların cevabını bulmak ve ekstremlerin insan hayatına ve doğal sistemlere olan olası zararlarının en aza indirilmesi açısından kalıcı çözümle üretilmesine yardımcı olmak amaçlanmıştır.

Küresel iklim modelleri tarafından üretilen simülasyonların veya NCEP ve ECMWF gibi kurumlar tarafından gözlemler kullanılarak oluşturulan gridlenmiş re-analiz verilerinin düşük çözünürlükte (yatay kutu aralığı 100-250 km) olması sebebiyle bölgesel iklim modelleri ıktıları kullanılarak yatay çözünürlük 10 ila 50 km arasında düşürölmektedir (Onol B., 2010). Dinamik ölçek küçültme olarak adlandırılan bu yöntemle, yüzey topoğrafyasının karmaşık olduğu bölgeler için yapılan simülasyonlarda daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Ölçek küçültme yöntemi, küresel model çıktılarının veya reanaliz verilerinin, dinamik ve fiziksel süreçleri içeren bölgesel atmosfer modellerinin yardımıyla belirli bir bölge üzerinde çözünürlüklerinin arttırılması olarak tanımlanabilir. Bu çalışmada, dinamik ölçek küçültme yöntemini benimseyen RegCM modeli (Giorgi ve diğ., 2012) ıktıları kullanılarak Avrupa üzerinde 50 km çözünürlüğe düşöldükten sonra, 50-km simülasyonunun ıktıları kullanılarak ie yuvalanmış ikinci bir alan olarak Türkiye'yi

de kapsayan daha küçük bir bölge üzerinde 10-km çözünürlüğe sahip simülasyon kullanılmıştır. Model alanı ve topoğrafyası Şekil 2.1’de gösterilmektedir (Önol B., 2010). Sıcaklık ve yağış değişkenlerinin aylık ortalamaları hesaplanarak elde edilen ve gözlemlerle sınıyan ilk sonuçlar oldukça başarılıdır (Önol, 2012). Çalışmada izlenen yöntem atmosferik değişkenlerin (sıcaklık ve yağış) günlük zaman ölçeğinde değerlendirilerek sınıyanmasıdır. Bu analiz sonucunda atmosfer değişkenlerinin güvenilirlik tespiti yapıldıktan sonra ve iklim veri operatörleri yardımı ile daha önceden belirlenen (TX99, TX35, SU, TX90p, TN90p, RR1, RR10, RR20, CDD, R95p) iklim indeksleri hesaplanmıştır. Bu indekslerden elde edilen sonuçların yıllar arası ve on-yıllar arası değişkenliğine bakılarak trend analizleri yapılmıştır. Aşırı olaylardaki eşik değerlerin aşılma sıklığının incelenmesi ve ülkemizde bu değerlerin değişkenliği tartışılmıştır.



Şekil 2.1 : Seçilen model alanının topoğrafyası (Önol B.,2010).

2.3 Kullanılan Veri

Çalışmada iki ayrı veri seti kullanılmıştır. İlk olarak model çıktılarının sınıyanması için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) alınan 187 istasyonun günlük maksimum, minimum sıcaklık ve günlük yağış verileri değerlendirilmiştir (Çizelge 2.1). Diğeri ise NCEP/NCAR reanaliz verileriyle üretilmiş gridlenmiş model çıktılarıdır (Önol B., 2010). Bu iki veri seti arasındaki karşılaştırma, yağış verileri için istasyon noktalarına karşılık gelen model grid kutularının (En Yakın Komşuluk Yöntemi) değerlerinin günlük zaman ölçeğinde alınmasıyla, maksimum ve minimum sıcaklık verileri için ise Bilineer Enterpolasyon yöntemi kullanılarak, her bir istasyon için ayrı ayrı karşılaştırılması yolu ile yapılmıştır.

Seçilen istasyon noktaları ve MGM tarafından verilen istasyon noktaları Şekil 2.1'de gösterilmektedir. İstasyonların alansal dağılımının genel olarak Türkiye ikliminin temsil edebilirliği açısından oldukça yeterli olduğu görölmektedir. Bununla birlikte özellikle dağlık alanlarda ve yerleşim yerlerinden uzak bölgelerde uzun süreli gözlem eksikliği bu haritada da ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple, model çıktılarının için yapılacak doğrulamanın gözlemlerle noktasal karşılaştırmayı temel alması, sonuçların değerlendirilmesinde tutarlılık sağlayacaktır.

Model simölasyon süresiyle uyumluluk açısından gözlem veri aralığı olarak da 1961-2008 yılları arası seçilmiştir. Günlük kayıtların çeşitli nedenlerle aksamaya uğraması sebebiyle verideki istasyonların gözlem devamlılığı incelenmiştir. 187 MGM istasyonunun 107 tanesinde seçilen zaman aralığında %99 ve daha fazla oranda (63 istasyonda %100) günlük veri bulunmaktadır. Geri kalan istasyonlar ise %90 ve daha fazla günlük veriye sahiptir. Eksik gözlemlere sahip istasyonların çoğunluğunda eksik bölümlerin ölçümlerin daha başlamadığı 1961-1964 yılları arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun analizlere olumsuz etkisi minimum düzeyde kalacağı öngörölmüştür. Ayrıca daha fazla sayıda istasyonun model-gözlem karşılaştırmasında kullanılmasının, sonuçların tutarlılığı açısından değerlendirildiğinde faydalı olacağı açıktır. İstasyon ve model verilerinin istatistik ve hata analizlerinin hesaplanması ve grafiklerinin üretilmesinde R programlama yazılımı ve kütüphaneleri (cran.r-project.org) kullanılmıştır. Harita temelli şekillerin üretilmesinde ise NCL programlama (NCAR Command Language) kullanılmıştır.



Şekil 2.2 : MGM istasyonlarının konumları ve istasyon numaraları.

2.4 Noktasal Karşılaştırma

Çalışmada kullanılan günlük yağış, maksimum ve minimum sıcaklık istasyon değerleri ile model tarafından üretilen simülasyonları karşılaştırmak için iki önemli uzaktan algılama yöntemi kullanılmaktadır.

2.5 Bilineer Enterpolasyon Yöntemi

Bilineer enterpolasyon yönteminde hesaplanacak yeni değerin konumuna en yakın dört grid noktasının ortalama ağırlığı kullanılarak yeni değerler hesaplanır. Bu yöntem 4 noktanın lineer enterpolasyonunu kullanarak sonuca ulaşır. Orjinal değer değişir ve istenilen nokta için yeni değerler oluşur. Bu çalışmada sıcaklık verileri için bilineer enterpolasyon kullanılmış ve istasyon noktalarının modeldeki yerleri kullanılarak, o noktaya en yakın 4 grid kutusunun ağırlıklı değerleri kullanılmış ve yeni günlük sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Bu hesaplamalar NCL programlama dili kullanılarak yapılmıştır.

2.6 Kullanılan İndeksler

Model çıktıları hakkında değerlendirme yapabilmek için Türkiye’den seçilen 187 istasyon kullanılmıştır. Modelin istasyon noktalarına denk gelen çıktıları ile istasyonlardaki gözlemleri karşılaştırmak için ETCCDI’nın (Expert Team on Climate Change Detection and Indices) ekstrem indeksleri kullanılmıştır. Yağış verileri için RR1, R10mm, R20mm, R95p, CDD ve maksimum, minimum sıcaklık verileri için TN90p, TX90p, TX99p, TX35, su indeksleri model ve istasyon verilerine uygulanarak karşılaştırmalar yapılmıştır.

2.6.1 Yağış indeksleri

Model çıktıları hakkında değerlendirme yapabilmek için Türkiye’den seçilen 187 istasyon kullanılmıştır. Modelin istasyon noktalarına denk gelen çıktıları ile istasyonlardaki gözlemleri karşılaştırmak için ETCCDI’nın (Expert Team on Climate Change Detection and Indices) ekstrem indeksleri kullanılmıştır.

RR1:

1mm yağış indeksi seçilen dönemdeki yağışlı günlerin sayısını yani yağışın 1mm’den fazla olduğu günlerin miktarını vermektedir.

R10mm:

10 mm indeksi ise 10 mm'den büyük bir başka deyişle sağanakların seçilen dönemdeki sayısı ile ilgilenmektedir.

R20mm:

20 mm ise şiddetli sağanakların seçilen dönemdeki sayısını vermektedir. Bu indekste ölçüt günlük yağışın 20 mm'den fazla olmasıdır.

R95p:

ETCCDI'nın bir diğer yağış indeksi ise R95p'dir. Bu indekste ise eldeki verilere göre seçilen bir referans dönemindeki %95'inci değer eşik değer olarak kabul edilir. Daha sonra çalışılan dönem için bu eşik değerden büyük yağışlı günlerin sayısı hesaplanarak sonuca ulaşılır. Bu çalışmada eldeki veri 1961-2008 dönemini kapsayan yaklaşık 50 yıllık zaman aralığıdır. Referans dönemi olarak ise 1971-2000 zaman dilimi seçilmiştir.

CDD:

Son yağış indeksi olarak da ardışık kurak günler (CDD) indeksi kullanılmıştır. Bu indeks kurak günleri, yağışın 1mm'den az olduğu günler olarak tanımlar. Dolayısı ile bu indeks yağış verilerini kullanarak ardarda kurak günlerin maksimum değerinin bulunması ile hesaplanır.

2.6.2 Sıcaklık indeksleri

Birçok ETCCDI indisi seçilen referans dönemlerinden elde edilen eşik değerleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu referans dönemi sıcaklık indeksleri için 5günlük kayan ortalamalar kullanılarak hesaplanmaktadır. Daha sonra hesaplanan referans döneminden istenilen indekse göre eşik değer belirlenmektedir. Bu çalışmada da daha önce bahsedildiği ve yağış indekslerinde kullanıldığı gibi referans olarak 1971-2000 dönemi kullanılmış ve buradan 5 günlük kayan ortalama hesaplanarak yeni bir seri elde edilmiş, eşik değerler hesaplanmıştır.

TN90p:

İlk olarak sıcak geceleri hesaplamak için kullanılan TN90p indeksinde minimum sıcaklıkların kullanılarak hesaplandığı referans döneminin 90. yüzdelik değeri eşik

değer olarak seçilmektedir. Daha sonra ise bu eşik değerinden büyük minimum sıcaklıkların sayısı hesaplanarak sonuca ulaşılmaktadır.

TX90p:

Sıcak Günler (TX90p) indeksi de TN90p indeksi aynı yollar kullanılarak hesaplanır. Buradaki TN90pden farklı olarak minimum sıcaklıklar yerine maksimum sıcaklıklar kullanılmaktadır.

TX99p:

Daha sonra maksimum sıcaklık değerlerinin en üst %1'lik değerlerini hesaplayan TX99p indeksi kullanılmaktadır.

TX35:

Bir diğer indeks olan çok sıcak günler indeksi (TX35) maksimum sıcaklıkların 35°C'den büyük olduğu günlerin sayısı bulunarak hesaplanır.

SU:

25°C'den büyük günlerin sayısı hesaplanarak yaz günleri indeksi hesaplanmaktadır.

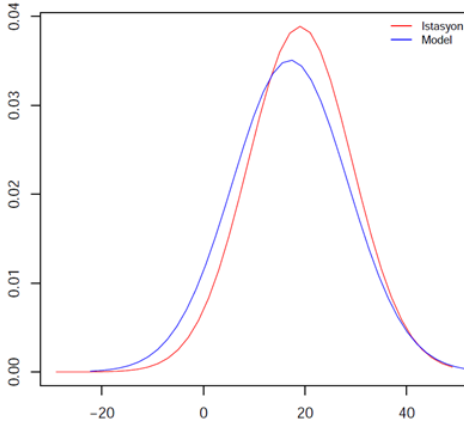
Çizelge 2.1 : Çalışmada kullanılan 187 istasyonun enlem ve boylamları.

İst. No.	İstasyon İsmi	Enlem	Boylam	İst. No.	İstasyon İsmi	Enlem	Boylam
17015	AKCAKOCA	41.08	31.17	17297	DATCA	36.7083	27.6919
17020	BARTIN	41.6248	32.3569	17298	MARMARIS	36.8395	28.2452
17022	ZONGULDAK_BLE	41.4492	31.7779	17300	ANTALYA_HVL	36.9063	30.799
17024	INEBOLU	41.9789	33.7636	17310	ALANYA	36.5507	31.9803
17026	SINOP	42.0299	35.1545	17320	ANAMUR	36.0678	32.8588
17030	SAMSUN	41.3435	36.2553	17330	SILIFKE	36.382	33.937
17033	ORDU	40.9838	37.8858	17340	MERSIN	36.7752	34.6018
17034	GIRESUN	40.9227	38.3878	17351	ADANA	37.0041	35.3443
17040	RIZE	41.04	40.5013	17370	ISKENDERUN	36.5888	36.1548
17042	HOPA	41.4065	41.433	17372	ANTAKYA	36.2048	36.1513
17045	ARTVIN	41.1752	41.8187	17375	FINIKE	36.3022	30.1465
17046	ARDAHAN	41.0922	42.7035	17606	BOZKURT	41.9597	34.0037
17050	EDİRNE	41.6767	26.5508	17608	UZUNKOPRU	41.2562	26.6856
17052	KIRKLARELI	41.7382	27.2178	17610	SİLE	41.1688	29.6007
17054	CORLU	41.1557	27.8173	17622	BAFRA	41.5515	35.9247
17056	TEKIRDAG	40.9585	27.4965	17624	UNYE	41.143	37.293
17059	KUMKOY_KILYOS	41.2505	29.0384	17626	AKCABAT	41.0325	39.5615

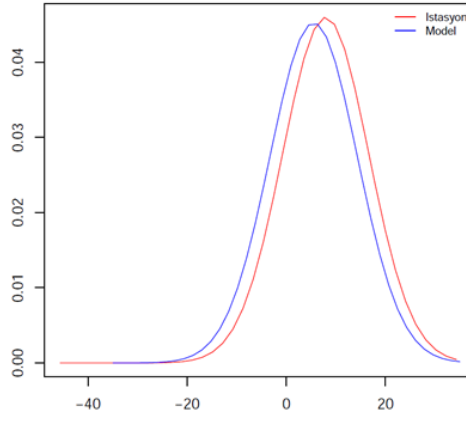
17061	SARIYER	41.1464	29.0502	17628	PAZAR	41.1777	40.8993
17062	GOZTEPE	40.9712	29.0576	17631	LULEBURGAZ-TM	41.3513	27.3108
17066	KOCAELI	40.77	29.93	17632	IPSALA	40.9174	26.3802
17069	SAKARYA	40.7676	30.3934	17636	FLORYA	40.9758	28.7865
17070	BOLU	40.7329	31.6022	17646	CERKES	40.815	32.8831
17072	DUZCE	40.8437	31.1488	17650	TOSYA	41.0132	34.0367
17074	KASTAMONU	41.371	33.7756	17662	GEVYE	40.5214	30.296
17080	CANKIRI	40.6086	33.6102	17664	KIZILCAHAMAM	40.4729	32.6441
17083	MERZIFON	40.8793	35.4585	17666	ISPIR	40.4868	40.9997
17084	CORUM	40.5461	34.9362	17679	NALLIHAN	40.1733	31.332
17085	AMASYA	40.6668	35.8353	17680	BEYPAZARI	40.1608	31.9172
17086	TOKAT	40.3312	36.5577	17681	ZILE	40.296	35.8905
17088	GUMUSHANE	40.4598	39.4653	17682	SEBINKARAHISAR	40.2872	38.4193
17089	BAYBURT	40.25	40.2333	17688	TORTUM	40.3013	41.5378
17090	SIVAS	39.7437	37.002	17692	SARIKAMIS	40.3337	42.5925
17094	ERZINCAN	39.7523	39.4868	17700	DURSUNBEY	39.5778	28.6322
17096	ERZURUM_HVL	39.9529	41.1897	17702	BOZUYUK	39.9039	30.0525
17097	KARS	40.6042	43.1073	17716	ZARA	39.8928	37.7473
17099	AGRI	39.7253	43.0522	17718	TERCAN	39.7728	40.3843
17100	IGDIR	39.9227	44.0523	17720	DOGUBAYAZIT	39.5503	44.0878
17110	GOKCEADA	40.191	25.9075	17726	SIVRIHISAR	39.4453	31.5354
17112	CANAKKALE	40.141	26.3993	17728	POLATLI	39.5834	32.1624
17114	BANDIRMA	40.3315	27.9965	17734	DIVRIGI	39.3618	38.1142
17116	BURSA	40.2308	29.0133	17740	HINIS	39.3688	41.6957
17119	YALOVA	40.6589	29.2796	17742	BERGAMA	39.1096	27.1707
17120	BILECIK	40.1414	29.9772	17748	SIMAV	39.0925	28.9786
17130	ANKARA_BOLGE	39.9727	32.8637	17752	EMIRDAG	39.0098	31.1463
17135	KIRIKKALE	39.8433	33.5181	17756	KAMAN	39.3652	33.7064
17140	YOZGAT	39.8213	34.8095	17760	BOGAZLIYAN	39.1897	35.2532
17145	EDREMIT	39.5895	27.0192	17762	KANGAL	39.2428	37.389
17155	KUTAHYA	39.4171	29.9891	17764	ARAPGIR	39.0405	38.4875
17160	KIRSEHIR_BOLGE	39.1639	34.1561	17776	SOLHAN	38.9597	41.0503
17162	GEMEREK	39.185	36.0805	17780	MALAZGIRT	39.1337	42.5308
17165	TUNCELI	39.1058	39.5408	17784	ERCIS	39.0197	43.3382
17172	VAN	38.4693	43.346	17786	MURADIYE	38.9898	43.763
17175	AYVALIK	39.3113	26.6861	17792	SALIHLI	38.4831	28.1234
17180	DIKILI	39.0737	26.888	17802	PINARBASI	38.7251	36.3904
17184	AKHISAR	38.9118	27.8233	17804	KEBAN	38.7947	38.7442
17186	MANISA	38.6153	27.4049	17806	PALU	38.6907	39.926
17188	USAK	38.6712	29.404	17810	AHLAT	38.7487	42.475
17190	AFYONKARAHISAR	38.738	30.5604	17812	OZALP	38.6573	43.9767
17191	CIHANBEYLI	38.6503	32.9226	17822	ODEMIS	38.2157	27.9642
17192	AKSARAY	38.3705	33.9987	17824	GUNEY	38.1515	29.0587
17193	NEVSEHIR	38.6163	34.7025	17836	DEVELI	38.3713	35.4745
17196	KAYSERI	38.687	35.5	17840	SARIZ	38.4737	36.5022

17199	MALATYA	38.3367	38.2173	17847	ERGANI	38.2541	39.7692
17201	ELAZIG	38.6443	39.2561	17854	SELCUK	37.9445	27.3673
17203	BINGOL	38.8847	40.5007	17860	NAZILLI	37.9135	28.3437
17204	MUS	38.7502	41.5017	17862	DINAR	38.06	30.1538
17205	TATYAN	38.5033	42.2808	17866	GOKSUN	38.024	36.4823
17207	BITLIS	38.411	42.1122	17870	ELBISTAN	38.2038	37.1982
17210	SIIRT	37.9258	41.9345	17880	BASKALE	38.0435	44.0173
17220	IZMIR_BOLGE	38.3949	27.0819	17882	EGIRDİR	37.8377	30.872
17221	CESME	38.3036	26.3724	17884	MILAS	37.3027	27.7804
17232	KUSADASI	37.8597	27.2652	17892	TEFENNI	37.3161	29.7792
17234	AYDIN	37.8402	27.8379	17898	SEYDİSEHİR	37.4267	31.849
17237	DENİZLİ	37.762	29.0921	17902	KARAPINAR	37.7143	33.5267
17238	BURDUR	37.722	30.294	17906	ULUKISLA	37.548	34.4867
17239	AKSEHİR	38.3688	31.4297	17908	KOZAN	37.4337	35.8188
17240	ISPARTA_BOLGE	37.7848	30.5679	17912	SİVEREK	37.7519	39.3287
17242	BEVSEHİR	37.6777	31.7463	17924	KOYCEGİZ	36.97	28.6869
17246	KARAMAN	37.1932	33.2202	17928	HADİM	36.9893	32.4557
17248	EREĞLİ	37.5255	34.0485	17936	KARAIŞALI	37.2503	35.0577
17250	NİĞDE	37.9587	34.6795	17950	CİZRE	37.3326	42.2027
17255	K.MARAS	37.576	36.915	17952	ELMALI	36.7372	29.9125
17261	GAZİANTEP	37.0585	37.351	17954	MANAVGAT	36.7895	31.441
17262	KİLİS	36.7085	37.1123	17958	ERDEMLİ	36.6268	34.338
17265	ADİYAMAN	37.7553	38.2775	17960	CEYHAN	37.0132	35.8055
17270	SANLIURFA	37.1608	38.7863	17962	DORTYOL	36.8243	36.1922
17275	MARDİN	37.3063	40.7235	17964	İSLAHİYE	37.0255	36.6359
17280	DIYARBAKIR_HVL	37.8973	40.2027	17966	BİRECİK	37.0281	37.9638
17282	BATMAN	37.8636	41.1562	17968	CEYLANPINAR-TG	36.8406	40.0307
17285	HAKKARİ	37.5745	43.7388	17979	YUMURTALIK	36.7687	35.7875
17290	BODRUM	37.0328	27.4398	17980	AKCAKALE	36.7276	38.9473
17292	MUGLA	37.2095	28.3668	17981	KARATAS	36.5677	35.387
17294	DALAMAN	36.7719	28.7986	17986	SAMANDAG	36.0755	35.9428
17296	FETHİYE	36.6264	29.1239				

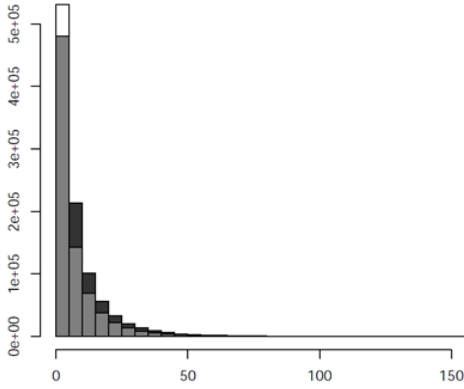
TMAXin Model ve istasyon Olasilik Yogunluk Fonksiyonlari



TMINin Model ve istasyon Olasilik Yogunluk Fonksiyonlari



RT model ve istasyon histogrami



Şekil 2.3 : Maksimum ve minimum sıcaklıklar için olasılık yoğunluk fonksiyonu üst panellerde, yağışlar için histogramlar alt panelde verilmiştir. Açık gri renkli histogram model ve istasyon arasındaki ortak bölgeleri, beyaz istasyonu göstermektedir.

Çalışmada kullanılan tüm istasyonlar için noktasal gözlem ve model verilerinin genel dağılımları yukarıdaki grafikte incelenmiştir (Şekil 2.3). Maksimum ve minimum sıcaklıklar için olasılık yoğunluk fonksiyonu ve yağışlar için histogramlar Şekil 2.3'te gösterilmiştir. Bu karşılaştırma istasyon ve karşılık gelen grid noktalarındaki 1961-2008 yılları arasındaki bütün günler için yapılmıştır. Şekilde de görüldüğü gibi maksimum sıcaklıklarda model sonuçları 10°C 'nin altındaki değerler için daha fazla tahmin yapmaktadır. Ancak üstündeki değerlerde için model sonuçları daha düşük kalmaktadır. Modelin genel olarak negatif taraflılığı olduğu açıkça görülmektedir. Ancak 40°C 'nin üstündeki ekstrem değerler için model ve gözlem değerleri mükemmel yakın bir uyum göstermektedir. Günlük minimum sıcaklıkların dağılımında model ve gözlemler arasındaki benzerlik maksimum sıcaklıklara oranla

çok daha yüksektir. Sadece minimum sıcaklıkların ortalamasının model değerlerinde gözlemlere göre 2°C daha soğuk olduğu görülmektedir.

Günlük yağışlarda ise gözlemler sadece 5 mm'nin altındaki yağış değerleri için daha fazla gün sayısına sahiptir. Bu durum 5 mm'nin üstünde yağış alan bütün diğer günler için model lehinedir. Modelin gözlemlere göre daha çok yağış ürettiği histogramda açıkça görülmektedir. 50 mm'den fazla yağış alan günlerde de model daha yüksek değerler üretmektedir. Bunların dışında dağılım fonksiyonlarında ve histogramlarda görülemeyen aşırı yağışlı ve aşırı sıcak günlerin model sonuçları için ayrıntılı incelenmesi bir sonraki Analiz bölümünde yapılmıştır.

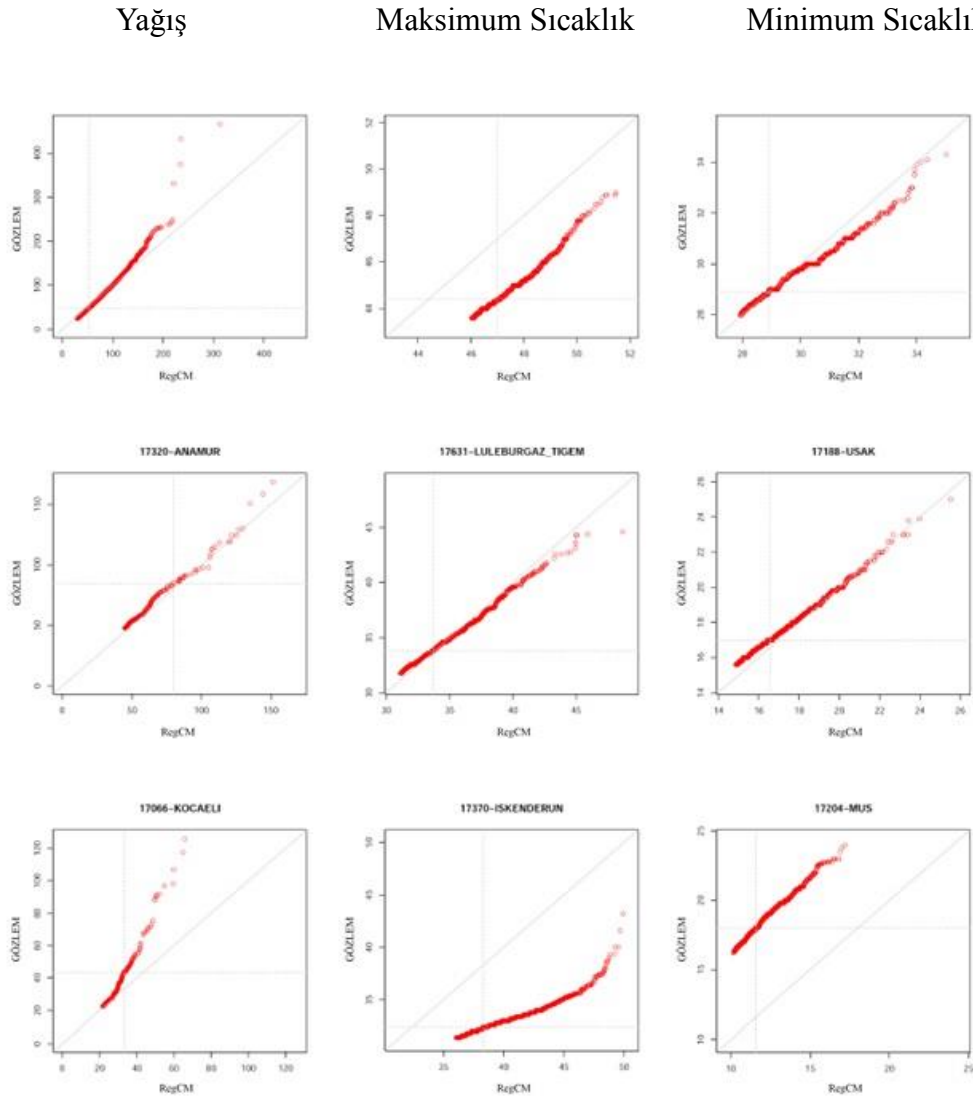
3. ANALİZLER

3.1 Genel Analiz

Çalışmada ilk olarak 10-km yatay çözünürlüğe sahip model sonuçlarının değerlendirilebilmesi için ekstrem değerlerin model tarafından tahmin edilebilirliği sınanmıştır. Bu amaca yönelik en üstteki %90/95/99 yüzdelik dilimler için Q-Q dağılımları R programlama dili kullanılarak çizilmiş ve gözlemlerle model noktaları her istasyon için ayrı karşılaştırılmıştır. Seçilen 187 istasyon noktasının hepsinin tez çalışmasında gösterilmesi mümkün olmadığından her bir değişken için Türkiye üzerindeki bütün istasyonlar birleştirilerek ve aynı grafikte değerlendirilerek incelenmiştir. Buna ek olarak temsil gücü iyi ve kötü birkaç istasyon örnek teşkil etmesi açısından teze eklenmiştir. Model grid noktalarından istasyon noktalarına veri taşımak için iki ayrı yöntem kullanılmıştır. Sıcaklık verileri için bilineer interpolasyon yapılmış, istasyon noktasının çevresindeki dört model grid noktası kullanılarak istasyon noktasına uzaklıkları ağırlıklandırılmış ve buradan bir model değeri elde edilmiştir. Yağışta ise istasyona noktasına en yakın grid noktası model değeri olarak alınmış ve gözlemlerle karşılaştırılmıştır. Yüzey topoğrafyasının sıcaklık ve yağış üzerindeki dinamik etkisinin farklı olması nedeniyle aynı yöntemin kullanılmaması sonuçlara olumlu yönde yansımıştır.

Yöntem bölümünde ayrıntılı olarak anlatılan indekslerin hesaplanan değerlerinin model ve istasyon için gösterimi aynı grafik içinde üçlü panel halinde gösterilmiştir. Şekillerdeki ilk grafikler her bir istasyon noktası için seçilen dönemdeki gözlem ortalamalarını, ikinci grafikler istasyonlara karşılık gelen model noktalarındaki ortalamaları ve son grafikler ise gözlemlerin, model çıktılarından farkını göstermektedir. Bu bölümde sırasıyla yağış indekslerinden; Islak Günler (RR1), Sağanaklı Günler (R10mm), Şiddetli Sağanaklı Günler (R20mm), Çok Islak Günler (R95p), kuraklık indekslerinden; Ardarda Kurak Günler (CDD) ve sıcaklık indekslerinden; Sıcak Geceler (TN90p), Sıcak Günler (TX90p), Çok Sıcak Günler (TX99p), Aşırı Sıcak Günler (TX35), Yaz Günleri (SU) model ve gözlemler için hesaplanmış ve farkları alınarak ekstrem olayları yakalamadaki becerisi sınanmıştır.

Yine hesaplanan tüm indeksler için model sonuçları bütün Türkiye üzerindeki grid noktalarında hesaplanmış ve grafikleri üretilmiştir.

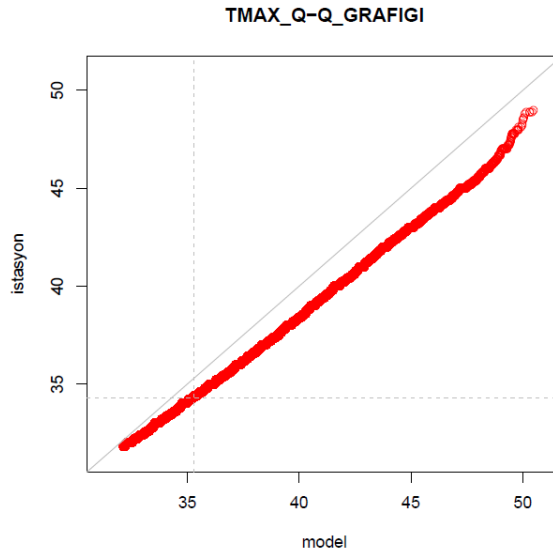


Şekil 3.1 : En üstteki satır günlük bütün verilerin birleştirilmesiyle elde edilen, yağış için %95, maksimum ve minimum sıcaklık için %90 yüzdelik alanlardaki Q-Q grafiğini vermektedir. İkinci satırda iyi sonuç veren istasyonlar, üçüncü satır kötü sonuç veren istasyonlar örnek verilmiştir.

Bunların dışında bütün istasyon noktalarında indekslerin yıllar arası değişkenliği hesaplanmış, her iki veri için (gözlem-model) zaman serileri oluşturulmuş ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Bütün noktalar ve indeksler için grafiklerin teze eklenmesi mümkün olmadığından, temsili olarak seçilen birkaç tanesi üzerinden

tartışma yapılmıştır. Model ve istasyon noktaları için üretilen zaman serilerinin arasındaki korelasyonlar da hesaplanmıştır.

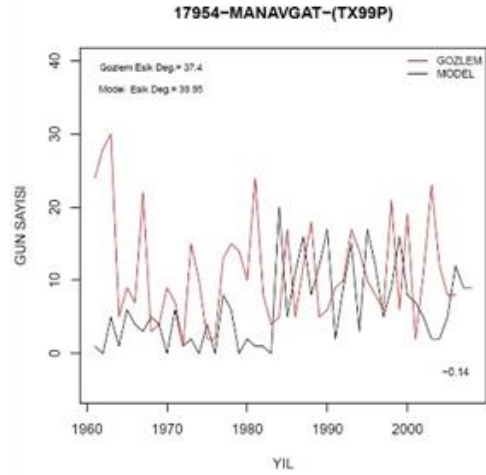
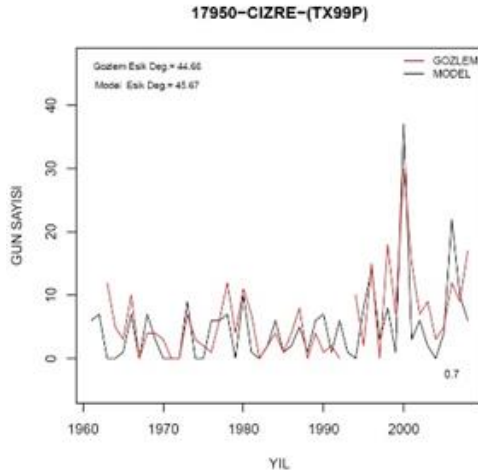
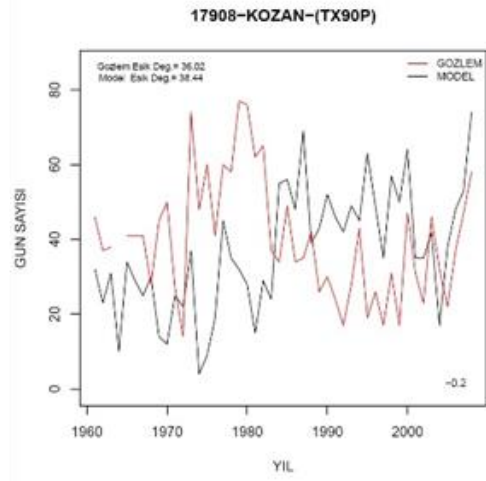
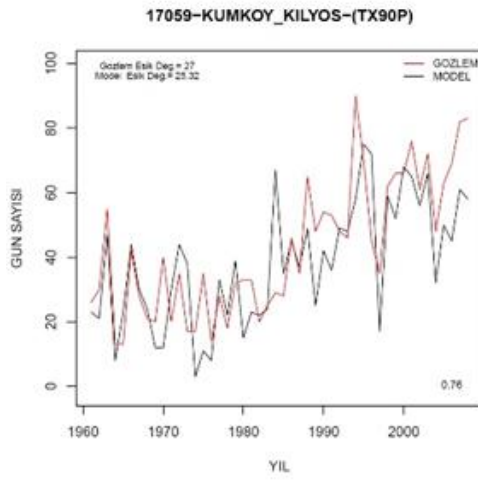
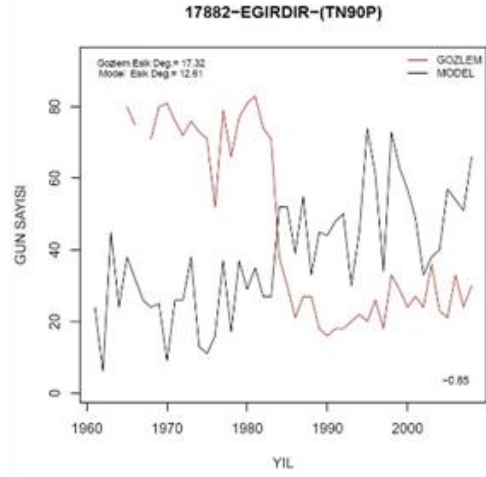
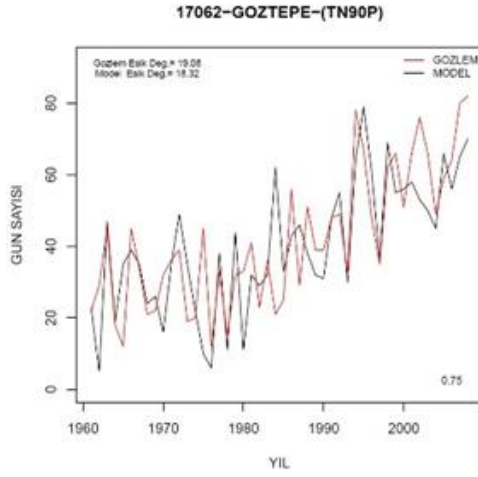
Şekil 3.1.'de gösterilen Q-Q dağılımlarında en üstteki üçlü panel günlük bütün verilerin birleştirilmesiyle elde edilen, yağış için %95, maksimum ve minimum sıcaklık için %90 yüzdelik alanlardaki Q-Q grafiğini vermektedir. Kesikli çizgiler yağış için %99 ve sıcaklık için %95'lik dilimleri göstermektedir. İkinci satırda iyi sonuç veren istasyonlardan yağış için Anamur seçilmiş ve 100 mm üstündeki yağışlarda bile model ile gözlem arasındaki uyum dikkat çekicidir. Bu durum en üstteki birleştirilmiş veride de açık olarak görülmektedir. Kötü sonuç veren istasyon olarak seçilen Kocaeli'nde (alttaki panel) ise istasyonlardaki değerler daha yüksek gözükmemektedir. Kocaeli istasyonundan farklı olarak bütün istasyonlara genel olarak bakıldığında, model yağışta daha yüksek değerler üretmektedir. Maksimum sıcaklık için seçilen Lüleburgaz (ortadaki panel) bütün istasyonların birleştirilmesiyle oluşturulmuş (üstteki panel) veriye göre çok daha iyi sonuç vermektedir. Üçüncü satırdaki kötü sonuç veren istasyonlara örnek olarak verilmiş İskenderun'da genel duruma benzer sonuç vermiştir. Akdeniz bölgesindeki istasyonlarda maksimum sıcaklıklarda ciddi hatalar görülmektedir. Bu durum MGM istasyon ölçümlerindeki ciddi tutarsızlıkların göstergesidir. Özellikle Antalya'dan Hatay'a kadar olan kıyı



Şekil 3.2 : Hatalı olduğu düşünülen istasyonların çıkarılmasıyla elde edilen maksimum sıcaklık için %90 yüzdelik alanlardaki Q-Q grafiğini göstermektedir.

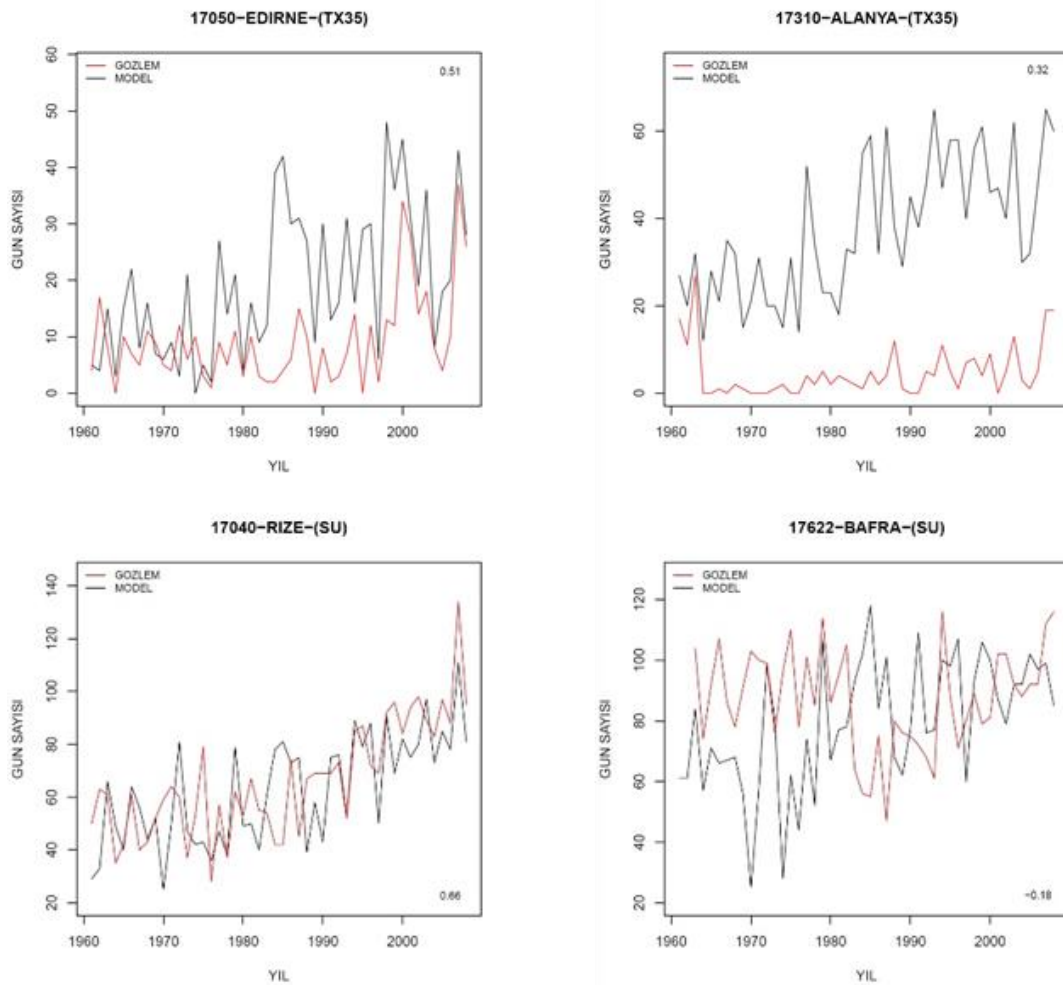
şeridindeki istasyonlarda ölçümlerle model arasında ciddi sapmalar gözlenmiştir. Karadeniz bölgesindeki istasyonlarda bile 40°C aşan maksimum sıcaklıklar gözükürken, Akdeniz sahil şeridindeki istasyonlar Karadeniz’le aynı karakteri göstermektedir. Türkiye’nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi ile birlikte en sıcak bölgesi olan Akdeniz bölgesindeki bu sapmanın gözlem kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla, sahil şeridindeki hatalı olduğu düşünülen 12 istasyon (17310-Alanya, 17320-Anamur, 17330-Silifke, 17340-Mersin, 17370-İskenderun, 17372-Antakya, 17958-Erdemli, 17960-Ceyhan, 17962-Dört Yol, 17979-Yumurtalık, 17981-Karataş, 17986-Samandağ) çıkarılıp maksimum sıcaklığın Q-Q grafiği yeniden çizilmiştir (Şekil 3.2). Bu düzeltmeden sonra model ve gözlemler oldukça tutarlı bir sonuç vermektedir. Minimum sıcaklıklarda genel duruma bakıldığında ise gözlemlerle model sonuçlarının oldukça tutarlı olduğu belirlenmiştir. Hatalar genelde Doğu Anadolu’daki yüksek kesimlerde görülmektedir. Muş istasyonundaki sapma da bu yüzden grafiğe dâhil edilmiştir.

Şekil 3.3’te gösterilen TN90p, TX90p ve TX99p ve Şekil 3.4’te gösterilen TX35 ve SU sıcaklık indeksleri için iyi ve kötü sonuç veren istasyonlardan örnekler verilmiştir. 1961-2008 yılları arası için hesaplanan indeks değerlerinde model-gözlem arasındaki karşılaştırmada daha genel bir değerlendirmeye imkân sağlayan sıcaklık indekslerinin zaman serisi olarak gösterilmektedir. Aşağıda gösterilen TN90p indeksinde, Göztepe’de model ile istasyon verileri birbirleriyle çok uyumlu artan bir trend göstermekte ve hesaplanan korelasyon (0.75) lineer bir ilişkinin varlığını göstermektedir. Ancak Eğirdir istasyonunda hem negatif bir korelasyon bulunmuş hem de istasyon verilerinde model ile uyumsuzluklar görülmektedir. TX90p’nin iyi sonuç veren zaman serisine örnek olarak Kumköy-Kilyos istasyonu seçilmiştir. Sıcaklıktaki son 10 yılda meydana gelen artışı iyi bir şekilde temsil eden bu istasyon noktasında, model ve istasyon arasında hesaplanan korelasyon da oldukça yüksektir (0.76). Model ve istasyon eşik değerleri de birbirine oldukça yakındır. Bu sebeple modelin oldukça tutarlı bir şekilde ekstremleri yakaladığını söylemek doğru olacaktır. TX90p için kötü sonuç veren istasyon olarak Kozan istasyonu seçilmiştir. Buradaki uyumsuzluğun ve negatif korelasyonun yine gözlemlerdeki hatalardan kaynaklandığı düşünülmektedir. TX99p indeksinde ise Çizre istasyonunda model ile gözlem oldukça uyumlu ve son dönemdeki artışlar başarılı bir şekilde yakalanırken, Manavgat için aynı durumdan söz edilemez. Model-



Şekil 3.3 : Sıcaklık indeklerinden üç tanesi (TN90p, TX90p ve TX99p) için iyi (sağ sütun) ve kötü (sol sütun) sonuç veren 6 farklı istasyondan örnekler seçilmiştir. Model (siyah) ve gözlem (kırmızı) verilerinden hesaplanan indeks değerleri 1961-2008 yılları arası için zaman serisi olarak gösterilmektedir.

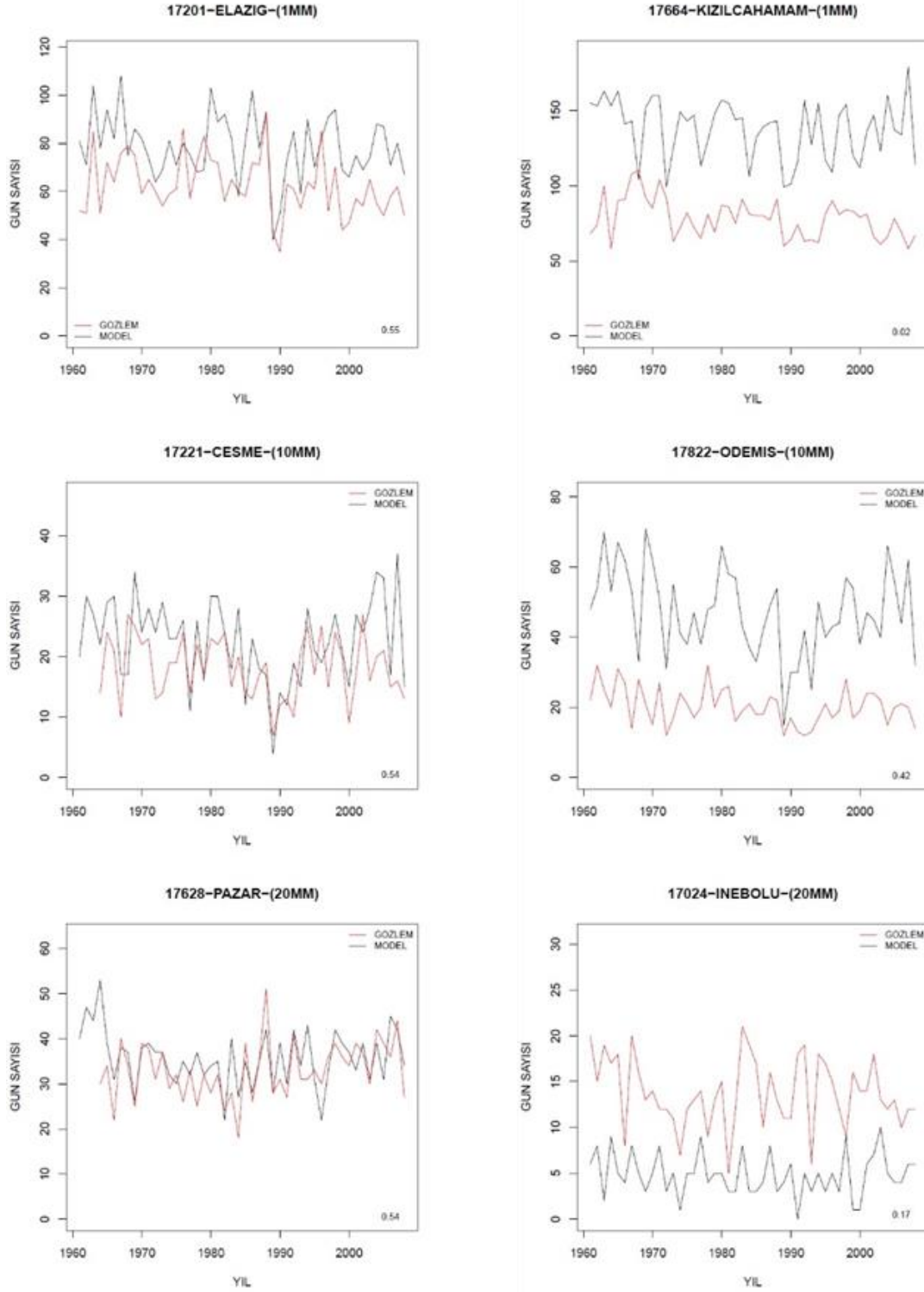
gözlem karşılaştırmasında, TX35 için yıllar arası değişkenliği ve pozitif trendi oldukça makul bir seviyede gösteren Edirne istasyon noktası seçilmiştir. Özellikle her iki veride de son 10 yıllık dönemdeki artış ciddi olarak değerlendirilebilir. Olumsuz sonuç veren noktalar Q-Q dağılımında da belirtildiği gibi güney kıyılarımızdaki istasyonlardır. Seçilen Alanya istasyon noktasında bu açıkça görülmekte ve TX35 gözlemleri gerçekçi olmayan şekilde düşük çıkmaktadır. Hatta bu değerlerin Edirne istasyonundan bile daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun nedenleri MGM ile yapılan görüşmelerle araştırılmaya devam edilmektedir. Model-gözlem karşılaştırmasında SU için yıllar arası değişkenliği ve pozitif trendi



Şekil 3.4 : Sıcaklık indeklerinden iki tanesi (TX35 ve SU) için iyi (sağ sütun) ve kötü (sol sütun) sonuç veren dört farklı istasyondan örnekler seçilmiştir. Model (siyah) ve gözlem (kırmızı) verilerinden hesaplanan indeks değerleri 1961-2008 yılları arası için zaman serisi olarak gösterilmektedir.

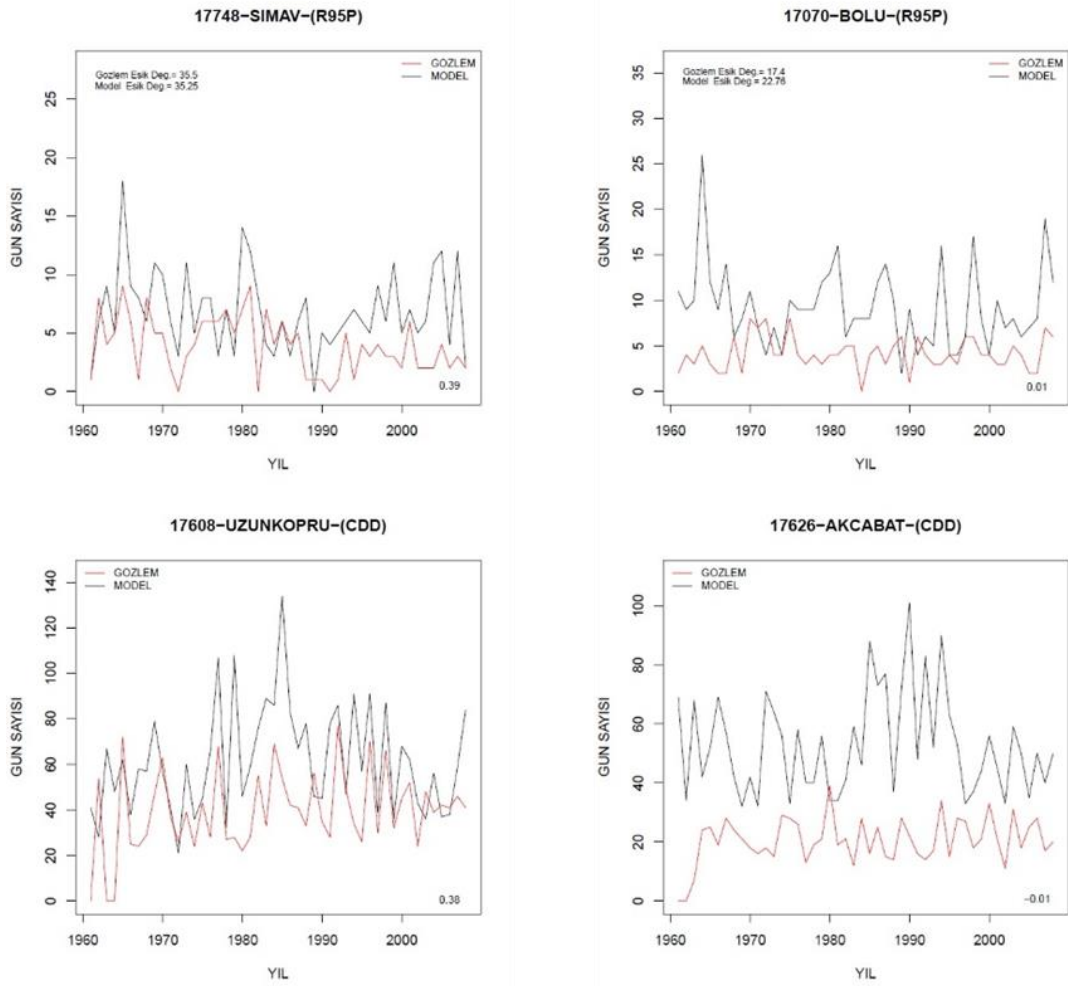
oldukça makul bir seviyede gösteren Rize istasyon noktası seçilmiştir. Diğer sıcaklık indekslerinde olduğu gibi bu indekste de son 10 yıldaki artış trendlerinin yakalandığı açıkça görülmektedir. Bunun aksine Bafra istasyon noktasında model ile gözlem sonuçları uyumlu bir pozitif trende sahip değildir.

Şekil 3.5'te gösterilen RR1, R10mm ve R20mm ve Şekil 3.6'da gösterilen R95p ve CDD yağış indeksleri için iyi ve kötü sonuç veren istasyonlardan örnekler verilmiştir. Aşağıda gösterilen RR1 indeksinde, Elazığ'da model ve istasyon verileri birbirleriyle çok uyumlu negatif bir trend gösterirken, Kızılcahamam'da modelin ürettiği yağışlı gün sayısından ciddi bir sapma vardır. Bu indeks için korelasyonlar incelendiğinde, iyi sonuç veren istasyonda hesaplanan korelasyon 0.56 iken, Kızılcahamam istasyonunda 0.02 hesaplanmıştır. R10mm'nin iyi sonuç veren zaman serisine örnek olarak Çeşme istasyonu seçilmiştir. Model ile gözlem arasındaki uyum açıkça görülmekte ve hesaplanan korelasyon (0.54) da bu ilişkiyi doğrulamaktadır. Bu indeks için kötü sonuç veren istasyon olarak da Ödemiş istasyonu seçilmiştir. Bu istasyonda hesaplanan korelasyon 0.42'dir ve gözlemle modelin zamansal artış ve azalışları uyumludur. Ancak ortalama 20 gün civarında model istasyondan daha fazla sağanaklı gün üretmektedir. R20mm indeksi için iyi sonuç veren istasyon olarak Pazar istasyonu seçilmiş ve korelasyon değeri 0.54 olarak hesaplanmıştır. Bu istasyonda model ve gözlem değerleri birbirine oldukça yakındır. Bunun aksine kötü sonuç veren istasyon olarak seçilen İnebolu'da gözlemlerde modele göre daha fazla şiddetli sağanaklı gün vardır ve korelasyon 0.17 olarak hesaplanmıştır. Model ve gözlem karşılaştırmasında R95p indeksi için yıllar arası değişkenliği iyi bir şekilde gösteren Simav istasyonu seçilmiştir. Bu istasyonda hesaplanan korelasyon (0.39) model ile istasyon arsında pozitif lineer bir ilişkinin varlığını göstermektedir. Ayrıca model ve gözlemler için hesaplanan eşik değeri neredeyse aynıdır. Bu durum modelin gözlemlere olan yakınlığının kanıtıdır. R95p indeksi için kötü sonuç veren istasyonlardan seçilen Bolu için ise model ve gözlem değerleri birbirine oldukça yakındır ancak hesaplanan korelasyon değeri (0.01), model ve gözlem arasında lineer ilişki olmadığını göstermektedir. Buradaki hata yine ölçümlerden veya modelin yağıştaki taraflılığından kaynaklanabilir. Son olarak kuraklık indeksi CDD için iyi sonuç veren istasyon olarak seçilen Uzunköprü'de korelasyon 0.38 olarak hesaplanmıştır. Bu istasyonda model ve gözlem değerleri birbirine oldukça yakındır.



Şekil 3.5 : Yağış indeklerinden üç tanesi (RR1, R10mm ve R20mm) için iyi (sağ sütun) ve kötü (sol sütun) sonuç veren altı farklı istasyondan örnekler seçilmiştir. Model (siyah) ve gözlem (kırmızı) verilerinden hesaplanan indeks değerleri 1961-2008 yılları arası için zaman serisi olarak gösterilmektedir.

Uzun köprü istsyonunun akisne Akçabat istasyonunda korelasyon -0.01 olarak hesaplanmış ve model ve istasyon değerleri uyumlu bir pozitif trende sahip değildir. Hem sıcaklıkta hem de yağışta zamansal değişkenliği anlamak için elde edilen zaman serileri model ve gözlemler arasındaki uyumluluğu göstermektedir. Elde edilen bu sonuçları daha sağlıklı analiz edebilmek için hesaplanan maksimum korelasyon değerleri ise sıcaklık ve yağış için sırasıyla 0.82 ve 0.62'dir. Dolayısı ile hem zaman serilerindeki uyumluluk hem de korelasyon değerleri modelin ekstremleri yakalamadaki becerisini ortaya koymaktadır.



Şekil 3.6 : Yağış indeklerinden iki tanesi (R95p ve CDD) için iyi (sağ sütun) ve kötü (sol sütun) sonuç veren dört farklı istasyondan örnekler seçilmiştir. Model (siyah) ve gözlem (kırmızı) verilerinden hesaplanan indeks değerleri 1961-2008 yılları arası için zaman serisi olarak gösterilmektedir.

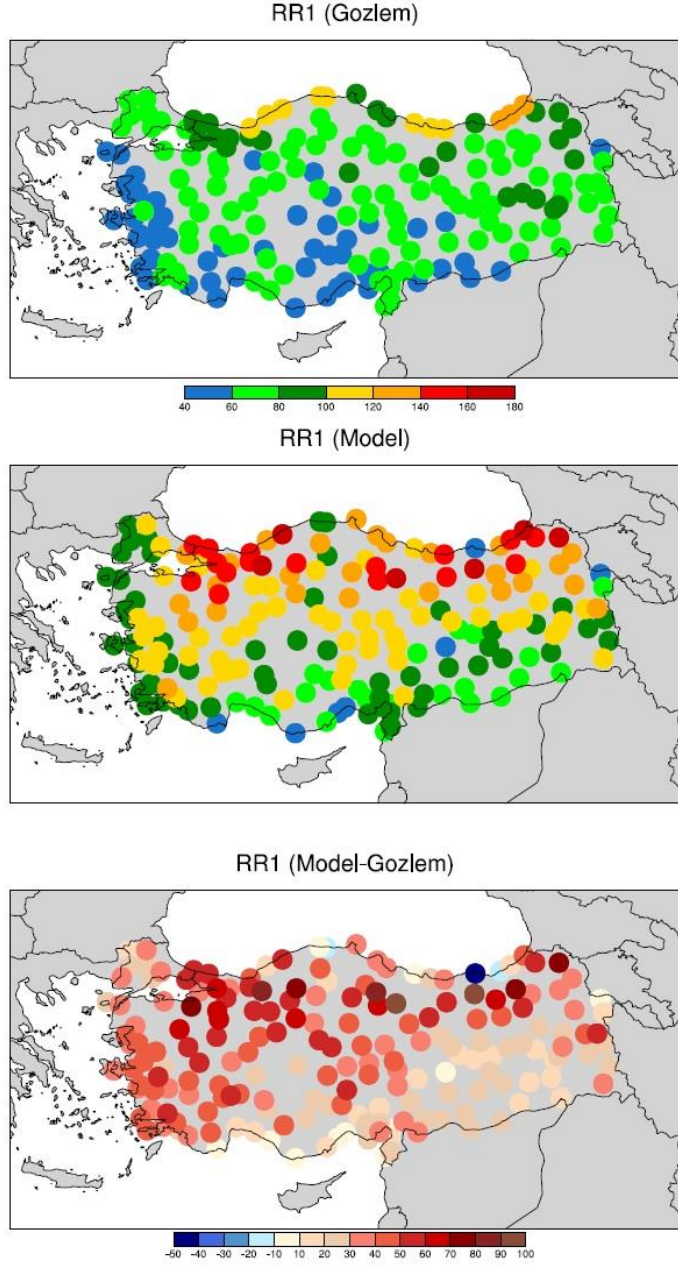
3.2 Yağış İndeksleri

Bu bölümde model ve gözlem verilerinden hesaplanan Islak Günler (RR1), Sağanaklı Günler (R10mm), Şiddetli Sağanaklı Günler (R20mm), Çok Islak Günler (R95p) ve Ardarda Kurak Günler (CDD) (kuraklık indeksi) indeks değerleri karşılaştırılacaktır.

3.2.1 RR1

Gözlemler için yağışlı günler indeksi Şekil 3.7’den incelendiğinde, Ege Bölgesi’nin büyük bir kısmında, özellikle sahil şeridinde, yağışlı gün sayısının 40-60 gün arasında değiştiği gözlenmektedir. Ancak Ege Bölgesi’nin iç kesimlerine doğru artan yükseklikler nedeniyle yağışlı gün sayısı artmakta ve 60-80’lere ulaşmaktadır. Ege Bölgesi için model sonuçları incelendiğinde, kıyı şeridinde yağışlı gün sayısının 80-100 gün arasında değiştiği, iç kesimlere doğru ise 100-120 günlere ulaştığı gözlenmektedir. Dolayısı ile üçüncü grafikte de görüleceği gibi Ege bölgesi için elde edilen simülasyonla, gözlemler arasındaki farkın ortalama 30-40 gün civarında olduğu, bir başka deyişle modelin daha fazla yağışlı gün ürettiği söylenebilir. Marmara Bölgesi’nin gözlem sonuçlarına göre bölgenin kuzeybatısında ve Bursa, Balıkesir dâhil olmak üzere güney kısmında yağışlı gün sayısının 60-80 gün civarında, Çanakkale’de 40-60 gün civarında ve İstanbul’dan başlayarak Kocaeli’ne doğru uzanan kesimde ise 80-100 gün civarında olduğu söylenebilir. Model ise bu bölgenin kuzeybatısı ve Çanakkale için genellikle 80 ile 100 gün civarında, Bursa ve Balıkesir kısmını kapsayan güney kısmında ise ortalama 120 ile 140 gün arasında sonuçlar üretmiştir. Buna bağlı olarak Marmara Bölgesi için model sonuçları genel olarak 40-50 gün civarında gözlemlerden sapma göstermektedir. Benzer şekilde İç Anadolu Bölgesi gözlemleri incelenecek olursa, yağışlı günlerin sayısı bölge genelinde çoğunlukla 60 ile 80 gün civarında, bazı kesimlerinde ise 40 ile 60 gün civarında olduğu söylenebilir. Model sonuçları ise çoğunlukla 100-120 gün civarında, bazı kesimlerde 80-100 gün civarında ve nadir olarak da 120-140 günlere ulaşan sonuçlar vermektedir. Model ve gözlem değerleri dikkate alındığında, üçüncü grafikte de görüldüğü gibi farklarda, 10 ile 60 gün aralığında bir değişim söz konusudur. Ancak istasyon noktası bazında bakılacak olursa ortalama 30-40 günler civarında bir farktan söz edilebilir. Karadeniz Bölgesi’nin gözlem sonuçları incelendiğinde, özellikle Batı Karadeniz ve Doğu Karadeniz kıyılarında 100-120 gün civarında yağışlı gün olduğu söylenebilir. Ayrıca özellikle Artvin olmak üzere, Doğu

Karadeniz Bölgesi'nde ise 120-140 günlere çıktığı görülmektedir. Bu kıyı şeridindeki yağışlı gün sayısının çokluğu bölgenin topoğrafik yapısıyla orantılı olarak değişmektedir. Karadeniz Bölgesi'nin iç kesimlerinde ise yağışlı gün sayısı 60-80 gün civarındadır. Model sonuçları incelendiğinde ise Batı, Orta ve Doğu Karadeniz kıyı şeridi için genellikle benzer sonuçlar vermekte, yağışlı gün sayısı doğuya doğru gidildikçe 80'den 160'lara kadar çıkmaktadır. Bu sonuç, modelin dağlık bölgelerdeki özellikle yağışta görülen pozitif taraflılığı ile açıklanabilir. İç kesimlerde de gözlemlerin aksine 100 günler civarında değerler görülmektedir. Dolayısı ile üçüncü grafikte model sonuçları ile gözlemler arasındaki farklara bakıldığında kıyı şeridinde ortalama olarak 20-30 gün civarında değişiklik gösterdiği, iç kesimlere doğru ilerledikçe bu farkın 50-60 günlere kadar ulaştığı söylenebilir. Doğu Anadolu Bölgesi için yağışlı gün sayısının, genellikle 60-80 gün civarında, bazı bölgelerde ise 80-100 gün civarında değiştiği söylenebilir. İkinci grafikteki model sonuçlarına bakacak olursak, Doğu Anadolu Bölgesi için gün sayısı 60-80 aralığından başlayarak, özellikle Doğu Karadeniz sınırına yaklaşan bölümde ve Ağrı'da 120-140 günlere kadar ulaşan yağışlı gün sayısı gözlenmektedir. Fark grafiği incelendiğinde ise, en büyük farkın özellikle Ağrı Dağı'nın bulunduğu bölümde olduğu ve bu farkında 30-50 gün civarında değiştiği görülmektedir. Bunun dışında, Doğu Anadolu Bölgesi için model sonuçları oldukça iyi, farklar oldukça azdır ve 10 ile 30 gün aralığında model daha fazla yağışlı gün üretmiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi gözlem sonuçları ise yine genellikle 60-80 gün civarında, bazı bölgelerde ise 40-60 gün civarındadır. Güneydoğu Anadolu için model sonuçlarına bakılacak olursa, orada da genel yağışlı gün sayısı 60-80 gün civarında, bazı kesimlerinde ise 80-100 gün civarlarındadır. Üçüncü grafikte simülasyonların gözlemlerden farkı incelenirse, 10 ile 30 gün arasında modelin daha fazla yağışlı gün ürettiği söylenebilir. Son olarak da Akdeniz Bölgesi için gözlem sonuçları incelendiğinde, çoğunlukla 40-60 gün arasında, bazı kesimlerde ise 60-80 günlere ulaşan yağışlı gün sayısı olduğu görülmektedir. Model sonuçlarında ise yağışlı gün sayısı genellikle 60-80 gün civarındadır. Hatay ve civarında ise 80-100 günlere ulaşmaktadır. Fark grafiğine bakacak olursak, Akdeniz Bölgesi için model gözlemlerden genellikle 10 ile 30 gün aralığında bir sapma yapmaktadır. Sonuç olarak Türkiye üzerindeki bölgeler coğrafi özellikleri dâhilinde, genel olarak 40-50 gün farkla model tarafından simüle edilebilmektedir ve olası farklar bölgelerin topoğrafya özellikleriyle açıklanmaktadır. Bundan ayrı sonuçlar noktasal olarak, yani istasyon bazında



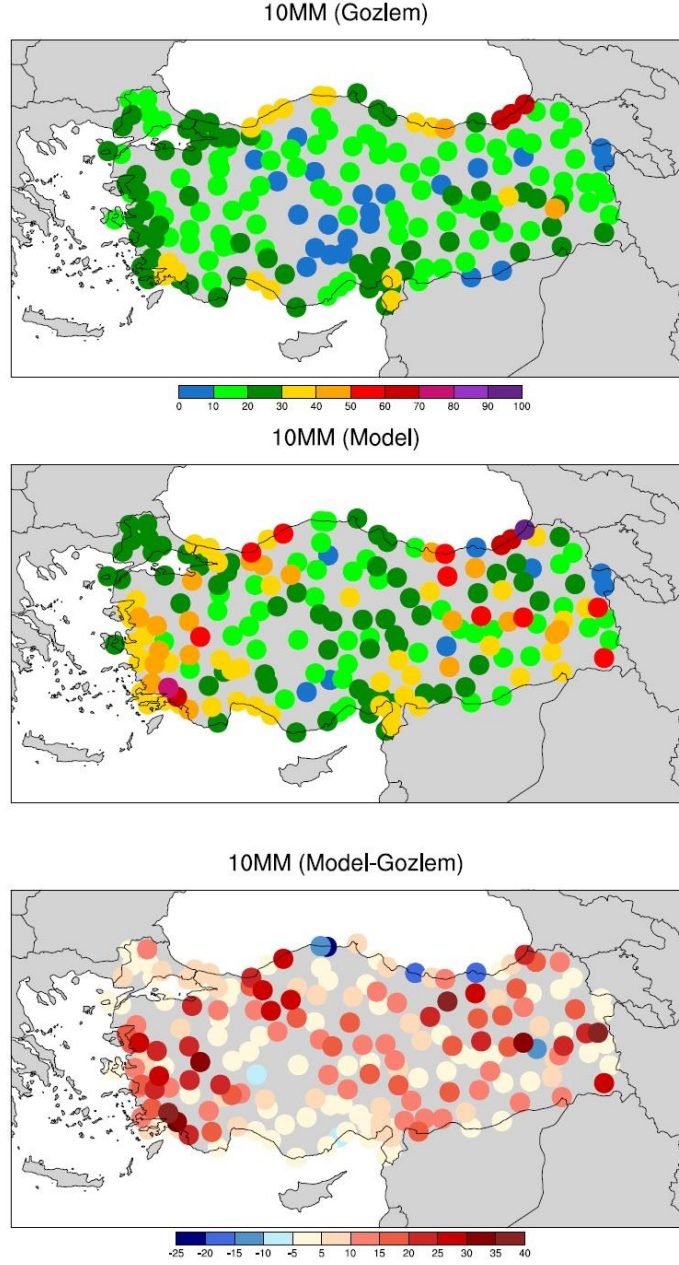
Şekil 3.7 : RR1 indeksi için hesaplanan Gözlem, Model ve Model-Gözlem değerlerinin uzun yıllar ortalamaları gösterilmektedir.

incelendiğinde farkların genellikle 20-40 günler civarında olduğu söylenebilir. Genel olarak yağışlı günlerin sayısı mevsimsellikle ciddi değişiklikler göstermektedir. Ancak bu çalışmada ilk aşamada düşünülen yıllık değişimlerin ve genel ortalamaların hangi oranda modellendiğinin belirlenmesidir. Bu sebeple mevsimsel değişkenlikle ortaya çıkabilecek farklılıklar tezin bu aşamasında ihmal edilmiştir.

3.2.2 R10mm

Seçilen Sağanak yağışların sayısı ile ilgilenen bu indekste, şekil 3.8'e bakılarak öncelikle Ege Bölgesi incelenecek olursa, bu bölgenin sahil kısmında yer alan Aydın ve İzmir gibi şehirlerde sağanakların 20-30 günler civarında meydana geldiği gözlenirken, iç kesimlere doğru sağanakların sayısı 10-20 günlere düşmektedir. Ege Bölgesi için model simülasyonlarına bakıldığında, sağanak sayısının ortalama 30-50 gün arasında salınım gösterdiği gözlenmektedir. nc grafikte Ege Bölgesi için model sonuçlarının gözlemden ne kadar sapma gösterdiğine bakılırsa, modelin pozitif taraflılığı söz konusudur. Ancak kıyı kesimlerinde model sonuçlarında sadece 10 ile 15 gün arasında, i kesimlere doğru ise 25-30 günlere varan sapmalar gözlenmektedir. Marmara Bölgesi'ne bakıldığında, İstanbul'dan başlayarak doğuya doğru olan bölgede ve sahil kesimlerinde sağanak sayısının 20-30 günler civarında meydana geldiği gözlenmektedir. Yine Marmara Bölgesi'nin kuzeydoğusunda bulunan bölgede, sağanak yağışların gerçekleştiği gün sayısının 10-20 günler civarında olduğu gözlenmektedir. Bu bölge için model sonuçlarına incelendiğinde, bölge genelinde gözlemlerde olduğu gibi sağanak olan günlerin sayısı ortalama 20-30 gün civarındadır. Ancak İstanbul ve kıyı şeridinden şile'ye doğru uzanan kısımda, sağanak sayısının 30-40 günlere ulaştığı görülmektedir. nc grafikteki sapma değerlerine bakıldığında, Marmara Bölgesi için modelin oldukça iyi sonuçlar verdiği söylenebilir. Gözlemlerden olan sapma miktarı, Marmara Bölgesi genelinde -5 ile 5 gün arasında, bazı noktalarda ise 5-10 gün arasında değişmektedir. İç Anadolu Bölgesi'nin gözlem sonuçlarına göre, bölge genelinde R10mm indeksinin değeri 0 ile 10 gün arasında bazı noktalarda ise 10 ile 20 gün arasındadır. Modelde hesaplanan indeks değerleri ise genellikle 10-20 günler civarında, bazı noktalarda 20-30 günlere çıkmaktadır. İç Anadolu Bölgesi, Türkiye'nin en az yağış alan bölgelerinden biri olduğundan bu sonuçlar oldukça tutarlıdır. Bu bilgiler ışığında, fark grafiğinde de görüleceği gibi, İç Anadolu Bölgesi'ndeki yağışlar genellikle -5 ile 10 gün arasında, bazı noktalarda ise 20-30 günlere kadar çıkan farklarla simüle edilebilmektedir. Karadeniz Bölgesi'nde sağanakların gerçekleştiği gün sayısı beklendiği gibi diğer bölgelere göre daha fazladır. Bu bölgenin, özellikle sahil şeridinde, yani Batı ve Orta Karadeniz'de sağanak olan günlerin sayısının 20'lerden başlayarak 30-40 günlere çıktığı ve doğu Karadeniz Bölgesi'nde maksimum değere ulaşarak 60-70 günler arasında olduğu gözlenmektedir. Ancak bölgenin iç kesimlerinde, yani dağlık

bölgenin iç kesimlerinde sağanakların gözlenme sıklığı 10-20 günler civarındadır. Model sonuçlarında ise yine sahil şeridinde iç kesimlere oranla daha fazla gün sağanak gözlenmektedir. Ancak bu kez R10mm indeksi 10 günlerden başlayarak Türkiye'nin en kuzeydoğusunda yer alan Artvin'de 90-100 günlere ulaşmaktadır. Karadeniz Bölgesi'nin iç kesimlerinde ise sağanak sayısı 10 ile 40 gün arasında değişiklik göstermektedir. Son grafikte ise açıkça görüleceği gibi model gözlem sonuçlarıyla oldukça uyumludur. Birkaç istasyona ait hesaplanan ekstrem değer dışında, modelin istasyon değerlerinden saptığı gün sayısı ortalama 5-10 gün civarındadır. Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki gözlem sonuçlarına göre sağanakların gerçekleştiği gün sayısı 0 ile 30 gün arasında salınım göstermektedir. Model sonuçları da genel olarak gözlemlere paralel bir sonuç vermiştir. Ancak bazı istasyonlarda 50-60 günlere ulaşan değerler olduğu da görülmektedir. Fark grafiğinde ise modelin gözlemlerden birkaç istasyon dışında, sadece -5 ile 10 gün aralığında sapmalar gösterdiği söylenebilir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi gözlem sonuçlarına göre, sağanağın gerçekleştiği günlerin sayısı genel olarak 10-20 gün civarında, bazı kesimlerde ise 20-30 günlere çıkmaktadır. Model sonuçlarında genel olarak gözlem sonuçlarıyla paralel sonuçlar görülmektedir. Sadece bazı kesimlerde, gözlemlerin aksine 30-40 günler görülmektedir. Dolayısı ile modelin gözlemde ne kadar saptığını gösteren üçüncü grafikten de görüleceği gibi, sapma -5 ile 20 gün aralığında meydana gelmektedir. Akdeniz Bölgesi için gözlemlere bakıldığında, sağanaklı geçen gün sayısı 0 ile 40 gün arasında değişmektedir. Model için de aynı durum söz konusudur. Ancak 30-40 gün civarında sağanağın görüldüğü istasyon noktası modelde daha fazladır. Son olarak fark grafiğinde sonuçların oldukça yakın olduğunu, fark değerlerinin genellikle -5 ile 10 arasında salındığını söyleyebiliriz. Sonuç olarak Türkiye üzerindeki bölgelerdeki şiddetli yağmurların görülme sıklığı, model tarafından iyi bir şekilde yakalanmaktadır. Ancak özellikle Ege ve Karadeniz kıyılarında, yani coğrafi olarak denize yakın dağlık bölgelerde, model taraflılığından bahsedilebilir. Model genel olarak RR1 indeksine kıyasla ortalama 5-10 gün sapmayla sağanakların gün sayısını tahmin edebilmektedir. Bu indeks için genel olarak model sonuçlarının yağış desenini oldukça iyi oranda yakaladığını söyleyebiliriz. Bu durum bir sonraki aşama olan model çıktılarının analizinde güven aralığını yükseltmektedir.



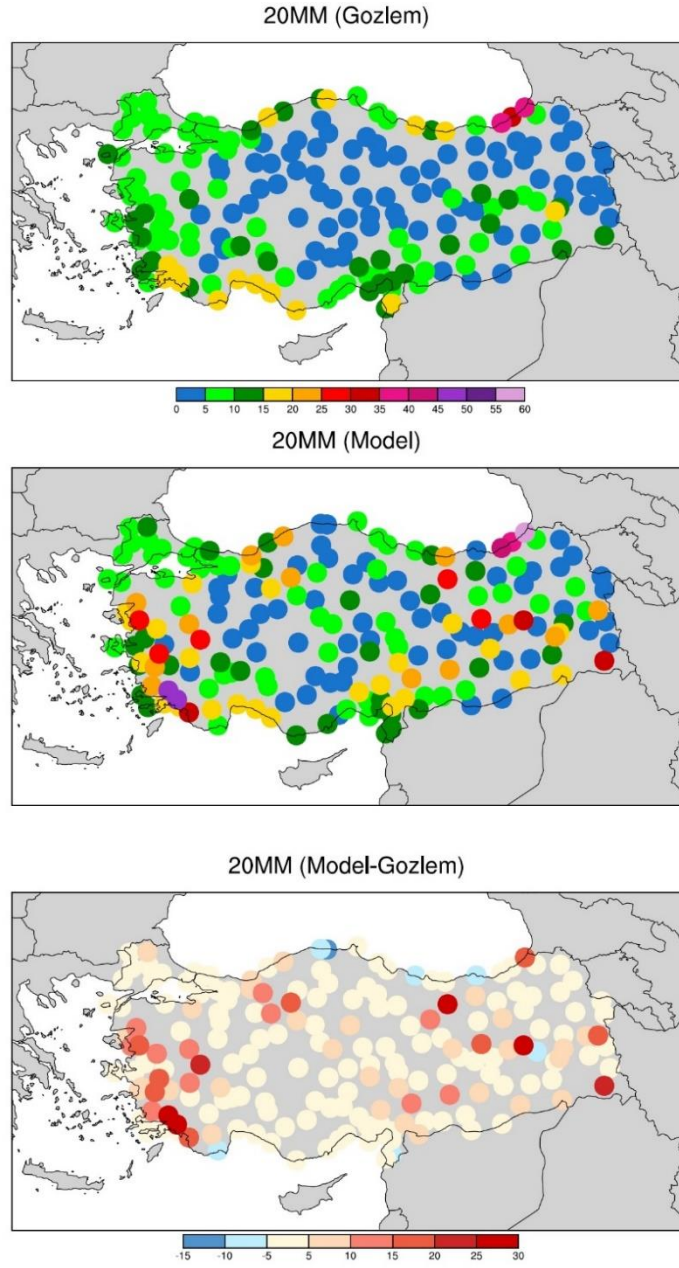
Şekil 3.8 : R10mm indeksi için Gözlem, Model ve Model-Gözlem değerlerinin uzun yıllar ortalamaları gösterilmektedir.

3.2.3 R20mm

R20mm için gözlem değerleri (Şekil 3.9) incelendiğinde Ege ve Marmara Bölgesi genelinde şiddetli sağanakların gün sayısı genel olarak 5 ile 10 gün arasında değişmektedir. Ancak Ege kıyılarında Bozdağlar ve Aydın Dağlarının denize bakan taraflarında şiddetli sağanakların 10-15 günlere çıktığı gözlenmektedir. Benzer şekilde modelde de hesaplanan ortalama gün sayısı Ege ve Marmara Bölgesi için 5-10 gün civarındadır. Ancak kıyı şeridinde bu değerlerin biraz daha yükselerek 15-30

gün arasında değişiklik gösterdiği söylenebilir. Üçüncü grafikte Marmara Bölgesi'nin gözlemlerden genellikle -5 ile 5 gün arasında sapma gösterdiğini, Ege Bölgesi'nde de kıyılar dışında (10-20) benzer bir sapma görüldüğünü söyleyebiliriz. Karadeniz Bölgesi'nde şiddetli sağanakların gerçekleştiği gün sayısı iç kesimlerde ortalama 0-5 gün arasında salınım göstermektedir. Ancak sahil şeridinde genel olarak 0-25 aralığında ve Doğu Karadeniz bölümünün en doğusunda ise 40-45 günlere kadar ulaşmaktadır. Model de Karadeniz Bölgesi için benzer sonuçlar üretmiştir. İç kesimlerde ve sahillerde oldukça yakın değerler görülmektedir. Dolayısı ile bu durum fark grafiğine -5 ile 5 gün arasında yansımıştır. Ancak Küre dağlarının doğusunda, Canik Dağlarının batısında ve Rize dağlarının başlangıcındaki kısımda modelin -10 ile -5 aralığında negatif taraflılığını görüyoruz. Gözlem grafiğinde İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgelerinde şiddetli sağanakların sayısının genel olarak 0 ile 5 gün arasında değiştii gözlenmektedir. Ancak özellikle Doğu Anadolu'nun bazı noktalarında gün sayısının 10-15'lere çıktığı da söylenebilir. Aynı bölgeler için model de benzer sonuçlar göstermektedir. Ancak modelin, Doğu Anadolu'nun iç kesimlerine doğru bazı noktalarda 35 güne çıkan şiddetli sağanaklar ürettiği görülmektedir. Fark grafiğinde ise modelin bu bölgeler için gözlemlere oldukça yakın sonuçlar verdiğini ve sapmaların genelinin -5 ile 5 gün aralığında olduğu söylenebilir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki gözlemlere bakılacak olursa şiddetli sağanakların meydana geldiği gün sayısının 0 ile 15 gün arasında değiştii söylemek mümkündür. Model de genel olarak gözlemlerle benzer sonuçlar üretmiştir. Ancak şiddetli sağanakların sayısı noktasal olarak 25-30'lara kadar çıkmaktadır. Dolayısı ile fark grafiğinde de görüleceği gibi, diğer bölgelere benzer şekilde -5 ile 5 arasında bir sapma ile modelin iyi sonuçlar ürettiği söylenebilir. Akdeniz Bölgesi gözlemleri göstermektedir ki şiddetli sağanakların sayısı bu bölgede ortalama 5-10 gün civarındadır. Ancak Akdeniz Bölgesi'nin sahil şeridindeki, Teke Platosundan Taşeli Platosuna uzanan bölgede şiddetli sağanakların meydana geldiği gün sayısının 15-20'lere ulaştığı görülmektedir. Ayrıca Nur Dağlarından başlayarak Hataya uzanan bölgede de yine şiddetli sağanakların 10-20 günlere ulaştığı görülmektedir. Modelde de Akdeniz Bölgesi için gözlemlerle oldukça uyumlu sonuçlar yakalanmıştır. Sadece Muğla il sınırları içinde 40-45'e varan gün sayıları hesaplanmıştır. Yine Akdeniz Bölgesi için fark grafiğine bakıldığında model sonuçlarının gözlemlere oldukça yakın sonuçlar verdiğini ve sapmaların -5 ile 5 gün aralığında olduğunu söyleyebiliriz. Sonuç olarak daha önceki indekslerle de

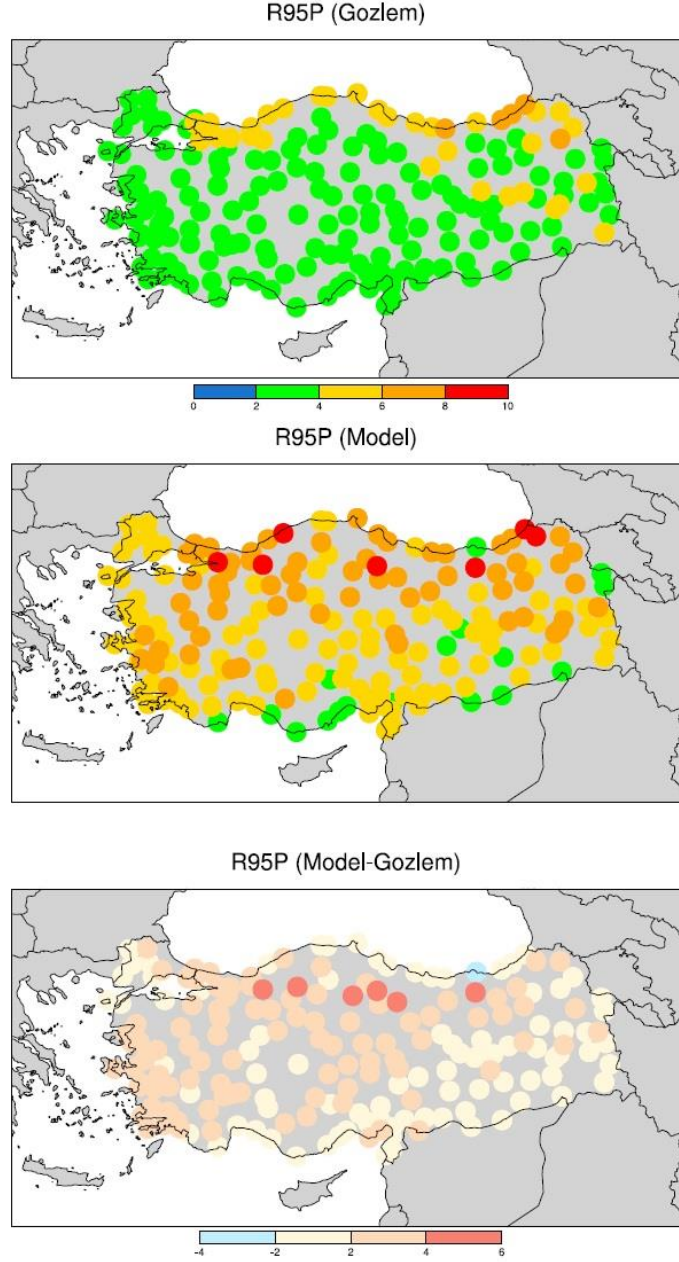
karşılaştırıldığında model şiddetli sağanak yağışları oldukça iyi tahmin edebilmektedir.



Şekil 3.9 : R20mm indeksi için hesaplanan Gözlem, Model ve Model-Gözlem değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.

3.2.4 R95p

Bu indekste her bir istasyon için referans dönemindeki (1971-2000) %95'inci değer eşik değeri olarak kabul edilmiş ve bu değerden büyük yağışlı günlerin sayısı hesaplanarak sonuca ulaşılmıştır. Aşağıda Şekil 3.10'da görülen gözlem değerlerine Marmara Bölgesi için bakıldığında R95p indeksinin genel olarak 2-4 gün arasında değişiklik gösterdiğini söylemek mümkündür. Sadece İstanbul ve doğusuna doğru uzanan bölgede indeks değerinin 4-6 günlere çıktığı söylenebilir. Modelde ise Marmara geneli için 4-6 gün civarında sonuçlar elde edilmiştir. Ancak İstanbul'dan başlayarak Bursa'ya doğru inen bölümde indeks değeri 6-8 günler civarındadır. Fark grafiğinde de görüldüğü gibi model, gözlemler ile oldukça uyumlu sonuçlar vermekle birlikte, oluşan sapma -2 ile 4 gün arasında meydana gelmektedir. Ege, Akdeniz, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu'nun büyük bir kısmında hesaplanan R95p indeksinin 2 ile 4 gün aralığındadır. Ancak Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin bazı noktalarında 4-6 gün civarında sonuçlar da olduğu gözlenmektedir. Model için bu bölgelere bakıldığında Ege, İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz'in büyük bir kısmında hesaplanan indeksin 4 ile 8 gün arasında değişiklik gösterdiği söylenebilir. Ancak Akdeniz Bölgesi kıyılarında 2-4 gün kadar R95p indeksi hesaplanmıştır. Fark grafiğinde ise modelin tüm Türkiye üzerinde gözlemlere oldukça yakın sonuçlar ürettiğini söylemek mümkündür. Özellikle Türkiye'nin güney ve güneydoğu bölümlerinde model sonuçları gözlemlere oldukça yakındır. En fazla sapma Orta, doğu ve Batı Karadeniz bölümlerinin iç kesimlerindeki bazı noktalarda 4-6 gün civarında görülmektedir. Sonuç olarak modelin R95p indeksini kullanarak Türkiye için gözlemlere oldukça yakın simülasyonlar yapabildiğini söyleyebiliriz.

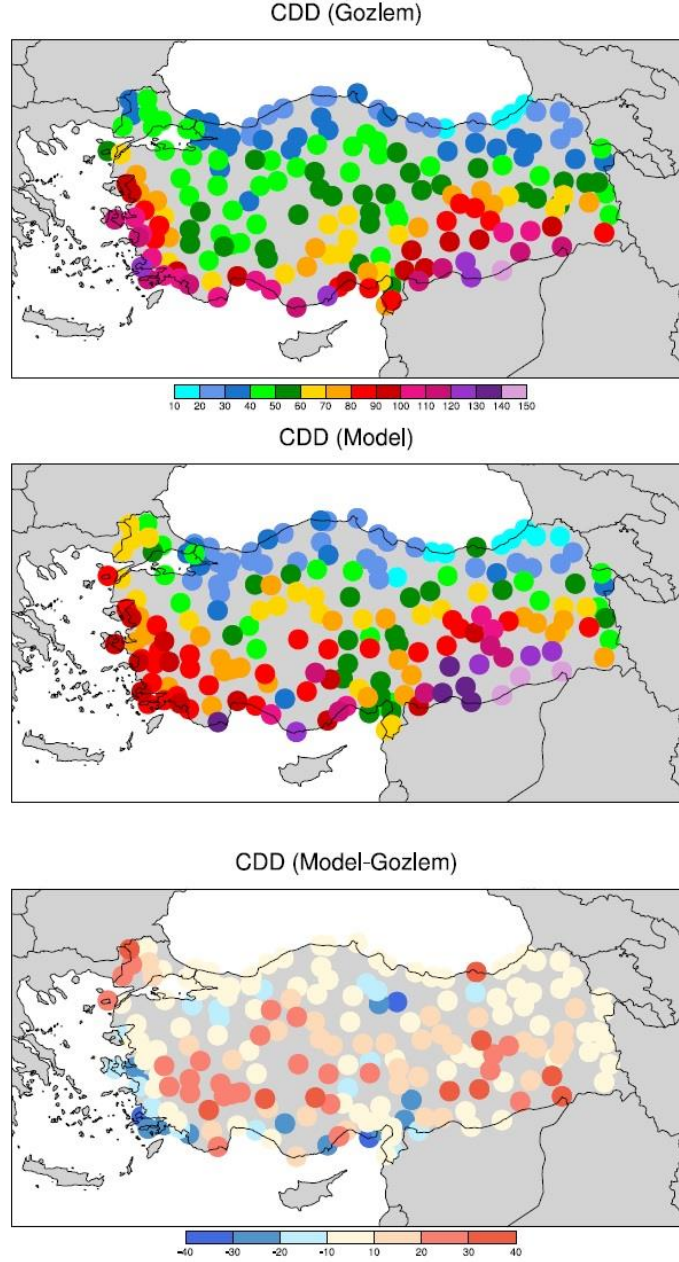


Şekil 3.10 : R95p indeksi için hesaplanan Gözlem, Model ve Model-Gözlem değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.

3.2.5 CDD

Son olarak yağış indekslerinden ardışık kurak günlerin maksimum değerini hesaplayan CDD indeksi hesaplanmıştır. Bu indeks hesaplanırken yağışın 1mm'den az olduğu ardışık günler kullanılır ve elde edilen maksimum gün sayısı CDD değerini verir. İlk olarak Ege Bölgesi için Şekil 3.11'den gözlem sonuçlarına bakılırsa, iç kesimlerde 40-60'lardan sahil kesimlerine doğru 90-120 günlere kadar

ulaşan ardışık kurak gün sayısı gözlenmektedir. Modelde de gözlem sonuçlarına paralel olarak i kesimlerdeki kurak gün sayısı Ege kıyılarına oranla daha azdır. Ancak model iç kesimlerde genel olarak 70-80 günler civarında, kıyı şeridinde ise en çok 90-100 günler civarında değerler üretmiştir. Elbette bu fark grafiğine sahil şeridinde -20 ile -10 gün arasında sapmalar olarak yansımıştır. Ancak Ege ile İ Batı Anadolu arasında model oldukça iyi sonuçlar vermiş, sapmalar -10 ile 10 gün arasındadır. İ Batı Anadolu'da ise 20-30 günlere kadar çıkmaktadır. Marmara Bölgesi incelendiğinde ise Yıldız Dağlarının güneyinde ve Ergene bölümünde ardışık kurak gün sayısının maksimum değeri 40-50 gün arasında değişmektedir. Edirne ve civarında ise bu değer 30-40 gün civarındadır. Ayrıca İstanbul'dan başlayarak İzmit'e doğru ilerleyen bölümde ise CDD indeksi 30-40 gün civarında hesaplanmıştır. CDD Gökçeada'da 50-60 gün ve Çanakkale civarlarında 60-70 gün civarlarında hesaplanmıştır. Modelde ise CDD Ergene bölümünde 60-70 gün civarında, Yıldız Dağlarının gerisinde 40-50 gün civarında, İstanbul ve doğusuna doğru uzanan bölümde ise 20-40 gün civarında hesaplanmıştır. Fark grafiğinden de görüleceği gibi Marmara Bölgesi için, Yunanistan sınırındaki sapma (20-30 gün) dışında model gözlemlerden -10 ile 10 gün arasında sapma göstermektedir. İç Anadolu Bölgesi gözlem sonuçlarına bakacak olursak hesaplanan kuraklık indeksinin kuzeyden güneye doğru inildikçe 40-50'lerden 70-80'lere doğru çıktığını söylemek mümkündür. Aynı artış model için de söz konusudur. Ancak modelde güneye gidildikçe artan kuraklık daha ivmelidir. Dolayısı ile bu bölge için fark grafiğine bakıldığında kuzeyden güneye doğru inildikçe sapmanın -10-10 günlerden, 20-30 günlere çıktığı söylenebilir. Karadeniz Bölgesi'nde hesaplanan CDD indeksi genellikle 20-30 gün civarındadır. İç kesimlere doğru 30-40 günlere çıkmakta, doğuya doğru ise 10-20 günlere düşmektedir. Model sonuçları da neredeyse istasyonlarla aynı sonuçları göstermektedir. Dolayısı ile bu bölge için modelle istasyon arasındaki fark bir kaç istisnai istasyon dışında oldukça az, -10 ile 10 gün arasındadır. için gözlem sonuçlarına bakıldığında Erzurum Kars bölümünde 20-30 günlerden başlayarak Hakkâri bölümüne doğru 70-80'lere, Yukarı Fırat Bölümüne doğru ise 90-100'lere ulaşmaktadır. Modelde gözlemlere benzer bir artış görülmektedir. Ancak Yukarı Fırat bölümünün güney kısmında 110-120'lere ulaşan değerlere rastlanmaktadır. Fark grafiğine bakılırsa Doğu Anadolu Bölgesi için model sonuçlarından hesaplanan CDD indeksi gözlemlerle oldukça yakındır ve sapma genel



Şekil 3.11 : CDD indeksi için hesaplanan Gözlem, Model ve Model-Gözlem değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.

olarak -10 ile 10 gün civarındadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki gözlemlerden hesaplanan sonuçlara göre maksimum kurak gün sayısı 90-150 gün civarında salınmaktadır. Bu sonuçlara göre Türkiye'nin en kurak bölgelerinden biri olduğu söylenebilir. Model sonuçlarından da gözlemlerle oldukça benzer sonuçlar hesaplanmıştır. Bir kaç istisnai istasyon dışında fark grafiğinde model ile gözlemin farkı ortalama -10 ile 10 gün arasındadır. Akdeniz Bölgesi için hesaplanan CDD indeksine göre Akdeniz sahilleri genellikle 100-130 gün kurak olmakla birlikte iç

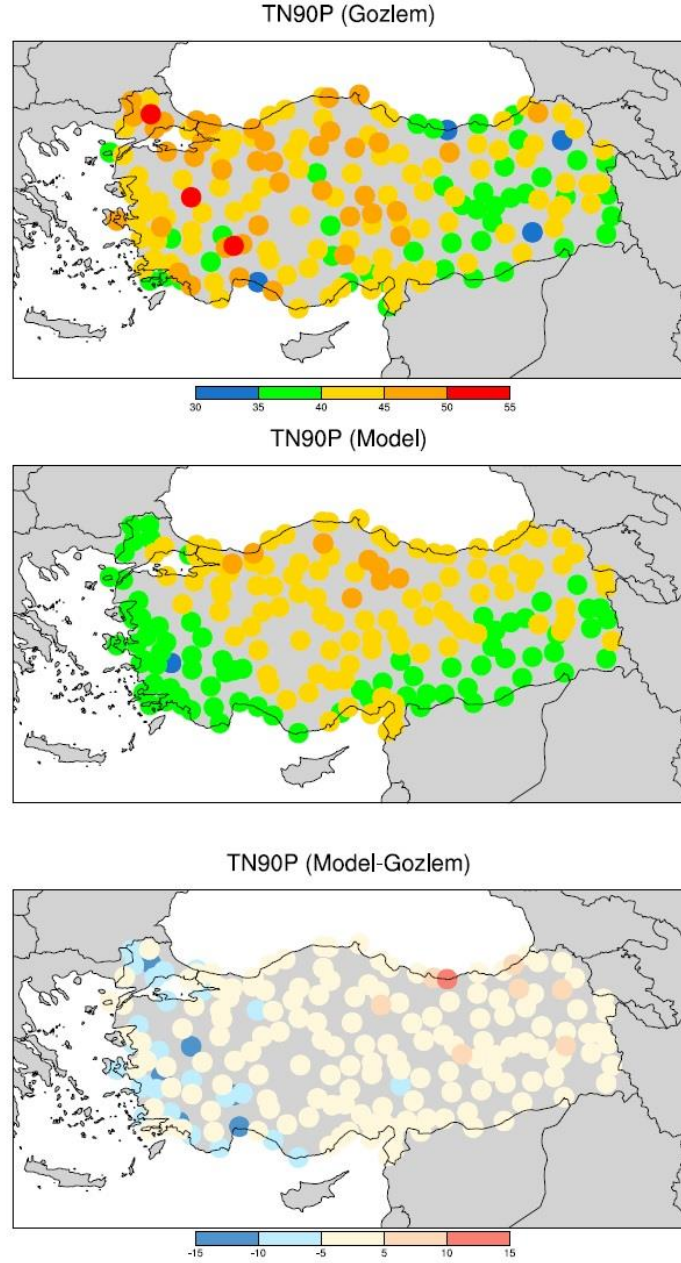
kesimlere doğru gün sayısı 50 ile 90 arasında salınım göstermektedir. Model için de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ancak sahil şeridindeki salınım bu sefer 50'den başlayarak 140 güne kadar çıkabilmektedir. Akdeniz Bölgesi'nin iç kesimlerine doğru ise yine gözlemlerle paralel ancak bazı istasyon noktalarında daha fazla kurak gün ürettiği söylenebilir. Akdeniz Bölgesi için fark grafiği incelendiğinde sahil şeridinde -20 ile -10 gün aralığında modelin daha az ardışık kurak gün ürettiğini söylemek mümkündür. Genel olarak ardışık kurak günlerin maksimum değeri Türkiye üzerinde ortalama -10 ile 10 gün sapma ile model tarafından hesaplanabilmektedir. Modelin güney ve güneybatı sahillerinde ise ortalama -20 ile -10 günler civarında gözlemlerden sapma gösterdiği söylenebilir.

3.3 Sıcaklık İndeksleri

Bu bölümde model ve gözlem verilerinden hesaplanan Sıcak Geceler (TN90p), Sıcak Günler (TX90p), Çok Sıcak Günler (TX99p), Aşırı Sıcak Günler (TX35), Yaz Günleri (SU) TN90p, TX90p, TX99p, TX35 ve SU (yaz günleri) indeks değerleri karşılaştırılacaktır.

3.3.1 TN90p

Aşağıdaki Şekil 3.12'de sıcak geceleri hesaplamak için kullanılan TN90p indeksi hesaplanmıştır. Ege Bölgesi gözlemleri göstermektedir ki, uzun yıllar boyunca ortalama 40-45 gün civarında sıcak gece mevcuttur. Modelde ise TN90p indeksi ortalama 35-40 gün civarında hesaplanmıştır. Bu bilgiler ışığında modelin Ege Bölgesi için ortalama -5 ile 5 gün arasında bir sapma ile gözlemlere yaklaştığı söylenebilir. Marmara bölgesi gözlem sonuçlarına bakıldığında eşik değeri geçen minimum sıcaklıkların ortalama gün sayısı 40 ile 50 gün arasında değişiklik göstermektedir. Modelde ise bu değer Yunanistan sınırındaki ve Çanakkale'deki istasyonlar hariç (35-40), ortalama 40-45 gün civarındadır. Marmara Bölgesi için fark grafiğine bakıldığında, modelin gözlemlere oldukça yakın değerler ürettiği söylenebilir. Ilık gecelerin ortalama gün sayısı gözlemlere kıyasla 5 ile 10 gün daha az olarak hesaplanmıştır. İç Anadolu Bölgesi için hesaplanan TN90p indeksi ortalama 40-50 gün civarındadır. Modelde ise daha çok 40-45 gün civarında sıcak gece hesaplanmıştır. Buna bağlı olarak modelin gözlemlerden sapması oldukça az, -5 ile 5 gün civarındadır. Karadeniz Bölgesi'nde gözlemlerden hesaplanan TN90p



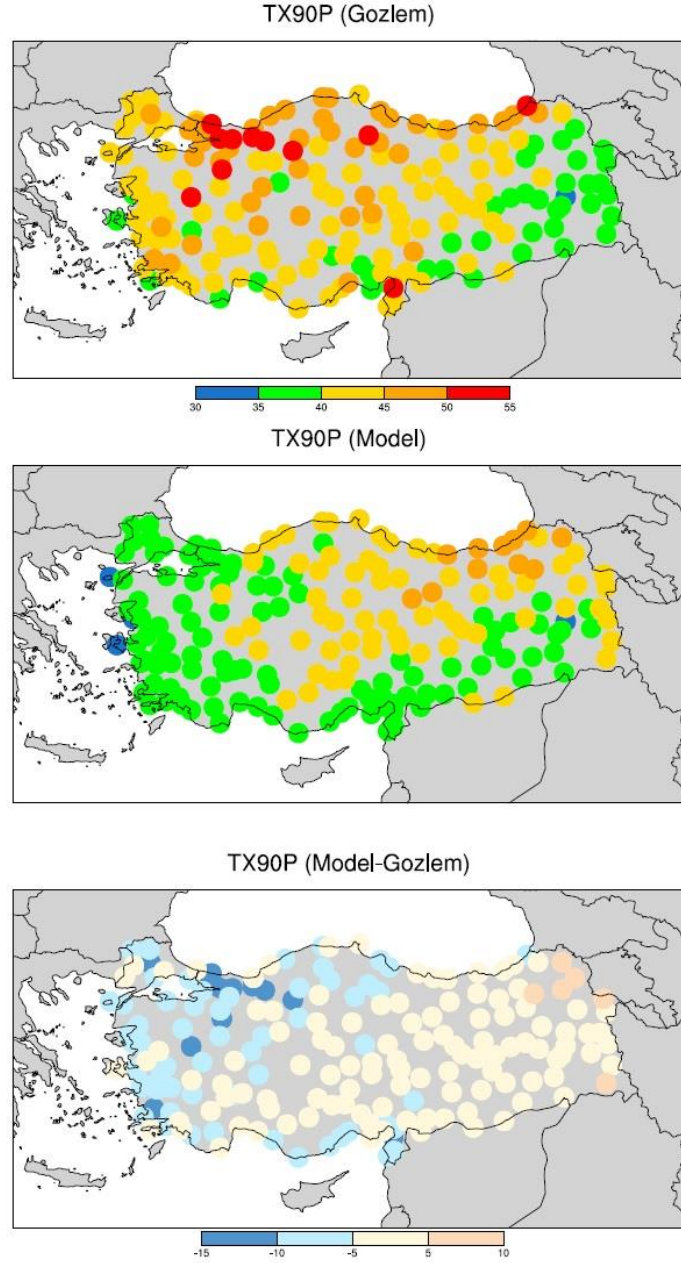
Şekil 3.12 : TN90p indeksi için hesaplanan Gözlem, Model ve Model-Gözlem değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.

indeksi yine ortalama 40-45 gün civarındadır. Canik dağları ile Giresun dağlarının denize bakan kısımlarındaki birkaç istasyonda ise 30-40 gün civarında sıcak gece hesaplanmıştır. Modelde ise iç kesimlerdeki birkaç istasyon hariç (45-50), ortalama sıcak gece sayısı 40-45 aralığında hesaplanmıştır. Modelin gözlemlerden sapma miktarı diğer bölgelerin genelinde olduğu gibi -5 ile 5 gün civarındadır. Doğu Anadolu Bölgesi gözlem sonuçlarına göre hesaplanan indeks 30-45 gün

aralığındadır. Modelde ise bu aralık 35-45 gün kadardır. Dolayısı ile fark grafiğinde de görüleceği gibi model yine sıcak gece miktarını gözlemlere oldukça yakın üretmekte ve sapma -5 ile 5 gün arasında hesaplanmaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi incelendiğinde, gözlemlerden hesaplanan indeks Doğu Anadolu Bölgesi gibi 30-45 gün civarındadır. Modelde ise hesaplanan indeks çoğunlukla 35-40 gün civarındadır. Dolayısı ile fark grafiğinden de görüleceği ve diğer bölgelerin genelinde olduğu gibi sapma -5 ile 5 gün civarındadır. Son olarak Akdeniz Bölgesi gözlemlerinden hesaplanan TN90p indeksi ortalama 40-45 gün civarındadır. Akdeniz Bölgesi'nin özellikle batıya doğru olan kısmındaki birkaç istasyonda 40-45 gün civarında değerlerin de mevcut olduğu görülmektedir. Modelde ise Akdeniz Bölgesi'nde indeks 35-45 gün civarında hesaplanmıştır. Akdeniz Bölgesi için modelin gözlemlerden sapmasının birkaç istasyon dışında ortalama -5 ile 5 gün civarında olduğunu söylemek mümkündür. Buradaki sonuçlara bağlı olarak, modelin minimum sıcaklık değerlerini, dolayısı ile sıcak gece miktarını oldukça güvenilir bir şekilde ürettiği söylenebilir.

3.3.2 TX90p

Sıcak günlerin hesaplandığı bu indekste daha önce de bahsedildiği gibi maksimum sıcaklıklar kullanılmaktadır. Türkiye geneli için hesaplanan TX90p indeksi değerleri (Şekil 3.13) ilk olarak Ege Bölgesi için değerlendirilecek olursa, gözlemlerde seyrek olarak 35-40, genel olarak ise 40-45 gün civarında sıcak gün miktarı söz konusudur. Buna ek olarak Ege bölümünün güneyindeki birkaç istasyonda 45-50 gün civarında değerler de gözlenmektedir. Modelde Ege Bölgesi için 35-40 günlerden bahsedilebilir. Fark grafiğinde ise Modelin gözlemlerden genel ortalama olarak -10 ile -5 gün civarında negatif bir sapma gösterdiğini söylemek mümkündür. Marmara Bölgesi gözlem sonuçlarına göre ise, Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ'ı kapsayan bölümde ve Çanakkale, Balıkesir'de sıcak gün sayısı 40-45 gün civarındadır. Model ve gözlemlerden hesaplanan indeks değerleri dışında, fark grafiğinden de anlaşılacağı gibi modelin sıcak gün sayısı gözlemlere göre genel olarak 5 ile 10 gün kadar daha az hesaplanmıştır. İç Anadolu Bölgesi için hesaplanan TX90p indeksi genel olarak ortalama 40-50 gün civarındadır. Modelde ise genel olarak bu değer 40-45 gün arasındadır. Fark grafiğinde ise İç Anadolu Bölgesi'nin oldukça iyi bir biçimde, model tarafından sadece -5 ile 5 gün civarında bir sapma ile üretildiği söylenilebilir. Karadeniz Bölgesi'nin özellikle kıyı şeridindeki istasyonlarında



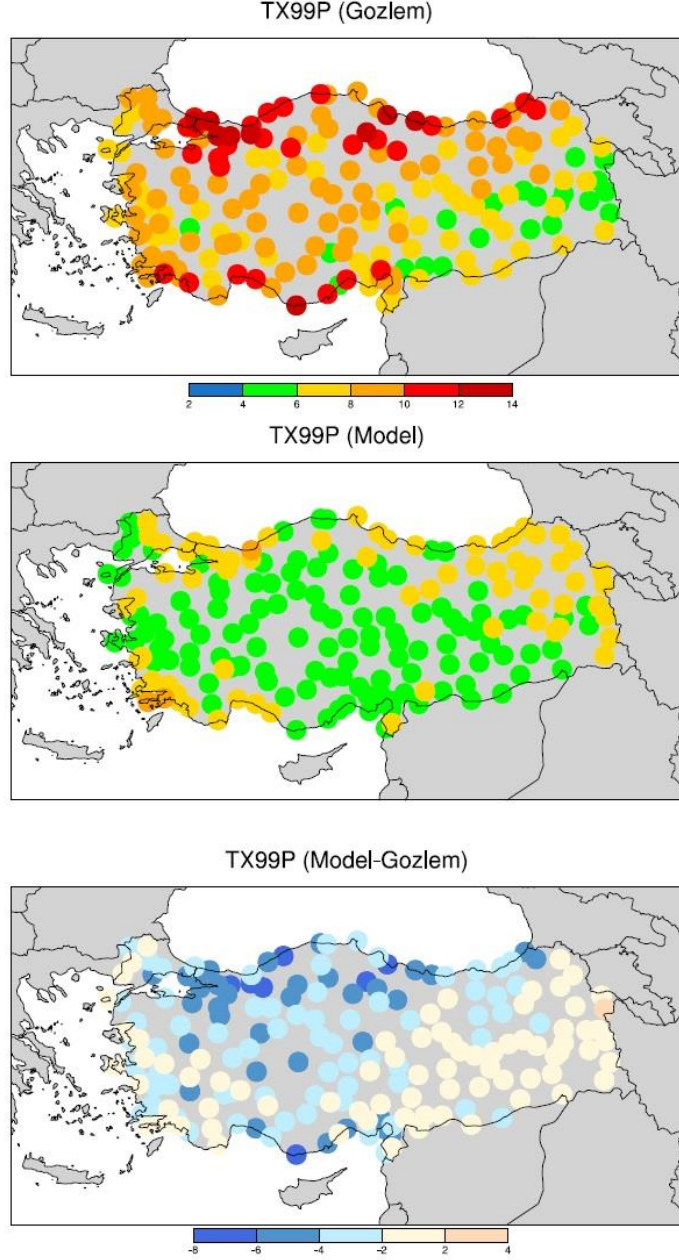
Şekil 3.13 : TX90p indeksi için hesaplanan Gözlem, Model ve Model- Gözlem değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.

hesaplanan sıcak gün sayısı ortalama 45-50 gün civarında ve bu değer Artvin'e doğru 50-55'lere ulaşmaktadır. Karadeniz Bölgesi'nin iç kesimlerinde de benzer durum geçerlidir ancak bu sefer Doğu Karadeniz bölümüne oranla Batı Karadeniz'de daha fazla sıcak gün hesaplanmıştır. Modelde ise yine kıyı şeridinde 40-45'ten başlayarak Doğu Karadeniz bölümüne doğru 45-50 günlere ulaşan bir miktar hesaplanmıştır. Batı Karadeniz bölümünde sıcak gün sayısı 35-40'tan başlayarak 40-45 günler kadar

çıkmaktadır. Doğu Karadeniz'e doğru ise bazı noktalarda 45-50 gün civarında hesaplanmıştır. Fark grafiğinde, Batı Karadeniz'in bazı kısımlarında -15 ila -10 gün gibi bir negatif sapma görülmektedir ancak Orta ve Doğu Karadeniz bölümüne ayrıca kıyı şeridine bakıldığında genel olarak sapmanın -5 ile 5 gün arasında olduğu görülmektedir. Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki gözlem değerlerinden hesaplanan TX90p indeksi göstermektedir ki bölge genelindeki sıcak gün sayısı ortalama 35-40 gün civarındadır. Modelde ise bölge için kuzeyden güneye doğru sıcak gün değerlerinin 40-45 günden 35-40 güne düştüğü söylenebilir. Bölgenin kuzeyinde birkaç istasyonda model 5 ile 10 gün aralığında daha fazla sıcak gün üretmiştir. Gözlem grafiğinde Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne bakılacak olursa, 35-45 gün civarında sıcak gün indeksi hesaplanmıştır. Hesaplanan indeks değeri doğudan iç kesimlere doğru artmaktadır. Modelde ise bölge genelinde hesaplanan sıcak gün sayısı ortalama 35-40 gün civarındadır. Dolayısıyla fark grafiğindeki sapma da -5 ile 5 gün civarındadır. Akdeniz Bölgesi gözlem sonuçlarından hesaplanan sıcak günler indeksi, bölge geneli için 40-45 gün civarındadır. Akdeniz Bölgesi'nin bazı noktalarında 35-40 gün, sadece Hatay bölümündeki bir istasyonda ise 50-55 gün civarında indeks değeri hesaplanmıştır. Model grafiğinde ise Akdeniz Bölgesi'nin sahillerinde 35-40 gün civarında, iç kesimlerinde ise birkaç istasyon olmak üzere 40-45 gün civarında sıcak gün hesaplanmıştır. Akdeniz Bölgesi için kıyıdaki bazı istasyonlar hariç (-10 - -5), model gözlemlerden -5 ile 5 gün civarlarında sapma göstermiştir. Tüm bölgelerin model sonuçları gözlemlere karşılaştırıldığında Türkiye'nin batısı için modelin daha düşük sayıda sıcak gün ürettiğini söylemek mümkündür. Sıcak gün sayısı batıdan doğuya doğru artmaktadır.

3.3.3 TX99p

Çok sıcak günler, seçilen referans döneminden belirlenen eşik değerinden büyük günlerin sayısı hesaplanarak bulunmaktadır. Şekil 3.14'da Ege Bölgesi için istasyon gözlemleri kullanılarak hesaplanan TX99p indeksi göstermektedir ki, çok ciddi sıcaklıkların olduğu gün sayısı 6-10 gün aralığındadır. Modelde bu değer 4-6 gün, bazı kıyı istasyonlarında ise 6-8 güne ulaşmaktadır. Modelle gözlemler arasındaki farkı gösteren üçüncü grafikte ise, modelde hesaplanan indeks gözlemlerden genel olarak 2 ile -4 gün arasında saptığını söylemek mümkündür. Marmara Bölgesi'nin kuzeybatısındaki Edirne'yi içine alan bölüm ve bu Çanakkale kısmında gözlemlerden hesaplanan indeks değerleri genel olarak 6-8 gün civarındadır. Ancak İstanbul'dan



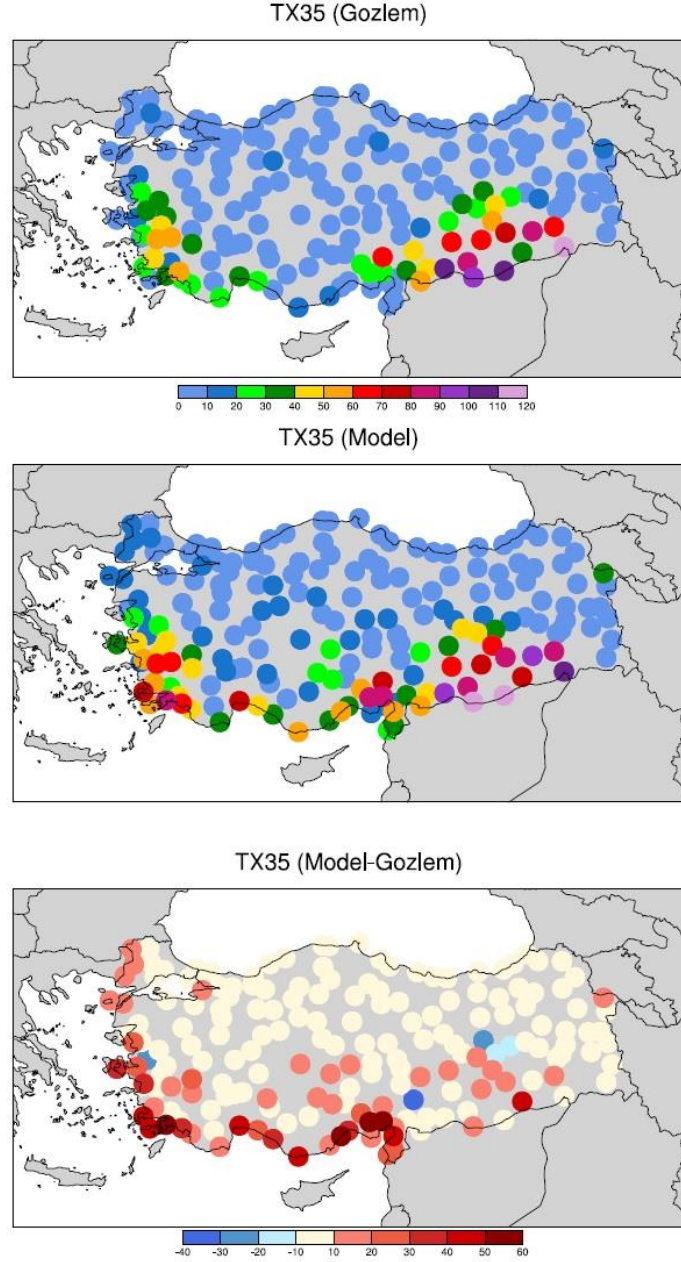
Şekil 3.14 : TX99p indeksi için hesaplanan Gözlem, Model ve Model-Gözlem değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.

başlayarak güneye ve doğuya ilerleyen bölümde indeks değeri 10 ile 14 gün arasında hesaplanmıştır. Modelde Çanakkale, Tekirdağ ve Edirne’de 4-6 gün arasında hesaplanan çok sıcak günler indeksi doğuya doğru 6-8 güne çıkmaktadır. Marmara Bölgesi için fark grafiğinden elde edilen sonuca göre modelin genel olarak İstanbul ve batısında gözlemlere göre 6-8 gün daha az çok sıcak gün ürettiği, Edirne ve Çanakkale’yi içine alan bölümde ise -4 ile 2 gün farkla sıcak gün ürettiği söylenebilir.

İç Anadolu Bölgesi için hesaplanan indeks değeri 6-10 gün arasında değişmektedir. Modelde hesaplanan bu değer ise 4-6 gün civarındadır. Bu bilgilere bağlı olarak fark grafiğinde de görüleceği gibi model gözlemlerden genel olarak 2-4 gün daha az çok sıcak gün üretmektedir. Karadeniz Bölgesi'ndeki çok sıcak günlerin sayısı ise sahillerde 8 ile 14 gün arasında değişmektedir. Karadeniz Bölgesi'nin iç kesimlerinde ise genel olarak 6-8 gün civarındadır. Modelde ise iç kesimlerde 4-6 gün, kıyı şeridinde ise genel olarak 6-8 gün civarında çok sıcak gün hesaplanmıştır. Model genel olarak gözlemlere oldukça yakın sonuçlar vermektedir ve en çok sahillerde olmak üzere 2-6 gün kadar gözlemlerden sapma göstermektedir. Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu için gözlemlerden hesaplanan indeks değerleri genellikle 4 ile 10 gün arasında değişmektedir. Özellikle Doğu Anadolu'nun Doğu Karadeniz'e yakın olan bölümlerinde indeks değerlerinin bazı istasyonlarda 8-10 güne çıktığı görülmektedir. Doğu Anadolu Bölgesi'nin ise İran sınırından başlayarak iç kesimlerine doğru bazı istasyonlarında hesaplanan indeks değerinin 4-6 gün civarında olduğu söylenebilir. Modelde ise hesaplanan indeks değeri Ermenistan ve İran sınırından başlayarak güneybatıya doğru 6-8 gün civarında, Güneydoğu Anadolu'nun büyük bir kısmı ve Doğu Anadolu'nun iç kesimlerinde ise 4-6 gün civarında olduğu söylenebilir. Çok sıcak günler indeksi Akdeniz Bölgesi için 4-14 gün aralığında hesaplanmıştır. Antalya bölümü için kıyılarda 8-12 gün olmak üzere iç kesimlerde 6-8 gün civarındadır. Akdeniz Bölgesi'nin orta kısımlarında ise iç kesimlerde 8-10 gün ile başlayıp kıyılarda 12-14 günlere kadar ulaşmaktadır. Mersin bölümündeki bazı kıyı istasyonlarında 10-12 gün iç kesimlerde ve Hatay'ın genelinde ise 6-8 gün civarında indeks değerleri hesaplanmıştır. Fark grafiğinde ise modelin gözlemlerden farkının bazı kıyı kesimlerinde, yaklaşık 6-8 gün, diğer kesimlerinde ise 2 ile 4 gün daha az hesapladığı söylenebilir. Türkiye geneli için model özellikle Marmara Bölgesi'nin bir kısmında, Karadeniz ve Akdeniz kıyı kesimlerinde gözlemlerden daha az çok sıcak gün üretmiştir. Bu yerler dışında model gözlemlere oldukça yakın sonuçlar üretmiştir.

3.3.4 TX35

Bu indekste çok sıcak bir başka deyişle 35°C'den büyük günlerin sayısı hesaplanmaktadır (Şekil 3.15). Aşağıdaki şekilde de görüleceği gibi Marmara, Karadeniz, İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Ege'nin büyük bir kısmında 35°C'den büyük günlerin sayısı 0 ile 10 gün arasında değişmektedir. Modelde de bu bölgeler



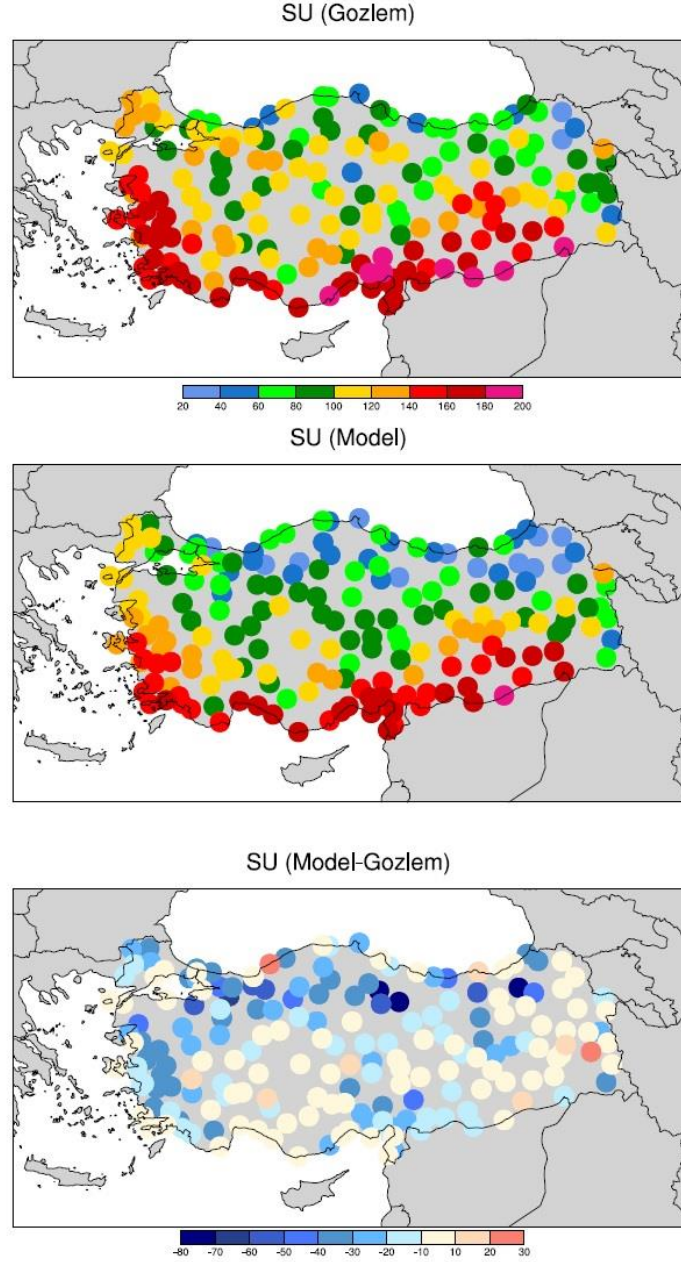
Şekil 3.15 : TX35 indeksi için hesaplanan Gözlem, Model ve Model-Gözlem değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.

için sonuçlar gözlemlerle neredeyse aynıdır. Ancak Ege Bölgesi'nin güney sahilleri, Akdeniz Bölgesi kıyıları ve Güneydoğu Anadolu'nun büyük bir kısmında hesaplanan günler 0 ile 120 gün arasında değişmektedir. Bu bölgeler için yine gözlemlere benzer ancak gözlemlere kıyasla daha çok gün hesaplanmıştır. Son olarak fark grafiği incelendiğinde Türkiye genelinde çok sıcak günlerin model tarafından iyi bir oranda (-10,+10) yakalandığını söylemek mümkündür. Ancak Marmara Yunanistan sınırında, Ege Bölgesi'nin ve Antalya'nın bazı kıyı ve iç kesimlerinde ve Güneydoğu

Anadolu'daki birkaç istasyonda modelin genellikle 10-20 gün, seyrek olarak da 50-60 günlere kadar çıkan çok sıcak gün ürettiği söylenebilir. Özellikle Hatay'dan Muğla'ya kadar olan kesimdeki istasyonların 35°C'den büyük sıcaklıklara beklenenden çok daha az ulaştığı gözükmemektedir. İstasyonlardaki bu anormal durum Q-Q dağılımlarında da ortaya çıkmıştır.

3.3.5 SU

WMO ve CLIVAR ortak iklim değişikliği belirleme, görüntüleme ve indis uzman grubu (ETCCDMI) SU indeksini 25°C'den büyük günler, bir başka deyişle yaz günleri olarak adlandırmaktadır. İstasyon değerlerinden elde edilen sonuca göre, Ege Bölgesi'nde hesaplanan yaz günlerinin sayısı kıyılarda, İzmir, Aydın ve Muğla'da 140-180 gün arasında değişmektedir (Şekil 3.16). Ege Bölgesi'nin İç Batı Anadolu bölümünde ise 100-140 gün civarındadır. Modelde ise bu değerler gözlemlere kıyasla daha az hesaplanmıştır. Örneğin İç Batı Anadolu bölümünde 80 günler kıyı şeridinde ise 100 günler civarında değerler görülmektedir. Dolayısı ile fark grafiğinden beklenildiği gibi bu bölgede modelin 30 günlere varan negatif taraflılığından bahsetmek mümkün olacaktır. Ege Bölgesi ve İç Anadolu Bölgelerinde ise yaz günlerinin sayısı 80 ile 140 arasında değişiklik göstermektedir. Modelde aynı bölgeler için yaz günlerinin sayısı 60 ile 120 arasında değişmektedir. Dolayısı ile bu iki bölge içinde modelin gözlemlere kıyasla daha az yaz günü ürettiğini söylemek mümkündür. Fark grafiğindeki 0 ile -40 aralığındaki negatif değerler bunu modelin taraflılığını destekler niteliktedir. Karadeniz Bölgesi'ndeki gözlemler kullanılarak hesaplanan yaz günü sayısı kıyı kesimlerinde 40 ile 100 gün civarında, iç kesimlerde 60 ile 120 gün civarındadır. Modelde ise 20 ile 100 gün aralığında yaz günü hesaplanmıştır. Bu değerler fark grafiğine, ortalama 40 gün civarında, modelin gözlemlerden sapması olarak yansımıştır. Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da model ve gözlemlerin birbirine oldukça yakın, kuzeyden güneye doğru 20 günlerden 200'lere kadar çıkan bir ivme görülmektedir. Dolayısı ile fark grafiğinde de görüleceği gibi farklar oldukça az, genel olarak -10 ile 10 gün aralığında bir sapma bulunmaktadır. Akdeniz Bölgesi genelinde ve özellikle kıyılarında, beklenildiği gibi yaz günleri 160-180 gün civarındadır. Modelde de yaz günleri miktarı gözlemlerle paraleldir. Fark grafiğinde de görüleceği gibi Antalya Bölgesi için model sonuçları gözlemlere oldukça yakın ve sapma -10 ile 10 gün kadardır. Genel olarak, tüm Türkiye göz



Şekil 3.16 : SU indeksi için hesaplanan Gözlem, Model ve Model-Gözlem değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.

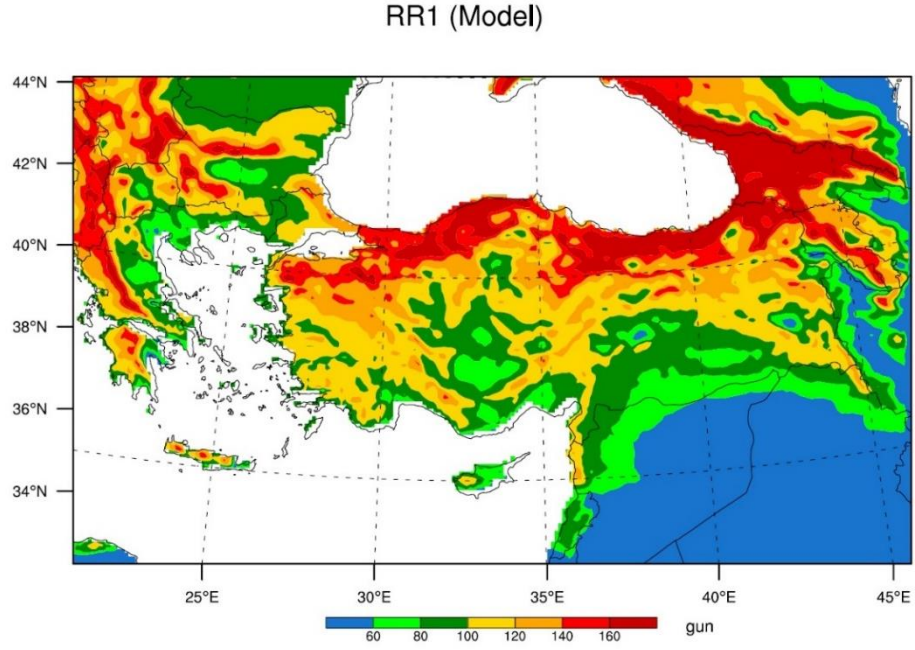
önünde bulundurulduğunda özellikle Ege, Marmara ve Karadeniz Bölgelerinde modelin daha az yaz günü ürettiğini söyleyebiliriz. Model tarafından üretilen bütün indeks değerlerinin tarafsızlığı kabul edilebilir aralıkta kalmıştır. Model ekstrem değerleri simüle edebilmedeki becerisi sıcaklık değişkeninde yağışa göre daha iyi durumdadır. Güney bölgelerimizde TX35 dışındaki bütün sıcaklık indeksleri ve yağışta da CDD ve R20mm indeksleri model-gözlem arasındaki uyumluluk açısından öne çıkmaktadır.

3.4 Model Sonuçları

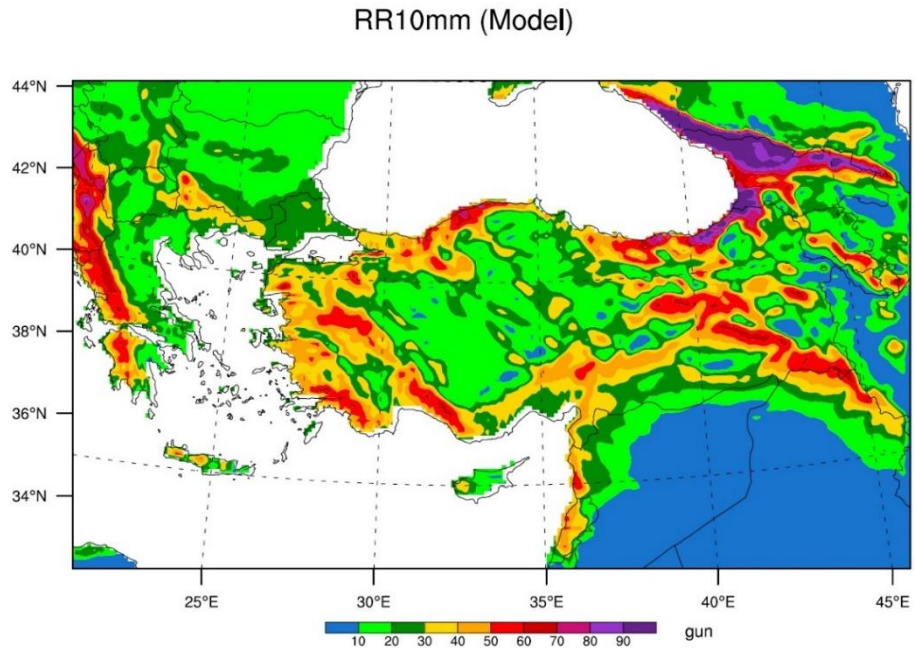
Bu bölüme kadar model sonuçları noktasal olarak değerlendirilmiş ve gözlemlerle karşılaştırılmıştır. Bütün bu hesaplamalar R programında yapıldıktan sonra NCL programıyla görselleştirilmiştir. Model sonuçlarının alansal olarak yapılacak değerlendirmeleri ise CDO (Climate Data Operators) programı ile yapılmıştır. Aşağıda Bölgesel İklim Modeli çıktılarından üretilmiş indeks verileri CDO programıyla hazırlanmış ve indeks verileri alansal haritalara NCL programıyla dönüştürülmüştür. Bu durum daha önce R programıyla noktasal olarak hazırlanan verilerin bir sağlaması anlamına da gelmektedir.

Şekil 3.17’te de görüldüğü gibi Türkiye ve civarındaki bölgede RR1 indeskinin değişkenliği 40 ila 180 gün arasında değişmektedir. Türkiye üzerindeki değişkenlik Şekil 3.7’teki istasyon noktaları ile karşılaştırıldığında sonuçlar tamamen örtüşmektedir. Türkiye’nin coğrafi olarak yüksek bir yapıya sahip olan Doğu Karadeniz bölgesi üzerindeki 160 gün üzerindeki değerler gözlem noktalarında da elde edilmiştir. Buna ek olarak RR1 haritasındaki genel patern Şekil 3.7’teki istasyon noktası haritasındaki patern ile örtüşmektedir. Ancak modelin ürettiği ıslak günlerin sayısı beklenenden fazladır.

Türkiye üzerinde sağanakların görülme sayısı Şekil 3.18’te görüldüğü gibi 0 ile 100 arasında değişmektedir. Özellikle Türkiye üzerindeki değişkenlik Şekil 3.8 ile büyük oranda benzeşmektedir. Ayrıca noktasal olarak yapılan karşılaştırmada sonuçların oldukça uyumlu olduğu görülmektedir. Ancak alansal haritalardaki 50-60 gibi değerler en yakın grid noktası yöntemi kullanılarak elde edilen noktasal haritalarda yakalanamamaktadır. Bu durum kullanılan yöntemle açıklanabilir. Diğer yandan gözlem noktaları ile yapılan karşılaştırmada sonuçların genellikle örtüştüğü ancak bazı bölgelerde modelin daha fazla sağanak yağışlı gün ürettiği söylenebilir.



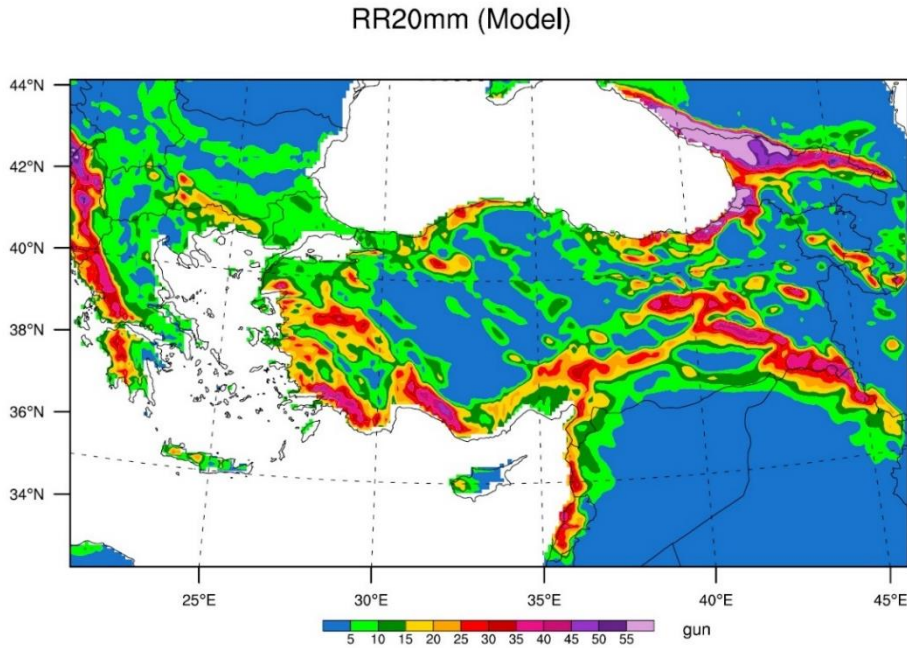
Şekil 3.17 : RR1 indeksi için hesaplanan Model değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.



Şekil 3.18 : R10mm indeksi için hesaplanan Model değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.

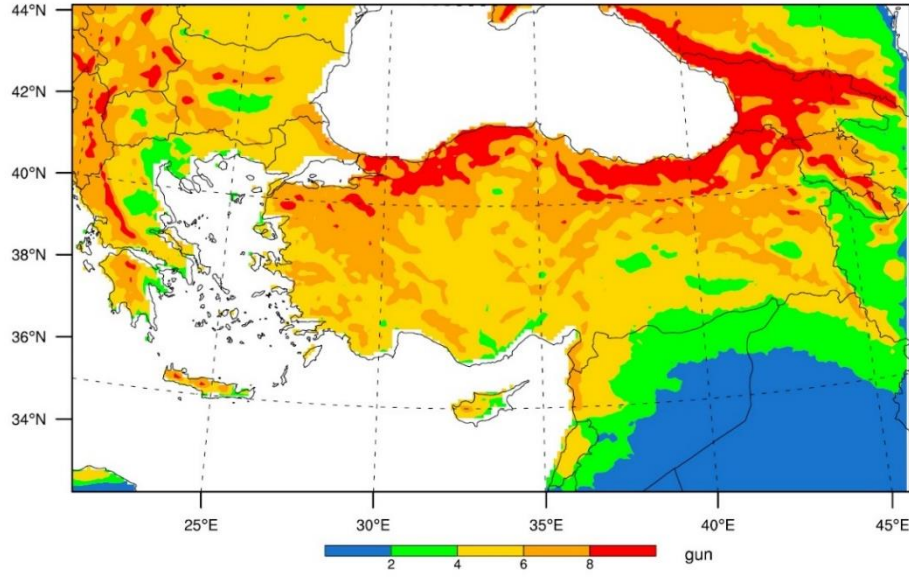
R20mm indeksi haritası incelendiğinde (Şekil 3.19) şiddetli sağanakların gün sayısının 0 ile 60 gün arasında değiştiği görülmektedir. Bu daha önce yapılan analizlerle örtüşen bir aralık olmakla birlikte değerler arasında mekânsal bir uyumluluktan da bahsedilebilir. 50-60 gibi noktasal ekstrem değerlerin geneli model tarafından yakalanmaktadır. Daha önce analiz edilen fark grafiklerinden ve elde edilen alansal haritadan alınan olumlu sonuçlardan modelin şiddetli sağanakları oldukça iyi bir şekilde yakaladığı söylenebilir.

Türkiye ve civarını içine alan bölgede yağış indeksi R95p'nin değişkenliği Şekil 3.20'te gösterilmektedir. Özellikle Türkiye üzerindeki değişkenlik Şekil 3.10 ile tamamen benzeşmektedir (lejant farklı). Doğu Karadeniz bölgesi üzerindeki dağlık alanlarda 10 ile 12 gün arasındaki değerler gözlem noktalarında elde edilemeyen ayrıntılar olarak göze çarpmaktadır. Bütün Karadeniz ve Marmara Bölgesini içine alan bölgede aşırı yağışların model tarafından daha sıklıkla üretildiği görülmektedir ve bu durum gözlemlerle de desteklenmektedir.



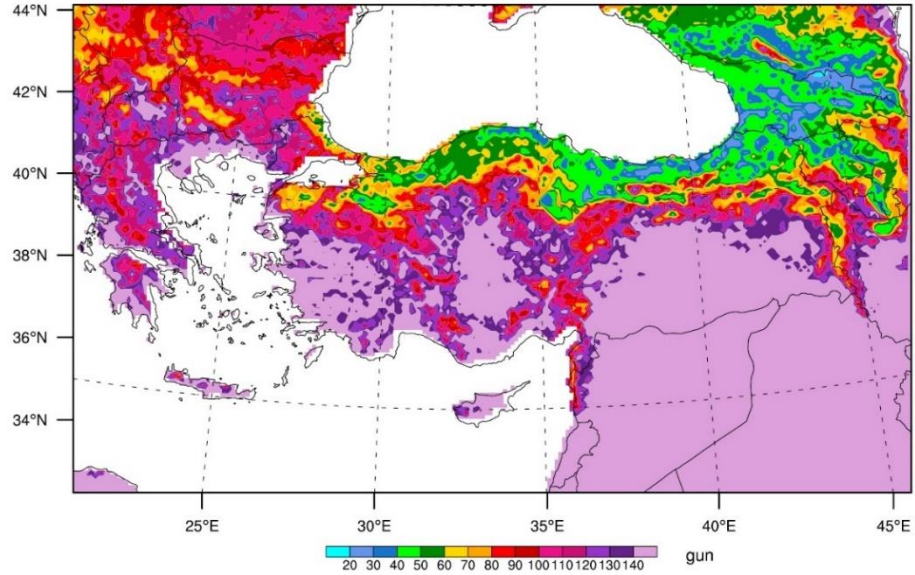
Şekil 3.19 : R20mm indeksi için hesaplanan Model değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.

R95P (Model)



Şekil 3.20 : R95p indeksi için hesaplanan Model değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.

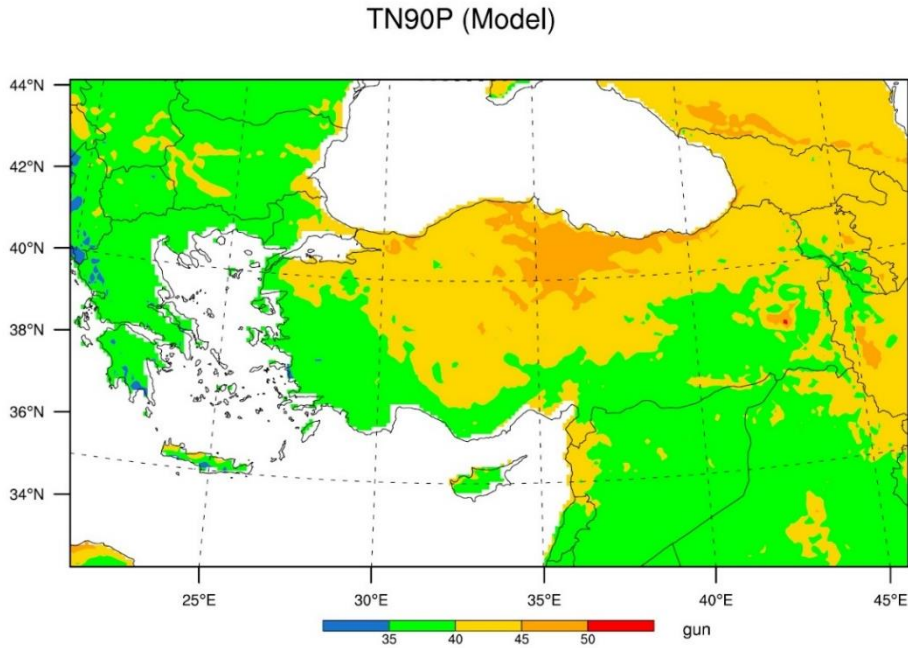
CDD (Model)



Şekil 3.21 : CDD indeksi için hesaplanan Model değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.

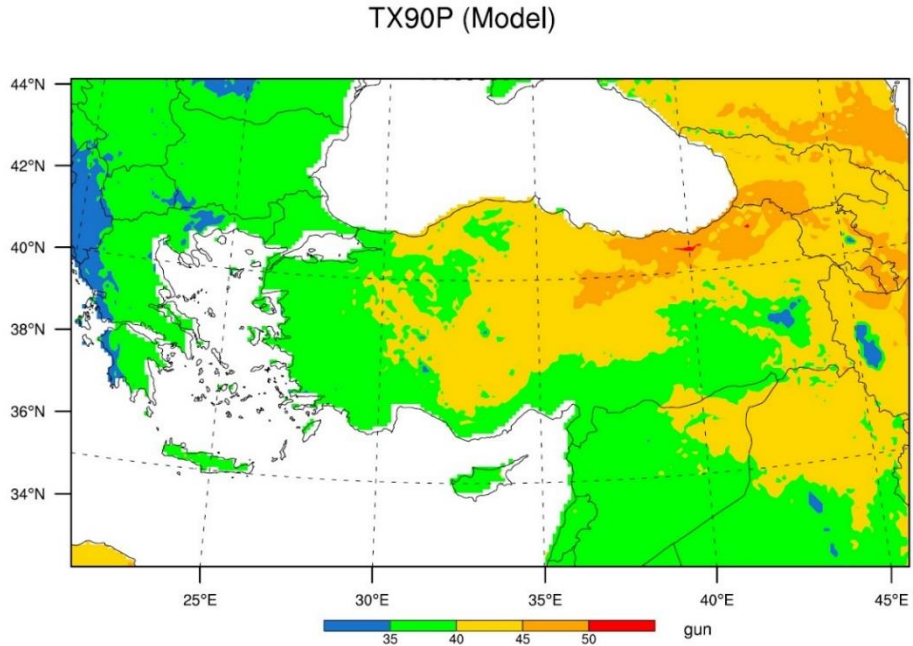
Ardarda kurak günlerin maksimum değerinin uzun yıllar ortalamasını temsil eden CDD (Şekil 3.21) 10 ile 150 gün arasında değişmektedir. Ayrıca görülen patern daha önce yapılan noktasal analizlerle genel olarak örtüşmektedir ve beklendiği gibi Türkiye'nin kuzeyinden güneyine doğru ardarda kurak günlerin sayısı artmaktadır. Modelin gözlemlere olan yakınlığı, kurak günlerin tahmininde oldukça iyi olduğunu göstermektedir.

Modelin minimum sıcaklık değerleri kullanılarak hesaplanan TN90p indeksi sıcak gecelerin analizi için hesaplanmış ve daha önce noktasal olarak hesaplanan sıcak gecelerin salınımı gibi yine 30 ila 55 gün arasında salındığı sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 3.22). Bu durum elde edilen sonuçların oldukça uyumlu olduğunu göstermektedir. Daha önce analiz edilen noktasal karşılaştırmaların iyi sonuç vermesine dayanarak, gözlem olmayan noktalar için modelin iyi sonuçlar verdiğini ve gelecekte sıcak gecelerin tahmininde modelin kullanımının uygun olduğu söylemek doğru olacaktır.



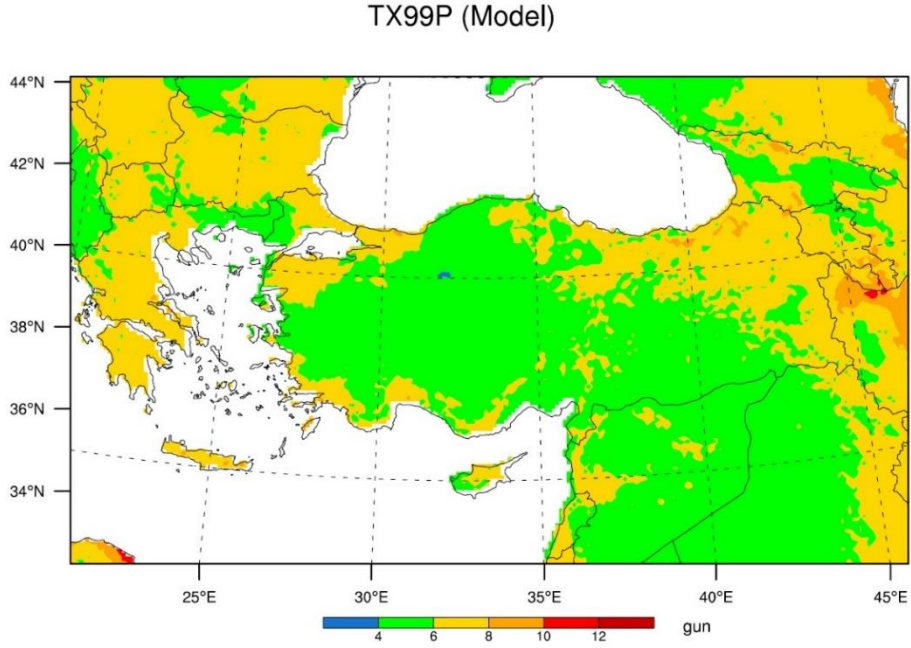
Şekil 3.22 : TN90p indeksi için hesaplanan Model değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.

İklim değışikliği ile birlikte ekstremlerde meydana gelecek değışikliklerin en önemlilerinden olan sıcak günler indeksi (TX90p) model sonuçları kullanılarak 30 ile 55 gün arasında hesaplanmıştır. Şekil 3.23'da da görüldüğü gibi Türkiye ve civarı için elde edilen sonuçlar Şekil 3.13 ile tamamen benzeşmektedir. Doğu Karadeniz bölgesi üzerindeki dağlık alanlarda 50 gün üzerindeki değerler gözlem noktalarında elde edilemeyen ayrıntılar olarak göze çarpmaktadır. Yine Van gölünün etrafındaki bölgenin iklimine olan etkisi de grafikte görülmektedir.

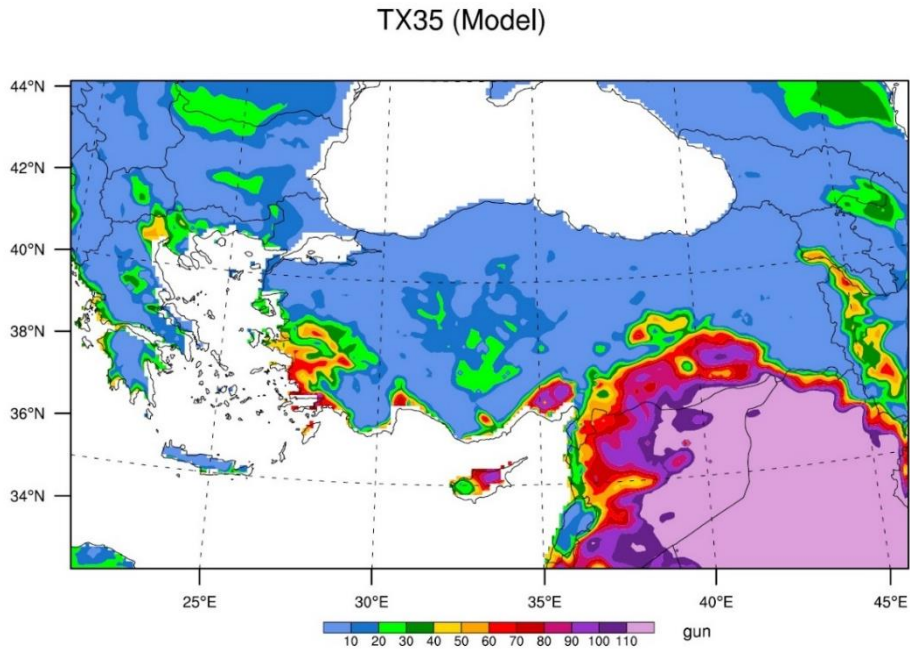


Şekil 3.23 : TX90p indeksi için hesaplanan Model değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.

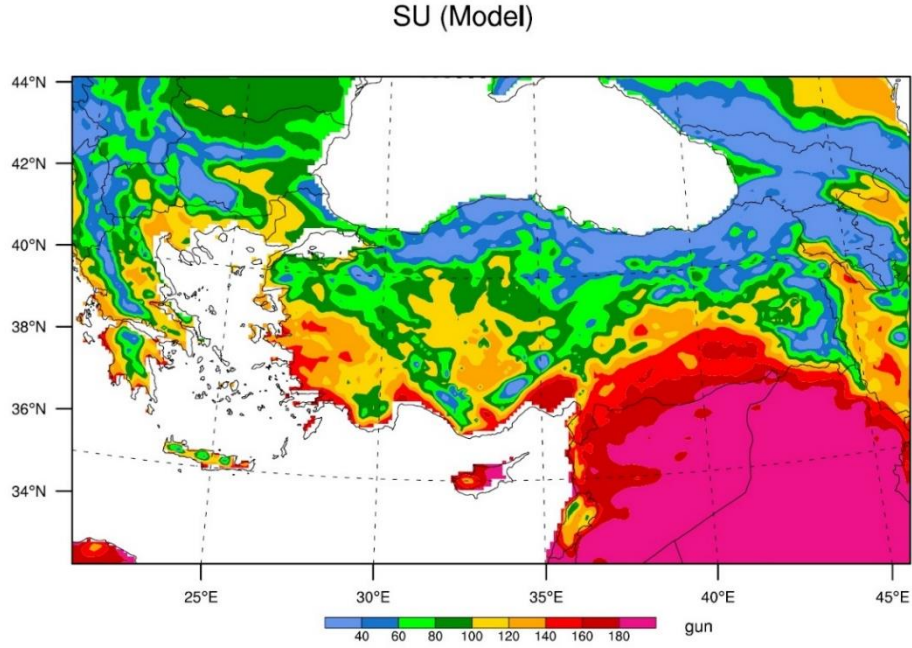
Haritalanan bir diğer indekste çok sıcak günler indeksidir (TX99p). Şekil 3.24'te de görüldüğü gibi Türkiye ve civarındaki bölgede TX99p indeskinin değışkenliği 4 ila 10 gün arasında değışmektedir ve bu daha önce model sonuçlarının noktasal incelenmesinde elde edilen aralıkla bire bir örtüşmektedir. Daha önce de analiz edildiği gibi modelin özellikle Marmara Bölgesi'nin bir kısmı, Karadeniz'in ve Akdeniz'in kıyı kesimleri için ürettiği çok sıcak gün sayısı gözlemlere oranla daha azdır. Ancak bu yerler dışında Türkiye geneli için model gözlemlere oldukça yakındır.



Şekil 3.24 : TX99p indeksi için hesaplanan Model değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.



Şekil 3.25 : TX35 indeksi için hesaplanan Model değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.



Şekil 3.26 : SU indeksi için hesaplanan Model değerlerinin uzun yıllar ortalamalarını göstermektedir.

35°C’den büyük bir başka deyişle çok sıcak günleri hesaplayan indeks Şekil 3.25’de görüldüğü gibi 0 ile 120 arasında değişmektedir. Elde edilen sonuçlardan Türkiye geneline çok sıcak günlerin sayısının Türkiye’nin Ege Bölgesi, güney sahilleri, İç Anadolu’nun bir kısmı ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi hariç 0 ile 10 gün arasında olduğu görülmektedir. Daha önce analiz edilen noktasal grafikler göz önünde bulundurulduğunda model ile istasyonların Türkiye’nin güney sahilleri dışında bire bir örtüştüğü sonucuna ulaşılmıştır. Güney sahillerinde elde edilen bu anormal durum istasyon noktalarındaki ölçüm hatalarından kaynaklandığından modelin sonuçlarının oldukça güvenilir olduğunu söylemek mümkündür.

Son olarak hesaplanan ve haritalanan SU indeksi (yaz günleri) 20 ile 200 gün arasında değişmektedir (Şekil 3.26). Elde edilen değerlerin noktasal olarak incelenen model sonuçları ile bire bir örtüştüğü görülmektedir. Ancak daha önce noktasal model sonuçları ile gözlemler karşılaştırıldığında genel olarak uyumlu sonuçlar elde edilse de özellikle Karadeniz, Ege ve Marmara Bölge’lerinde modelin gözlemlere oranla daha az yaz günü ürettiği sonucuna ulaşılmıştı. Şekil 3.26’dan da daha önceki analizleri destekler sonuçlar elde edilmektedir.

Sonuç olarak, elde edilen sonuçlar ve yapılan analizler ışığında, Bölgesel İklim Modelinin çıktılarının 10-km yatay çözünürlüğünün topoğrafik etkilere duyarlı ekstrem yağış indekslerinde daha ciddi ayrıntılar göstereceği açıktır. Bununla beraber sıcaklık indeksleri için gözlemlerin modelle oldukça uyumlu sonuçlar vermesi gelecek çalışmalar açısından oldukça umut verici ve kullanılabilir olduğunun kanıtıdır.

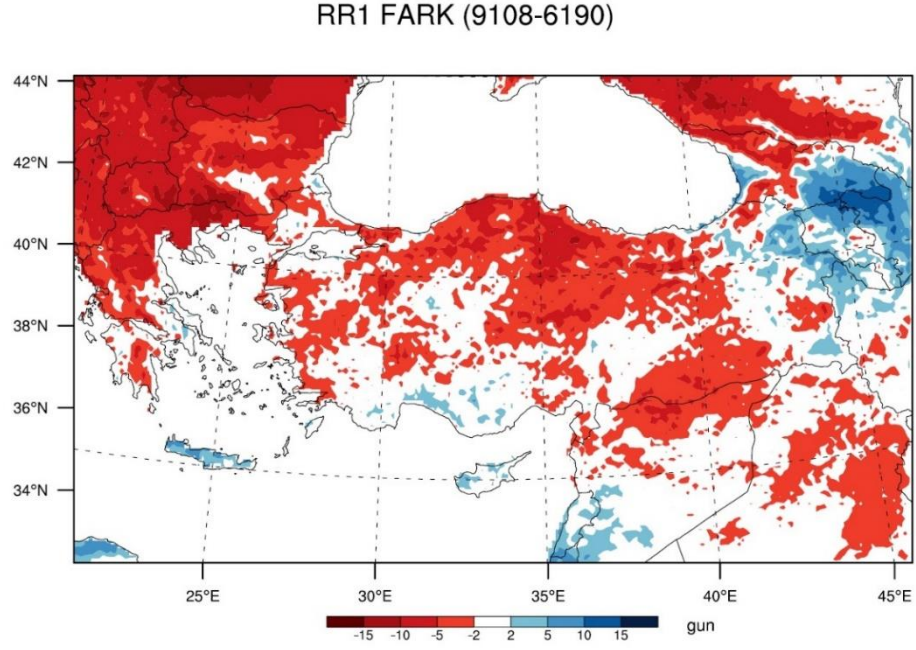
3.5 Ekstrem İndekslerindeki Son Dönem Değişimler ve Trend Analizleri

Bu çalışmada iklim değişikliğinden daha fazla etkilendiğini düşündüğümüz 1991-2008 dönemi için ekstremlerde meydana gelen değişimler araştırılmış ve yine tüm simülasyon dönemi (1961-2008) için de trend analizi yapılmıştır. Ekstrem indekslerde 1991-2008 döneminde meydana gelen değişiklikleri saptamak için referans dönem olarak 1961-1990 yılları arasındaki 30 yıllık dönem alınmış ve anomaliler bu referans döneme göre hesaplanmıştır. Ayrıca her bir ekstrem indeks için yapılan trend analiziyle onyıllık dönemde meydana gelen günlük değişimler incelenmiştir. Trend analizi için hesaplanan lineer regresyon katsayıları, en küçük kareler yöntemi kullanılarak NCL programında elde edilmiştir. Her bir indeks için elde edilen anomali ve trendlerin Türkiye ve çevresindeki alansal dağılımı NCL programı kullanılarak görsellenmiştir.

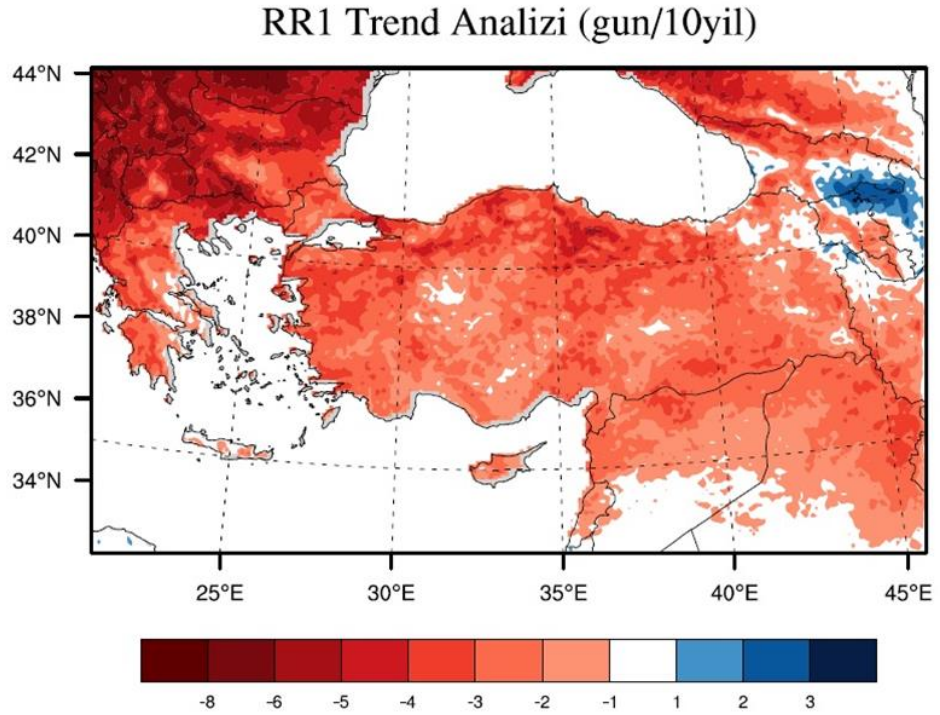
Islak günler indeksinin anomalisini gösteren Şekil 3.27(a)'dan anlaşılabileceği gibi 1991-2008 döneminde Türkiye'nin kuzeyinde ve özellikle Karedeniz'in dağlık bölgelerinde 2 ile 15 gün civarında negatif sinyallere rastlanmaktadır. Bu durum ıslak günlerin 1961-1990 referans dönemine göre azalma gösterdiğinin işaretidir. Ancak bu değişimin mevsimsel dağılımı bilinmediğinden yıllık ortalamalar bazında bir yorum yapılabilmektedir.

RR1 için yapılan trend analizi (Şekil 3.27(b)) incelendiğinde son dönemde meydana gelen değişimler ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Türkiye genelinde 1-4 güne varan azalma eğilimleri görülmektedir. Trend analizinde son dönem değişimlerinde olduğu gibi azalma eğiliminin en fazla olduğu yerler Türkiye'nin kuzeyindeki dağlık bölgelerdir (Küre Dağları Yöresi ve Canik Dağları Yöresi).

a)

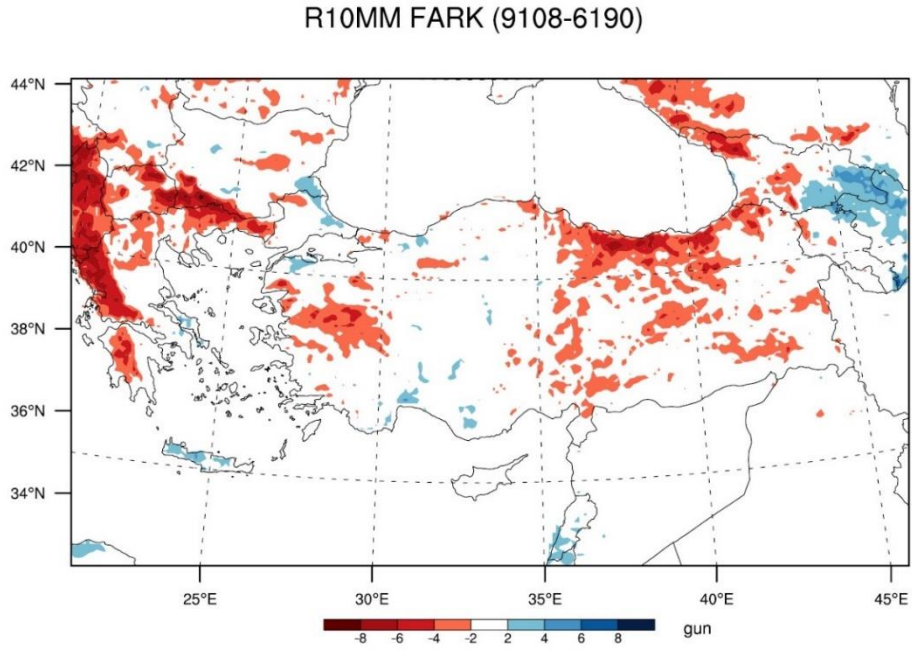


b)

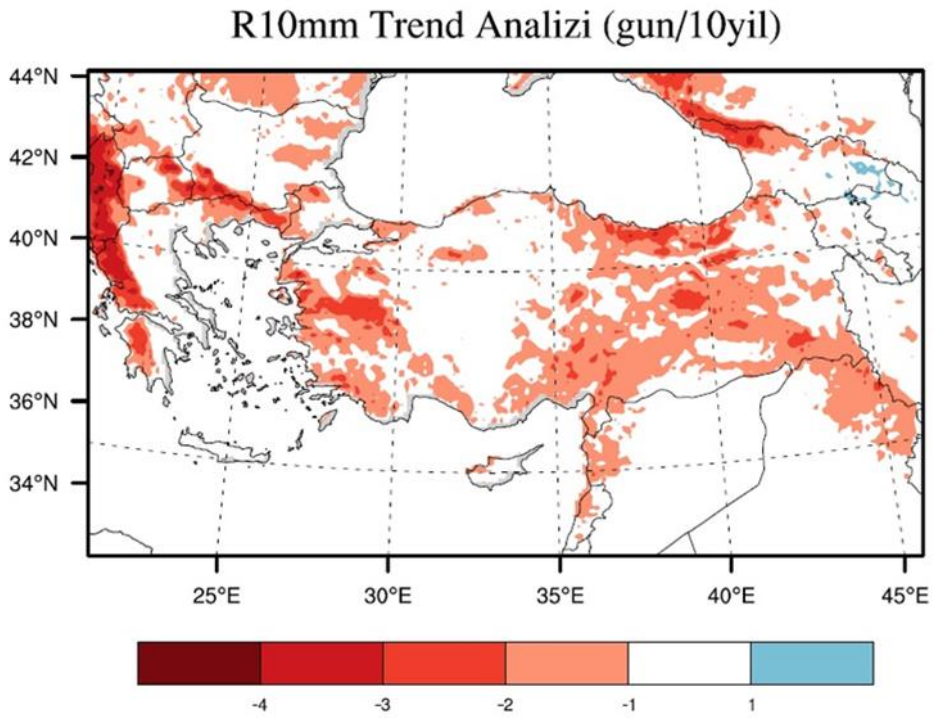


Şekil 3.27 : a) RR1 indeksi için Model değerleri kullanılarak hesaplanan anomali değerlerini göstermektedir. b) RR1 indeksi için trend analizi sonuçlarını göstermektedir.

a)



b)

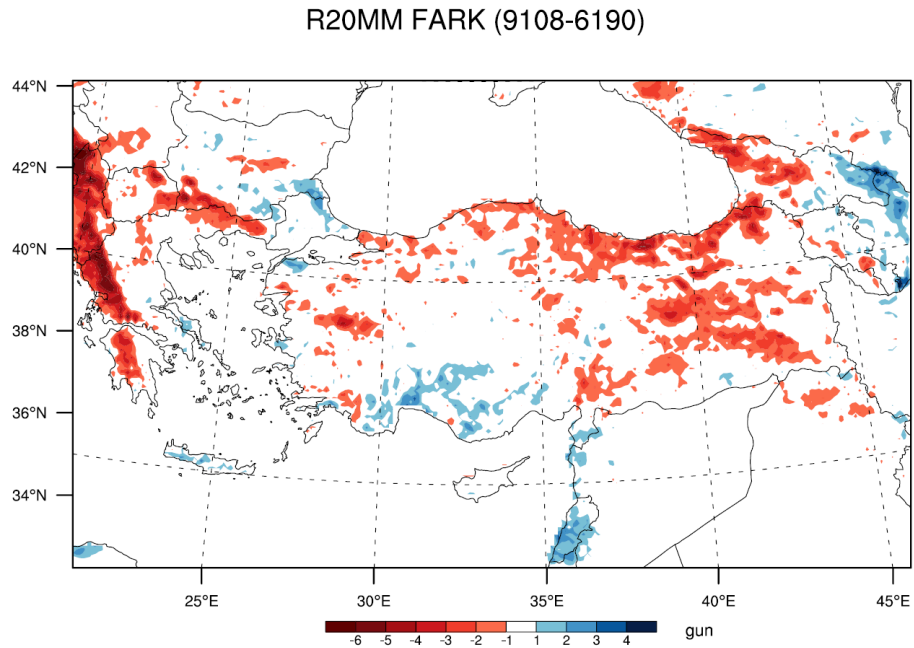


Şekil 3.28 : a) R10mm indeksi için Model değerleri kullanılarak hesaplanan anomali değerlerini göstermektedir. b) R10mm indeksi için trend analizi sonuçlarını göstermektedir.

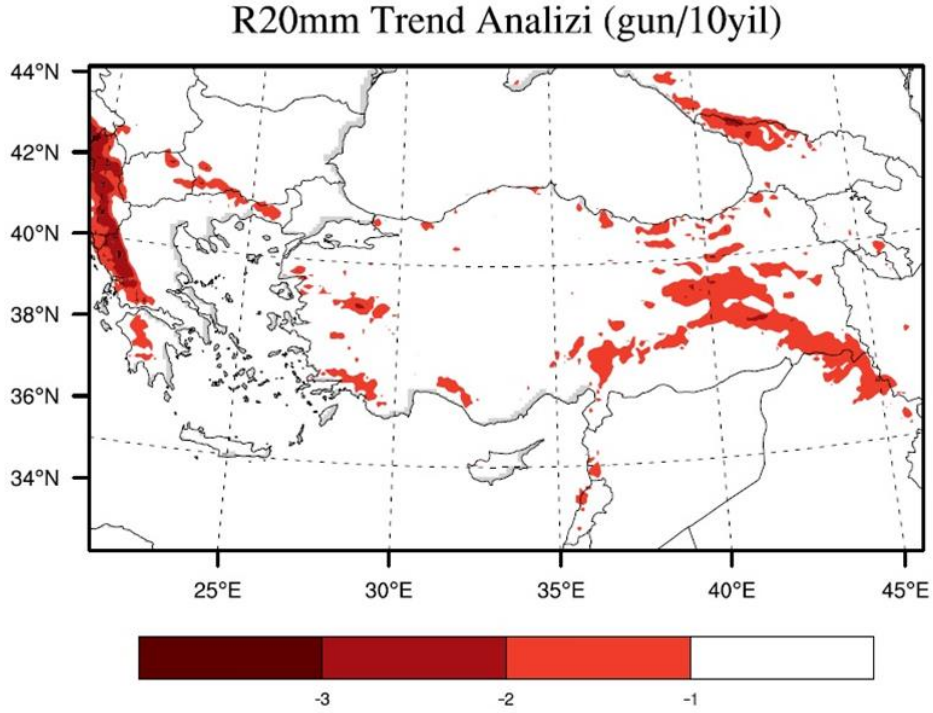
Bir diğerk indeks olan sağanakların gün sayısı için anomali grafiğı Şekil 3.28(a)'da gösterilmektedir. Burdan elde edilen sonuçlara bakılarak Türkiye'nin denize dikey konumda dağıları bulunan Ege Bölgesi'nde ve denize paralel dağıları bulunan Karadeniz Bölgesi'nde yağışların 2 ile 8 gün civarında azaldığını söylemek doğru olacaktır. Sağanakların özellikle son 18 yılda dağılık bölgelerde azalması küresel ısınmanın bölge üzerindeki olumsuz etkisine bir örnek oluşturmaktadır. Sağanakların onyıllar bazındaki değişimine bakıldığında ise Orta ve Doğı Karadeniz Bölgesi'nin dağılık bölgelerinde, Ege bölgesi ve Antalya bölümünde, Doğı Anadolu ve Güneydoğı Anadolu Bölgesinde 1-3 günler civarında azalma trendleri gözlenmektedir (Şekil 3.28(b)).

Çok şiddetli sağanakların 1991-2008 dönemindeki değişimine bakıldığında yine özellikle Orta ve Doğı Karadeniz'de ve Ege Bölgesi'nin dağılık kısımlarında 6 günlere varan azalmalar gözlenmektedir (Şekil 3.29(a)). Akdeniz Bölgesi'nin küçük bir kısmında ise 2 günlük artışlar söz konusudur. Çok şiddetli sağanakların trend analizi grafiğı Şekil 3.29(b)'de gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre sağanak indeksi (R10mm) ile benzer bölgelerde ve benzer miktarlarda (1-3 gün) azalma trendleri görölmektedir.

a)



b)

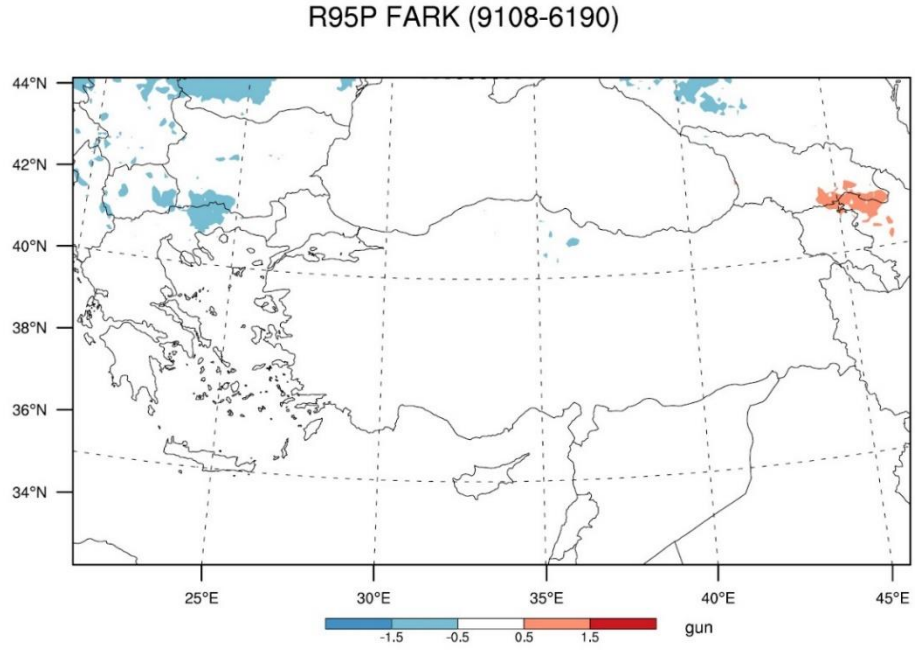


Şekil 3.29 : a) R20mm indeksi için Model değerleri kullanılarak hesaplanan anomali değerlerini göstermektedir. **b)** R20mm indeksi için trend analizi sonuçlarını göstermektedir.

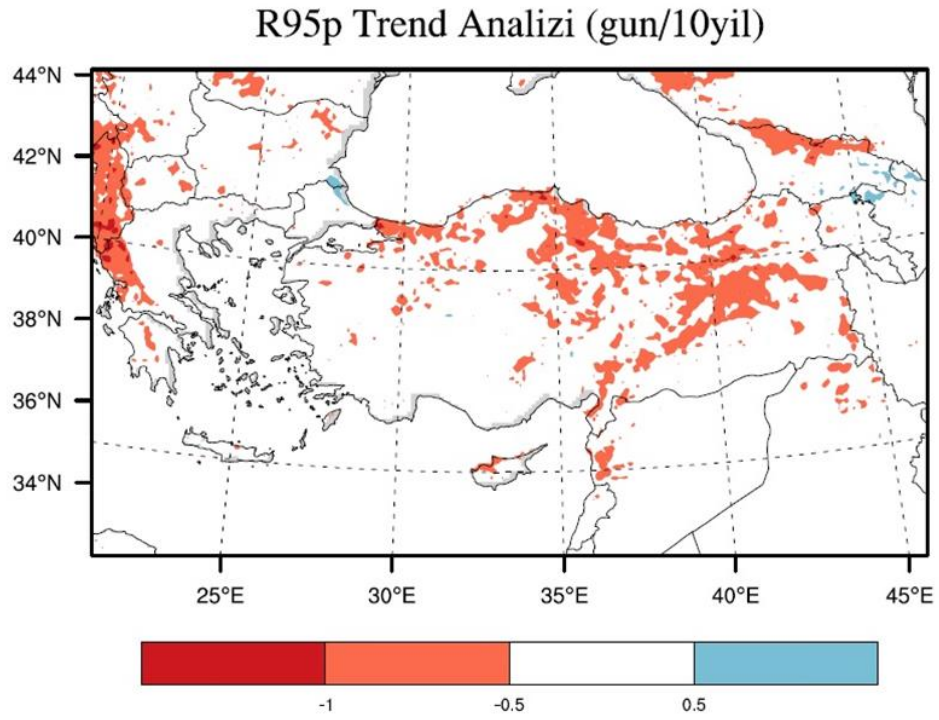
Çok ıslak günleri temsil eden R95p indeksi için hesaplanan anomali grafiği (Şekil 3.30(a)) göstermektedir ki 1961-1990 dönemine oranla 1991-2008 döneminde ciddi bir değişiklik söz konusu değildir. Aynı durum Şekil 3.30(b) grafiğinde yapılan trend hesaplaması için de geçerlidir. Küçük azalmalardan söz edilebilir ancak trend yoktur.

CDD indeksinin anomali grafiğine (Şekil 3.31(a)) göre, 1991-2008 döneminde özellikle Türkiye'nin güney kesimlerine doğru 8 günlere varan azalmalar söz konusudur. Elbette mevsimsel bir analiz yapılmadığından bu azalmanın hangi mevsimlerde gerçekleştiği ve kuraklığa sebep olup olamayacağı konusunda bir analiz yapılamamaktadır. Ancak son 18 yılda CDD'deki bu artış yağışların azaldığının bir göstergesidir. Ardarda kurak günlerin trendini gösteren Şekil 3.31(b) incelendiğinde ise Türkiye'nin güneyine doğru 2-10 günlere varan artış trendleri görülmektedir. Bu durum son 18 yılda meydana gelen değişiklikleri açıklamaktadır.

a)

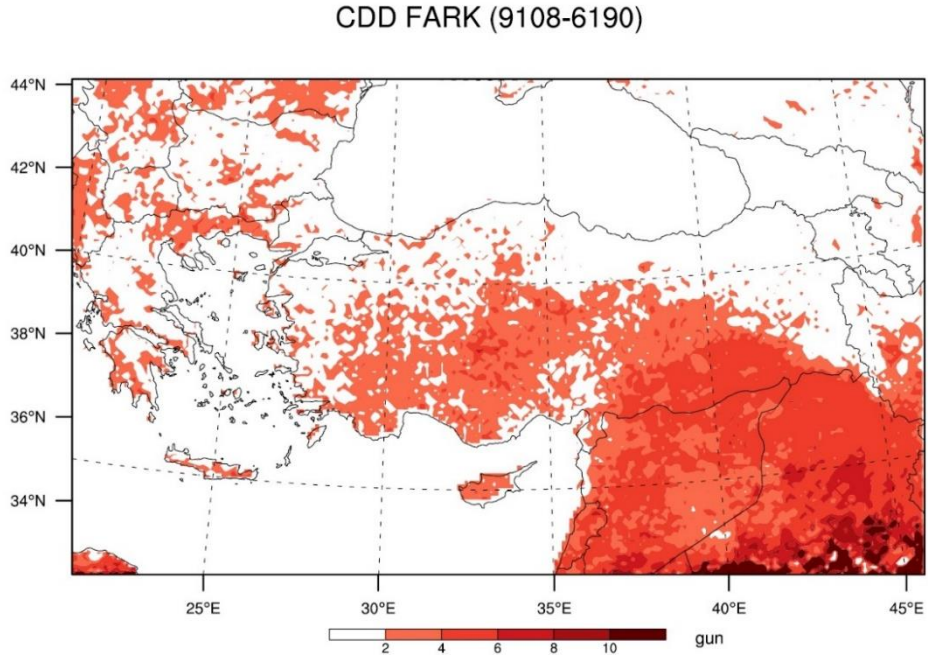


b)

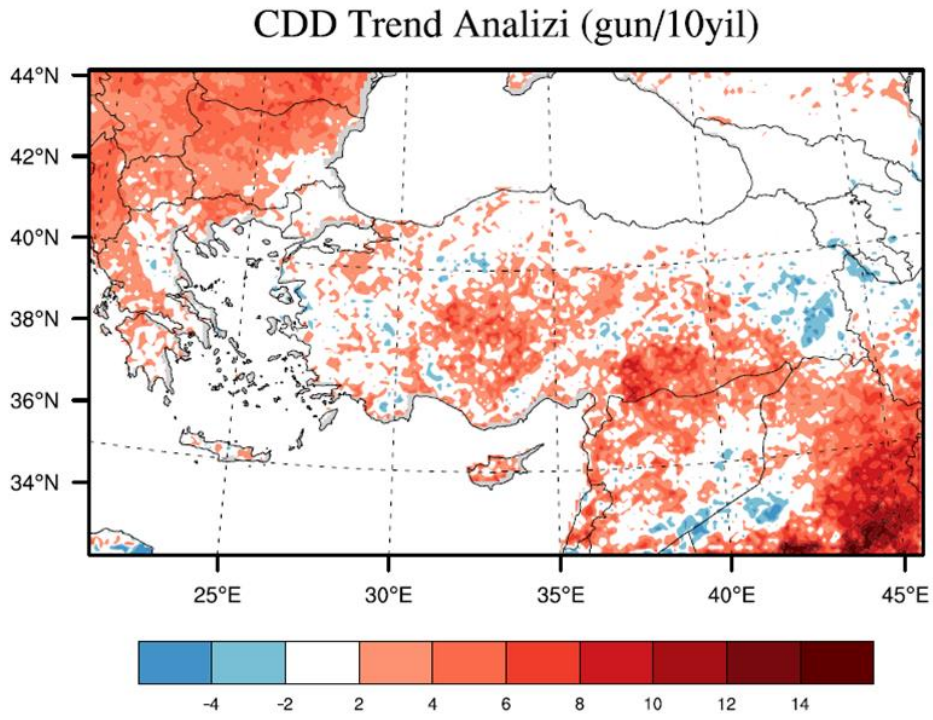


Şekil 3.30 : a) R95p indeksi için Model değerleri kullanılarak hesaplanan anomali değerlerini göstermektedir. **b)** R95p indeksi için trend analizi sonuçlarını göstermektedir.

a)



b)

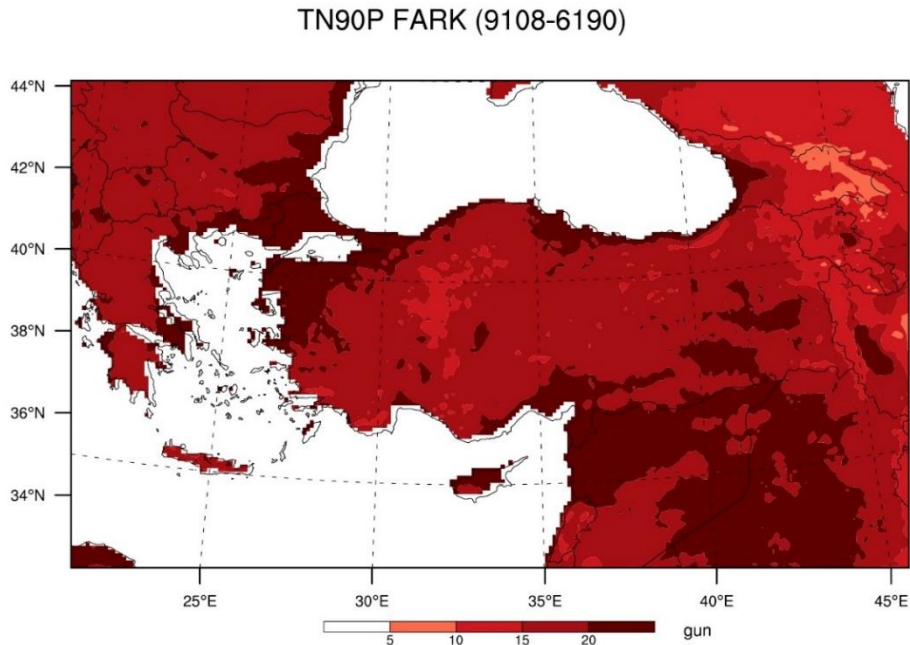


Şekil 3.31 : a) CDD indeksi için Model değerleri kullanılarak hesaplanan anomali değerlerini göstermektedir. **b)** CDD indeksi için trend analizi sonuçlarını göstermektedir.

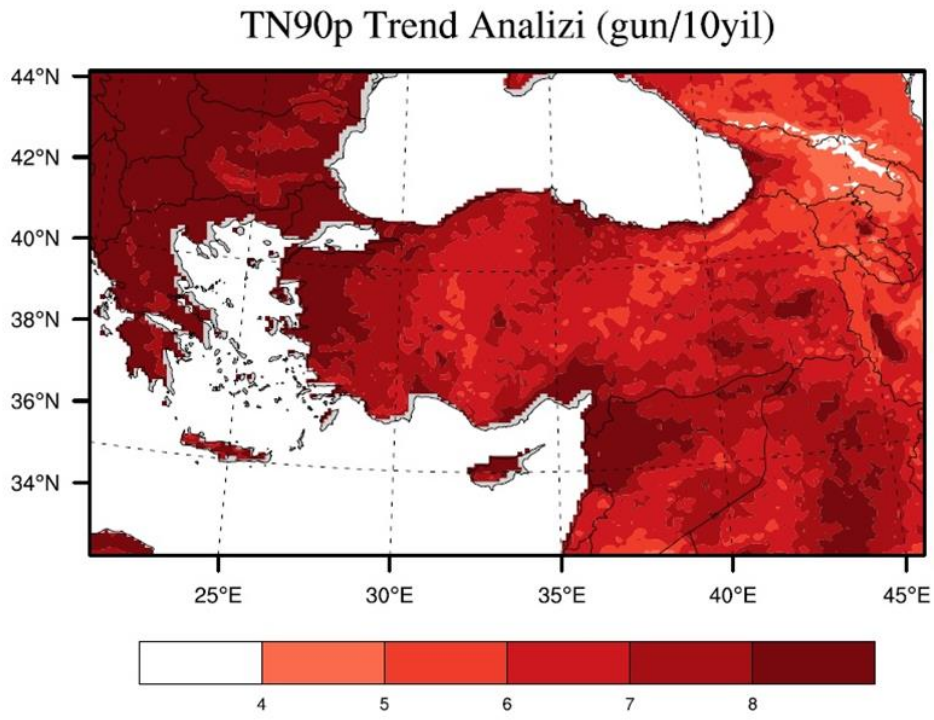
Sıcaklık indekslerinden TN90p'nin anomali grafiğinden (Şekil 3.32(a)) görüldüğü gibi Türkiye üzerindeki sıcak gecelerin sayısı 10 ile 25 gün civarında artış göstermektedir. Bu sonuçlara bağlı olarak 1991-2008 döneminde Türkiye'nin ikliminin küresel ısınmanın etkisiyle daha ılıman ve sıcak koşullara doğru kaydığı ve sıcak gecelerin sıklığının arttığı söylenebilir. 1991-2008 dönemindeki artışa paralel olarak sıcak gecelerdeki trendin artması beklenmektedir. Şekil 3.32(b)'den de görüleceği gibi Türkiye genelinde sıcak gecelerde 4 ile 8 gün civarında artış trendleri hesaplanmıştır. Sıcak gecelerdeki bu artış Ege ve Marmara Bölgesinde 9 günlere çıkmaktadır.

Seçilen model alanında sıcak günlerin sayısı 1991-2008 döneminde, referans dönemine oranla 5 ile 25 gün arasında artış göstermektedir (Şekil 3.33(a)). Son 18 yılda gerçekleşen bu artış küresel ısınmanın sıcaklıklar üzerindeki etkisini açıkça ortaya koymaktadır. Bu bilgiler ışığında yapılan trend analizi sonuçları Şekil 3.33(b)'den incelenecek olursa, sıcak günlerde onyıllık dönemde 2-10 günlere varan artma eğilimleri gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar 1991-2008 dönemindeki değişimlerle paraleldir.

a)

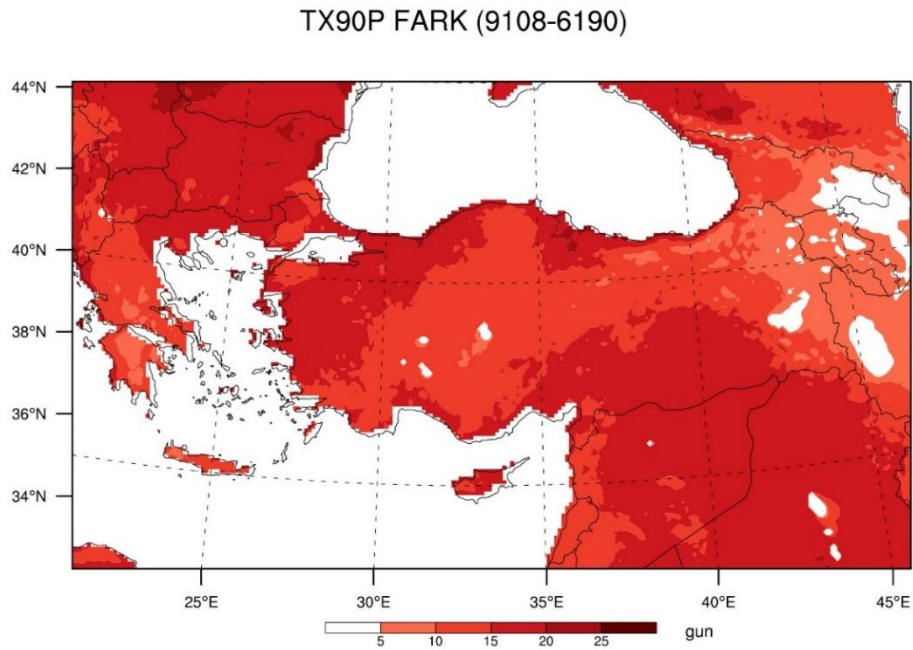


b)

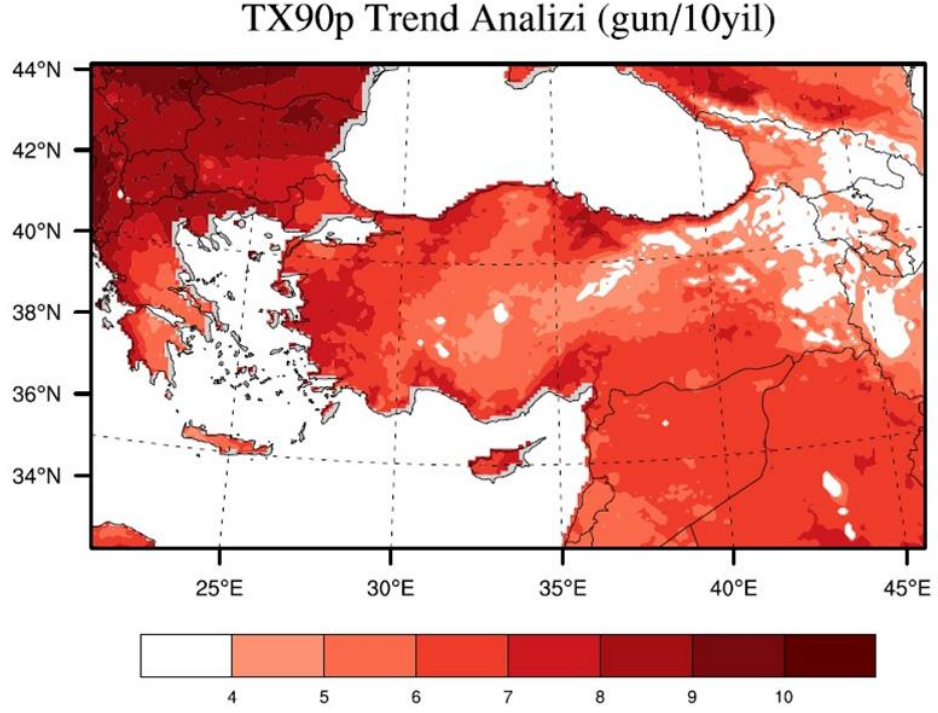


Şekil 3.32 : a) TN90p indeksi için Model değerleri kullanılarak hesaplanan anomali değerlerini göstermektedir. **b)** TN90p indeksi için trend analizi sonuçlarını göstermektedir.

a)



b)

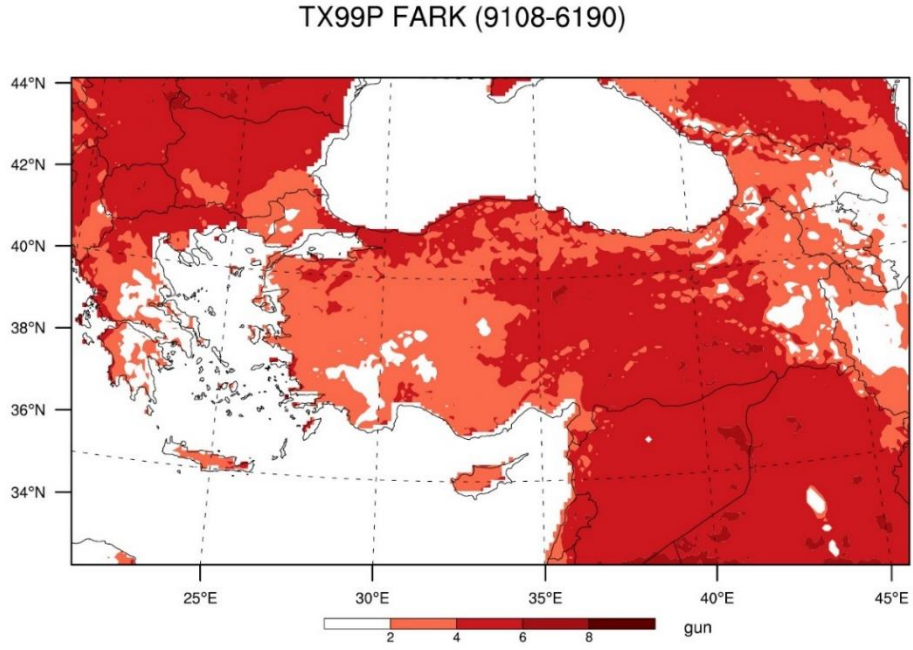


Şekil 3.33 : a) TX90p indeksi için Model değerleri kullanılarak hesaplanan anomali değerlerini göstermektedir. **b)** TX90p indeksi için trend analizi sonuçlarını göstermektedir.

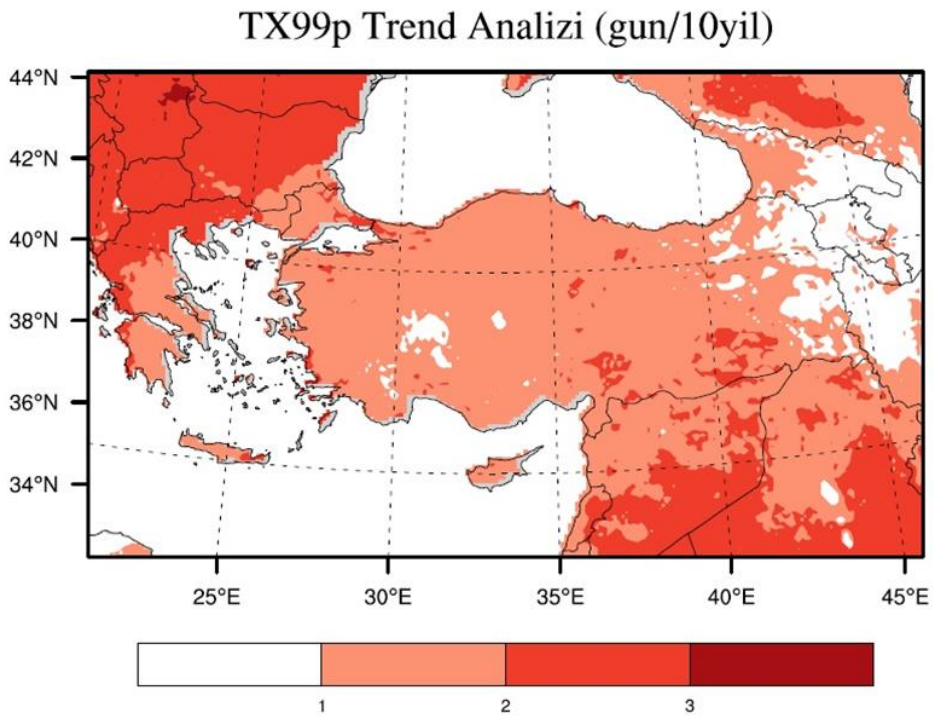
Türkiye üzerinde ise aşırı sıcak günler (TX99p), seçilen 18 yıllık dönem için 0 ile 10 gün arasında artışlar göstermektedir (Şekil 3.34(a)). Özellikle Marmara Bölgesi'ni Karadeniz Bölgesi'ne bağlayan bölümde ve İç Anadolu'dan Güneydoğu Anadolu'ya ve Doğu Anadolu'ya uzanan bölümde aşırı sıcak günlerin sayısının diğer bölgelere göre daha fazla olduğu görülmektedir. Aşırı sıcak günlerin 10 yıllık eğilimi incelendiğinde diğer sıcaklık indekslerinde olduğu gibi artma sinyalleri görülmektedir (Şekil 3.34(b)). Ancak bu indekste gözlenen artış 1-2 gün civarında gözlemlendiğinden trendin varlığından söz etmek mümkün değildir.

Şekil 3.35(a)'da görüldüğü gibi 35 dereceden büyük günler Türkiye'nin iç kesimlerinde 5 ile 10 gün arasında, Ege Bölgesinde 5 ile 30 gün arasında, güney sahillerinde ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ise 0 ile 25 gün arasında artış göstermektedir. Aşırı sıcak günlerin trend analizi sonuçlarına göre İç Anadolu Bölgesi, Ege Bölgesi ve Türkiye'nin güney sahillerinde 2-10 gün civarında artma trendleri gözlenmektedir (Şekil 3.35(b)).

a)

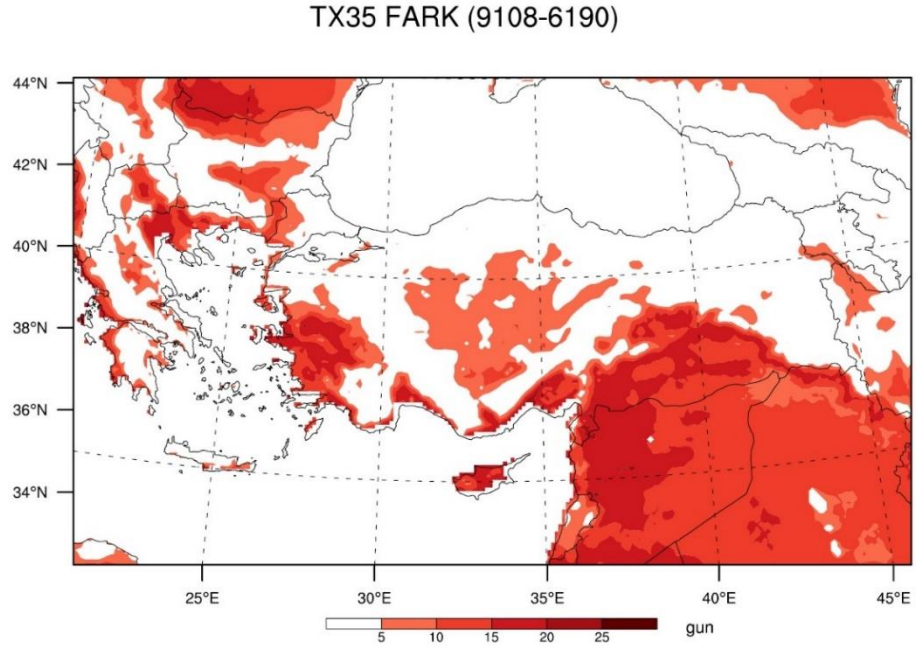


b)

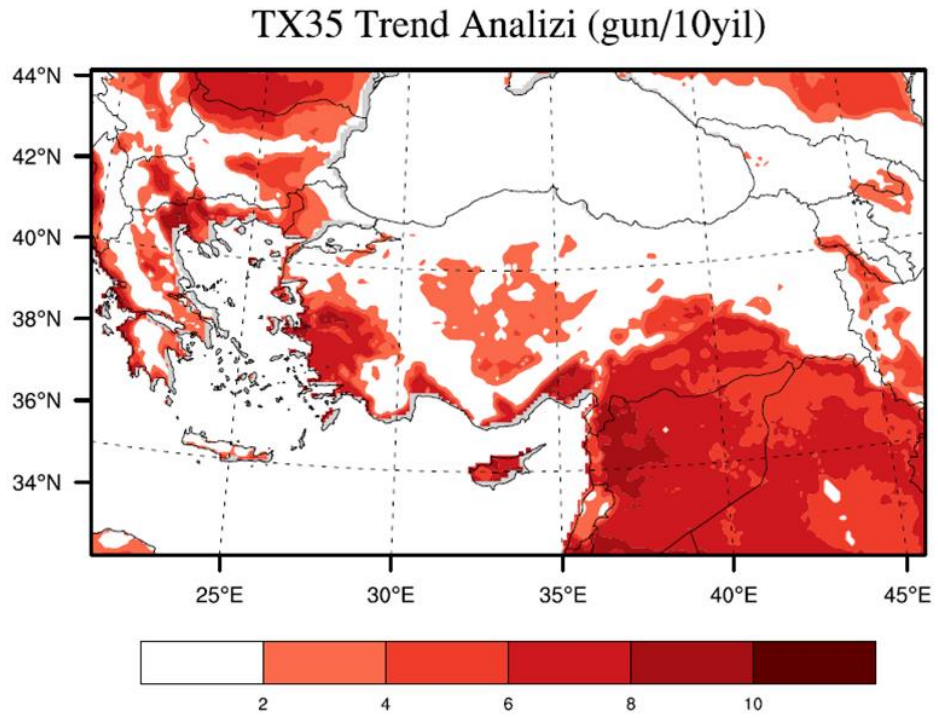


Şekil 3.34 : a) TX99p indeksi için Model değerleri kullanılarak hesaplanan anomali değerlerini göstermektedir. b) TX99p indeksi için trend analizi sonuçlarını göstermektedir.

a)



b)

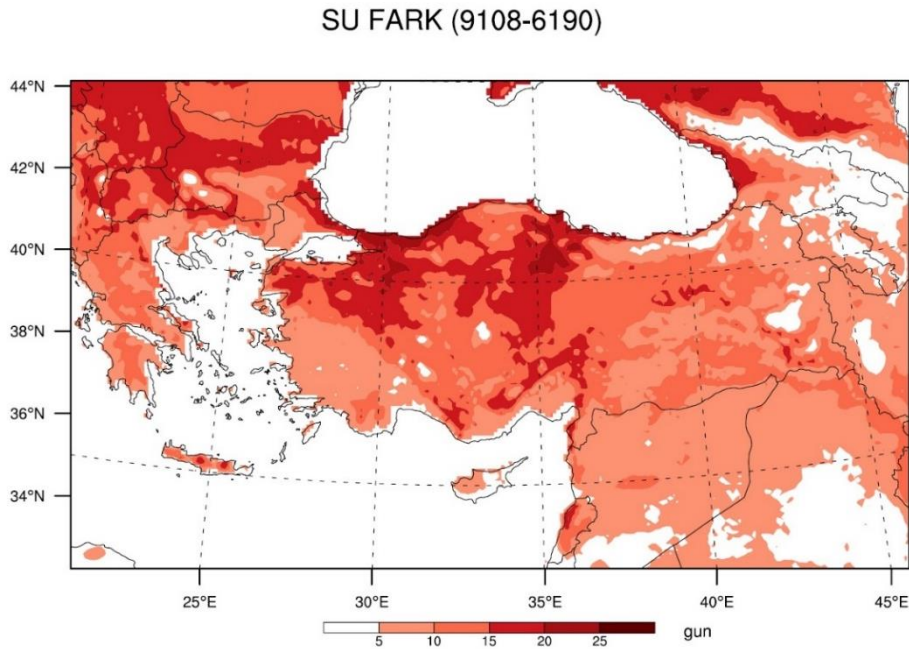


Şekil 3.35 : a) TX35 indeksi için Model değerleri kullanılarak hesaplanan anomali değerlerini göstermektedir. b) TX35 indeksi için trend analizi sonuçlarını göstermektedir.

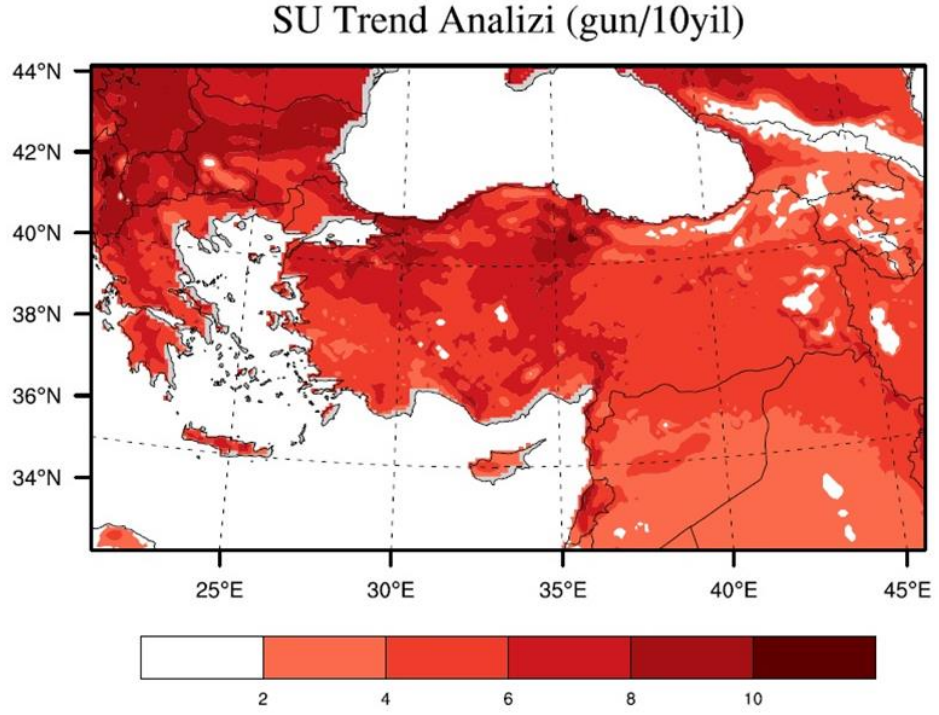
Son olarak yaz günleri indeksi için 1991-2008 dönemi incelendiğinde, referans dönemine kıyasla 5 ile 30 gün arasında artışlar görülmektedir (Şekil 3.36(a)). Bu artış miktarının en fazla olduğu bölgeler Marmara Bölgesi ve güneyi ile Orta Karadeniz ile İç Anadolu'ya uzanan kısımda görülmektedir. Yaz günleri için onyıllık dönemde meydana gelen değişimi gösteren Şekil 3.36(b) incelendiğinde ise 2-10 günlere varan artış trendleri görülmektedir. Hem son dönem değişimler, hem de trend analizi sonuçları aynı bölgelerde, benzer değişimler göstermektedir.

Seçilen zaman aralığının son 18 yılı için yapılan analizlere göre, yağış indekslerinin Türkiye'nin bazı bölgelerinde azalma sinyalleri gösterdiği bulunmuştur. Elde edilen bu sonuçlar onyıllık değişimi gösteren eğilim analizleri ile desteklenmektedir. RR1 1-4 gün, R10mm ve R20mm 1-3 gün civarında azalma trendleri gösterirken kuraklık indeksi CDD, RR1'i destekler nitelikte artma eğilimi göstermektedir.

a)



b)



Şekil 3.36 : a) SU indeksi için Model değerleri kullanılarak hesaplanan anomali değerlerini göstermektedir. **b)** SU indeksi için trend analizi sonuçlarını göstermektedir.

1991-2008 dönemi anomalilerinden elde edilen sonuçlar doğrultusunda seçilen model alanının büyük bir kısmındaki tüm sıcaklık indekslerinde artan trendler gözlenmiştir. Özellikle yaz günleri (SU), sıcak günler (TX90p) ve sıcak geceler (TN90p) indekslerinde 10-25 günlere varan artışlar söz konusudur. Sıcaklık indeksleri için yapılan trend analizlerine göre de Türkiye genelinde TX90p, TN90p ve SU indekslerinde 2-10 gün civarında artış eğilimleri gözlenmektedir. Bu sonuçlar sıcaklık ve yağış ekstremlerindeki küresel ısınmaya bağlı değişimi açıkça ortaya koymaktadır.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

- ❖ Yapılan çalışmada Bölgesel İklim Modeli simülasyon sonuçları ile gözlem verileri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş ve analizler yapılmıştır. Buna bağlı olarak modelin geçmiş simülasyonlarda oldukça iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Dolayısı ile gelecekte iklim değişimine bağlı olarak ekstremlerde meydana gelecek değişim, model simülasyonları ile gerçeğe oldukça yakın bir şekilde tahmin edilebilecektir.
- ❖ Bir diğer analizde, her noktadaki ekstrem sıcaklık ve yağış değerleri (en üstteki %90, 95 ve 99) Q-Q dağılım yöntemiyle incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Belirli bir zaman aralığının ortalamalarının dışında yıldan yıla olan değişkenliklerin model ve istasyon değerleri için karşılaştırılması yine noktasal olarak yapılmıştır. Bu hesaplar eğilim analizi için ve gözlem verisindeki eksikliklerin belirlenmesi açısından yararlı olmuştur. Ayrıca bu çalışmada kullanılan gözlemlerin kalitesinin değerlendirilmesi yapılmıştır. 187 MGM istasyonunun 107 tanesinde seçilen zaman aralığında %99 ve daha fazla oranda (63 istasyonda %100) günlük veri bulunmaktadır. Geri kalan istasyonlar ise %90 ve daha fazla günlük veriye sahiptir. Eksik gözlemlere sahip istasyonların çoğunluğunda eksik bölümlerin ölçümlerin daha başlamadığı 1961-1964 yılları arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun analizlere olumsuz etkisinin minimum düzeyde kalacağı öngörülmüştür. Eksik kısımlar zaman serilerinin karşılaştırmasında ortaya çıkmıştır. Ayrıca yüzdelik indeksler (R95p, TN90p, TX90p, TX99p) için gerekli eşik değerlerinin hesaplanmasında veri kaybının çok daha az olduğu dönem olan 1970-2000 dönemi seçilmiştir.
- ❖ Bu analizlere ek olarak, 1961-2008 döneminde model çıktıları ve gözlemler kullanılarak her bir indeks için zaman serileri üretilmiştir. Buna bağlı olarak, yağışların zaman serileri incelendiğinde genel olarak azalan trendler gözlenmiştir. Bunun aksine sıcaklıkların zaman serileri incelendiğinde ise Türkiye genelinde artan trendler gözlenmektedir. Buna ek olarak model son

dönemde, sıcaklıkta meydana gelen artış trendini yakalamaktadır. Modelin gözlemlerin zamansal değişkenliğini yakalayabilme kabiliyetini ölçmek adına elde edilen zaman serileri model ve gözlemlerin oldukça uyumlu olduğunu göstermektedir. Ayrıca model ile gözlemler arasındaki tutarlılığı test etmek bakımından yağış ve sıcaklık için korelasyon katsayıları hesaplanmış ve maksimum korelasyonlar sırasıyla 0.62 ve 0.82 olarak bulunmuştur. Elde edilen tüm korelasyon değerleri incelendiğinde sonuç modelin lehinedir. Dolayısı ile, hem zaman serilerindeki uyumluluk hem de korelasyon değerleri, modelin ekstremleri yakalamadaki becerisini ortaya koymaktadır.

- ❖ Yağış ve sıcaklık değişkenlerinin günlük zaman aralığından elde edilmiş ekstrem indeks değerleri hem model hem de gözlem verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Bu amaçla seçilmiş RR1, R10mm, R20mm, R95p ve CDD yağış indeksleriyle, TN90p, TX90p, TX99p, TX35 ve SU sıcaklık indeksleri bütün gözlem noktalarında model taraflılığının belirlenmesi için karşılaştırılmıştır. Seçilen yağış ve sıcaklık indekslerinin büyük çoğunluğunda model ve gözlem değerlerinin birbirlerine uyumlu olduğu, modelin ekstrem olayların genel paternini iyi simüle ettiği görülmüştür. Ayrıca modelin gözlemlere göre hem sıcaklıkta hem de yağışta oldukça iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Bütün yağış indeksleri ve kuraklık indeksi CDD'nin genel paterni model tarafından iyi bir şekilde temsil edilmektedir. Ancak model özellikle RR1 olmak üzere yağış indeksleri için pozitif taraflılığa sahiptir. Türkiye'nin kuzey kısımlarında ıslak günler (RR1) yaklaşık 50-100 günlere varan farklarla temsil edilmektedir. Model yağışta olduğu gibi sıcaklıkta da genel paterni yakalamakta, TX99p dışındaki sıcaklık indeksleri gözlemlere kıyasla oldukça iyi bir şekilde temsil edilmektedir. Ancak modelin simüle etme becerisinin öne çıktığı indeksler, yağışta R20mm ve CDD, sıcaklıkta ise SU ve TN90p'dir.
- ❖ Çok Sıcak Günler İndeksi (TX35) Türkiye üzerinde genel olarak iyi olmakla birlikte güney kıyılarımızdaki istasyonlarda ciddi sapmalar göstermektedir. Bu durumun istasyonlardaki maksimum sıcaklık verilerindeki bir hata olabileceği düşünülmektedir. MGM ile yapılan görüşmelerde orijinal verilerin çalışmada kullanılanlar olduğu saptanmış ve veri temini sırasında herhangi bir hatanın oluşmadığı da kontrol edilmiştir. Dolayısı ile TX35

indeksinde güney sahili şeridindeki hatalar model taraflılığı ile değil hatalı istasyon gözlemleri ile açıklanmaktadır.

- ❖ Son olarak 1991-2008 döneminde tüm indeksler için anomaliler hesaplanmış ve trend analizleri yapılmıştır. Bu dönem için ıslak günlerdeki (RR1) değişim Türkiye'nin kuzeyinde 2 ile 15 gün arasında azalma göstermektedir. RR1'in trend analizi sonuçları ise onyıllık dönem için 1-4 gün civarında azalmaların meydana geldiğini göstermektedir. Ardarda kurak günlerde ise Türkiye'nin güneyine doğru artmalar olduğu açıktır ve trend analizi de bu sonuçla uyumludur. Son dönemde, haritalanan tüm model alanında sıcaklık indekslerinin hepsinde artışlar gözlenmiştir. Buna ek olarak trend analizleri de tüm sıcaklık indekslerinde artış eğilimi olduğunu göstermektedir. Özellikle, Yaz Günleri (SU), Sıcak Geceler (TN90p) ve Sıcak Günler'de (TX90p) son 18 yılda 10-25 gün aralığında artışlar olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Trend analizlerinde ise 2-10gün/10yıl miktarında azalmaların olduğu bulunmuştur. Buna bağlı olarak son yıllarda sıcaklıklarda ve kuraklıktaki artış ile yağışlardaki azalmaları tespit edebilmesi bakımından modelin güvenilirliği kanıtlanmıştır.

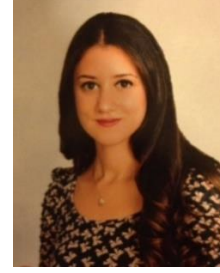
Bundan sonraki çalışmalarda daha detaylı analizler yapabilmek adına, farklı indekslerin incelenmesi veya farklı eşik değerleri belirlenerek yeni indeksler üretilmesi mümkündür. Ayrıca elde edilen Q-Q grafiklerinden daha verimli sonuçlar elde edebilmek ve daha detaylı bir analiz yapabilmek adına korelasyonlar daha detaylı incelenebilir. Elde edilen sonuçlara dayanarak, modelin ekstremleri genel olarak iyi bir şekilde temsil etmesi, gelecekte iklimin değişmesi ile değişecek ekstremlerin tahmini için model kullanımını vazgeçilmez kılmaktadır. Dolayısı ile çalışmanın devamında gelecek simülasyonları ile öngörü çalışmalarının yapılması amaçlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- Barothly, J. ve Poncgracz, R.** (2007). Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Global and Planetary Change*, **57**, sf. 83–95, doi:10.1016/j.gloplacha.2006.11.002
- Boo, K. O., W.-T. Kwon, H.-J. Baek.** (2006). Change of extreme events of temperature and precipitation over Korea using regional projection of future climate change. *Geophysical Research Letters*, **33**, L04802, doi:10.1029/2009GL041841.
- Buonomo, E., R., Jones, C., Huntingford, J., Hannaford,** (2007). On the robustness of changes in extreme precipitation over Europe from two high resolution climate change simulations. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **133**, sf. 65-81, doi: 10.1002/qj.13
- Chu, P.-S., Y. R., Chen, T. A., Schroeder,** (2010). Changes in precipitation extremes in the Hawaiian Islands in a warming climate. *American Meteorological Society*, **23**, sf. 4881-4900, doi: 10.1175/2010JCLI3484.1
- Diffenbaugh, N. S., S. Pal., Jeremy, F., Giorgi, X., Gao,** (2007). Heat stress intensification in the Mediterranean climate change hotspot. *Geophys. Research Letters*, **34**, L11706, doi:10.1029/2007GL030000
- Frei C., R., Schöll, S., Fukutome, J., Schmidli, P. L., Vilade.** (2006). Future change of precipitation extremes in Europe: Intercomparison of scenarios from regional climate models. *Journal of Geophysical Research*, **111**, D06105, doi:10.1029/2005JD005965
- Hertig E., S., Seubert, J., Jacobeit.** (2010). Temperature extremes in the Mediterranean area: trends in the past and assessment for the future. *Nat. Hazards Earth System Sci.*, **10**, sf. 2039-2050, doi:10.5194/nhess.
- IPCC,** (2012). Summary for Policymakers. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. *A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK-New York, NY, USA, sf. 1-19
- Kharin V. V., F. W., Zwiers.** (2000). Changes in the extremes in an ensemble of transient climate simulations with a coupled Atmosphere-Ocean GCM. *Journal of Climate*, **13**, sf. 3760-3788.
- Kostopoulou E., P. D. Jones.** (2005). UK Assesment of climate extremes in Eastern Mediterranean. Climatic Research Unit, University of East Anglia, *Geophys. Research Letters*, **37**, L04802, doi:10.1029/2009GL041841.

- Lustenberger, A., R., Knutti, E. M., Fischer.** (2014). Sensitivity of European extreme daily temperature return levels to projected changes in mean and variance. *Journal of Geophys. Research: Atmospheres*, **119**, doi:10.1002/2012JD019347 .
- Lynn, B. H., R., Healy, L. M., Druyan.** (2007). An analysis of the potential for extreme temperature change based on observations and model simulations. *Journal of Climate*, **20**, sf. 1539-1554, doi: 10.1175/JCLI4219.1
- Montesarchio, M., A. L., Zollo, E., Buccignani, P., Mercogliano, S., Castellari.** (2014). Performance evaluation of high-resolution regional climate simulations in the Alpine space and analysis of extreme events. *J. Geophys. Res. Atmos.*, **119**, sf. 1-16, doi:10.1002/2013JD021105.
- Önol, B.** (2012). Effects of coastal topography on climate: high-resolution simulation with a regional climate model. *Climate Res.*, **52**, sf. 159-174, doi: 10.3354/cr01077.
- Shiogama, H., T., Nozawa, S., Emori.** (2007). Robustness of climate change signals in near term predictions up to the year 2030: Changes in the frequency of temperature extremes. *Geophys. Res. Letters*, **34**, L12714, doi:10.1029/2007GL029318.
- Tank, A. M. G. K., J. B., Wijngaard, G. P., Ko-Nnen, R. Bo, Hm, G., Demare E, A., Gocheva, M., Mileta, S., Pashiardis, L., Hejkrlik, C., Kern-Hansen, R., Heino, P., Bessemoulin, G., Müller-Westermeier, M., Tzanakou, S., Szalai, T., Paľsdo Ttir, D., Fitzgerald, S., Rubin, M., Capaldo, M., Maugeri, A., Leitass, A., Bukantis, R., Aberfeld, A. F. V., Van Engelen, E., Forland, M., Mielus, F., Coelho, C., Mares, V., Razuvaev, E., Nieplova, T., Cegnar, J., Antonio Lo´Pez, B., Dahlstro M, A., Moberg, W., Kirchhofer, A., Ceylan, O., Pachaliuk, L. V., Alexander, P. Petrovic.** (2002). Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European climate assessment. *Int. J. Climatol.*, **22**, sf. 1441–1453, doi: 10.1002/joc.773.
- Ünal, Y. S., E., Tan, S. S., Menteş.** (2013). Summer heat waves over western Turkey between 1965-2006. *Theo. and Appl. Clim.*, **112**, sf. 339-350, doi: 10.1007/s00704-012-0704-0
- Zhang X., E. Aguilar, S. Sensoy, H. Melkonyan, U. Tagiyeva, N. Ahmed, N. Kotaladze, F. Rahimzadeh, A. Taghipour, T. H. Hantosh, P. Albert, M. Semawi, M. K. Ali, M. H. S. Al-Shabibi, Z. Al-Oulan, T. Zafari, I. A. D. Khelet, S. Hamoud, R. Sagir, M. Demircan, M. Eken, M. Adiguzel, L. Alexander, T. C. Peterson, T. Wallis.** (2005). Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003. *Journal Of Geophysical Research*, **110**, D22104, doi:10 1029/2005JD006181.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Fulden Batıbeniz
Doğum Yeri ve Tarihi: Mağusa/K.K.T.C. 19/10/1989
E-Posta: fuldenica@gmail.com
Lisans: Meteoroloji Mühendisliği

Mesleki Deneyim:

- Yüksek Çözünürlükteki Bölgesel İklim Modeli Simülasyonu ile Ekstrem İklim İndekslerinin Belirlenmesi. *TUJJB Projesi*, Mart 2013-Mart 2015.

Yayın ve Patent Listesi:

- Batıbeniz F., Önal B., 2014: Defining Extreme Climate Indices Using High Resolution Regional Climate Simulation. *European Geosciences Union*, April 27-May 2, 2014 Vienna, Austria.
- Batıbeniz F., Önal B., 2014: Defining Extreme Climate Indices Using High Resolution Regional Climate Simulation. *International Center for Theoretical Physics*, May 12-23, 2014 Trieste, Italy.
- Batıbeniz F., Önal B., 2014: Assessment of Temperature and Precipitation Extremes with Climate Indices by Using High Resolution Climate Simulation. *MedCLIVAR*, June 22-24, 2014 Ankara, Turkey.