

**TÜRKİYE’NİN BATI BÖLGELERİNDE İKLİM
DEĞİŞİMİ VE KÖMÜRLE ÇALIŞAN TERMİK
SANTRALLERDEN KAYNAKLANAN CO₂
EMİSYONLARI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Eldebiran AYAN**

**Anabilim Dalı: Çevre Mühendisliği
Programı: Çevre Bilimleri ve Mühendisliği**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Erdem GÖRGÜN
Tez Eş Danışmanı: Prof. Dr. Selahattin İNCECİK**

EKİM 2008

**TÜRKİYE’NİN BATI BÖLGELERİNDE İKLİM DEĞİŞİMİ
VE KÖMÜRLE ÇALIŞAN TERMİK SANTRALLERDEN
KAYNAKLANAN CO₂ EMİSYONLARI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Eldebiran AYAN
501041731**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 10 Eylül 2008
Tezin Savunulduğu Tarih : 31 Ekim 2008**

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Erdem GÖRGÜN
Tez Eş Danışmanı: Prof.Dr. Selahattin İNCECİK
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Olcay TÜNAY (İTÜ)
Prof.Dr. Kadir ALP (İTÜ)
Prof.Dr. Ferruh ERTÜRK (YTÜ)

EKİM 2008

ÖNSÖZ

Türkiye’de iklim değişiminin bölgesel olarak incelendiği, Marmara ve Ege bölgelerinde son 50 yılda iklim parametrelerinde yaşanan değişimin belirlendiği, Türkiye’de kömürle çalışan termik santrallerden kaynaklanan CO₂ emisyonlarının miktarının hesaplandığı bir çalışmadır. Küresel iklim değişiminin öneminin giderek arttığı şu günlerde, Türkiye’de iklim değişimi ne durumda, Türkiye’de bölgesel iklim değişimi yaşanmakta mı, küresel ısınmayı artırıcı etkisi olan sera gazları salınımı açısından başta karbondioksit olmak üzere, Türkiye kendi payına ne durumda, sorularına yanıt aranmıştır. Türkiye’nin enerji politikası, emisyon envanteri ve Türkiye’deki iklim parametrelerindeki bölgesel değişim konularında faydalı bir çalışma olmuştur.

Çalışmalarım sırasında, danışmanım Prof. Dr. Erdem GÖRGÜN’e, bana sonsuz yardımları olan, eş danışmanım Prof. Dr. Selahattin İNCECİK’e çok teşekkür ediyorum. Prof. Dr. Yurdanur ÜNAL’a, Prof. Dr. Kadir ALP’e, Prof. Dr. Olcay TUNAY’a, Prof. Dr. Ferruh ERTÜRK’e, Yrd.Doç.Dr. Ali DENİZ’e, Yrd.Doç.Dr. Hüseyin TOROS’a, yardım ve desteklerinden, doğru yönlendirmelerinden dolayı sonsuz teşekkürler ediyorum.

Verilerin düzenlenmesinde benimle birlikte sabahlara kadar çalışan babam Halil AYAN’a, verilerin düzenlenmesinde annem Serap AYAN ve teyzem Fatma YÜRÜK’e zaman ve emek harcadıkları için çok teşekkür ediyorum.

Zorlu geçen son 1,5 senede çok emek vererek hazırladığım çalışmam sırasında maddi, manevi, teknik her türlü desteği veren, hep yanımda olan aileme ve beni motive eden arkadaşlarıma teşekkürü bir borç biliyorum.

Ekim 2008

Eldebiran AYAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel	1
1.2. Çalışmanın amacı	5
1.3. Çalışmanın kapsamı	6
1.4. Çalışmanın yöntemi	6
2. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİMİ VE ENERJİ KULLANIMI	7
2.1. Küresel iklim değişimi	7
2.1.1. Küresel iklim değişiminin nedenleri	9
2.1.2. Sera etkisi ve sera gazları	11
2.2. Avrupa'da iklim değişimi	13
2.3. Türkiye'de iklim değişimi	15
2.3.1. Türkiye'de sıcaklık artışı	17
2.3.2. Türkiye'de yağış değişimi	17
3. ENERJİ, ÜRETİM VE CO₂	19
3.1. Dünya'da enerji	19
3.2. Termik santraller	23
3.3. Türkiye'de enerji üretimi	24
3.4. Türkiye'de termik santraller	25
3.5. Türkiye'de emisyonlar	29
4. METODOLOJİ	36
4.1. Genel	36
4.2. Veri	36
4.3. Analiz yöntemi	37
4.3.1. Aritmetik ortalama	37
4.3.2. Homojenlik testi	38
4.3.3. Trend Analizi	38
4.3.4. Korelasyon	39
4.4. Marmara ve Ege Bölgesi'nde İklim Değişimi	39
4.4.1. Karlı gün sayısındaki değişim	41
4.4.1.1. Marmara Bölgesindeki Karlı Gün Sayısındaki Değişim	41
4.4.1.1.1. Balıkesir'de Karlı Gün Sayısındaki Değişim	44
4.4.1.1.2. Bilecik Karlı Gün Sayısındaki Değişim	44
4.4.1.1.3. Bursa Karlı Gün Sayısındaki Değişim	45

4.4.1.1.4. Çanakkale Karlı Gün sayısındaki Değişim	46
4.4.1.1.5. Edirne Karlı Gün Sayısındaki Değişim	46
4.4.1.1.6. İstanbul Karlı Gün Sayısındaki Değişim	48
4.4.1.1.7. Kırklareli Karlı Gün Sayısındaki Değişim	49
4.4.1.1.8. Kocaeli Karlı Gün Sayısındaki Değişim	49
4.4.1.1.9. Sakarya Karlı Gün Sayısındaki Değişim	50
4.4.1.1.10. Tekirdağ Karlı Gün Sayısındaki Değişim	51
4.4.1.1.11. Yalova Karlı Gün Sayısındaki Değişim	52
4.4.1.2. Ege Bölgesi'nde Karlı Gün Sayısındaki Değişim	53
4.4.1.2.1. Afyon Karlı Gün Sayısındaki Değişim	54
4.4.1.2.2. Aydın Karlı Gün Sayısındaki Değişim	55
4.4.1.2.3. Denizli Karlı Gün Sayısındaki Değişim	55
4.4.1.2.4. İzmir Karlı Gün Sayısındaki Değişim	56
4.4.1.2.5. Kütahya Karlı Gün Sayısındaki Değişim	56
4.4.1.2.6. Manisa Karlı Gün Sayısındaki Değişim	57
4.4.1.2.7. Muğla Karlı Gün Sayısındaki Değişim	58
4.4.1.2.8. Uşak Karlı Gün Sayısındaki Değişim	59
4.4.2. Yağış Miktarında Meydana Gelen Değişim	59
4.4.2.1. Marmara Bölgesi'nde Yağış Miktarında Meydana Gelen Değişim	60
4.4.2.1.1. Balıkesir Yağış Miktarındaki Değişim	61
4.4.2.1.2. Bilecik Yağış Miktarındaki Değişim	61
4.4.2.1.3. Bursa Yağış Miktarındaki Değişim	62
4.4.2.1.4. Çanakkale Yağış Miktarındaki Değişim	63
4.4.2.1.5. Edirne Yağış Miktarındaki Değişim	64
4.4.2.1.6. İstanbul Yağış Miktarındaki Değişim	64
4.4.2.1.7. Kırklareli Yağış miktarındaki Değişim	65
4.4.2.1.8. Kocaeli Yağış Miktarındaki Değişim	66
4.4.2.1.9. Sakarya Yağış Miktarındaki Değişim	67
4.4.2.1.10. Tekirdağ Yağış Miktarındaki Değişim	67
4.4.2.1.11. Yalova Yağış Miktarındaki Değişim	68
4.4.2.2. Ege Bölgesi'nde Yağış Miktarındaki Değişim	69
4.4.2.2.1. Afyon Yağış Miktarındaki Değişim	70
4.4.2.2.2. Aydın Yağış Miktarındaki Değişim	71
4.4.2.2.3. Denizli Yağış Miktarındaki Değişim	71
4.4.2.2.4. İzmir Yağış Miktarındaki Değişim	72
4.4.2.2.5. Kütahya Yağış Miktarındaki Değişim	73
4.4.2.2.6. Manisa Yağış Miktarındaki Değişim	74
4.4.2.2.7. Muğla Yağış Miktarındaki Değişim	74
4.4.2.2.8. Uşak Yağış Miktarındaki Değişim	75
4.4.3 Minimum Sıcaklıkta Meydana Gelen Değişim	76
4.4.3.1 Marmara Bölgesi'nde Min. Sıcaklıkta Meydana Gelen Değişim	77
4.4.3.1.1. Balıkesir Min. Sıcaklıktaki Değişim	78
4.4.3.1.2. Bilecik Min. Sıcaklıktaki Değişim	78
4.4.3.1.3. Bursa Min. Sıcaklıktaki Değişim	79
4.4.3.1.4. Çanakkale Min Sıcaklıktaki Değişim	80
4.4.3.1.5. Edirne Min. Sıcaklıktaki Değişim	80
4.4.3.1.6. İstanbul Min Sıcaklıktaki Değişim	81
4.4.3.1.7. Kırklareli Min. Sıcaklıktaki Değişim	81
4.4.3.1.8. Kocaeli Min. Sıcaklıktaki Değişim	82
4.4.3.1.9. Sakarya Min. Sıcaklıktaki Değişim	83
4.4.3.1.10. Tekirdağ Min Sıcaklıktaki Değişim	83

4.4.3.1.11. Yalova Min Sıcaklıktaki Değişim	84
4.4.3.2. Ege Bölgesi'nde Sıcaklıkta Meydana Gelen Değişim	84
4.4.3.2.1. Afyon Min. Sıcaklıktaki Değişim	85
4.4.3.2.2. Aydın Min Sıcaklıktaki Değişim	85
4.4.3.2.3. Denizli Min. Sıcaklıktaki Değişim	86
4.4.3.2.4. İzmir Min. Sıcaklıktaki Değişim	87
4.4.3.2.5. Kütahya Min. Sıcaklıktaki Değişim	87
4.4.3.2.6. Manisa Min. Sıcaklıktaki Değişim	88
4.4.3.2.7. Muğla Min. Sıcaklıktaki Değişim	88
4.4.3.2.8. Uşak Min. Sıcaklıktaki Değişim	89
4.5. Türkiye'de Kömürle Çalışan Termik Santrallerden Salınan CO ₂ Emisyonu	89
4.5.1. IPCC Metodolojisi	89
4.5.2. Kömürle çalışan termik santrallerden salınan CO ₂ emisyonu	90
4.6. Gelecekte Türkiye'de kömürle çalışan termik santrallerin profili	94
5. SONUÇ	97
5.1. Türkiye'nin Batı bölgelerinde iklim parametrelerindeki değişim	98
5.2. Türkiye'de kömürle çalışan termik santrallerden salınan CO ₂ emisyonu	100
KAYNAKLAR	102
EK A	106
EK B	115
EK C	119
EK D	122
EK E	123
EK F	124
ÖZGEÇMİŞ	130

KISALTMALAR

IPCC	: Uluslararası İklim Değişimi Paneli
BM	: Birleşmiş Milletler
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AEO	: Yıllık Enerji Bütçesi
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
GHG	: Sera Gazları
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
EIA(AÇA)	: Avrupa Çevre Ajansı
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
EÜAŞ	: Türkiye Elektrik Üretim Anonim Şirketi
ADÜAŞ	: Ankara Doğal Elektrik Üretim Anonim Şirketi
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EKKY	: En Küçük Kareler Yöntemi
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişimi Çerçeve Sözleşmesi

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 : Sera gazı emisyonlarının özellikleri.....	12
Tablo 3.1 : Yakma Sistemlerine Göre Fosil yakıtlı Termik Santrallerden Salınan CO ₂ emisyonları	24
Tablo 3.2 : Yakma sistemlerine göre termik santrallerden salınan emisyonlar	24
Tablo A.1 : Türkiye’deki Kamuya Ait Fosil Yakıtla Çalışan Termik Santraller.....	106
Tablo A.2 : Türkiye’de Serbest Üretim Yapan Termik Santraller	107
Tablo A.3 : Türkiye’deki Otoprodüktör Termik Santraller	108
Tablo A.4 : Türkiye’de Yapım Aşamasında Olan Termik Santraller.....	111
Tablo B.2 : Türkiye’deki Kömürle Çalışan Termik Santrallerden Salınan CO ₂ Emisyonunun Hesaplanması.....	116
Tablo F.1 : Marmara bölgesinde karlı gün sayısındaki değişimin istatistiksel sonuçları.....	124
Tablo F.2 : Ege bölgesinde karlı gün sayısındaki değişimin istatistiksel sonuçları.....	125
Tablo F.3 : Marmara Bölgesi’nde minimum sıcaklık değişimin istatistiksel sonuçları.....	126
Tablo F.4 : Ege Bölgesi’nde minimum sıcaklık değişimin istatistiksel sonuçları.....	127
Tablo F.5 : Marmara Bölgesindeki yağış miktarındaki değişimin istatistiksel sonuçları.....	128
Tablo F.6 : Ege Bölgesi’ndeki yağış miktarındaki değişimin istatistiksel sonuçları.....	129

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : 1850’den bu yana Kuzey Yarım Küre’deki küresel yüzey sıcaklığı, kar örtüsü ve deniz seviyesindeki değişim.....	8
Şekil 2.2 : 202 istasyon için 3 zaman periyodunda soğuk ve sıcak oluşum frekansları.....	9
Şekil 2.3 : Küresel ve kıtalar bazında sıcaklık artışı.....	10
Şekil 2.4 : a) 1970-2004 arasında küresel yıllık insan kaynaklı sera gazı emisyonları b) 2004’te farklı insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının oranları (CO ₂ eq) c) 2004’te farklı sektörlerle ait insan kaynaklı toplam sera gazı emisyon oranları (CO ₂ eq).....	10
Şekil 2.5 : Atmosferdeki Sera Etkisi.....	11
Şekil 2.6 : Avrupa’da kış-yaz ayları ve yıllık ortalamada gözlemlenen sapmalar.....	14
Şekil 2.7 : Avrupa’da 2080 yılına kadar yaz aylarındaki yağış rejiminde yaşanması beklenen değişiklikler (%)	14
Şekil 2.8 : Kuzey yarımküredeki karalarda gözlenen (Grönland dahil) kar tabakasında aylık sapmalar.....	15
Şekil 2.9 : Türkiye’de son 30 yılda sıcaklıklarda meydana gelen artış.....	17
Şekil 2.10 : Türkiye’de yağış miktarında meydana gelen değişim.....	18
Şekil 3.1 : Dünya Enerji Tüketiminin tarihsel gelişimi	20
Şekil 3.2 : 1980’den 2030’a kadar enerji fiyatları	20
Şekil 3.3 : Enerji kaynaklarının kalan ömürleri.....	20
Şekil 3.4 : 1973’te dünya enerji temininde kullanılan yakıtların oranları.....	21
Şekil 3.5 : 2005’te dünya enerji temininde kullanılan yakıtların oranları.....	21
Şekil 3.6 : Dünyada atmosfere salınan CO ₂ miktarları.....	22
Şekil 3.7 : Dünyada CO ₂ üretiminde Sektörlerin Payları.....	23
Şekil 3.8 : Türkiye’de enerji üretimi.....	25
Şekil 3.9 : Türkiye’de termik santrallerden üretilen elektrik enerjisinin kaynakları.....	26
Şekil 3.10 : Türkiye’de fosil yakıtla çalışan tüm termik santraller.....	27
Şekil 3.11 : Türkiye’de Yerli ve İthal kömür Kullanan Termik Santrallerin Kurulu Gücüne Göre Karşılaştırılması.....	29
Şekil 3.12 : Türkiye’de termik santrallerde Üretim Miktarına göre ithal ve	29

	yerli kömür kullanım oranları.....	
Şekil 3.13	: Türkiye’deki sera gazı emisyonlarının dağılımı ve trendi.....	30
Şekil 3.14	: Türkiye’de sektörlere göre ve zamanla CO ₂ emisyonu.....	31
Şekil 3.15	: Santral Türüne göre CO ₂ emisyonu salınım değerleri.....	32
Şekil 3.16	: Türkiye’de 2005 yılına ait CO ₂ emisyon salınımı (ton).....	33
Şekil 3.17	: Türkiye’de 1995-2002 yılları arasında ortalama CO ₂ kons....	33
Şekil 3.18	: Türkiye’deki Bölgelerin CO ₂ emisyonlarının karşılaştırılması...	34
Şekil 3.19	: Marmara Bölgesi’ndeki toplam CO ₂ Emisyon Trendi.....	35
Şekil 3.20	: Ege Bölgesi’ndeki toplam CO ₂ Emisyon Trendi.....	35
Şekil 4.1	: Marmara ve Ege Bölgelerinde yer alan meteoroloji ist. Konum..	41
Şekil 4.2	: Marmara Bölgesi’nde son 30 yılda karlı gün sayısında meydana gelen azalma.....	42
Şekil 4.3	: Türkiye’yi etkileyen siklonların yörüngeleri.....	42
Şekil 4.4	: Türkiye’de 1979-2004 yılları arasında oluşan siklonların sıklığındaki değişim.....	43
Şekil 4.5	: Balıkesir karlı gün sayısındaki değişim.....	44
Şekil 4.6	: Bilecik karlı gün sayısındaki değişim.....	45
Şekil 4.7	: Bursa karlı gün sayısındaki değişim.....	46
Şekil 4.8	: Çanakkale karlı gün sayısındaki değişim.....	47
Şekil 4.9	: Edirne karlı gün sayısındaki değişim.....	47
Şekil 4.10	: İstanbul karlı gün sayısındaki değişim.....	48
Şekil 4.11	: Kırklareli karlı gün sayısındaki değişim.....	49
Şekil 4.12	: Kocaeli karlı gün sayısındaki değişim.....	50
Şekil 4.13	: Sakarya karlı gün sayısındaki değişim.....	51
Şekil 4.14	: Tekirdağ karlı gün sayısındaki değişim.....	52
Şekil 4.15	: Yalova karlı gün sayısındaki değişim.....	52
Şekil 4.16	: Ege Bölgesi’nde karlı gün sayısında meydana gelen değişim....	53
Şekil 4.17	: Afyon karlı gün sayısındaki azalma.....	54
Şekil 4.18	: Aydın karlı gün sayısındaki azalma.....	55
Şekil 4.19	: Denizli karlı gün sayısındaki azalma.....	56
Şekil 4.20	: İzmir karlı gün sayısındaki azalma.....	57
Şekil 4.21	: Kütahya karlı gün sayısındaki azalma.....	57
Şekil 4.22	: Manisa karlı gün sayısındaki azalma.....	58
Şekil 4.23	: Muğla karlı gün sayısındaki azalma.....	58
Şekil 4.24	: Uşak karlı gün sayısındaki azalma.....	59
Şekil 4.25	: Marmara Bölgesi’nde Yağış Miktarındaki Değişim.....	60
Şekil 4.26	: Balıkesir yağış miktarındaki değişim.....	61
Şekil 4.27	: Bilecik yağış miktarındaki değişim.....	62
Şekil 4.28	: Bursa yağış miktarındaki değişim.....	63
Şekil 4.29	: Çanakkale yağış miktarındaki değişim.....	63
Şekil 4.30	: Edirne yağış miktarındaki değişim.....	64
Şekil 4.31	: İstanbul yağış miktarındaki değişim.....	65
Şekil 4.32	: Kırklareli yağış miktarındaki değişim.....	66

Şekil 4.33	: Kocaeli yağış miktarındaki değişim.....	66
Şekil 4.34	: Sakarya yağış miktarındaki değişim.....	67
Şekil 4.35	: Tekirdağ yağış miktarındaki değişim.....	68
Şekil 4.36	: Yalova yağış miktarındaki değişim.....	69
Şekil 4.37	: Ege Bölgesi'nde yağış miktarındaki değişim.....	69
Şekil 4.38	: Afyon yağış miktarındaki değişim.....	70
Şekil 4.39	: Aydın yağış miktarındaki değişim.....	71
Şekil 4.40	: Denizli yağış miktarındaki değişim.....	72
Şekil 4.41	: İzmir yağış miktarındaki değişim.....	72
Şekil 4.42	: Kütahya yağış miktarındaki değişim.....	73
Şekil 4.43	: Manisa yağış miktarındaki değişim.....	74
Şekil 4.44	: Muğla yağış miktarındaki değişim.....	75
Şekil 4.45	: Uşak yağış miktarındaki değişim.....	76
Şekil 4.46	: Marmara Bölgesi'ndeki illerde min. sıcaklıklardaki değişim.....	77
Şekil 4.47	: Balıkesir min. sıcaklıkta meydana gelen değişim.....	78
Şekil 4.48	: Bilecik min. sıcaklıktaki değişim.....	79
Şekil 4.49	: Bursa min. sıcaklıktaki değişim.....	79
Şekil 4.50	: Çanakkale min. sıcaklıktaki değişim.....	80
Şekil 4.51	: Edirne min. sıcaklıktaki değişim.....	80
Şekil 4.52	: İstanbul min. sıcaklıktaki değişim.....	81
Şekil 4.53	: Kırklareli min. sıcaklıktaki değişim.....	82
Şekil 4.54	: Kocaeli min. sıcaklıktaki değişim.....	82
Şekil 4.55	: Sakarya min. sıcaklıktaki değişim.....	83
Şekil 4.56	: Tekirdağ min. sıcaklıktaki değişim.....	83
Şekil 4.57	: Yalova min. sıcaklıktaki değişim.....	84
Şekil 4.58	: Ege Bölgesi'nde sıcaklıkta meydana gelen değişim.....	84
Şekil 4.59	: Afyon min. sıcaklıktaki değişim.....	85
Şekil 4.60	: Aydın min. sıcaklıktaki değişim.....	86
Şekil 4.61	: Denizli min. sıcaklıktaki değişim.....	86
Şekil 4.62	: İzmir min. sıcaklıktaki değişim.....	87
Şekil 4.63	: Kütahya min. sıcaklıktaki değişim.....	87
Şekil 4.64	: Manisa min. sıcaklıktaki değişim.....	88
Şekil 4.65	: Muğla min. sıcaklıktaki değişim.....	88
Şekil 4.66	: Uşak min. sıcaklıktaki değişim.....	89
Şekil 4.67	: Türkiye'deki Kömürle Çalışan Termik Santraller.....	92
Şekil 4.68	: Türkiye'de kömürle çalışan Termik Santrallerden Salınan CO ₂ ..	93
Şekil 4.69	: Türkiye'de önümüzdeki yıllarda fosil yakıtlı termik santrallerin profili.....	94
Şekil 4.70	: Türkiye'nin önümüzdeki yıllarda kömürle çalışan termik santral profili	95
Şekil 4.71	: Gelecekte Türkiye'de Termik santrallerden üretilen enerjinin yakıtlara göre dağılımı.....	96
Şekil C.1	: 1990 yılında Türkiye'de Termik santrallerden kaynaklanan CO ₂	119
Şekil C.2	: 1995 yılında Türkiye'de Termik Santrallerden kaynaklanan CO ₂ emisyon miktarı.....	119

Şekil C.3	: 2000 yılında Türkiye’de Termik Santrallerden kaynaklanan CO ₂ emisyon miktarı.....	120
Şekil C.4	: 2005 yılında Türkiye’de Termik Santral. Kaynaklanan CO ₂	120
Şekil C.5	: 2010 yılında Türkiye’de Termik Santrallerden kaynaklanan CO ₂ emisyon miktarı.....	121
Şekil D.1	: Yörünge 1’i izleyen siklonların değişimi.....	122
Şekil D.2	: Yörünge 2’yi izleyen siklonların değişimi.....	122
Şekil D.3	: Yörünge 3a’yi izleyen siklonların değişimi.....	122
Şekil D.4	: Yörünge 3b’yi izleyen siklonların değişimi.....	122
Şekil E	: Türkiye için karasallık indeksi.....	123

SEMBOL LİSTESİ

CO₂	: Karbondioksit
SO₂	: Kükürtdioksit
°C	: Derece Santigrat
µg/m³	: Mikrogram metreküp
mg/m³	: Miligram metreküp
%	: Yüzde
σ^x, σ^y	: Standart sapma
µ_x, µ_y	: matematiksel beklenti değerleri
CFC’s	: Kloroflorokarbonlar
HFC’s	: Hidroflorokarbonlar
PFC’s	: Perflorokarbonlar
CH₄	: Methan
N₂O	: Azotdioksit
SF₆	: Sülfürhekzaflorid
O₃	: Ozon
ppm	: Milyonda bir birim
S_x, S_y	: Serilerin standart sapması
VOC	: Uçucu Organik Bileşikler
NO_x	: Azotoksitler
Btu	: İngiliz enerji birimi 252 kaloriye eşittir.
kWh	: Kilowatt saat
$\bar{X}, \bar{x}$	: Ortalama değer
Gt	: Gigaton
Eq	: Eşdeğeri
MW	: Megawatt
Mwh	: Megawatt saat

Gwh	: Gigawatt saat
Mwe	: Megawatt elektrik
Kcal/kg	: Kilogram başına düşen kilokalori
Gg	: Gigagram
F-gazlar	: Florlo gazlar
Tg	: Teragram
($\rho_{X,r}$)	: Korelasyon katsayısı

TÜRKİYE’NİN BATI BÖLGELERİNDE İKLİM DEĞİŞİMİ VE KÖMÜRLE ÇALIŞAN TERMİK SANTRALLERDEN KAYNAKLANAN CO₂ EMİSYONLARI

ÖZET

Küresel iklim değişikliği bilimsel olarak kanıtlanmış bir problemdir. Uzun süreyi kapsayan veriler kullanılarak yapılan araştırmalar, küresel sıcaklık ortalamaları, kar örtüsü ve yağış miktarının değişmekte olduğunu göstermektedir. İnsan aktivitelerinin neden olduğu bu değişim sebebiyle, her yıl 150000’den fazla insan, değişen iklim koşullarına ayak uyduramadığından hayatını kaybetmekte veya binlerce insan yaşadığı ülkeyi değiştirmek zorunda kalmaktadır. İçinde yaşadığımız atmosfer kesin sonuçları belli olmayan bir değişimin içine girmiş durumdadır. Bu değişimle birlikte, küresel yüzey sıcaklıkları giderek yükselirken, kar örtüsünün azalması, kara ve deniz buzullarının erimesi, deniz seviyesinin yükselmesi, iklim kuşaklarının yer değiştirmesi, şiddetli hava olaylarının, taşkınların ve sellerin daha sık yaşanması ve etkilerinin kuvvetlenmesi, kuraklık, erozyon, çölleşme, salgın hastalıkların yaygınlaşması, tarım zararlıları gibi, canlı yaşamını ve sağlığını, sosyoekonomik sektörleri ve ekolojik sistemlerin doğrudan yada dolaylı olarak etkilenmektedir.

Türkiye’de iklim değişimi bölgesel olarak farklı sonuçlarına rağmen kendisini hissettirmektedir. Son 30 yıl içerisinde kar örtüsü, sıcaklık ve yağış parametrelerinde yaşanan değişim bu gidişi desteklemektedir. İklim değişiminin en önemli belirtilerinden sıcaklık artışı artırıcı etkiye sahip olan sera gazlarından en etkini CO₂ emisyonları da giderek artmaktadır.

Türkiye’de CO₂ emisyonları OECD ortalaması altında olmakla beraber giderek yükselmektedir. Türkiye bu ve benzer nedenlerle Kyoto Protokolüne henüz taraf olamamıştır. Bu emisyonların en büyük kaynağı da enerji sektörüne aittir. Türkiye’nin kömürle çalışan termik santrallerinden salınan emisyonlar kontrol edilmesi gereken en önemli kaynak olduğundan, bu çalışmada Türkiye’de iklim değişiminin gözlenmeye başladığı yerlerde kömürle çalışan termik santrallerden çıkan CO₂ emisyonlarının küresel iklim değişimine katkısı belirlenmiştir. Türkiye’nin kendi payına düşen kontrol edilmesi zorunlu olan emisyon kaynaklarının altı çizilmiştir.

Türkiye’nin Batı bölgelerindeki iklim değişimini anlamak için en anlamlı parametrelerden; minimum sıcaklık, karlı geçen gün sayısı ve yağış parametreleri kullanılmıştır. Marmara Bölgesi’nde minimum sıcaklıkta ortalama 0,61 °C sıcaklık artışı belirlenmiştir. Bu değişim iller bazında gösterilmiştir. Ege Bölgesi’nde 0,8-1,6 °C arasında değişen, ortalama 1,11 °C’lık sıcaklık artışı belirlenmiştir. Karlı geçen gün sayılarına bakıldığında, Marmara Bölgesi’nde ortalama yaklaşık 3,6 gün azalma, Ege Bölgesi’nde ortalama yaklaşık 2.8 gün azalma belirlenmiştir. Yağış miktarındaki değişim ise; Marmara bölgesinde, yağış miktarı son 30 yılda ortalama yaklaşık 250 mm artarken, Ege Bölgesi’nde yaklaşık 380 mm azalmıştır. İklim değişiminin en önemli belirteçlerinden biri olan sıcaklık artışını artırıcı etkiye sahip CO₂’in kaynağı olan termik santrallerin listesi belirlenmiştir. Harita üzerine yerleştirilmiştir. En çok CO₂ emisyonu salan, kömürle çalışan termik santraller olduğundan, bu santrallerden kaynaklanan CO₂ emisyon miktarları IPCC metot kullanılarak hesaplanmıştır. Çıkan sonuçlar ve EPDK’ya yapılan başvuruların hızla artıyor oluşu, Türkiye’de sera gazı emisyonlarının kontrolsüz salımını engelleme ihtiyacını doğurmaktadır. Türkiye’nin Kyoto Protokol şartlarına uygun hale gelmesinin kolaylaşacağı ve bunun Avrupa Birliği’ne aday olmak için önemli bir adım olduğunun altı çizilmiştir.

CLIMATE CHAGE IN TURKEY'S WEST REGIONS AND CO₂ EMISSIONS FROM COAL POWER PLANTS IN TURKEY

SUMMARY

Climate change is a problem that proved scientifically. All researches, for an extended period, typically decades or longer, show the change by using observations of increases in global average air and ocean temperatures, widespread melting of snow, ice and rising global average sea level change in climate over time as a result of human activity. Moreover, more than 150000 people are dying every year or they change the place where they live. The atmosphere we live in changes however the conclusions of the change are uncertain. The average global temperatures has risen, snow cover of the world has melted and the average sea level has risen and the regional precipitation intensity has changed, frequency of heavy precipitation has increased, the frequency of extreme weather events has also increased with the change. Drought, soil erosion, infection diseases vector will also be affected from the global change.

As an example of regional climate change, 7 regions of Turkey are affected differently from the global warming. According to last researches, in the last 30 years, the average minimum temperatures, snow cover and, precipitation intensity has changed. CO₂ emissions which are the most important greenhouse gases that has a capacity of absorbing heat, have also increased in Turkey. CO₂ emissions in Turkey are rising, however the level of the emissions is under the OECD countries' average level. Turkey has not ratified the Kyoto Protocol because the CO₂ emissions

are over than the level in 1990. Energy sector, is one of the most important CO₂ emission source, has to control the emissions. In this study, it is evaluated the regional climate change in Turkey and the calculation of CO₂ emissions from coal power plants.

While evaluating the regional climate change in west regions of Turkey, the important parameters such as, minimum temperatures, the number of days covered in snow and the amount of precipitation are used. In the last 30 years, the annual average minimum temperature increased 0,61 °C in the Marmara Region. For long term data, the temperature change is between 0,2-1 °C in all cities. All the changes in cities and regions are shown by graphics. In the Aegean Region, the annual temperature increase for the last 30 years is 1,11 °C. The changes in all cities in the Aegean Region are shown by graphics. Number of days covered in snow has decreased nearly 3,6 days in Marmara Region, and it has decreased 2,8 days in Aegean Region. The change in the amount of precipitation is different in two regions.

In the last 30 years, precipitation has increased 250 mm in the Marmara Region. On the other hand precipitation has decreased 380 mm in the Aegean Region. All the power plants in Turkey, that is the source of CO₂ which has a greenhouse effect cause global warming, are listed and they are located on a map of Turkey. As the most amount of emissions are from coal power plants, the amount of CO₂ emissions are calculated from all the coal power plants in Turkey by using IPCC method. According to the increase in the number of the coal power plants in Turkey, the CO₂ emissions are going to increase. It is needed the CO₂ emissions from coal power point has to be under control. If the policies are executed, Turkey's agreement status of Kyoto Protocol is going to be easier than today. It is also going to be an important step for being a member of European Union.

1. GİRİŞ

1.1. Genel

Dünya, tarihi boyunca çok sayıda iklim değişikliğine tanıklık etmiştir. Fakat günümüzde yaşanan iklim değişikliğinin boyutu ve hızı, son birkaç bin yılda ve muhtemelen bu sürenin çok daha öncesinde yaşanan bütün doğa değişimlerini aşmış durumdadır [37]. Son dönemde gözlemlenen ısınmanın sorumluluğunun çoğunlukla insan eylemlerine ve özellikle fosil yakıtların kullanılmasından dolayı ortaya çıkan sera gazı emisyonlarına ve arazi kullanımındaki değişikliklere bağlanabileceğine ilişkin ciddi kanıtlar bulunmaktadır [3]. Sera gazlarının halen sürmekte olan emisyonları sebebiyle, küresel sıcaklıkta gözlemlenen artışın devam etmesi ve yirmi birinci yüzyılda bu artışın hızlanması beklenmektedir. İklim değişikliğinin çevre, insan sağlığı ve toplum üzerinde şimdiden gözlenen önemli etkilerinin gelecekte daha da ciddi boyutlara ulaşması beklenmektedir [2].

Küresel iklim değişikliği bilimsel olarak kanıtlanmış bir problemdir. Her yıl onbinlerce insan, değişen iklim koşullarına ayak uyduramadığından hayatını kaybetmekte, binlerce insan yaşadığı ülkeyi değiştirmek zorunda kalmaktadır [30]. Doğal yaşam koşulları günden güne değiştiğinden, bitki ve hayvan türlerinin %40'ı yok olma tehdidiyle karşı karşıya bulunmaktadır. İçinde yaşadığımız atmosfer kesin sonuçları belli olmayan bir değişimin içine girmiş durumdadır. 1990 yılından bu yana yayımlanan IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişim Paneli) raporlarında küresel sıcaklığın arttığı gösterilmiştir. IPCC, (2007)'e göre bu değişimle birlikte, küresel yüzey sıcaklıkları giderek yükselirken, kar örtüsünün azalması, kara ve deniz buzullarının erimesi, deniz seviyesinin yükselmesi, iklim kuşaklarının yer değiştirmesi, şiddetli hava olaylarının, taşkınların ve sellerin daha sık yaşanması ve etkilerinin kuvvetlenmesi, kuraklık, erozyon, çölleşme, salgın hastalıkların yaygınlaşması, tarım zararlıları gibi, canlı yaşamını ve sağlığını, sosyoekonomik sektörleri ve ekolojik sistemlerin doğrudan yada dolaylı olarak etkilenmesi, beklenen doğal sonuçlardan sadece birkaçıdır. BM Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) raporuna göre, son 50 yıldan fazla bir süredir gözlemlenen sıcaklık artışlarının sera gazı emisyonları başta olmak üzere insan

eylemleri sebebiyle ortaya çıktığına dair yeni ve daha güçlü kanıtlar bulunmaktadır. Sanayi devriminin başlangıcı ile atmosfere salınan sera gazlarındaki artış küresel ısınmanın hızla artmasına neden olmuştur. Başta enerji üretimi olmak üzere sanayinin hızla gelişmesi ve enerji ihtiyacının giderek artması atmosfere salınan CO₂ emisyonunu artırmıştır [5].

Dünyada en hızlı gelişme gösteren enerji formu, elektriktir. Özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde toplumların gelişmeleri ve hayat standartları elektrik sistemlerinin gelişmesiyle, kişi başına elektrik tüketimleriyle, enerji yoğunluklarıyla ölçülmektedir. 2005 yılı itibariyle bazı OECD ve Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde elektrik kurulu gücü: 2005 yılı itibariyle kişi başına yıllık elektrik tüketimi (kWh olarak) gelişmiş ülkeler için 8900 iken dünya ortalaması ise 2500'dür. ABD'de 12 322 kWh olan kişi başına yıllık elektrik tüketimi AB için 6000 ve Türkiye için 2200'dür [1].

1950'den beri dünya nüfusu 2 katından fazla artarken, enerji talebi 6 kat artmıştır. Halen dünya nüfusu 6.5 milyar olarak tahmin edilmektedir ve Birleşmiş Milletler'in tahminine göre 2015 yılında 7.2 milyar ve 2050 yılında 8.9 milyar olacağı öngörülmektedir. Bu nedenle artan enerji talebinin nasıl karşılanacağı önem kazanmaktadır. Dünyada enerji ihtiyacının % 80'i fosil yakıtlardan temin edilmektedir. 1990-2001 yılları arasında toplam üretim tüm dünyada %38 artarken, salınan CO₂ emisyonları toplam %15 arttı. AB'de aynı dönemde %25 lik büyümeye karşılık, salınan toplam CO₂ emisyonları sadece %3 arttı.

Dünya birincil enerji talebinde, önümüzdeki 20 yıllık dönemde OECD ülkelerinin paylarının, diğer ülkeler karşısında % 10 oranında azalması beklenmektedir. OECD'nin talepteki mevcut % 54'lük payının, 2020'de, % 44 olacağı hesaplanmaktadır [16]. Öngörülen enerji talep artışı, ağırlıklı olarak gelişmekte olan ülkelerin taleplerinden (% 68) kaynaklanırken, Çin'in mevcut % 11'lik payını, 2020 yılında, % 14'e yükseltmesi beklenmektedir. 2020 yılında dünya genel enerji talebinin, bugün olduğu gibi, yaklaşık % 90'ının gene fosil kaynaklardan karşılanacağı hesaplanmaktadır. Bu toplam yüzde içinde dikkati çeken gelişme, önümüzdeki 20 yılda doğal gazın payının; petrol, kömür ve nükleerden aldığı paylarla, pazardaki yüzdesini yaklaşık % 7 arttıracığının öngörülmesidir [17]. Önümüzdeki 20 yılda, küresel boyutlu ekonomik bir bunalım olmadığı takdirde, dünya genel enerji talebinde % 50 artma beklenmektedir. Bu beklenti, yılda ortalama % 2'lik bir artışı ifade etmektedir ve 2020 yılı dünya genel enerji tüketiminin 13.700 milyon (13.7 milyar) ton petrol eşdeğeri olması beklenmektedir. Bu

artış, halen çok yüksek miktarda enerji tüketen sanayileşmiş ülkelerde daha düşük (% 23), başta Asya ülkeleri olmak üzere gelişmekte olan ülkelerde mevcut miktarların iki katı kadar olacaktır [18]. Dünyada enerji temininde yaygın olarak, petrol, kömür ve doğal gaz kullanılmaktadır [19]. Enerji üretiminde en ucuz yakıt kömürdür. 1970’li yıllardan bu yana dünya enerji temininde en çok kullanılan yakıt petroldür. Ancak günümüzde petrol kullanım oranı yaklaşık %12 azalmış, bunun yerini doğal gaz ve nükleer santraller almıştır. Kömür kullanımıysa yaklaşık %1 artmıştır. Özellikle Avrupa’da yenilenebilir kaynaklar ön plana çıkarılmış, AB hedefleri arasına da konulmuştur. Ancak dünya ortalamasına bakıldığında petrol ve kömür ilk sırayı almaktadır [18].

Dünya rezervlerinde azalan petrol ve doğal gazı, Türkiye ithal ettiğinden, önümüzdeki yıllarda yaşanacak petrol ve doğal gaz sıkıntısı Türkiye’yi de etkileyecektir. Dolayısıyla sahip olduğumuz tek enerji kaynağı ucuz yolla temin edebildiğimiz kömür olacaktır. Öyleyse önümüzdeki yıllarda kömürle çalışan termik santrallerin sayıları, kapasiteleri ve ürettikleri güç miktarları da artacaktır [35]. Elde edilen enerjinin büyük bölümü termik santrallerden sağlanan Türkiye’de termik santrallerin kurulu gücü da zamanla artmaktadır. 1975’lerde 10000 MW’ın altında olan güç üretimi 2005 yılında 40000 MW’a yükselmiştir.

Türkiye çok çeşitli birincil enerji kaynaklarına sahip bir ülkedir [60]. Türkiye’de taşkömürü, linyit, asfaltit, ham petrol, doğal gaz, uranyum ve toryum gibi fosil kaynak rezervleri ile hidrolik enerji, jeotermal enerji, güneş enerjisi, deniz dalga enerjisi, biomas enerji gibi tükenmez kaynak potansiyelleri bulunmaktayken, dünyada halen yoğun olarak kullanılan fosil kaynakların, özellikle akışkan fosil yakıtların görünür rezervleri yeterli düzeyde değildir. Kömür, jeotermal ve hidrolik enerji rezerv ve potansiyeli ise dünya kaynak varlığının %1’i civarındadır. Ülkemizin linyit kaynaklarının üçte biri, hidrolik kaynaklarının dörtte biri kullanılmaktadır. Elektrik üretiminde günümüzde %50, önümüzdeki yıllarda %60 oranında kullanılan doğal gazın ise tamamı ithal edilmektedir [60].

Ulusal Rapor (2007)’a göre Türkiye’nin toplam sera gazı emisyonu 1990-2004 yılları arasında 170.1 Tg’den 296 Tg CO₂’ye yükselmiştir. 1990 yılından bu yana artan gelişmekte olan ülkemizde nüfus hızla artmış, buna bağlı olarak enerji ihtiyacı, sanayileşme, endüstri, ulaşım gibi sektörlerin sayıları ve kapasiteleri de yükselmiştir. Bu dönem içerisinde enerji sektöründeki sera gazı emisyonları 132.1 Tg’den 227.4 Tg CO₂

eq'ye yükselmiş ve bu sektör % 76.7 ile bu anlamda en büyük paya sahip olmuştur. Bu sektörü atık bertarafı ve sanayi sektörü sırasıyla %9.3 ve %8.9'luk oranlarla takip etmektedir. Buna bağlı olarak atmosfere salınan CO₂ emisyonu da hızla artmıştır. ulusal Rapor (2007)'a göre Türkiye'de 1990 ve 2004 yılları arasında enerji sektörü, %124 ile en yüksek emisyon artışının görüldüğü sektör olmuştur. İmalat sanayi (%82), ulaştırma (%55.9) ve diğer sektörler (%27.9) bu sektörü takip etmektedir. 2004'teki toplam CO₂ artışı 1990'a kıyasla %75.4 şeklinde gerçekleşmiştir.

Yine söz konusu dönemde elektrik üretimi ile ilgili olarak taş kömürü, linyit ve doğal gazın kullanılmasına bağlı olarak CO₂ emisyonları büyük artış göstermiştir. Ancak linyit ve kömürün yerini doğal gazın almasıyla 1998'den sonraki dönemde emisyonlar düşme eğilimi göstermiştir. 2004 yılında linyit kullanılmasından kaynaklanan emisyonlar 25.4 Tg'lik değer ile toplam CO₂ emisyonlarının %11.4'ine tekabül etmekte iken taş kömürünün oranı ise sadece %4.36'dır. Enerji üretiminde en büyük pay termik santrallere aittir. Kömürle çalışan termik santraller, Türkiye'nin enerji ihtiyacının %64,9'unu karşılamaktadır [20]. Türkiye'de mevcut kömür yataklarının çok sayıda olması ve kömürün ucuz olması kömüre olan talebi artırmaktadır. Kömürü %32,6 ile doğal gaz, %2,3 ile sıvı yakıtlar ve %0,2 ile jeotermal kaynaklar takip etmektedir [52].

Doğal gaz ve petrol kaynaklarının sınırlı oluşu ve maliyetlerinin giderek yükselmesi, önümüzdeki yıllarda kömür kullanımının artmasına neden olacaktır. AEO'da yapılan öngörülere göre de termik santrallerde kullanılacak yakıtlar arasında, kömür en büyük paya sahip olacak, petrol ve doğal gaz kullanımı azalacaktır. Kömür kullanımı tüm dünyada artacağından, elektrik üretiminde, kömürle çalışan termik santrallerin sayısı arttırılacaktır. Bu nedenle termik santrallerden atmosfere salınan CO₂ emisyonu miktarı da artacaktır. Yine Ulusal Rapor (2008)'a göre Türkiye'de kişi başına düşen CO₂ emisyon miktarı 3.3 milyon ton olmuştur.

Türkiye 2003'teki verilere göre, OECD ülkeleri, 25 AB ülkesi ve dünya ortalaması olan sırasıyla 11.1, 9.0 ve 4.0 tonluk CO₂ miktarlarının altında bir sırada yer almıştır. Kömürden elde edilen enerji, petrol ve doğal gazdan elde edilen enerjiden daha fazladır. Termik santrallerde üretilen elektrik enerjisi kıyaslandığında, kömürün daha verimli olduğu tespit edilmiştir. Dünya elektrik enerjisi arzı 1980'de 2094 milyar kilowatt saat iken, günümüzde yaklaşık 5000 milyar kilowatt saattir. Ayrıca kömürden elde edilen elektrik enerjisi diğer tüm yakıtlardan daha fazladır. Bu etkenlerle birlikte, kömürün ucuz ve yaygın oluşu gelecekte onu dünyada ve Türkiye'de en çok kullanılan yakıt

haline dönüştürecektir. Dolayısıyla da dünyada ve Türkiye’de enerji üretiminden kaynaklanan emisyon değerleri artacaktır. Artan dünya nüfusu ve enerji talebinin yanı sıra, kömür kullanımının yaygınlaşması da CO₂ emisyonunu artıracaktır [60].

Türkiye’de iklim değişimi bölgesel olarak farklı sonuçlarına rağmen kendisini hissettirmektedir. Son 30 yıl içerisinde kar örtüsü, sıcaklık ve yağış parametrelerinde yaşanan değişim, bu gidişi desteklemektedir. Türkiye’de CO₂ emisyonları OECD ortalaması altında olmakla beraber giderek yükselmektedir. Bu emisyonların en büyük kaynağı da enerji sektörüne aittir. Önümüzdeki yıllarda Türkiye’de artan enerji ihtiyacına cevap verebilmek adına, CO₂ salınımı çok yüksek olan kömürle çalışan termik santrallerin sayısı giderek yükselecektir. Türkiye’nin kömürle çalışan termik santrallerinden salınan emisyonlar kontrol edilmesi gereken en önemli kaynak durumundadır.

1.2. Çalışmanın Amacı

Atmosferde yaşanan değişimin en önemli sebebi giderek artan sera gazlarıdır. En önemli sera gazları olarak nitelenen 6 (altı) sera gazı (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆), ultraviyole radyasyonu absorblama ve ısı tutma kapasitesi olan gazlardır. İnsan aktiviteleri küresel atmosferik kimyada masif değişiklikler yapmaktadır. 250 yıl önce sanayi devriminden bu yana atmosferde CO₂ %31, CH₄ %151, N₂O ise %17 artmıştır. Sera gazlarının büyük bölümü büyük ölçüde enerji sektöründen ve termik santraller tarafından atmosfere salınmaktadır. Türkiye’de de termik santrallerden salınan emisyon değerleri giderek artmaktadır. Artan nüfusa bağlı olarak, enerji ihtiyacı yükselmekte ve enerji üretimi nedeniyle termik santrallerin sayıları ve kapasiteleri de artmaktadır. Böylece atmosfere salınan sera gazlarının miktarı da artacaktır. Bu artış, iklim değişimini hızlandıracak ve hepimizi bilinmez sona bir adım daha yaklaştıracaktır.

İklim değişiminin sonuçları küresel ölçekte değerlendirilirken, iklim değişimine neden olan sera gazı salımları ülkelerin uyguladıkları politikalar ile belirlenmektedir. Her ülke kendi çıkarları doğrultusunda bir emisyon kotası belirlemiş ve bunu uygulamaktadır. Her ülke kendi emisyon salınımlarından sorumlu olup, küresel sirkülasyonlar nedeniyle tüm ülkelerden salınan emisyonlardan etkilenmektedir. Yani ülkeler iklim değişimini hızlandıran etkisi olan sera gazları salımını küresel sera gazı emisyonları açısından azaltmak zorundadır.

Bu çalışmanın amacı; Türkiye'nin batı bölgelerinde iklim değişimini kritik meteorolojik parametreler kullanarak araştırmak, Türkiye'de termik santral kaynaklı CO₂ emisyonlarını incelemek, bu sonuçları iklim değişimi ile ilişkilendirerek geleceğe yönelik senaryolar ile emisyon kaynakları hakkında karar vericilerin kullanması için uygun politikalar geliştirmektir. Türkiye'nin Batı bölgelerindeki iklim değişimini anlamak için en anlamlı parametrelerden:

1. En düşük sıcaklık (minimum, gece ölçülür)
2. Karlı geçen gün sayısı
3. Yağış

parametreleri kullanılmıştır.

1.3. Çalışmanın Kapsamı

- Türkiye'de İklim Değişimi ve Enerji Kullanımı
- Türkiye'de Termik Santraller
- Türkiye'de Kömürle Çalışan Termik Santraller
- Marmara ve Ege Bölgesi'nde İklim Parametrelerindeki Değişim
- Marmara ve Ege Bölgelerinde CO₂ Emisyonlarının değişimi
- Emisyon değişimi ile iklim parametrelerinin değişiminin değerlendirilmesi

1.4. Çalışmanın Yöntemi

- Marmara ve Ege Bölgelerinde toplam 207 meteoroloji istasyonundan alınan “meteorolojik normal” olarak tanımlanan otuz yıllık meteorolojik veriler (minimum sıcaklık, karlı gün sayısı ve yağış miktarı) nüfus baz alınarak, kırsal ve şehir merkezinde olarak sınıflandırılmıştır.
- Bu verilerin 1960-1975'ten 2005'e kadar olan zamansal değişimleri EKKY ile Trend Analizi ile incelenmiştir.
- Türkiye'de kömürle çalışan termik santraller, kapasitelerine göre sınıflandırılarak haritalandırılmıştır.
- Kömürle çalışan termik santrallerden kaynaklanan CO₂ emisyonları hesaplanmıştır.
- Gelecekte planlanan termik santrallerde hesaba katılarak CO₂ emisyonlarının zaman içindeki değişimleri analiz edilmiştir.

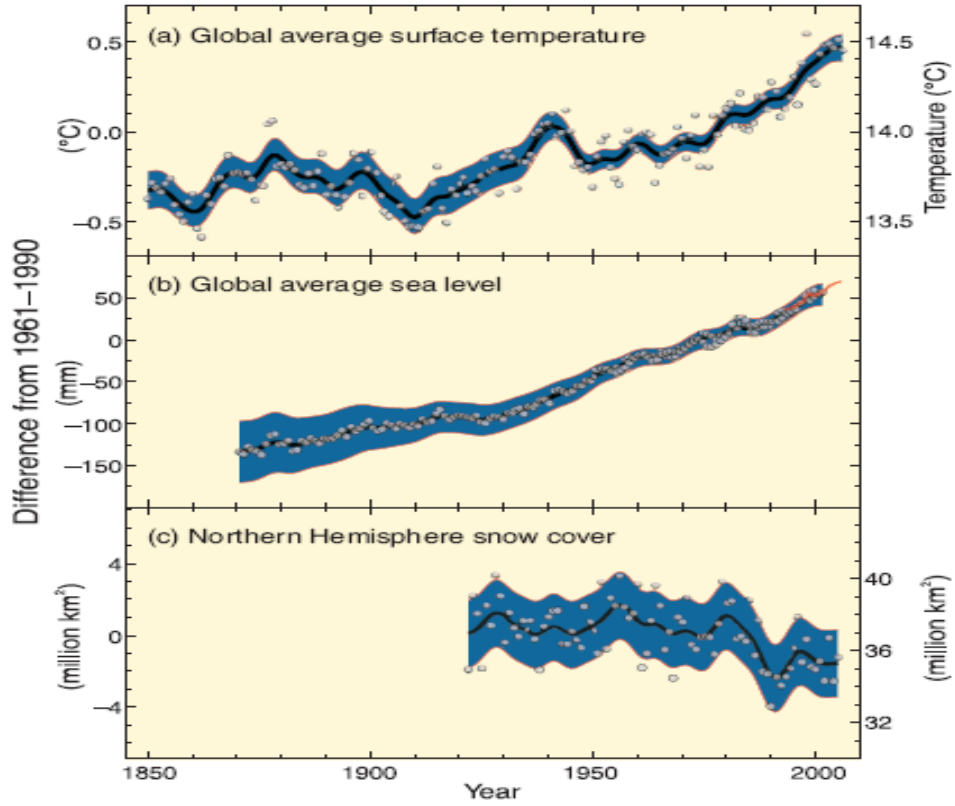
2. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİMİ VE ENERJİ KULLANIMI

2.1. Küresel İklim Değişimi

IPCC'nin 4. Değerlendirme Raporuna göre iklim değişimi, uzun döneme ait iklim parametrelerinin istatistik ortalamalarında meydana gelen değişimdir. Bahsedilen uzun dönem onlarca hatta yüzlerce yıl mertebesinde. İklim sisteminde meydana gelen ısınma tartışmasız bir gerçektir. Son yıllarda küresel yüzey sıcaklık ortalamalarında ölçülen artış, buzulların erimesi ve buna bağlı olarak deniz suyu seviyesinin yükselmesi, iklim değişiminde meydana gelen ısınmayı somut bir şekilde örneklemektedir (Şekil 2.1) [5].

Son on iki yılın on biri (1995-2006) 1850'den bu yana küresel yüzey sıcaklık ölçümlerine bakıldığında en sıcak yıllar olarak kayıtlara geçti. 1901 ile 2000 arasındaki 100 yıllık dönemde sıcaklık artışı 0,6 [0,4-0,8°C] iken 1906 ile 2006 arasındaki 100 yıllık dönemde sıcaklık artış trendi 0,74 [0,56-0,92°C] olarak ölçülmüştür. 1956-2006 arasındaki 50 yıllık dönemde lineer ısınma eğilimi, 1906-2006 döneminde yaşanan ısınma eğiliminin yaklaşık iki katıdır [46]. İklim değişimi atmosferik olayları da etkilemiştir. Son 50 yılda şiddeti ve oluşma sıklığı değişen bazı hava olayları:

- Soğuk günler, soğuk geceler ve kırı- don oluşan günlerin sayısı azalırken, sıcak gündüz ve gecelerin sayısı artmaktadır (Şekil 2.2).
- Karasal alanlar üzerinde sıcak hava dalgası oluşma sıklığı artmaktadır [5].
- Birçok bölgede şiddetli yağış oluşma sıklığı artmaktadır.
- 1975'ten bu yana deniz suyu seviyesini aşırı yükselten hava olaylarının oluşum sıklığı artmaktadır [34].
- 1970'ten bu yana Kuzey Atlantik'te şiddetli tropikal siklonların oluşma sıklığında artış belirlenmiştir [5].
- Kuzey Yarım Küre'de yirminci yüzyılın ikinci yarısında ölçülen ortalama sıcaklıklar, yirminci yüzyılın birinci yarısına, son 500 yıl ve hatta son 1300 yıl içinde ölçülen en yüksek sıcaklıklardır [5].

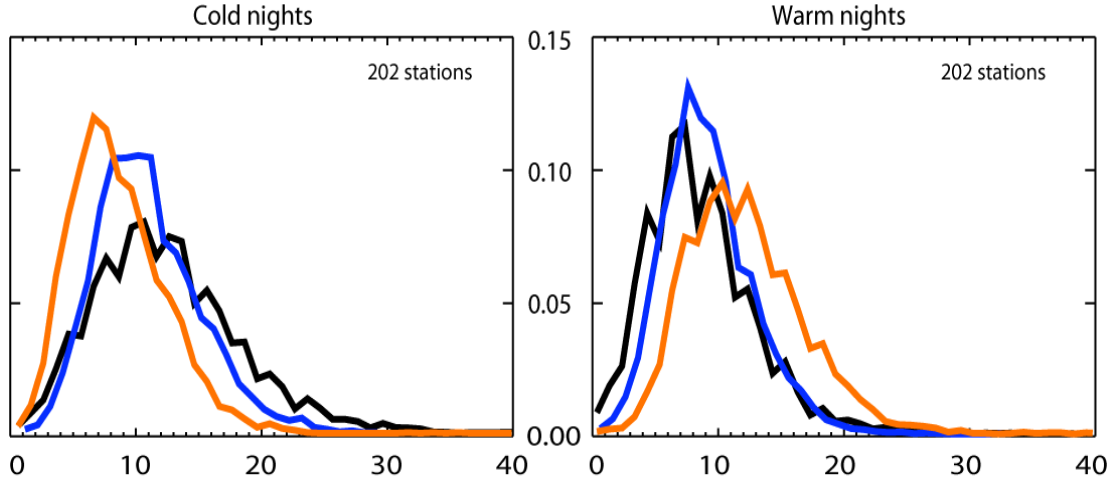


Şekil 2.1: 1850’den bu yana Kuzey Yarım Küre’deki küresel yüzey sıcaklığı, kar örtüsü ve deniz seviyesindeki değişim [5]

Tüm kıta ve okyanuslardan alınan gözleme dayalı tespitler gösteriyor ki, özellikle sıcaklık artışı ve bölgesel iklim değişimi birçok doğal sistemi etkilemektedir. Doğal sistemlerle ilişkilendirilen kar, buz örtüsü ve donmuş yüzeyler etkilendiği aşağıdaki örneklerle belirtilmektedir.

- Buzul göllerin sayısı artmakta, yada genişlemektedir.
- Kutuplardaki donmuş toprak tabakada stabilite bozulmakta ve dağlık bölgede çığ sayısı artmaktadır.
- Kuzey ve Güney Kutbu’nda bazı ekosistemler değişmektedir.

Bu etkenlerin artması hidrolojik sistemleri etkiler. Birçok buzul ve karlı bölgede baharda erken akışa geçiş ve yüzeysel akışın artması, aşırı beslenmiş nehirler, birçok bölgede göllerin ve nehirlerin ısınması termal yapının ve su kalitesinin bozulmasına neden olur [5].



Şekil 2.2: 202 istasyon için 3 zaman periyodunda soğuk ve sıcak oluşum frekansları: 1901 - 1950 (siyah), 1951 - 1978 (mavi) ve 1979 - 2003 (kırmızı) [5]

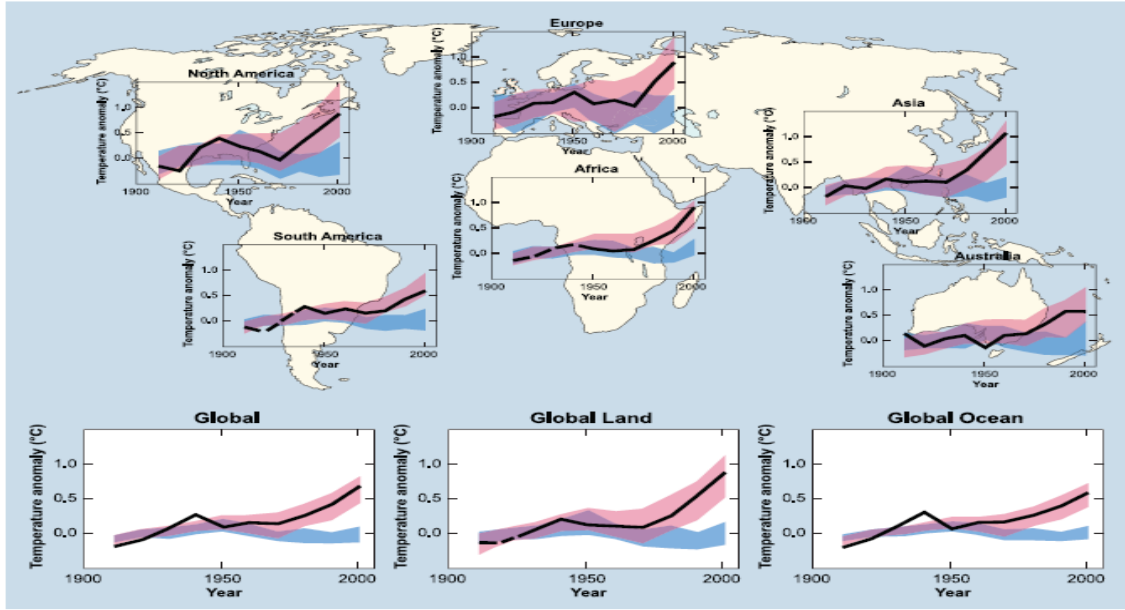
2.1.1. İklim Değişiminin Nedenleri

İklim değişimi doğal ve antropojenik (insan kaynaklı) etkiler sonucu yaşanmaktadır. Doğal etkilerle yaşanan sıcaklık artışı ve antropojenik etkiler sonucu oluşan sıcaklık artışı karşılaştırıldığında önemli bir farklılık gözükmemektedir [5] (Şekil 2.3). Ölçülerek belirlenen sonuçlar da artışı doğrulamaktadır. Sanayi devrimi ile birlikte antropojenik etki hızlanmıştır. Sanayinin hızla gelişmesi atmosfere salınan emisyon miktarını da hızla artırmıştır. İklim değişiminin antropojenik etkisini temsil eden, sera gazı emisyonları yaşanan değişimin en önemli sorumlusu olarak görülmektedir [12].

En önemli insan kaynaklı sera gazı emisyonu ise karbondioksittir (CO_2). Sera gazları, ısı tutma kapasitesi olan gazlardır. Her birinin farklı radyatif özellikleri ve atmosferde kalış süreleri olması nedeniyle, küresel iklim değişimine yaptıkları radyasyon etkisi ile birbirlerinden ayrılırlar. Bu ısınma etkileri CO_2 'nin radyatif etkisi ile ifade edilen genel ölçüm şekli (CO_2 eşdeğeri (eq)) ile ölçülür. CO_2 eşdeğer emisyonu; sera gazı emisyonları karışımı yada uzun ömürlü bir sera gazının miktarının dağılımı olarak verilen zaman düzleminde, o andaki radyasyon etkisine neden olan CO_2 emisyon miktarı olarak tanımlanırken, CO_2 eşdeğer konsantrasyonu; CO_2 ve diğer etkili bileşiklerin bir karışımı olarak aynı miktarda radyasyon etkisine neden olan CO_2 'in konsantrasyonunu ifade etmektedir [5].

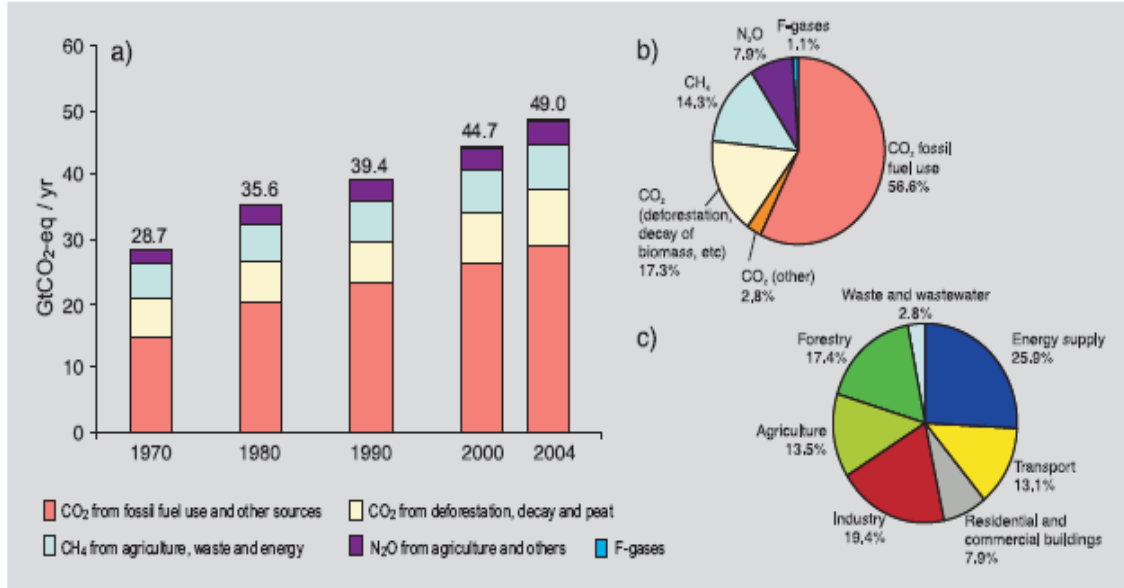
1970'ten 2004'e yıllık CO_2 emisyonlarındaki artış %80'dir. 21 Gt (gigaton)'den 38Gt'ye çıkmıştır. 2004 ölçümlerine göre insan kaynaklı toplam sera gazı emisyonlarının %77'sini CO_2 oluşturmaktadır [5]. 1970-1994 arasında yılda 0,43 CO_2

eşdeğeri artış yaşanırken, 1995-2004 arasında yılda 0,92 CO₂ eşdeğeri artış yaşanmıştır (Şekil 2.4). 1970-2004 arasında yaşanan sera gazı emisyonlarındaki artış, enerji temini, ulaşım ve endüstrilerden sağlanmıştır. Diğer sektörlerden kaynaklanan emisyonlar daha düşük bir oranla artmışlardır.



- Doğal etkilerden kaynaklanan sıcaklık artışı
- Antropojenik etkilerden kaynaklanan sıcaklık artışı
- Gözlemlenen sıcaklık artışı

Şekil 2.3: Küresel ve kıtalar bazında sıcaklık artışı [5]

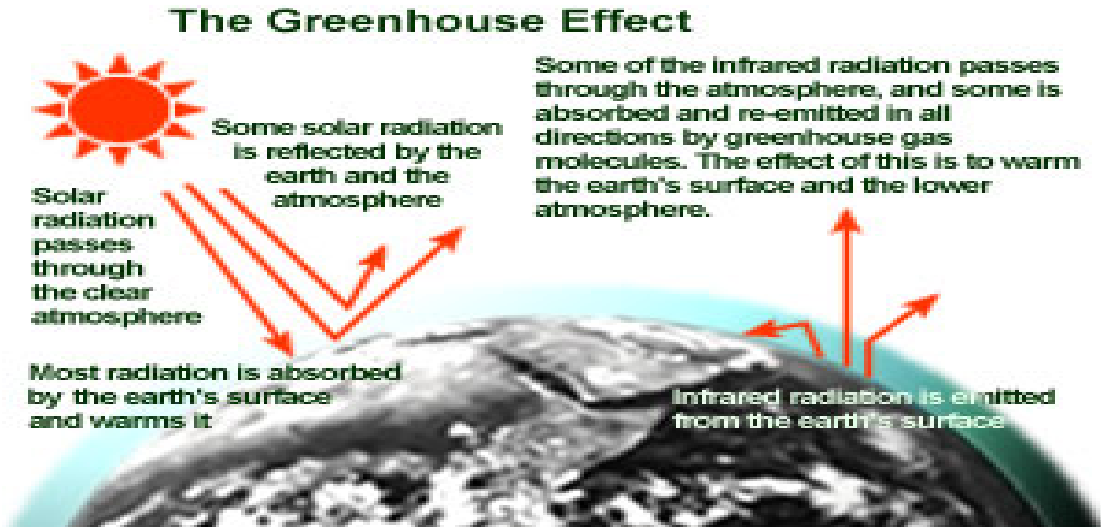


Şekil 2.4: a) 1970-2004 arasında küresel yıllık insan kaynaklı sera gazı emisyonları
b) 2004'te farklı insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının oranları (CO₂ eq)
c) 2004'te farklı sektörlere ait insan kaynaklı toplam sera gazı emisyon oranları (CO₂ eq) [5]

2.1.2. Sera Etkisi ve Sera Gazları

Sanayi devriminden sonra salımı artan sera gazları, ısı tutma kapasitesi olan gazlardır [64]. Güneşten gelen kısa dalga boylu radyasyonun bir kısmı, yeryüzü tarafından yutulur ve bir kısmı yansıtılır, yansıyan uzun dalga boylu radyasyonun da bir kısmı uzaya kaçarken bir kısmı atmosferdeki sera gazları tarafından tutulur (Şekil 2.5). Eğer sera etkisi olmasaydı, arz sıcaklığı 15°C yerine -18°C olacaktı ve arz üzerinde yaşam olmayacaktı. Bu nedenle sera etkisi atmosferde olması gereken doğal bir etkidir, ancak sera gazlarının miktarı arttıkça, etkileri de artacağından sıcaklık 15°C 'yi aşmaktadır. Sera gazı salımının artmasıyla da arzın sıcaklığı artmaya devam edecektir [6].

Yer/atmosfer sisteminin enerji dengesine yapılan bu pozitif katkı, artan ya da kuvvetlenen sera etkisi olarak adlandırılır [62]. Bu ise, Yerküre atmosferindeki doğal sera gazları (H_2O , CO_2 , CH_4 , N_2O ve O_3) yardımıyla yüz milyonlarca yıldan beri çalışmakta olan bir etkinin, bir başka sözle doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi anlamını taşımaktadır. Tablo 2.1'de sera gazlarına ait özellikler belirtilmiştir. Isı tutma kapasitesi en yüksek gaz CO_2 'dir ve atmosferdeki sera etkisinin % 60'ını CO_2 oluşturmaktadır.



Şekil 2.5: Atmosferdeki Sera Etkisi [12]

Atmosfere salınan sera gazlarından en büyük paya sahip olan CO_2 'dir. CO_2 renksiz ve kokusuz bir gazdır [59]. Dünya atmosferinin ilk zamanlarından bugüne kadar atmosferde yer almıştır [26]. Endüstri devrimi öncesindeki konsantrasyonu 280 ppm (milyonda bir) iken günümüzde bu değer % 31'lik bir artışla 350 ppm'e ulaşmıştır [20]. Karbondioksitin atmosferik ömrü 50 ile 200 yıl arasında değişmekte olup, atmosferde en uzun süre kalan sera gazlarının başında gelmektedir. Karbondioksitin küresel ısınma potansiyeli 1'dir (100 yıllık) [19].

Tablo 2.1: Sera Gazı Emisyonlarının Özelliklikleri [7]

	Özellikler	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CFC's ve Halonlar
1	Atmosferik ömrü	50-200	10-12	150-200	75-110
2	Kızılötesi radyasyonu absorblama dalga boyu μ m	4,3-15	3,3-7,6	4,5-7,5-8,6	8,68-11,22
3	Kızılötesi radyasyonu tutma W/m ² 1985 (2050)	50 (30)	1.7 (2,5)	1,3 (1,5)	0,06(0,3)-0,12(0,6)
4	Hesaplanmış sıcaklık artışı °C	0,71	0,20	0,10	0,12-0,24
5	Sera Gazı Emisyonlarına % katkısı	60	18	6	14
6	CO ₂ 'den kaç kat daha etkili	1	21 kere	310 kere	140-23900 kere
7	Konsantrasyonunda artış oranı	%25 1800'lerin ortasından itibaren	400 yılda 0,7'den 65 ppm'e	200 yılda % 50	1930'dan buna hızla artış
8	Yılda artış yüzdesi	0,4	0,8	0,25	2,0-7,0
9	Hacime bağlı atmosferik konsantrasyon	385 ppm	1,75 ppm	0,31 ppm	0,00028-0,00048 ppm
10	Kaynakları	Fosil yakıtların yanması (Termik santraller, endüstriler, trafik, evsel), orman tahribi	Hayvancılık, bataklık, biyokütle yanması, kutuplardaki donmuş doprak tabakanın erimesi, doğalgaz sızıntısı	Azot gübreler, temizleyiciler, Biyokütle yanması ve fosil yakıtların yanması	Sevk barutu, deodorant, buzdolapları, temizlik malzemeleri
11	Yutulma	Okyanus, orman ve bitki örtüsü	CO ₂ oksidasyonu	Stratosferik fotokimya ve toprak	Alken enjeksiyonu, atmosferdeki ethan, propan

Antropojenik CO₂ emisyonları, kömür ve petrol gibi fosil yakıtlarının ısınma, enerji üretimi ve endüstride kullanımlarından, metal ve petrol yan ürünlerinin üretimlerinden ve taşıtlardan kaynaklanır [9]. Arazi kullanımının değişmesi ve fotosentez mekanizmasıyla karbondioksitin yıkımında rol oynayan orman alanlarının azalması da CO₂ konsantrasyonunun artmasına sebep olmuştur [11]. CO₂ konsantrasyonundaki artış yaklaşık 1.5 ppm/yıl'dır (Şekil 2.4). Son 200 yılda insan kaynaklı sera gazlarının atmosferdeki konsantrasyonları artmış, küresel ısınma başlamış ve devam etmektedir. Sera etkisinin artmasında CO₂ birinci derecede rol oynarken karbondioksiti, CH₄ ve N₂O gazları takip etmektedir [5]. Diğer sera gazlarının atmosferik konsantrasyonları çok düşüktür, fakat atmosferde çok uzun süreli kalmaları ve yüksek küresel ısınma potansiyeli değerleri nedeniyle bu gazlar da sera etkisinin artmasında etkilidirler [56]. Artan sera etkisinden kaynaklanabilecek bir küresel ısınmanın büyüklüğü, her sera gazının birikimindeki artışın boyutuna, bu gazların ışımsal özelliklerine, atmosferik

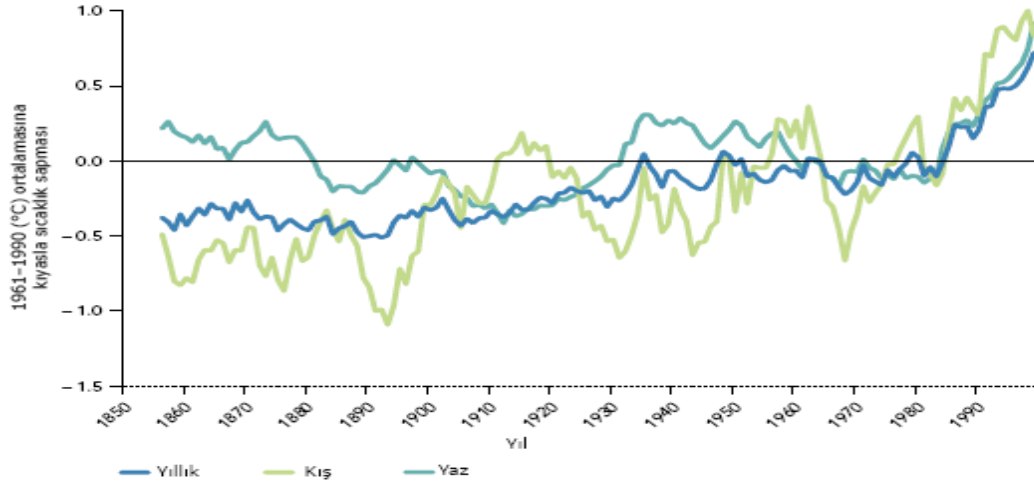
yaşam sürelerine ve atmosferdeki varlıkları sürmekte olan öteki sera gazlarının birikimlerine bağlıdır [56]. Atmosferdeki CO₂ artışı ile sıcaklık artışı bu nedenle birbirine paralel olarak artmaktadır. Bu nedenle sera etkisini hafifletmek, atmosferdeki CO₂ miktarını kontrol altında tutmak demektir [40]. Türkiye geliştirmekte olan ülkelerden biri olduğundan artan nüfusu ve sürekli gelişen sanayisi ile atmosfere en çok emisyon salan ülkelerden birisidir. 1927’de 13 milyon civarında olan Türkiye nüfusu 2007’de 73 milyona ulaşmıştır. 2050’de 100 milyon olması beklenmektedir [4]. Artan nüfusa bağlı olarak enerji ihtiyacında da artış kaçınılmazdır. Enerji açığını karşılamak için yapılacak her türlü tesisten salınan sera gazlarının şüphesiz ki iklim değişimi üzerinde olumsuz etkileri olacaktır.

2.2. Avrupa’da İklim Değişimi

Avrupa’da, son bir kaç on yıl başta olmak üzere, son 100 yıl içinde önemli ölçüde sıcaklık artışları gözlenmiştir (Şekil 2.6). 2000 yılı Avrupa’da bu dönem boyunca gözlemlenen en sıcak yıl olurken, sonraki en sıcak yedi yıl, yine son 14 yıl içinde yer almıştır. 2003 yılı ağustos ayında yaşanan ve bu ayın kuzey yarı kürede kaydedilen en sıcak Ağustos ayı olmasına yol açan sıcak hava dalgası, 35.000 kadar kişinin ölümüne neden olmuştur [8]. 1900–2000 yılları arasında Kuzey Avrupa’ya düşen yıllık yağış miktarı artarken, Avrupa’nın güneyindeki bazı kesimlerde %20’lik bir azalma gözlenmiştir. Mevsim modelleri, söz konusu eğilimleri daha da fazla yansıtmaktadır [41]. Özellikle kış mevsimi boyunca, hava Avrupa’nın güneyinde ve doğusunda daha kuru geçerken, Kuzeybatı Avrupa’nın pek çok kısmında daha nemli geçmektedir. Yapılan projeksiyonlara göre, Kuzey Avrupa’da yıllık yağış miktarının artması ve Avrupa’nın genelinde yazların daha yağışlı geçmesi beklenmektedir [24].

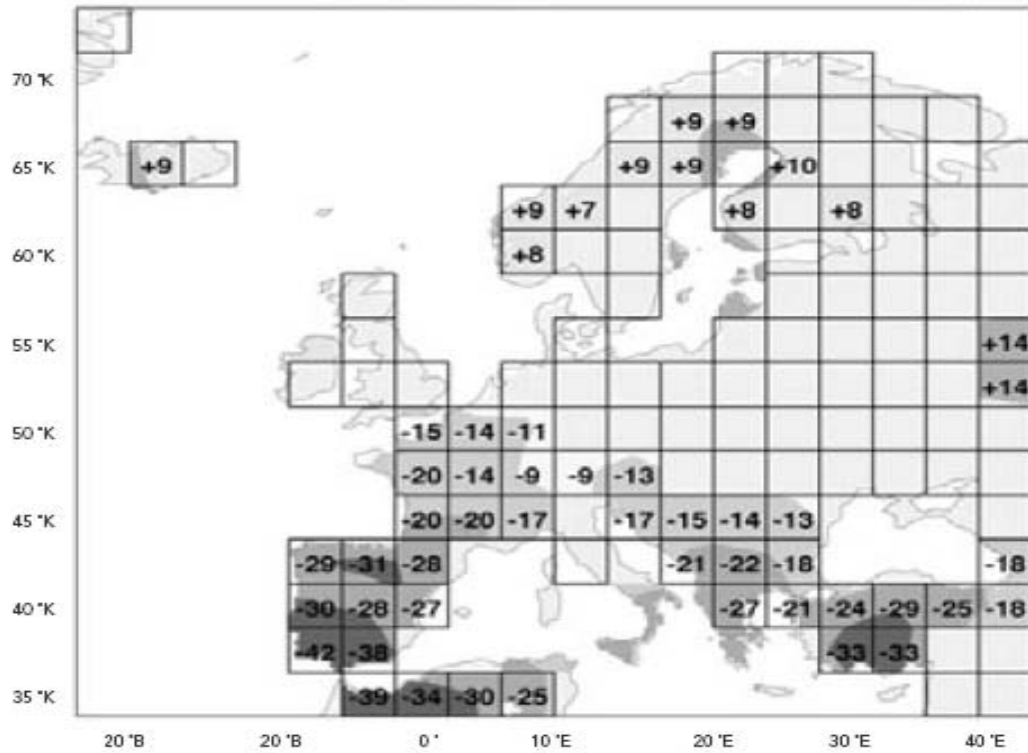
1976 yılından itibaren orta ve kuzey Avrupa bölgelerinde meydana gelen aşırı yağışlı gün sayısında bir artış gözlemlenirken Avrupa’nın güneyinde bir azalma meydana geldiği görülmektedir. Sel, Avrupa’da görülen en yaygın doğal felaket türüdür. Aşırı yağışların yoğunluğunda gözlenen artışla birlikte iklim değişikliğinin başta orta, kuzey ve kuzeydoğu Avrupa olmak üzere, bazı bölgelerde çok daha sık nehir taşmalarına yol açacağı tahmin edilmektedir [38]. Özellikle de, ani ortaya çıkan, yerel düzeyde meydana gelen fakat ciddi sonuçlar doğuran sel baskınlarının artması ve buna bağlı olarak can kaybı riskinin artması beklenmektedir. Taşmayı önlemek ve etkisini azaltmak için harekete geçilmelidir. Bazı ülkeler bu konuda şimdiden bazı girişimlerde

bulunmuşlardır. Sellerin ve selleri önlemenin sınırları aşan niteliğinin bilincinde olan Avrupa Komisyonu, yakın zamanda sel riski yönetimiyle ilgili uyumlu eylem önerisinde bulunmuştur [8]. Sıcaklık ve yağış rejimlerinde yaşanması beklenen değişimlerin birleşen etkileri, çoğu yerde nehirlerin yıllık debilerindeki değişimleri daha da artıracaktır. 2070 yılı itibariyle, nehirlerin taşıdığı su miktarının Avrupa'nın güney ve güneydoğusunda %50'ye varan bir azalma, Avrupa'nın kuzey ve kuzeydoğusundaki pek çok bölgede ise %50'ye varan bir artış göstermesi beklenmektedir (Şekil 2.7) [8].



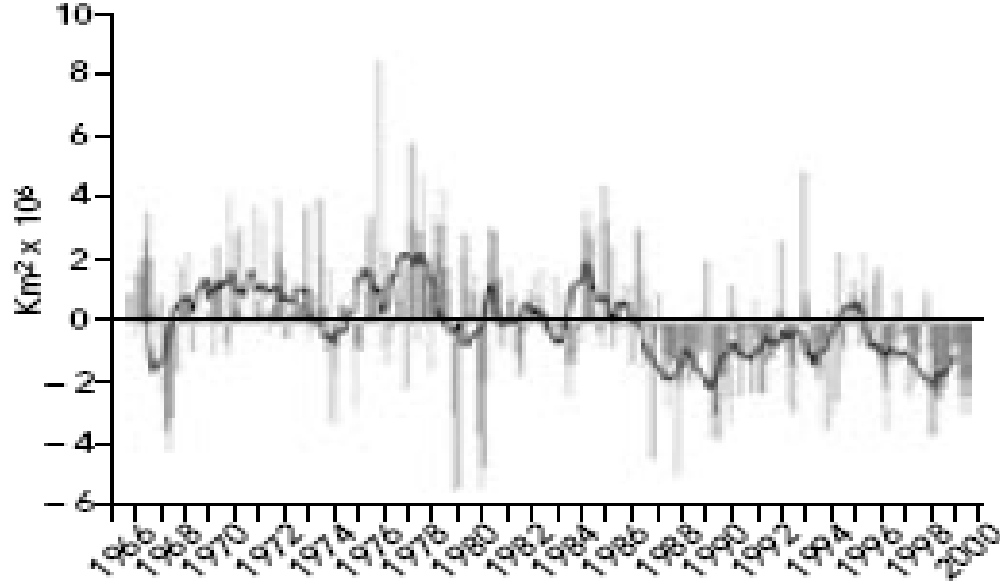
Kaynak: CRU, 2003; Jones and Moberg, 2003.

Şekil 2.6: Avrupa'da kış-yaz ayları ve yıllık ortalamada gözlemlenen sapmalar [34]



Şekil 2.7: Avrupa'da 2080 yılına kadar yaz aylarındaki yağış rejiminde yaşanması beklenen değişiklikler (%) [28]

Kuzey yarımküredeki yıllık kar tabakasının kalınlıkları, 1966 yılından beri yaklaşık %10 oranında azalmıştır (Şekil 2.8). Kuzey Yarımküredeki 45 °K ve 75 °K arasındaki kara alanlarının karla kaplı olma süresi, 1971 ve 1994 yılları arasında, on yıl başına ortalama olarak 8.8 gün kısalmıştır [39]. Kuzey Yarımküredeki kar tabakasının boyutunun yirmi birinci yüzyılda daha da azalması beklenmektedir.



Şekil 2.8: Kuzey yarımküredeki karalarda gözlenen (Grönland dahil) kar tabakasında aylık sapmalar [5]

2.3. Türkiye’de İklim Değişimi

Küresel Ortalamalar açısından 1990’lı yıllardan itibaren sıcaklıklar rekor seviyelerde ölçülmeye başlanmıştır. Tabi ki bu değişimden Türkiye de etkilenmektedir. Yapılan senaryo çalışmalarına göre 2050 yılında Türkiye üzerindeki ortalama sıcaklıklarda yaklaşık 1-3°C’lik bir artış olacağı tahmin edilmektedir [5]. Buna göre Türkiye için beklenen bu değişim göz ardı edilemeyecek kadar önemli bir değişim olacaktır. İklim değişimi ile birlikte küresel ölçekte meydana gelen ısınma ile, Türkiye özellikle su kaynaklarının zayıflaması, orman yangınları, kuraklık ve çölleşme ile bunlara bağlı ekolojik bozulmalar gibi öngörülen olumsuz yönlerinden etkilenenecektir ve küresel ısınmanın potansiyel etkileri açısından risk grubu ülkeler arasındadır.

Atmosferdeki sera gazı birikimlerinin artışına bağlı olarak önümüzdeki yıllarda gerçekleşebilecek iklim değişikliğinin, Türkeş (1994), Türkiye’de neden olabileceği çevresel ve sosyoekonomik etkileri açıklamıştır. Buna göre sıcak ve kurak devrenin uzunluğundaki ve şiddetindeki artışa bağlı olarak, orman yangınlarının frekansı, etki

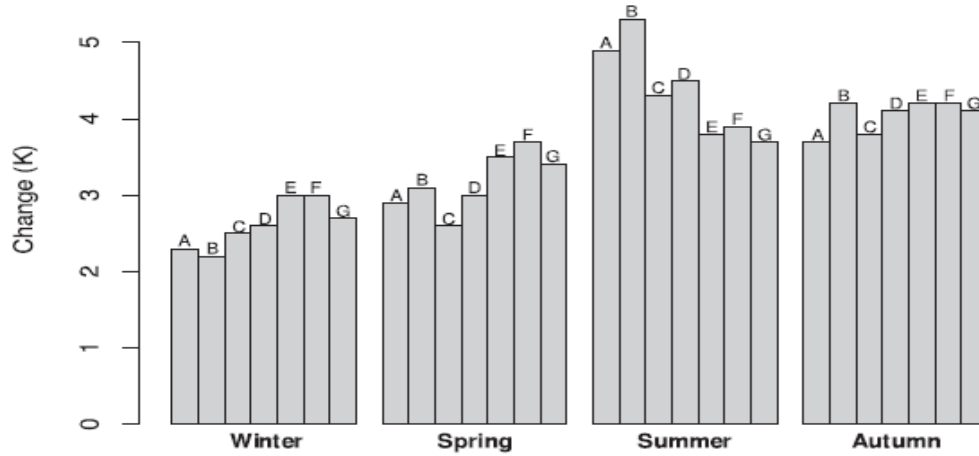
alanı ve süresi artabilir; tarımsal üretim potansiyeli değişebilir (bu değişiklik bölgesel ve mevsimsel farklılıklarla birlikte, türlere göre bir artış ya da azalış biçiminde olabilir); iklim kuşakları, Yerküre'nin jeolojik geçmişinde olduğu gibi, ekvator dan kutuplara doğru yüzlerce kilometre kayabilecek ve bunun sonucunda da Türkiye, bugün Orta Doğu'da ve Kuzey Afrika'da egemen olan daha sıcak ve kurak bir iklim kuşağının etkisinde kalabilecektir. Bunun yanı sıra, iklim kuşaklarındaki bu kaymaya uyum gösteremeyen fauna ve flora yok olacaktır; doğal karasal ekosistemler ve tarımsal üretim sistemleri, zararlılardaki ve hastalıklardaki artışlardan zarar görebileceklerdir; Türkiye'nin kurak ve yarı kurak alanlarındaki, özellikle kentlerdeki su kaynakları sorunlarına yenileri eklenecek; tarımsal ve içme amaçlı su gereksinimi daha da artabilecektir [58].

İklimin kendi doğal değişkenliği açısından, Türkiye'de su kaynakları üzerindeki en büyük baskıyı, Akdeniz ikliminin olağan bir özelliği olan yaz kuraklığı ile öteki mevsimlerde hava anomalilerinin yağışlarda neden olduğu yüksek rasgele değişkenlik ve kurak devreler oluşturmaktadır. Bu yüzden, kuraklık riskindeki olumsuz bir değişiklik, iklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkisini şiddetlendirebilir. Kurak ve yarı kurak alanların genişlemesine ek olarak, yaz kuraklığının süresinde ve şiddetindeki artışlar, çölleşme süreçlerini, tuzlanma ve erozyonu destekleyecektir; İstatistik dağılımının yüksek değerler yönündeki ve özellikle sayılı sıcak günlerin (örneğin tropikal günlerin) frekansındaki artışlar, insan sağlığını ve biyolojik üretkenliği etkileyebilir [57].

Kentsel ısı adası etkisinin de katkısıyla, özellikle büyük kentlerde, sıcak devredeki gece sıcaklıkları belirgin bir biçimde artacak; bu da, havalandırma ve soğutma amaçlı enerji tüketiminin artmasına neden olabilecektir. Su varlığındaki değişiklikten ve ısı stresinden kaynaklanan enfeksiyonlar, özellikle büyük kentlerdeki sağlık sorunlarını artırabilir; rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynakları üzerindeki etkiler bölgelere göre farklılık gösterecek olmakla birlikte, rüzgar esme sayısı ve kuvveti ile güneşlenme süresi ve şiddeti değişebilir; deniz akıntılarında, denizel ekosistemlerde ve balıkçılık alanlarında, sonuçları açısından aynı zamanda önemli sosyoekonomik sorunlar doğurabilecek bazı değişiklikler olabilir; deniz seviyesi yükselmesine bağlı olarak, Türkiye'nin yoğun yerleşme, turizm ve tarım alanları durumundaki, alçak taşkın-delta ve kıyı ovaları ile Haliç ve Riva tipi kıyıları sular altında kalabilir [59].

2.3.1. Türkiye’de Sıcaklık Artışı

Barış Önal’un Doktora Tez (2007) çalışmasında, Türkiye yedi iklim bölgesine ayrılmış ve alansal ortalamalar hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, son kullanıcı ve karar alıcılar için çok gerekli bilgilerin sağlanması açısından önemlidir. Yaz sıcaklıkları Balkan ülkeleri üzerinde 7 °C’ye varan artışlar göstermiştir. Kış ve ilkbahar mevsiminde tüm bölgelerimizde minimum 2 derecelik artış kaydedilirken, yaz ve sonbahar mevsimlerinde tüm bölgelerimiz için minimum 3,5°C’lik sıcaklık artışı belirlenmiştir. Türkiye’deki en dramatik değişim ise, yaz mevsiminde Ege Bölgesi’nde yaşanmıştır. Son 30 yılda yaz mevsiminde yaşanan sıcaklıklar incelendiğinde Ege Bölgesi’nde sıcaklıkların 5 °C’den fazla arttığı tespit edilmiştir. (Şekil 2.9). Ayrıca mevsimler arası sıcaklık farklarındaki artış, mevsimlerin başlangıç ve bitiş tarihlerinde de kaymalara sebep olabilir [43].



Şekil 2.9: Türkiye’de son 30 yılda sıcaklıklarda meydana gelen artış [43]

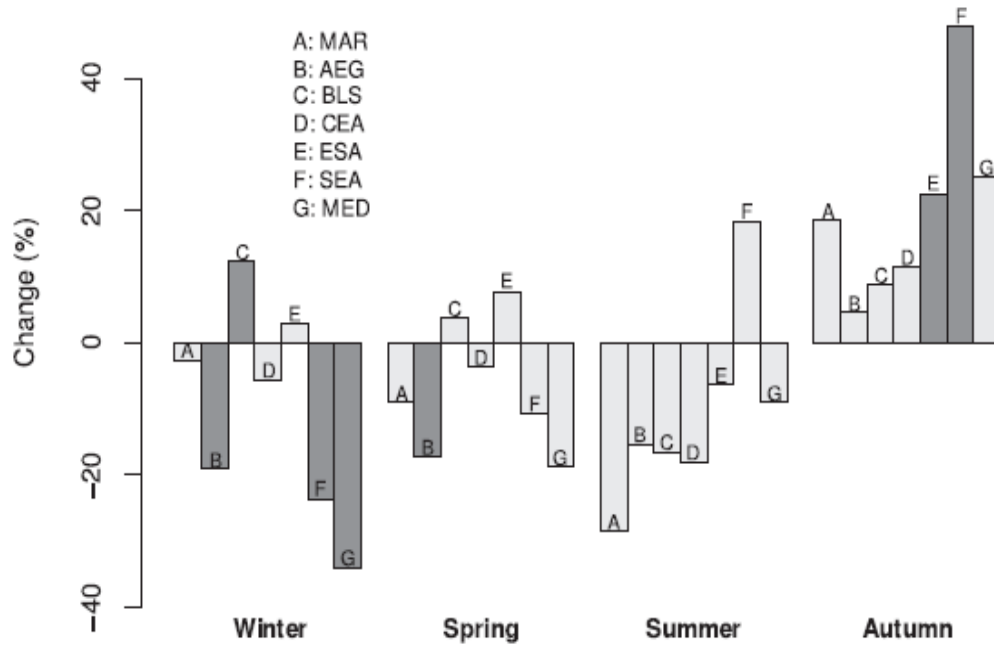
(A: Marmara , B: Ege, C: Karadeniz, D: İç Anadolu, E: Doğu Anadolu, F: Güneydoğu Anadolu, G: Akdeniz)

2.3.2. Türkiye’de Yağış Değişimi

Doğu Karadeniz dağları boyunca uzanan bölgede, rüzgar patterninin değişmesiyle güçlenen orografik etkinin kış yağışlarını arttırması, önemli değişimlerden biridir. Türkiye’nin güneyi (%34) ve Yunanistan (%32) üzerinde de kış yağışlarında ciddi azalmalar görülmüştür. Bununla birlikte, Türkiye’nin güneydoğusunu da kapsayan bölgede sonbahar mevsimindeki yağış, sirkülasyon değişimine bağlı nem kazanımı ile ilgili olarak aşırı artmıştır. Sadece Türkiye’nin güneydoğusunu kapsayan bölgedeki artış ise %48’dir. Türkiye’nin bu bölgesinde sonbahar yağışlarındaki bu artışlar kış mevsiminden gelen yıllık yağıştaki açığın azaltılmasına da yardım etmektedir (Şekil 2.10).

Yağıştaki önemli azalma eğilimleri ve kuraklık olayları, kış mevsiminde daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır. 1970’li yılların başı ile 1990’lı yılların ortası arasındaki yaklaşık 20-25 yıldaki kurak koşullardan en fazla, Ege, Akdeniz, Marmara ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri etkilenmiştir. Kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılışlı olanları, 1973, 1977, 1989 ve 1990 yıllarında oluşmuştur [27]. Genel olarak Doğu Akdeniz Havzası’nın ve Türkiye’nin yıllık ve özellikle kış yağışlarında, 1970’li yılların başı ile 1990’lı yılların ortası arasında gözlenen önemli azalma eğilimleri, bu bölgede etkili olan cephesel orta enlem ve Akdeniz alçak basınçlarının sıklıklarında özellikle kış mevsiminde gözlenen azalma ile yer ve üst atmosfer seviyelerindeki yüksek basınç koşullarında gözlenen artışlarla bağlantılı olabilir [58]. Öte yandan, özellikle karasal yağış rejimine sahip bazı istasyonların ilkbahar ve yaz yağışlarında, yazın daha belirgin olmak üzere, bir artış eğilimi gözlenmektedir.

2007’de Barış Önel’un yaptığı çalışma incelendiğinde, son 30 yılda yağış miktarlarında mevsime bağlı değişim belirlenmiştir. Kış ve ilkbahar mevsiminde, Karadeniz ve Doğu Anadolu dışındaki tüm bölgelerde yağışta yaklaşık % 20 azalma, yazın Güneydoğu Anadolu dışındaki tüm bölgelerde yaklaşık %20 azalma, sonbahar mevsiminde ise tüm bölgelerimizde yaklaşık % 20’lere varan artış belirlenmiştir. En az yağış artışı Marmara ve Ege bölgelerinde yaşanırken, yazın en dramatik değişim Marmara Bölgesi’nde gözlenmiştir. Bu bölgede % 30’lara varan miktarda yağış azaldığı tespit edilmiştir [43].



Şekil 2.10: Türkiye’de yağış miktarında meydana gelen değişim [43]
(A: Marmara , B: Ege, C: Karadeniz, D: İç Anadolu, E: Doğu Anadolu, F: Güneydoğu Anadolu, G: Akdeniz)

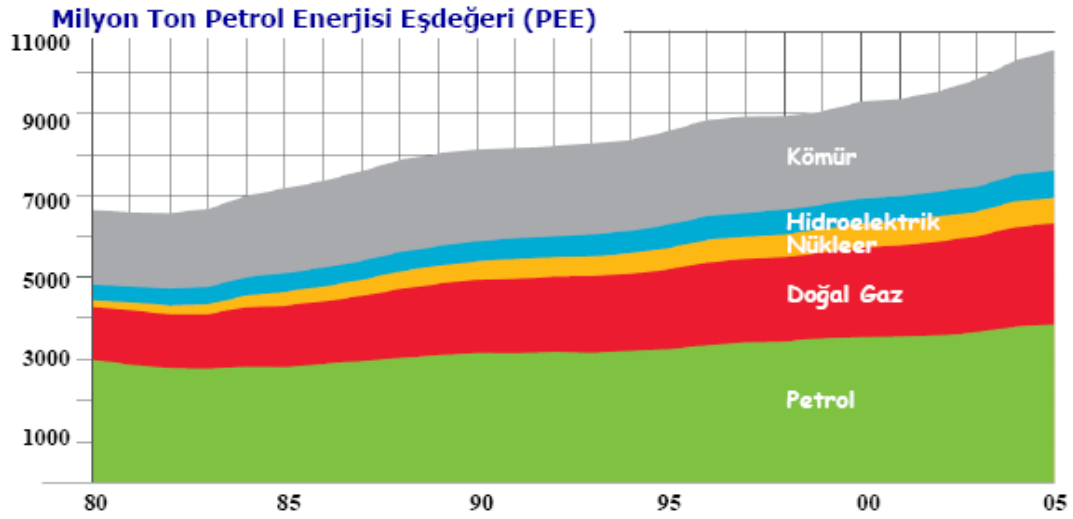
3. ENERJİ VE CO₂

3.1. Dünya’da Enerji

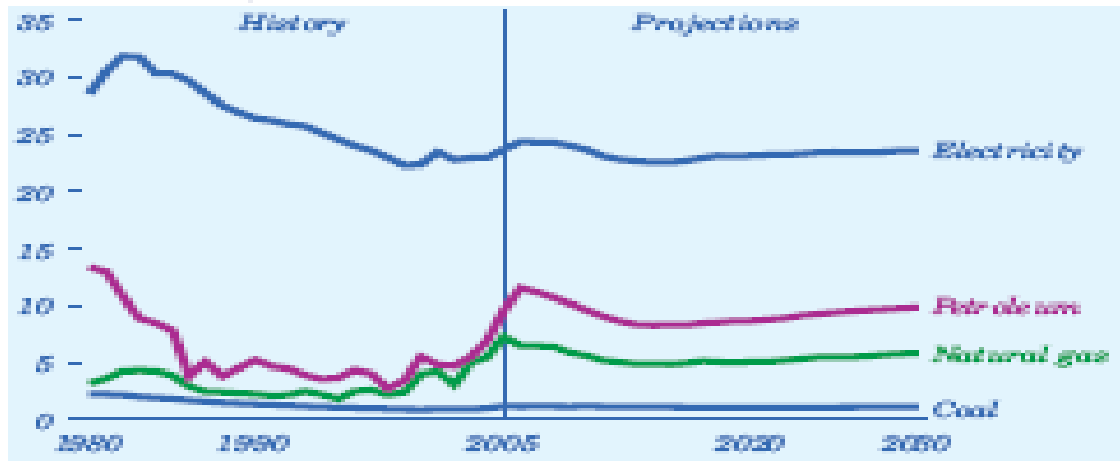
Artan nüfus ve sanayileşmeye bağlı olarak enerji tüketimi hızla artmaktadır (Şekil 3.1). EIA’da 2007’de yapılan ölçümlere göre, dünyada enerji tüketimi 1980 yılında 283 katrilyon Btu iken, günümüzde yaklaşık 500 katrilyon Btu’dur. Enerji tüketim trendi artmaktadır. EIA’nın geleceğe dönük yaptığı projeksiyonlar, gelecekte enerji tüketiminin hızla artmaya devam edeceğini göstermektedir [18].

Dünya kömür ticaretinde, rezervlerin dünyada homojen dağılımının da etkisiyle, mevcut hacimde çok büyük artış olmasa da; Asya Pasifik bölgesinde, özellikle Japonya’nın en büyük kömür ithalatçısı konumunun devam edeceği öngörülmektedir. ABD’nin, kendi zengin rezervleri nedeniyle, diğer ülkelerin Kyoto Protokolü’ne uyum çağrılarına karşın, elektrik üretiminde kömüre verdiği ağırlığın artacağı değerlendirilmesi yapılmaktadır. Birçok Avrupa ülkesinin kömür ithalatı azalırken, Almanya ve İspanya’nın ithalatlarının artması beklenmektedir. Dünya kömür ihracatında Rusya’nın Avrupa için en önemli kaynak olma (doğalgazda olduğu gibi) konumunun devam etmesi beklenmektedir [18].

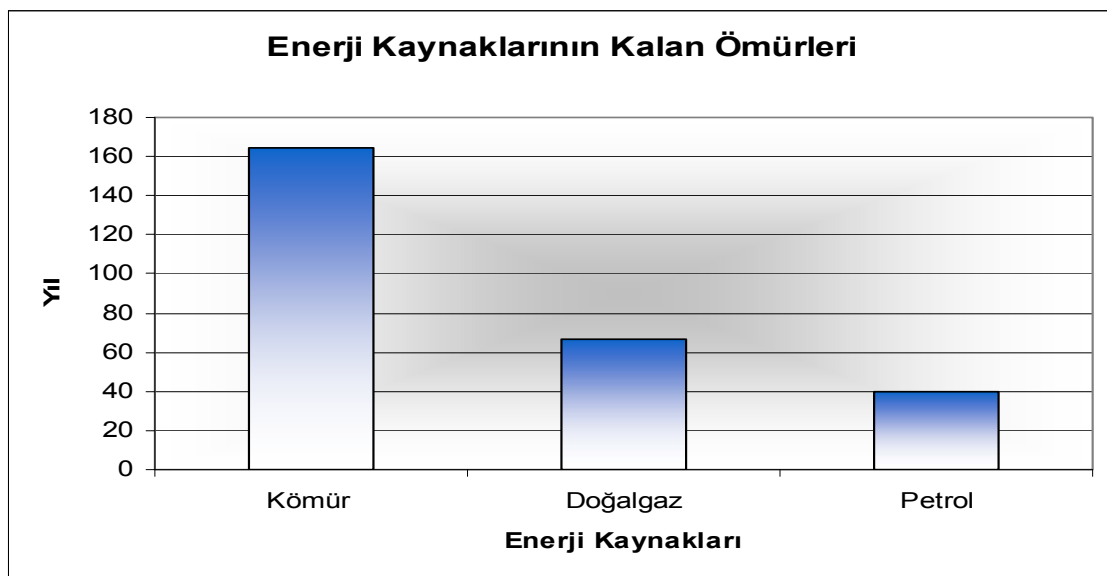
Dünyada enerji temininde yaygın olarak, petrol, kömür ve doğal gaz kullanılmaktadır (Şekil 3.1) [29]. Ancak dünya ortalamasına bakıldığında petrol ve kömür ilk sırayı almaktadır. Kömürün yaygın olarak kullanımının en önemli sebebi ise enerji üretiminde en ucuz yakıt olmasıdır (Şekil 3.2). Ancak petrol ve kömür rezervleri sınırlıdır, petrolün 40 yıl, doğal gazın 67 yıl ömrü kalmışken, kömürün kalan ömrü 167 senedir (Şekil 3.3) [42]. Petrol ve doğal gazın ömürleri sınırlı olduğundan, önümüzdeki yıllarda enerji teminindeki payları azalacaktır. Onların yerini, rezervleri en fazla ve fiyatı en ucuz olan kömür alacaktır. 1973 ve 2005’teki dünya enerji rezervlerinin yakıt türlerinin oranları kıyaslandığında, petroldeki azalma ve kömürdeki artış, bunun bir göstergesi sayılabilir (Şekil 3.4, Şekil 3.5).



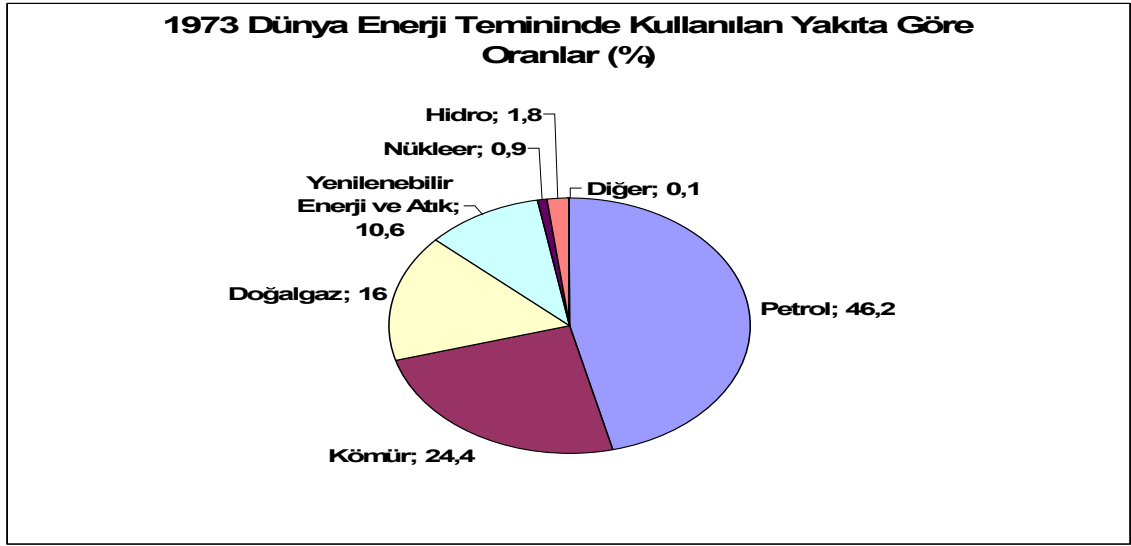
Şekil 3.1: Dünya Enerji Tüketiminin tarihsel gelişimi [33]



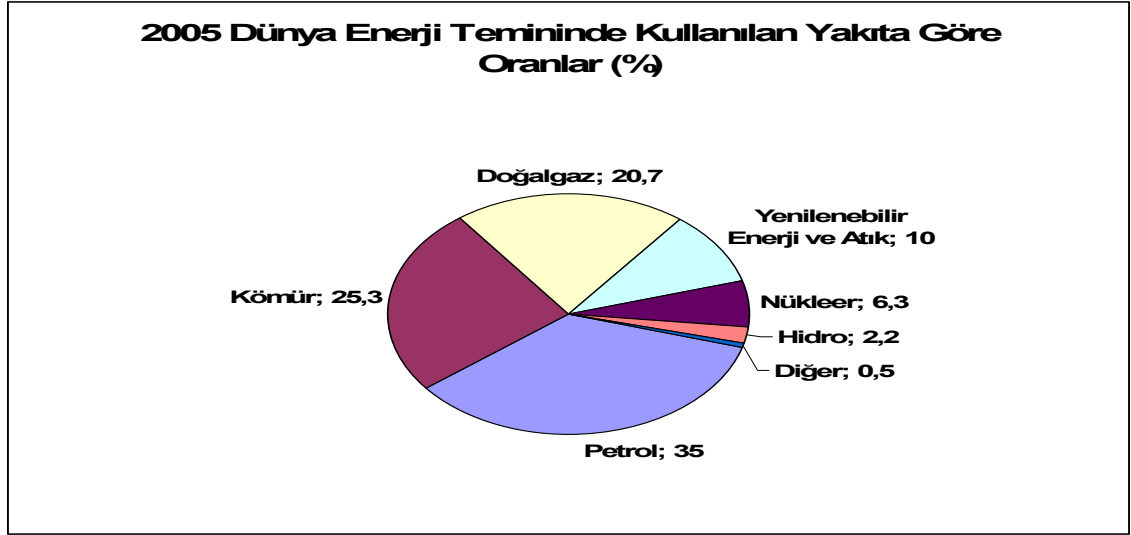
Şekil 3.2: 1980'den 2030'a kadar enerji fiyatları (her milyon Btu için 2005 dolar) [17]



Şekil 3.3: Enerji kaynaklarının kalan ömürleri [47]



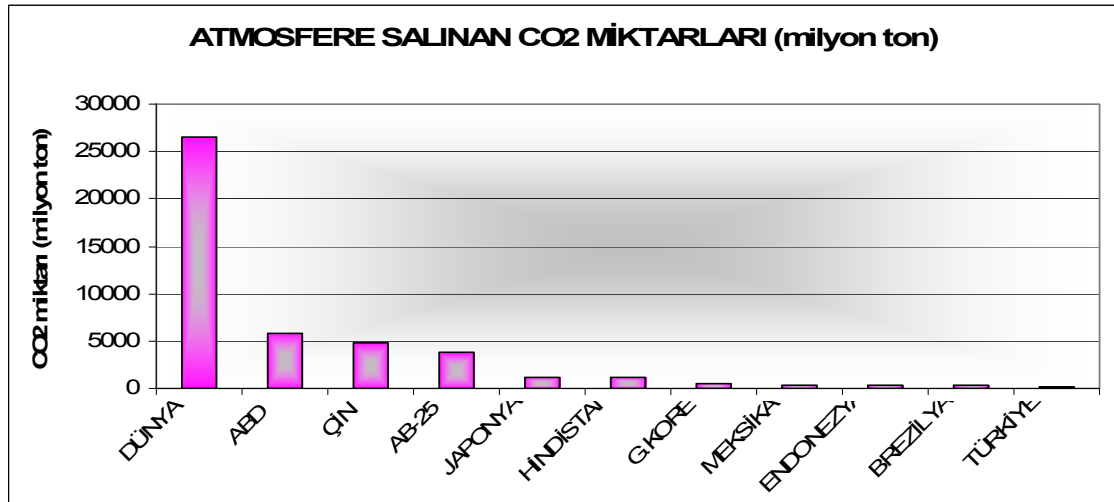
Şekil 3.4: 1973'te Dünya Enerji Temininde Kullanılan Yakıtların Oranları (%) [17]



Şekil 3.5: 2005'te Dünya Enerji Temininde Kullanılan Yakıtların Oranları (%) [17]

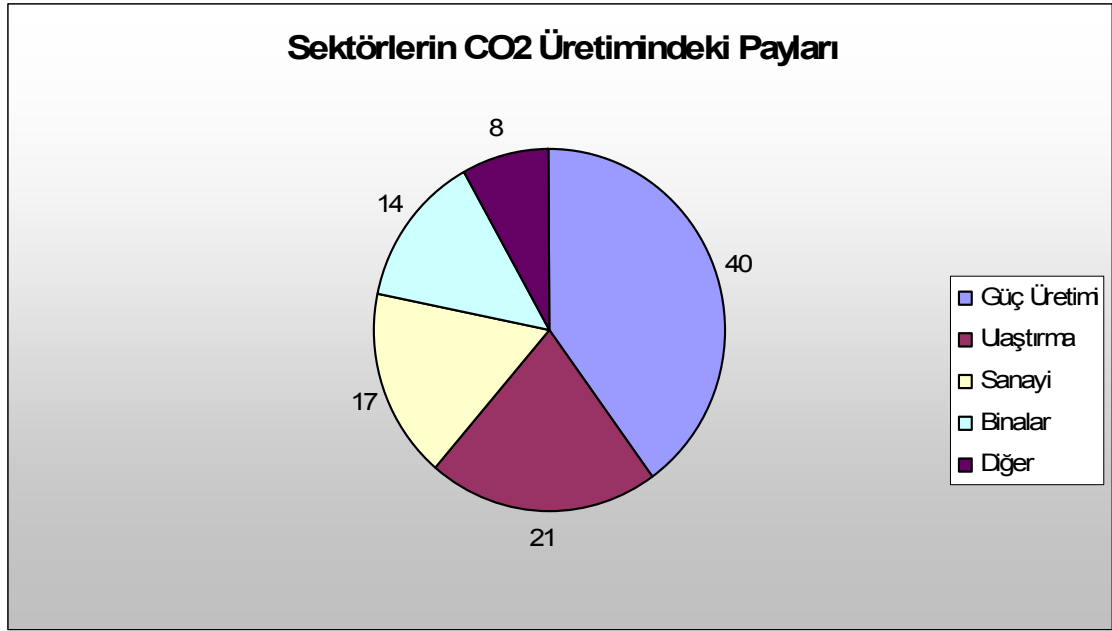
Önümüzdeki yıllarda termik santrallerde kullanılacak yakıtlar arasında, AEO'da yapılan öngörülere göre kömür en büyük paya sahip olacaktır. Petrol ve doğal gaz kullanımı azalacaktır [31]. Kömür ucuz ve daha zengin kaynaklı olduğundan uygun, ama atmosfere bıraktığı emisyon değerleri açısından incelendiğinde en çok CO₂ emisyonu salan kaynak olarak karşımıza çıkmaktadır (Tablo 3.1). Kömür kullanımı tüm dünyada artacağından, elektrik üretiminde, kömürle çalışan termik santrallerin sayısı arttırılacaktır. Bu nedenle termik santrallerden atmosfere salınan CO₂ emisyon miktarı da artacaktır. Kömürden elde edilen enerji, petrol ve doğal gazdan elde edilen enerjiden daha fazladır [29]. Termik santrallerde üretilen elektrik enerjisi kıyaslandığında, kömürün daha verimli olduğu tespit edilmiştir [30].

Dünya elektrik enerjisi arzı 1980’de 2094 milyar kilowatt saat iken, günümüzde yaklaşık 5000 milyar kilowatt saattir [32]. Ayrıca kömürden elde edilen elektrik enerjisi diğer tüm yakıtlardan daha fazladır. Bu etkenlerle birlikte, kömürün ucuz ve yaygın oluşu gelecekte onu dünyada ve Türkiye’de en çok kullanılan yakıt haline dönüştürecektir [60]. Dolayısıyla da dünyada ve Türkiye’de enerji üretiminden kaynaklanan emisyon değerleri artacaktır. Artan dünya nüfusu ve enerji talebinin yanı sıra, kömür kullanımının yaygınlaşması da CO₂ emisyonunu artıracaktır. Enerji üretimine paralel olarak, atmosfere salınan CO₂ emisyon miktarları da artmaktadır [60]. Dünyada en çok enerji üreten ve tüketen ülkeler aynı zamanda atmosfere en fazla miktarda CO₂ emisyonu salan ülkelerdir. Artan nüfus ve sanayileşmeye bağlı olarak, özellikle gelişmekte olan ülkeler en fazla CO₂ emisyonunu salmaktadırlar. Dünyada 26,58 milyar ton CO₂ salınırken, ADB’de yaklaşık 5,8 milyar ton, Çin’de 4,7 milyar ton ve Türkiye’deyse 209,45 milyon ton CO₂ salınmaktadır [29] (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Dünyada atmosfere salınan CO₂ miktarları [29]

CO₂ emisyon oranlarına bakıldığında en çok CO₂ emisyonunun salındığı sektör enerji üretimi ve bu üretimin sağlandığı kömür yakıtlı termik santrallerdir (Şekil 3.7). Dünya’da salınan CO₂’nin %40’ı termik santraller tarafından salınmaktadır. Bunu %21’le ulaştırma sektörü izlemektedir. %17’si sanayiden ve %14 evsel kaynaklardan salınmaktadır. Diğer sektörlerin toplamı da kalan %8’lik CO₂ emisyon kısmını atmosfere bırakmaktadır (Şekil 3.7). Bu değerler dünyadaki toplam değerler olup, ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir.



Şekil 3.7: Dünyada CO₂ üretiminde Sektörlerin Payları [29]

3.2. Termik Santraller

Termik santral; yanmayla ortaya çıkan ısı enerjisinden elektrik enerjisi üreten merkezdir. Termik santrallerde kullanılan yakıtlar; mazot (fuel-oil), gaz (doğal gaz) ve kömürdür. Termik santrallerin bacasından; karbondioksit (CO₂), karbonmonoksit (CO), azot oksitler (NO_x), uçucu organik bileşikler (VOC), kükürt dioksit (SO₂), metan (CH₄) gibi gazlar salınmaktadır [36]. Termik santraller kullandıkları yakıt tipine göre farklı emisyon değerleri salarlar (Tablo 3.1). Kömürle çalışan termik santrallerden 1 MWe elektrik üretimi sırasında yaklaşık 1,5 ton CO₂ emisyonu salınırken, sıvı yakıtlarla çalışan termik santrallerde yaklaşık 0,85 ton ve doğal gazla çalışan termik santrallerde yaklaşık 0,5 ton CO₂ emisyonu salınmaktadır. Kömürle çalışan bir termik santral her 1 MWe elektrik üretiminde, doğalgazla çalışan bir termik santralin yaklaşık 3 katı daha fazla CO₂ emisyonu salımı yapmaktadır [15]. Doğal gaz kullanılarak çalıştırılan termik santrallerin bacasından milyar kcal başına 210.600 kg CO₂ emisyonu salınırken, bu değer sıvı yakıtlar için 295.200 kg'dır. Katı yakıtlı termik santrallerden ise 374.400 kg CO₂ emisyonu salınmaktadır. En fazla CO₂ emisyonu kömürle çalışan termik santrallerden salınmaktadır [21].

Tablo 3.1. Yakma Sistemlerine Göre Fosil yakıtlı Termik Santrallerden Salınan CO₂ emisyonları, (kg/milyar kcal) [21]

	Doğal gaz	Fuel Oil	Kömür
CO ₂ (karbondioksit)	210.600	295.200	374.400
CO(karbonmonoksit)	72	59,4	374,4
NO _x (azotoksitler)	165,6	806,4	822,6
SO ₂ (kükürtdioksit)	1,8	2019,6	4663,8
Partikül Madde	12,6	151,2	4939,2
Civa	0	0,0126	1,0288

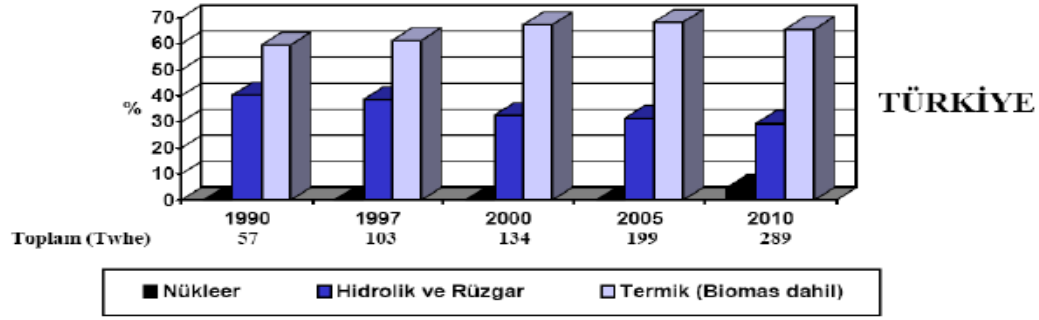
Tablo 3.2. Yakma Sistemlerine Göre Termik Santrallerden Salınan CO₂ Emisyonları [15]

Yakıt Türü	Kömür	Sıvı yakıt(fuel-oil)	Doğal gaz
Termik santralin bacasından çıkan CO₂ Emisyonu (ton) (1MWe elektrik üretimi sırasında)	1.5	0.85	0.5

3.3. Türkiye’de Enerji Üretimi

2007 verilerine göre, Türkiye’de enerji üretiminde; fosil yakıtlarla çalışan termik santraller, hidrolik ve rüzgar santralleri ile jeotermal enerji kaynakları kullanılmaktadır (Şekil 3.8). Türkiye’de, 1950’lere kadar elektrik üretiminin %60’ı taşkömüründen sağlanırken, bunu yaklaşık %27 ile petrol, %25 ile linyit ve %5 ile hidrolojik kaynaklar takip etmekteydi [16]. 1970’lerde, petrol ve hidrolojik kaynaklar %40 iken, kömür ve linyit %15-20’lere inmiş durumdaydı.

1990’larda Türkiye doğal gazla tanıştı, linyit rezervlerinin azalması ile de linyit kullanımı %5’in altına indi. 2000’li yıllara gelindiğinde, elektrik enerjisinin yaklaşık %40’ı hidrolojik kaynaklardan, %35’i kömürden (liniyit ve taşkömürü), %30’u doğal gazdan ve %10’u petrolden üretilmektedir. Yenilenebilir kaynaklarsa enerjinin %1’ini temin etmektedirler [16].



Kaynak: European Union Energy Outlook to 2020, 1999

Şekil 3.8: Türkiye’de enerji üretimi [53]

3.4. Türkiye’de Termik Santraller

Türkiye’de şu anda TEİAŞ’tan alınan verilere göre termik santraller 3 sınıfa ayrılmışlardır. Birinci grup; kamuya ait termik santrallerdir. Bunlarda kendi içlerinde;

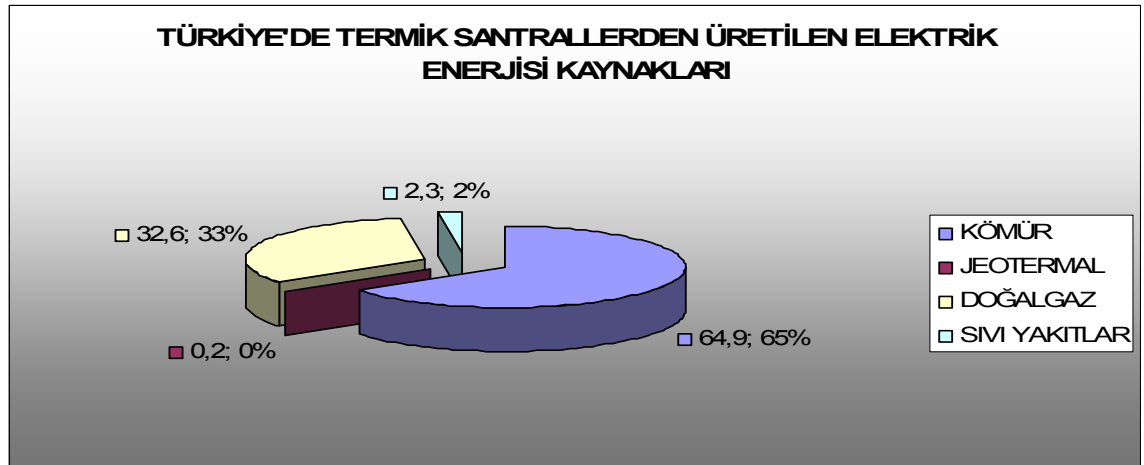
1. EÜAŞ santralleri,
2. EÜAŞ bağlı ortaklık santralleri,
3. Mobil santraller,
4. Özelleştirme (ADÜAŞ) santralleri,
5. İşletme hakkı devrolan santraller,
6. Yap-işlet santralleri

7. Yap-işlet-devret santralleri olarak sınıflanmaktadır. İkinci grup serbest

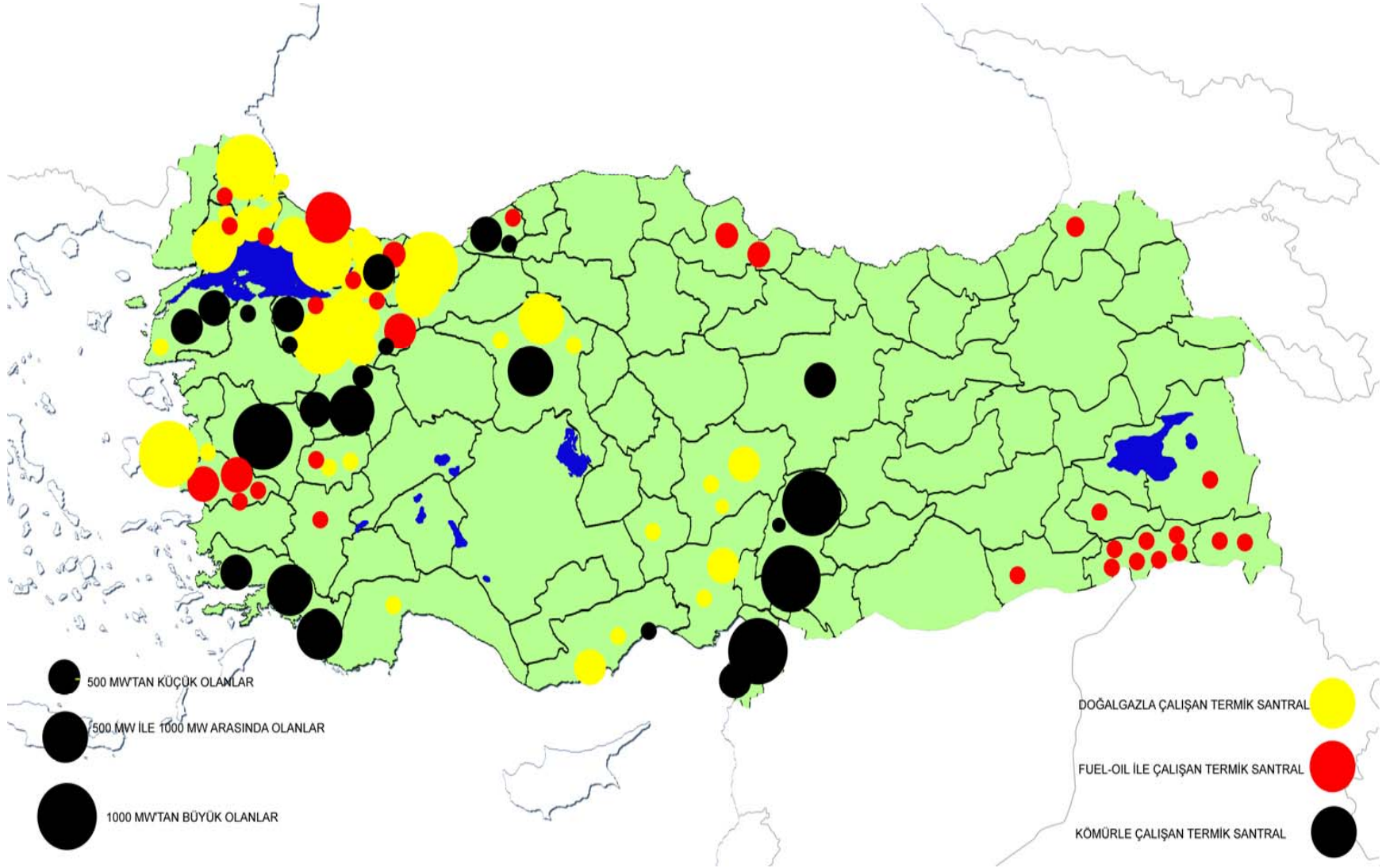
üretim şirketleri ve üçüncü grup otoprodüktör termik santraller olmak üzere sınıflanmaktadır. Türkiye’de kamuya ait toplam 34 termik santral bulunmaktadır [48]. Bunlardan 15 tanesi taş kömürü-linyit yada ithal kömür kullanmaktadır. 7 tanesi sıvı yakıt (motorin-fuel oil) kullanırken, 11 tanesi doğal gaz ile 1 tanesi de jeotermal yakıt kullanmaktadır (Ek A.1). Hepsinin toplam üretim gücü 20.637 MW iken, kömürle çalışanların kurulu gücü 9.591 MW’tır. Yani kamuya ait termik santralleri % 46,5’i kömürle çalışmaktadır [22]. EÜAŞ’nin verilerine göre; elektrik üretimi fosil yakıtlı termik santrallerden, özellikle de kömürle çalışan termik santrallerden elde edilmektedir. Termik santrallerden 155.030,6 Gwh, hidrolik santrallerden, 35.815,9 Gwh, rüzgar santrallerinden 377,6 Gwh ve jeotermal, 94 Gwh olmak üzere toplam 191.318,1 Gwh elektrik enerjisi üretilmektedir [49]. Bu rakamlar her geçen gün artmaktadır. Türkiye’de ikinci grubu oluşturan ve serbest üretim yapan toplam 60 termik santral bulunmaktadır. Bunların toplam kurulu gücü 3.394 MW’tır. İçlerinde kömürle çalışan termik santral sadece 1 tanedir ve o da ithal kömür kullanmaktadır (Ek A.2). Üçüncü grup termik

santraller ise özel sektöre ait kuruluşların, tekstil firmaları, şeker fabrikaları veya endüstriyel kuruluşların kendi üretimlerini aksatmadan yapabilmeleri için, ihtiyaçları olan elektriği üreten termik santrallerdir. Üretim kapasiteleri düşüktür. Ürettikleri elektriği satmazlar yada en fazla %20'sini satarlar [61]. Bu termik santraller otoprodüktör olarak sınıflanmaktadır. Türkiye'de şuanda aktif durumda olan 135 otoprodüktör santral bulunmaktadır (Ek A.3). Üretim kapasiteleri genelde 0-200 MW arasında değişmektedir. 135 otoprodüktör santrali sadece 7 tanesinin üretim gücü 100 MW'tan büyüktür [43]. Toplam üretim gücü 2935,5 MW, toplam üretim kapasiteleri 15.282,9 MWh olarak belirlenmiştir. Bunların 10 tanesi kömürle çalışmaktadır. Ancak bunların çoğunda kullanılan kömür ithal kömürdür [44].

Sonuç olarak Türkiye'de elde edilen enerjinin büyük bölümü kömürle çalışan termik santrallerden elde edildiği için ve atmosfere salınan emisyon değerleri açısından bakıldığında en fazla emisyon kömürle çalışan termik santrallerden salınmaktadır. Türkiye'de enerji üretiminde en büyük pay termik santrallere aittir. Kömürle çalışan termik santraller, Türkiye'nin enerji ihtiyacının %64,9'unu karşılamaktadır [23]. Türkiye'de mevcut kömür yataklarının fazla oluşu ve kömürün ucuz olması kömüre olan talebi artırmaktadır. Kömürü %32,6 ile doğalgaz, %2,3 ile sıvı yakıtlar ve %0,2 ile jeotermal kaynaklar takip etmektedir (Şekil 3.9) [51]. Türkiye'deki termik santrallerin kullandıkları yakıt ve kapasitelerinin dağılımına bakıldığında, çoğunlukla santraller Marmara ve Ege Bölgesinde yer almaktadır. Şekil 3.10'da Türkiye'deki fosil yakıtlarla çalışan termik santral dağılımını görmekteyiz. Siyah daireler kömürle çalışan termik santralleri, kırmızı daireler fuel-oil ile çalışan termik santralleri ve son olarak sarı daireler doğal gaz ile çalışan termik santralleri göstermektedir. Dairelerin büyüklükleri, termik santrallerin üretim kapasitelerine göre belirlenmiştir.



Şekil 3.9: Türkiye'de Termik santrallerden üretilen elektrik enerjisinin kaynakları [48]



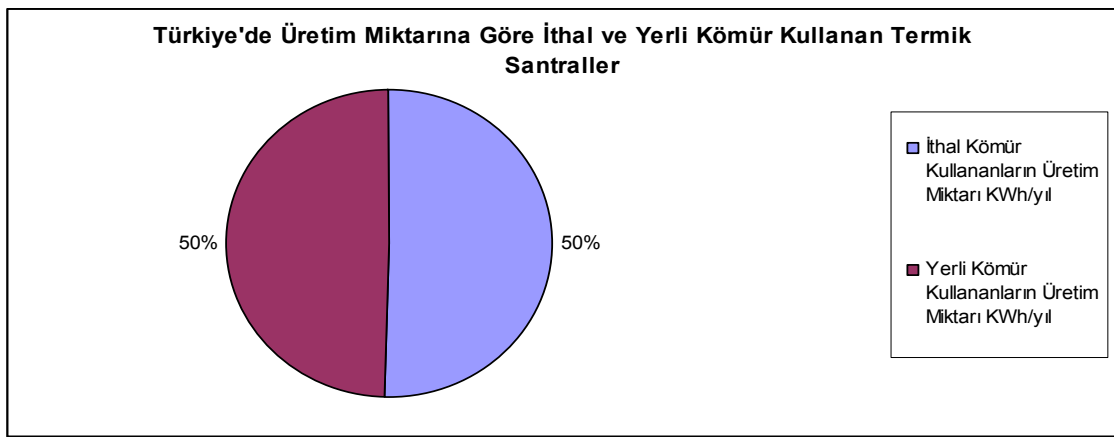
Şekil 3.10: Türkiye'deki fosil yakıtla çalışan tüm termik santraller

En büyük olanlar 1000 MW'tan fazla elektrik enerjisi üretenler, orta büyüklüktekiler 500 ile 1000 MW arasında üretim yapanlar ve daha küçükleri de 500 MW'tan daha küçük kapasitede olan termik santraller ve en küçükleri de 100 MW'ın altında üretim yapan termik santralleri temsil etmektedirler. Türkiye'de en ucuz ve en çok enerji üreten yakıt olan kömür termik santrallerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak kömür aynı zamanda atmosfere en çok CO₂ emisyonu salan yakıttır.

Türkiye'nin 8,3 milyar ton linyit, 1,1 milyar ton taş kömürü, 82 milyon ton asfaltit ve 1,6 milyar ton bitümlü şist rezervi mevcuttur. Linyitlerimizin % 80'e yakın kısmının ocak çıkış ısı değerinin 3000 kcal/kg'dan az olduğu ve bu nedenle de sanayi ve ısınma amaçlı kullanıma uygun olmadığı bilinmektedir [50]. Türkiye'nin, jeolojik bakımdan linyit içermesi mümkün olabilecek formasyonlarının yer aldığı ve alanı 100.000 kilometre kareyi bulan sahalarında, henüz sadece % 40'ında kömür araması yönünden etüd yapılabilmektedir. Bir diğer ifade ile, yarısından fazlası aranmamıştır [44]. Türkiye'nin en büyük linyit yatakları, Afşin-Elbistan, Muğla, Soma, Tunçbilek, Seyitömer, Konya, Beypezarı, Adana, Tufanbeyli ve Sivas havzalarında bulunmakta olup, kurulu termik santraller de bu bölgelerde yer almaktadır [44]. Ülkemizde 177 adet sahada görünür 7,3 milyar ton linyit rezervinin 3,4 milyarını 1100 Kcal/kg civarında ısı değere sahip olan Afşin-Elbistan linyitleri oluşturmaktadır. Yani en önemli kirletici Afşin-Elbistan'dır [51]. Türkiye'de termik santrallerde kullanılan linyitlerin ısı değerleri 1300-3900 değişimler, termik santrallerin bulundukları yerlerin ve linyit yataklarının farklı oluşlarından kaynaklanmaktadır. Türkiye'de ithal kömür kullanan 12 termik santral bulunmaktadır. Bunlardan 10'u otoprodüktördür. Kamuya ait termik santrallerden İskenderun İsken Enerji 1210 MWe, serbest üretim yapan; Çanakkale İçdaş Çelik Enerji Tersane ve Ulaşım A.Ş.'ye ait termik santral ithal kömür kullanarak 135 MWe elektrik enerjisi üretmektedir. Otoprodüktörlerin ise kapasiteleri çok düşük olmakla birlikte onlarda ithal kömür kullanmaktadırlar. Bu termik santrallerin hepsi maliyeti daha ucuz olduğundan ithal kömürü tercih etmektedirler. Türkiye'de kömürle çalışan termik santrallerin ithal kömür kullanma oranlarına bakıldığında, kömürle üretim yapan 41 termik santral bulunmaktadır. Bunun 38 tanesi yerli kömür kullanırken, 3 tanesi ithal kömür kullanmaktadır. Bunların kurulu güçlerine göre %13'ü ithal kömür kullanırken, %87'si yerli kömür kullanmaktadır (Şekil 3.11) [48]. Üretim miktarı açısından Türkiye'deki ithal ve yerli kömür kullanım oranları değerlendirildiğindeyse aksi bir durum söz konusudur; ithal ve yerli kömür kullanan termik santrallerin üretim miktarı eşittir (Şekil 3.12).



Şekil 3.11: Türkiye’de Yerli ve İthal kömür Kullanan Termik Santrallerin Kurulu Gücüne Göre Karşılaştırılması [48]



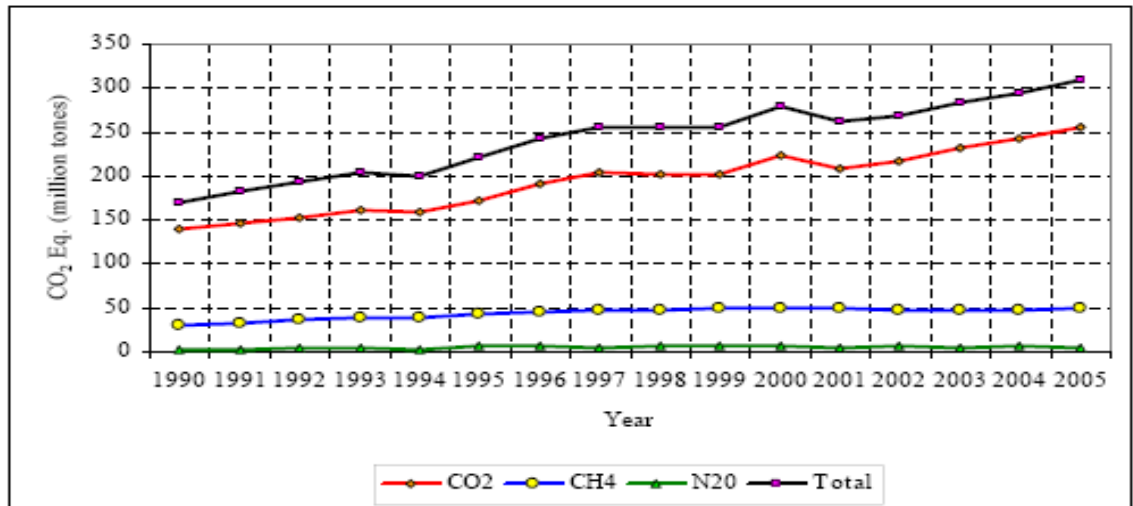
Şekil 3.12: Türkiye’de termik santrallerde Üretim Miktarına göre ithal ve yerli kömür kullanım oranları [48]

3.5. Türkiye’de Emisyonlar

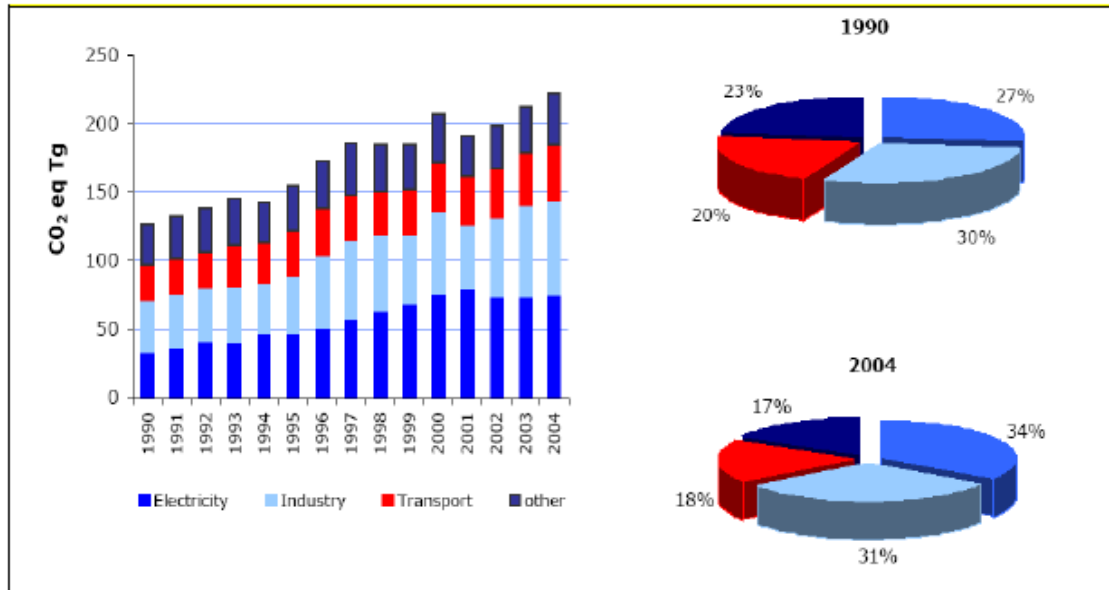
“İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi” raporu Türkiye İstatistik Kurumu verilerine dayandırılarak 2006 yılında hazırlanmış ve 2007 yılının ocak ayında yayınlanmıştır. Bu rapora göre 1990–2004 yılları arasında Türkiye’deki toplam sera gazı emisyonu CO₂ eşdeğer olarak sektörlere göre emisyon değerleri de gösterilmiştir. Şekil 3.19’a göre 1990 yılında 139,594 milyon ton (Gg) olan CO₂ emisyonu, 2004 yılında 241,884 milyon tona yükselmiştir [60]. Benzer bir biçimde 1990 yılından 2004 yılına gelene kadar CH₄ emisyonu 29,207 Gg’dan 46,290 Gg’a ve N₂O emisyonu da 1264 Gg’dan 5,498 Gg’a yükselmiştir (Şekil 3.13). 2004 yılında Türkiye’deki sera gazı emisyonunun % 81.5’i CO₂, % 15.6’sı CH₄, % 1.8’i N₂O ve %0.1’i ise florlu gazlardır [60]. 2004 yılı emisyonunun % 76.7’si enerji sektöründen, % 8.9’u endüstriden, % 5.1’i tarımdan ve % 9.3’ü de atıklardan kaynaklanmıştır (Şekil 3.14). Birinci ulusal bildirim raporuna göre enerjiden kaynaklanan emisyon miktarı, diğer sektörlerden fazladır. Enerji ektöründen

kaynaklanan emisyonlar 100 milyon ton CO₂ eşdeğeri iken, endüstriden 10 milyon eşdeğeri, tarımdan 6,5 milyon ton eşdeğeri, atıktan 12,5 milyon ton eşdeğeridir [60]. Türkiye’de CO₂ emisyonu 297 milyon ton yani yaklaşık 300 milyon ton olarak hesaplanmıştır [54]. CO₂’yi metan ve azot dioksit takip etmektedir (Şekil 3.13). Ancak diğer gazların emisyon miktarları CO₂ kadar yüksek değildir. CH₄ yaklaşık 50 milyon ton, N₂O 5 milyon ton’dan daha düşük seviyededir. Toplam sera gazı emisyonları da yaklaşık 310 milyon seviyesindedir. Dolayısıyla CO₂ emisyonu, toplam sera gazı emisyon miktarını yaklaşık olarak temsil etmektedir.

Şekil 3.21’de görüldüğü gibi CO₂ emisyon trendi ile toplam sera gazı emisyon değişimi birbirine çok yakın ve paralel eğrilerdir. Dolayısıyla Türkiye’deki toplam emisyon miktarını bulabilmek için, CO₂’nin miktarını hesaplanması doğru bir yaklaşımdır. Çünkü Türkiye’nin 2004 yılındaki toplam sera gazı emisyonlarının en büyük kısmını %81,5’lik oranla CO₂ ve %15,6’lık pay ile CH₄ oluşturmaktadır. Toplam emisyon değerleri içerisinde bunları izleyen diğer gazlar ise N₂O ve %1 ile F-Gazlar olarak sıralanmaktadır. Türkiye’de CO₂ emisyonu 1990’lı yıllarda yaklaşık 140 milyon ton iken, 2005’te 270 milyon tona yaklaşmıştır. Sektörlere göre incelendiğinde, 1990’da enerji sektöründen kaynaklanan emisyon değeri %27 iken, 2005’te bu değer %34’e yükselmiştir (Şekil 3.14) yani enerji sektörü, %124 ile en yüksek emisyon artışının görüldüğü sektör olmuştur. İmalat sanayi (%82), ulaştırma (%55) ve diğer sektörler (%27.9) enerji sektörünü takip etmektedir. 2004’teki toplam CO₂ artışı 1990’a kıyasla %75.4 şeklinde gerçekleşmiştir. Endüstri, ulaşım ve diğer sektörlerde 1990 ve 2005 arasındaki CO₂ emisyon artışı en fazla %1 yada %2 iken, elektrik üretiminde %7’lik artış yaşanmıştır.



Şekil 3.13: Türkiye’deki sera gazı emisyonlarının dağılımı ve trendi [60]



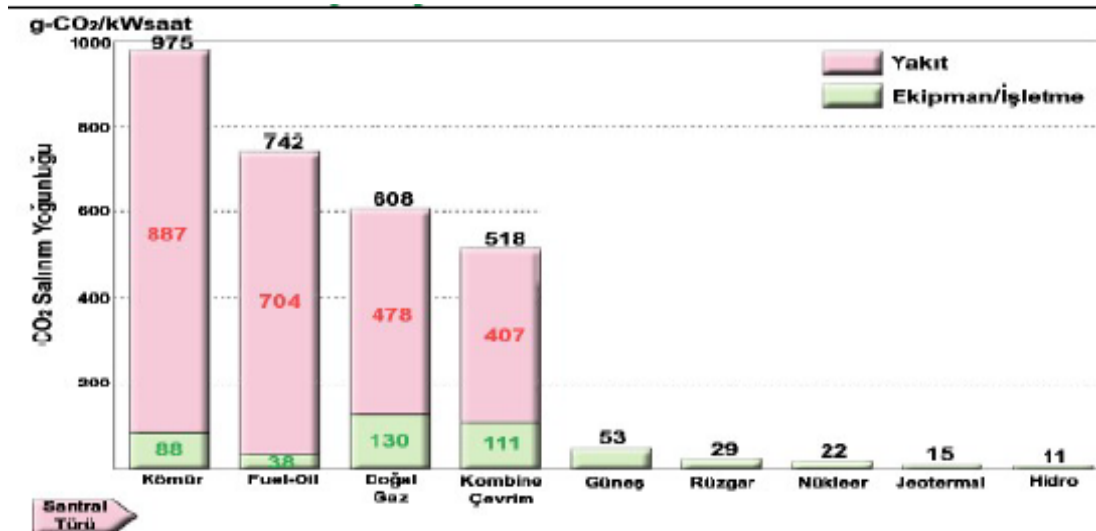
Şekil 3.14: Türkiye’de sektörlere göre ve zamanla CO₂ emisyonu [60]

Türkiye’de 2004 yılında CO₂ emisyonları büyük oranda, 222.3 Tg ile fosil yakıtların yakılmasıyla oluşmakta ve toplam CO₂ emisyonları içerisinde %92’lik bir paya sahiptir. CO₂ emisyonlarına en büyük katkı elektrik üretimidir. 74.1 Tg’lik emisyonun yutak alanlar tarafından yutulmasıyla birlikte net CO₂ emisyonu 167.8 Tg’dır [60]. Termik santrallerin saldıkları emisyon kullandıkları yakıt tipine göre değişmektedir. Doğal gaz kullanan termik santrallerden salınan emisyon değerleri en düşük iken, kömürle çalışan termik santrallerden salınan emisyonlar, maksimum seviyededirler (Tablo 3.1). Türkiye’de 1990-2004 yılları arasında enerji sektörü %124 ile en yüksek emisyon artışının görüldüğü sektör olmuştur. İmalat sanayi (%82), ulaştırma (%55,9) ve diğer sektörler (%27,9) bu sektörü takip etmektedir. 2004’teki toplam CO₂ artışı 1990’a kıyasla %75.4 şeklinde gerçekleşmiştir. Söz konusu dönemde elektrik üretimi ile ilgili olarak taş kömürü, linyit ve doğal gazın kullanılmasına bağlı olarak CO₂ emisyonları büyük bir artış göstermiştir. Ancak linyit ve kömürün yerini doğal gazın almasıyla 1998’den sonraki dönemde emisyonlar düşme eğilimi göstermiştir. 2004’te linyit kullanılmasından kaynaklanan emisyonlar 25.4 Tg’lik değer ile toplam CO₂ emisyonlarının %11.41’ine tekabül etmekte iken taş kömürünün oranı ise sadece %4.36’dır (60).

Kömürle çalışan termik santrallerden 975g CO₂, fuel oilden 742g CO₂, doğal gazdan 478g CO₂, kombine çevrim santrallerinden 518g CO₂, güneş santrallerinden 53g CO₂, rüzgar santrallerinden 29g CO₂, nükleer santrallerden 22g CO₂, jeotermal santrallerden 15g CO₂ ve son olarak hidro santrallerden 11g CO₂ salınmaktadır (Şekil 3.15).

Dolayısıyla en yüksek emisyon değeri kömürle çalışan termik santrallerden salınmaktadır [23]. Bu rakamlar her geçen sene giderek artmaktadır. Ek C’de gösterilen renkli bölümler termik santrallerden atmosfere salınan CO₂ emisyonunun her 5 senede nasıl arttığını açıkça göstermektedir. Tüm santrallerde ekipman ve işletmeden kaynaklanan minimum düzeyde CO₂ salınmaktadır. Ancak kömürle çalışan termik santrallerden salınan değer, bu minimum değerın yaklaşık 10 katıdır. Tüm termik santrallerin kapasiteleri eşit olsa bile emisyon değerleri farklı salınmaktadır. Türkiye’de toplam gücün %60’ı kömürle çalışan termik santrallerden temin edildiğine göre, atmosfere önemli ölçüde CO₂ salımı yapılmaktadır [23].

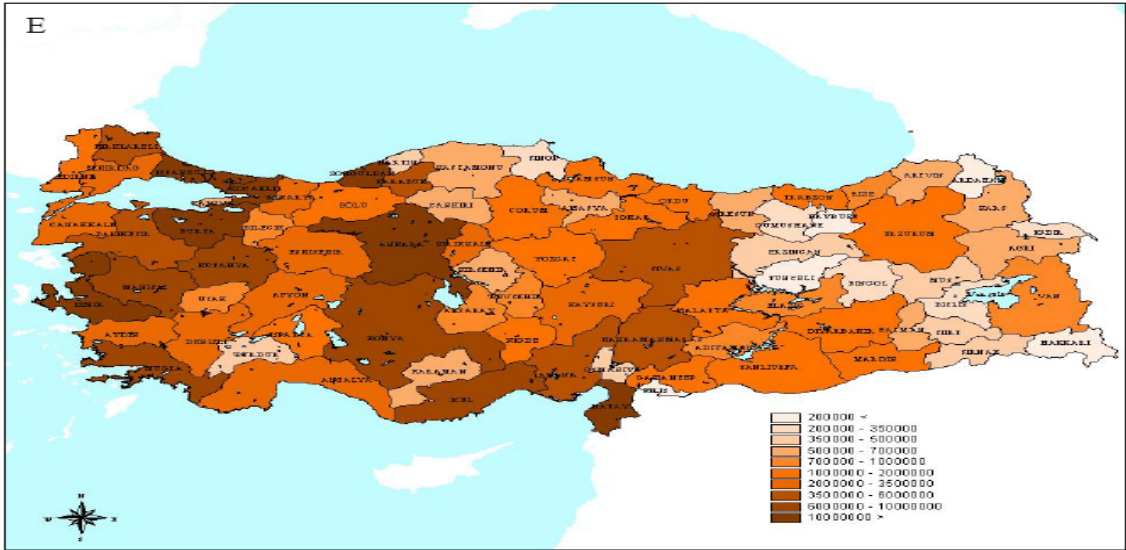
2006 yılında Can’ın yaptığı çalışmada, 2005 yılında Türkiye’deki CO₂ emisyon miktarı, iller bazında ortaya konmuştur. Buradan Türkiye’nin hangi bölgelerinde ve hatta hangi şehirlerinde ne kadar CO₂ salındığını anlamak mümkündür. Bunun en önemli örneğini büyük ve sanayileşmiş şehirlerden salınan CO₂ miktarı göstermektedir. Şekil 3.16 incelendiğinde, haritada CO₂ emisyon miktarları renk değişimi ile ifade edilmektedir. Buna göre açık renkli olan illerde CO₂ emisyon miktarı 20000 tondan düşük, renk koyuldukça CO₂ emisyon miktarı giderek artmaktadır. En koyu ilde CO₂ emisyon miktarı 10000000 tondan fazladır. Buradan ilk göze çarpan en koyu illeri büyük şehirlerin oluşturmasıdır. Yani büyük şehirlerdeki CO₂ salınımının ne kadar yüksek olduğu açıkça ortaya çıkmaktadır. Yine harita incelendiğinde ve tüm bölgeler renklerine göre karşılaştırıldığında, en koyu renkle çizilmiş iki bölgenin Marmara ve Ege Bölgesi olduğu açıkça görülmektedir. Demek oluyor ki Türkiye’de CO₂ emisyon miktarının en yüksek olduğu iki bölge; Marmara ve Ege Bölgesi’dir.



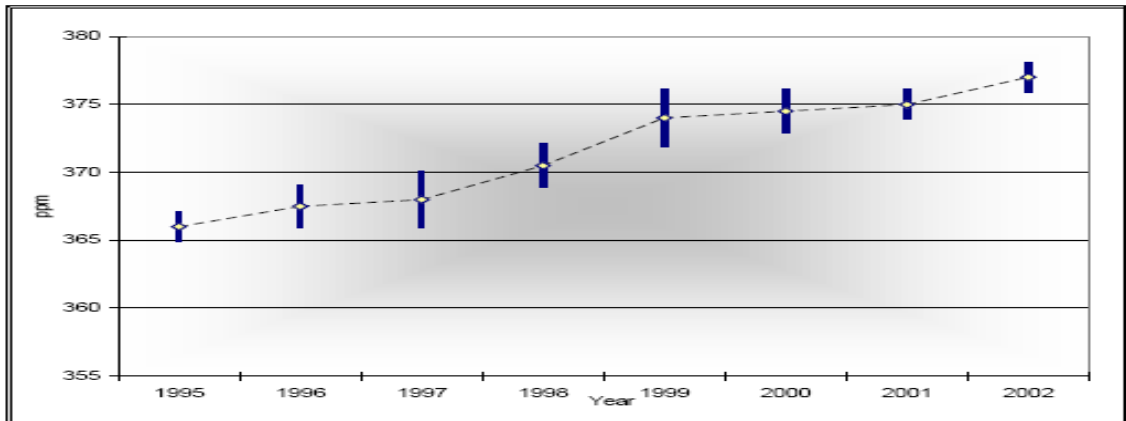
Şekil 3.15: Santral Türüne göre CO₂ emisyonu salınım değerleri [23]

İller bazında incelendiğinde, nüfus, sanayileşme, ulaşım gibi sektörlerden salınan emisyon değerleri önem kazanırken, bölge bazında incelendiğinde, CO₂ salınımını artıran en büyük etkenin enerji üretiminin %60'ını sağlayan termik santraller olduğu ortaya çıkmaktadır. CO₂ emisyonu zamanla hızla artmaktadır. Ek C'de 1990 yılından bu yana termik santrallerden salınan CO₂ emisyonunun her beş senede nasıl arttığı ve 2010 yılında nasıl olacağı gösterilmektedir.

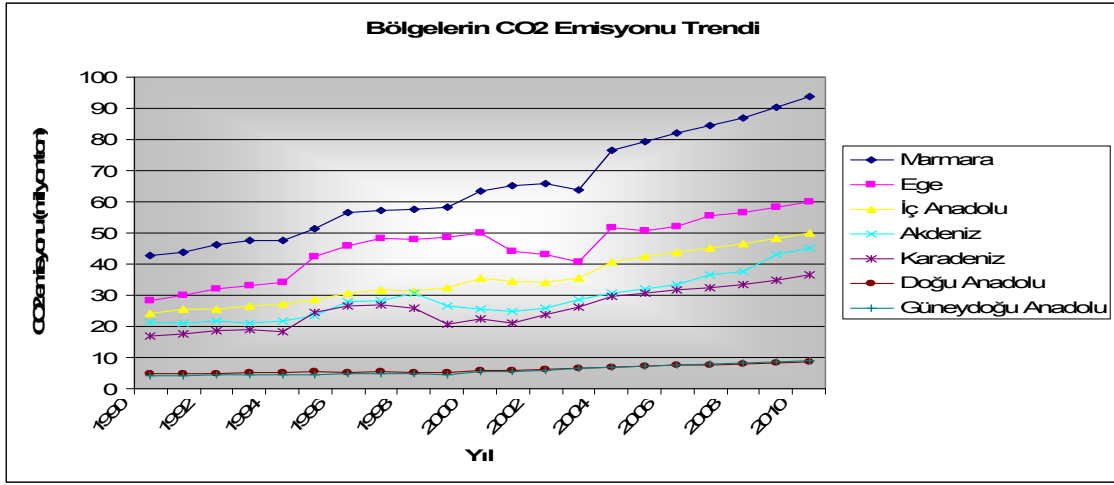
Şekil 3.17'ye göre Türkiye'nin CO₂ konsantrasyonu 1995-2002 yılları arasında, yılda 1,5 ppm artmıştır. CO₂ konsantrasyonundaki en fazla artış 1997-1999 yılları arasında yaşanmıştır. Bu dönemde CO₂ konsantrasyonu yılda 5 ppm artmıştır. Bu artışın nedeni termik santrallerdir. 2000 yılında enerji ihtiyacına bağlı olarak 212 milyon ton CO₂ salınmıştır. O nedenle toplam CO₂ emisyon miktarı da aniden artmıştır. Şekil 3.18'de görüldüğü gibi, Türkiye'nin 7 bölgesinden en çok CO₂ emisyon salımı olan 2 bölge kömürle çalışan termik santrallerin de yoğun olduğu Marmara ve Ege Bölgeleri'dir.



Şekil 3.16: Türkiye'de 2005 yılına ait CO₂ emisyonu salınımı (ton) [10]



Şekil 3.17: Türkiye'de 1995-2002 yılları arasında ortalama CO₂ konsantrasyonu [10]



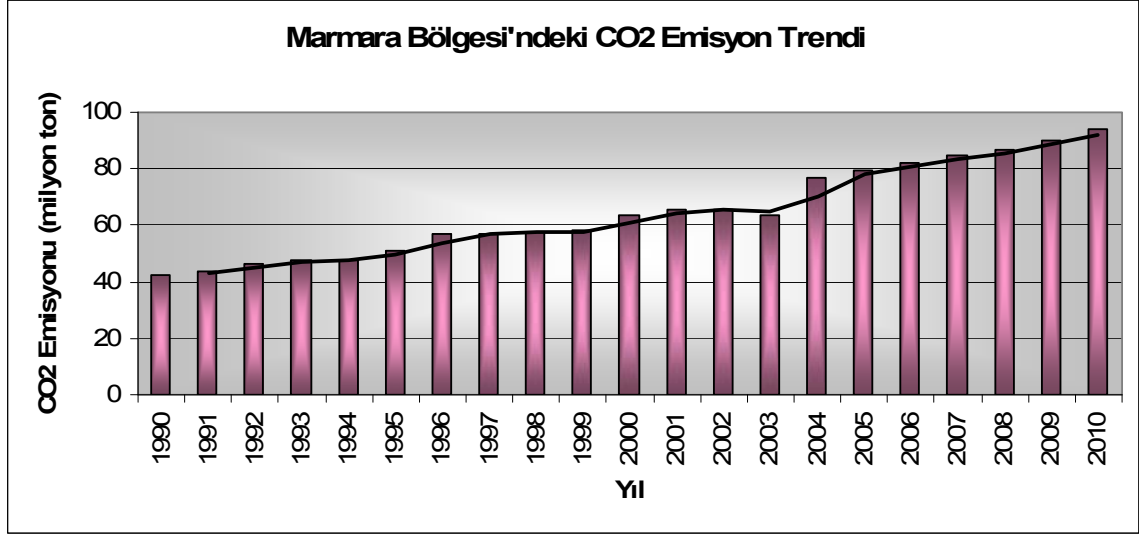
Şekil 3.18: Türkiye’deki Bölgelerin CO₂ emisyonlarının karşılaştırılması [10]

Türkiye’deki tüm bölgeler için hesaplanmış CO₂ emisyonlarını kıyaslarsak, Marmara ve Ege Bölgeleri’nde emisyon miktarları diğer bölgelerden daha yüksektir. Termik santrallerin yoğun olarak bulunduğu bu iki bölgede CO₂ emisyonunun yüksek çıkması, termik santrallerden salınan CO₂ emisyonunun etkisini açıkça ortaya koymaktadır. Bölgelerdeki CO₂ emisyon değişimini ayrı ayrı incelersek; Marmara Bölgesi için 1990’lı yıllarda yaklaşık 40 milyon ton olan CO₂ emisyon miktarı, günümüzde 80 milyonu aşmıştır (Şekil 3.19). Ali Can’ın 2006’da yaptığı çalışmada öngörülen değerlere göre 2010’da bu değer yaklaşık 100 milyon tona yaklaşacaktır. Sadece Marmara Bölgesi’nde beklenen bu değişim Kyoto Protokolüne girmek isteyen Türkiye için oldukça dramatiktir.

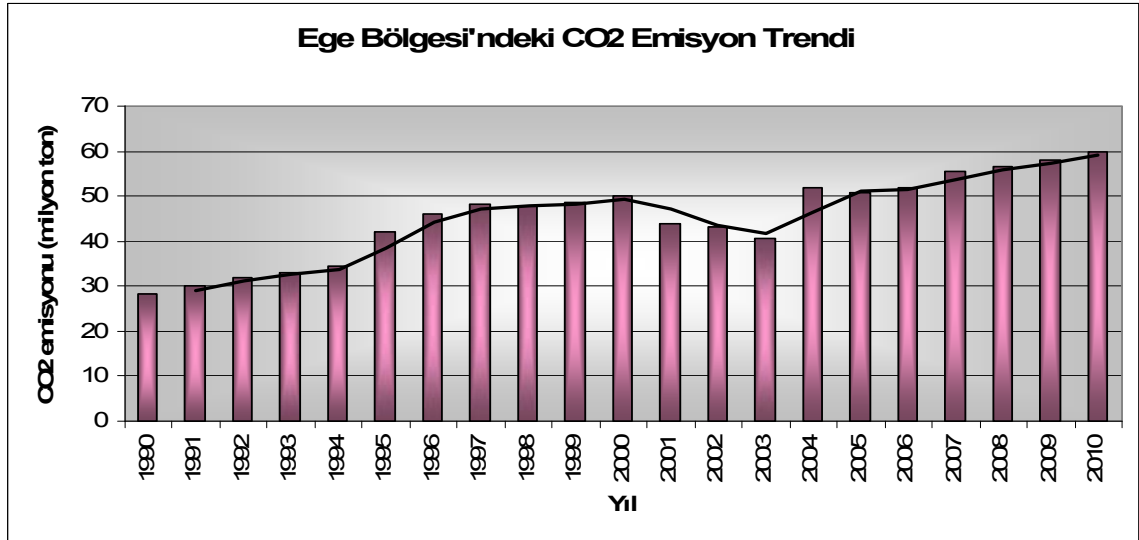
Ege Bölgesi’ndeki CO₂ emisyon değişimini incelersek (Şekil 3.20); burada artışın daha fazla olduğu gözlenmektedir. 1990’larda Ege Bölgesi’nde CO₂ emisyon miktarı 30 milyon tonun altında iken, bu rakam 2000’lerin başında 50 milyon tona, günümüzde 60 milyon tona yaklaşmaktadır. Ali Can’ın (2006) yaptığı model çalışmasına göre 2010 yılında, bu değer 60 milyon tona ulaşacaktır.

CO₂ emisyon miktarının büyük bölümünün termik santrallerden kaynaklandığı Ek C’deki haritalardan daha net şekilde görülmektedir. Ek C’de konulan haritalar termik santrallerden kaynaklanan CO₂ emisyon miktarını göstermektedir. 1990 yılından bu yana termik santrallerden kaynaklanan CO₂ miktarının nasıl değiştiği Ali Can’ın 2006’da yaptığı çalışmada haritalarla gösterilmiştir. Bu haritalarda kirliliğin zamanla arttığı renklerin daha koyulması ile belirtilmiştir. 1990 ile 2003 arasındaki fark açıkça gözler önüne serilmektedir.

EPDK'nın 2008 verilerine göre önümüzdeki yıllarda Türkiye'de termik santrallerin kapasiteleri ve sayıları artacaktır. Halen yapım aşamasında olan ve yapımı onaylanmış termik santrallerin dışında EPDK'ya 21000 MW'lık termik santral başvurusu yapılmıştır [63]. Termik santrallerin sayı ve kapasiteleri arttıkça, zaten yüksek olan CO₂ emisyonları da hızla artacaktır. Şekil 3.15'de görülen renkler daha koyu hale gelecek, özellikle Marmara ve Ege Bölgesi için salınan emisyonlar artacak, tehlike çanları çalmaya başlayacaktır.



Şekil 3.19: Marmara Bölgesi'ndeki toplam CO₂ Emisyon Trendi [10]



Şekil 3.20: Ege Bölgesi'ndeki toplam CO₂ Emisyon Trendi[10]

4. METODOLOJİ

4.1. Genel

Bu çalışmada iklim değişimi üzerinde önemli etkisi olan karlı gün sayısı, minimum sıcaklık ve yağış parametrelerin Türkiye'nin Batı bölgeleri için uzun süreli değişiminin istatistiksel metot kullanılarak trend analizi yapılmıştır. Türkiye'nin termik santralleri kullandıkları yakıt tipine göre belirlenmiş ve haritalandırılmıştır. Termik santrallerden kaynaklanan CO₂ miktarı, üretim kapasiteleri ve IPCC metodolojisine göre hesaplanmıştır. Kömürle çalışan termik santrallerden kaynaklanan CO₂ değişim trendleri belirlenmiş ve haritalandırılmıştır. CO₂ emisyon trendleri belirlenmiş ve termik santrallerle bağlantısı değerlendirilmiştir.

4.2. Veri

DMI'den karlı gün sayısı, minimum sıcaklık ve yağış parametreleri 1950'li yıllardan bu yana arşivleyebildiği tüm veriler temin edilmiştir. İklim değişimi çalışmaları için önemli parametrelerden biri olan karlı gün sayısının incelenmesinin sebebi, hava sıcaklığındaki artışa bağlı olarak karlı geçen gün sayısında bir azalma beklentisinin olmasıdır. Son 10 yılda küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında bir artış meydana gelmişse, Türkiye'de son yıllarda karlı gün sayısının azalmış olması beklenmektedir. Karlı gün sayısındaki değişim trendi, bu bağlamda iklim değişiminin belirteçlerindendir. Yağış miktarının incelenmesinin sebebi ise; küresel yüzey sıcaklıklarının artması nedeniyle atmosferdeki nem miktarı artmaktadır ve dolayısıyla yağışın oluşumunda gerekli iki parametreden biri olan su buharı miktarının artması, yağış rejimlerini de etkilemektedir. Yağış miktarında son 30 yılda meydana gelen değişim iklim değişimi hakkında fikir vermektedir. Bu çalışmada incelenen bir diğer parametre minimum sıcaklık değişimidir. Güneşten gelen kısa dalga boylu radyasyon önce yerküre tarafından emilip, daha sonra uzun dalga boylu radyasyon olarak geri yansıtılır. Atmosferde bulunan sera gazları enfrazuj ışınlarını tutarak atmosferin ısınmasına neden olur ve bu gazların tuttuğu ısının ölçülmesi için gerekli olan parametre gece ölçülen minimum sıcaklık olduğundan bu çalışmada minimum sıcaklık trendini inceledik. Gece sıcaklığında meydana gelen artış, sera etkisi

yapan gazların atmosferde arttığını ve buna bağlı olarak hava sıcaklığının arttığını gösterir. İklim değişimi çalışmalarında kullanılan en önemli parametre minimum sıcaklıktır. Türkiye’de meteoroloji istasyonu olan tüm ilçelere ait veriler önce düzenlenmiştir. Hangileri kırsal bölgede, hangileri şehir merkezinde sınıflanmıştır. Tüm değişim trendleri, ortalama, kırsal ve merkez olarak 3 trend halinde belirlenmiştir. Merkezdeki istasyonların şehir ısı adası etkisi taşıması nedeniyle çalışmanın hassasiyetini etkileyeceğinden ayrı ayrı belirtilmiştir. Veriler Marmara ve Ege Bölgesi olarak ayrılmıştır. Karlı gün sayısı, yağış ve sıcaklık için ayrı ayrı belirlenmiş, daha sonra il, il sınıflanmıştır. İller bazında karlı gün sayısındaki, yağış ve sıcaklıktaki değişim trendleri belirlenerek, grafik haline getirilmiştir. Türkiye’de özel ve genel tüm termik santraller EPDK, TEİAŞ ve EÜAŞ’dan alınan veriler ile belirlenmiştir. Bulundukları yerlere ve üretim kapasitelerine göre sınıflandırılarak, Türkiye haritası üzerinde gösterilmiştir. Daha sonra bu termik santrallerden salınması beklenen CO₂ hesaplanmış ve tablolar halinde gösterilmiştir.

4.3. Analiz Yöntemi

- Aritmetik ortalama
- Homojenlik testi
- Trend analizi (En küçük kareler yöntemi)
- Korelasyon
- IPCC Metodolojisi

4.3.1. Aritmetik Ortalama

Elde edilen meteorolojik parametrelerin aritmetik ortalamaları aritmetik ortalama kullanılarak tespit edilmiştir. Aylık ve günlük olarak temin edilen verilerin, önce aylık ortalamaları, daha yıllık ortalamaları bulunmuştur. Her bir ilin ilçelerinden alınan verilerin ortalamaları alınarak, her bir il için ortalama bir değer elde edilmiştir. Aşağıda (4.1) ve (4.2) formülleri verilmiştir. (4.1) Aritmetik ortalamanın formülü iken, (4.2) standart sapma hesaplanırken kullanılan formüldür.

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad (4.1)$$

$$\sigma_x = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4.2)$$

4.3.2. Homojenlik Testi (Swed-Eisenhart Homojenlik Testi)

Zaman serilerinde verilerin homojenliğini test etmek için kullanılan yöntemlerden bir tanesidir. Run (Swed-Eisenhart) testi ile incelenecek verinin aynı toplumdan geldiği ve birbirinden bağımsız olduğu kabulü veya tersi şeklindeki iki varsayım kontrol edilebilir [42]. Bu test sonucuna göre veriler aynı toplumdan ve birbirinden bağımsız ise bu serilere basit rastgele seriler denir.

Verilerin homojenliği için yapılan varsayımlar şunlardır; H0: Veriler Homojendir. H1: Veriler Homojen değildir. Zaman serisi veriler belirli bir seviyeden kesilerek alınabilir. Serideki her bir değerin bu seviyenin altında veya üstünde olması durumları tespit edilir. Orta değerin altında veya üstünde seyreden verilerden birinden diğerine geçiş sayıları toplamına run sayısı denir. Arzu edilen değer serideki verilerin sürekli olarak orta değerin altında ve üstünde seyretmesidir. Eğer uzun süre altında veya üstünde seyrediyorsa run sayısı küçüktür. Bu tür serilerde homojenlik olmayabilir.

Test sonucu z, veri sayısı N, run (değişim) sayısı r, orta seviye altında olanlar sayısı Na, üstte olan değerler sayısı Nu olmak üzere; elde edilen $z = \text{değeri} \pm 1.96$ arasında ise % 95 güven aralığında, ± 2.54 aralığında ise % 90 güven aralığında verilerin rastgele (homojen) dağıldığı kabul edilir [55]. Aşağıda verilmiş olan (4.3) numaralı formül homojenlik hesaplanırken kullanılan z değerinin formülüdür. z hesaplanarak elde edilen değerin sonucuna göre serinin homojen olup olmadığına karar verilir.

$$z = \frac{r - \frac{2 N_a N_u}{N_a + N_u} + 1}{\sqrt{\frac{2 N_a N_u (2 N_a N_u - N)}{N^2 (N - 1)}}} \quad (4.3)$$

4.3.3. Trend Analizi

En küçük kareler yöntemi (EKKY), iki seri arasında zamanla nasıl bir değişim olduğunu belirlemek amacıyla yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir [45]. EKKY'nin temel prensibi bütün noktalardan mümkün olduğunca çok yakın bir doğru geçirilmesidir. İklim verilerinde zamanla bir artış, azalış veya herhangi bir değişimin olup, olmadığını, eğer değişim varsa miktarını belirlemek de için kullanılır. Gözlemler Y ekseninde, zaman X ekseninde olmak üzere; $Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$ Y, X'in bir fonksiyonu olarak değişiyorsa, N gözlem için bütün X değerlerine en yakın olacak bir doğrunun formülasyonu $Y = AX + B$ şeklindedir. Burada A doğrunun eğimini, B ise sabit olup

doğrunun ilk başlama noktasındaki Y değerini gösterir. Klimatolojik veri içinde ilerleyen yıllarda bir değişim varsa, bu değişimin eğimi belli olduğu için formülle zaman içinde nasıl ve ne kadar bir değişim olduğu hesaplanabilir [55]. En küçük kareler yöntemi, denklemin verdiği (teorik) Y değerleri ile ölçümlerin verdiği (gerçek) Y değerleri arasındaki farkların karelerinin toplamını küçültme fikrine dayanır. Bu yöntem denklemdaki a ve b sayılarının, bahsedilen kareler toplamını en küçük yapacak şekilde seçer ve adını da buradan alır.

4.3.4. Korelasyon

Korelasyon katsayısı, bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yönü ve büyüklüğünü belirten katsayıdır. Bu katsayı (-1) ile $(+1)$ arasında bir değer alır. Pozitif değerler direk yönlü doğrusal ilişkiyi; negatif değerler ise ters yönlü doğrusal ilişkiyi belirtir. Korelasyon katsayısı 0 ise söz konusu değişkenler arasında doğrusal bir ilişki yoktur. Matematiksel beklenti değerleri μ_X , μ_Y , standart sapmaları σ_X , σ_Y olan iki bağımsız değişken X ve Y arasındaki korelasyon katsayısı $(\rho_{X,Y})$ şu şekilde tanımlanır:

$$\rho_{X,Y} = \frac{Cov(X,Y)}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{E((X - \mu_X)(Y - \mu_Y))}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (4.4)$$

E değişkenin matematiksel beklenti değerini, Cov ise kovaryansı ifade eder. Korelasyon yalnızca standart hataların ikisi de sonlu ve sıfırdan farklı ise, tanımlıdır. Korelasyon katsayısının 1 'i (mutlak değer olarak) geçmez. Tam bir artan doğrusal ilişkinin varlığı halinde korelasyon katsayısı, 1 değerini alır, tam bir azalan ilişkinin varlığı halinde ise korelasyon katsayısı -1 değerini alır. Katsayının alabileceği diğer tüm değerler ise ilişkinin doğrusallığına bağlı olarak bu iki değer arasında kalacaktır. Katsayı $+1$ 'e veya -1 'e ne kadar yakınsa ilişkinin doğrusallığı o kadar güçlüdür. Değişkenler istatistiksel olarak bağımsız ise korelasyon 0 'dır fakat bunun tersi doğru değildir, çünkü korelasyon katsayısı yalnızca doğrusal olan ilişkiyi belirler [55].

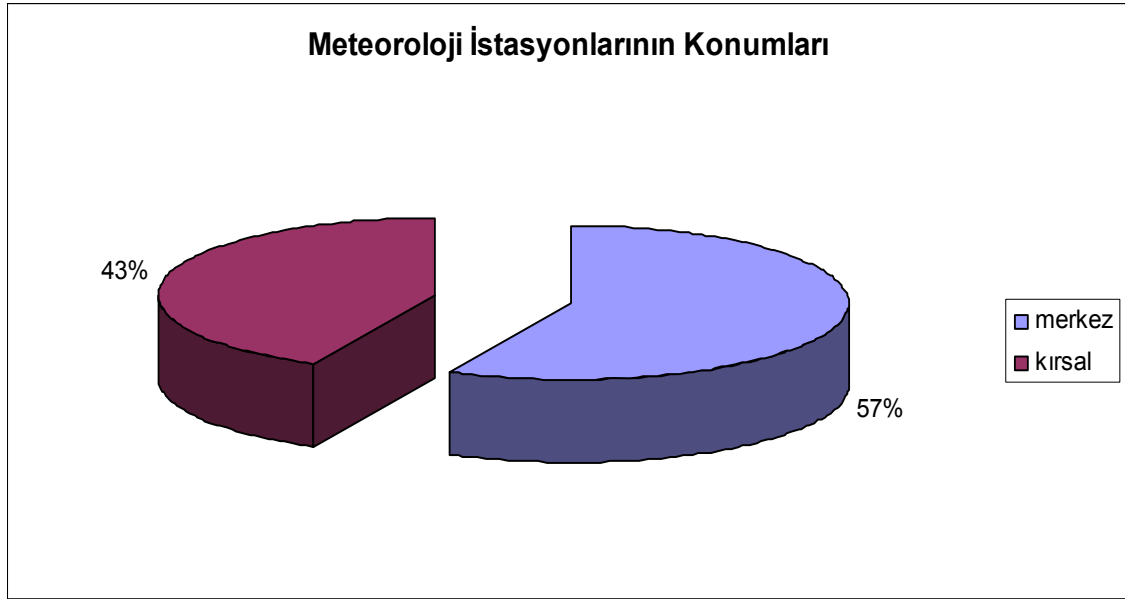
4.4. Marmara ve Ege Bölgesi'nde İklim Değişimi

Termik santrallerin yoğun olduğu Marmara ve Ege bölgelerindeki meteorolojik parametrelerdeki değişim belirlenmiş, trend analizleri yapılmıştır. Her iki bölge için 1950 yılından bu yana meydana gelen değişim belirtilmiştir. Ancak bazı il ve ilçelerde, bazı parametreler için veri sıkıntısı yaşanmıştır. Özellikle karlı gün sayısında verilerin zaman skalaları eşit değildir. Bazı illerde 1950'den bu yana veriler mevcutken, bazı illerde 1970'lerden bu yana kaydedilmiş veriler mevcuttur. Veri sayısı eşit olmamasına

karşın, iklim değişimini inceleyebilecek kadar (en az 30 yıl) uzundur. İncelerken zaman skalasına dikkat etmeniz önerilmektedir. Marmara ve Ege bölgelerinde toplam 208 istasyondan veriler alınmıştır. Bu istasyonların 119'u merkezde (30,000 nüfustan fazla yerleşim yerlerinde), 89'u kırsal alanda (30,000 nüfustan az yerleşim yerlerinde) yer almaktadır (Şekil 4.1). Buna göre istasyonların % 43'ü kırsal alanda yer almaktadır. 30000 nüfustan az yerleşim yerlerinde bulunan istasyonların oranı %43 iken, nüfus ve yerleşimin daha yoğun olduğu ilçelerde bulunan istasyonların oranı %57 olarak belirlenmiştir. Merkeze yakın yerlerdeki istasyonlar şehir ısı adalarının içinde kalacağı ve çalışmanın hassasiyetini etkileyebileceğinden tüm iller için veriler merkez, kırsal ve ikisinin ortalamasından oluşan ortalama değer olmak üzere parametrelerdeki değişim 3 şekilde incelenmiştir.

Marmara bölgesindeki 11 ilin 114 ilçesinde yer alan meteoroloji istasyonlarından karlı gün sayısı, yağış miktarı ve minimum sıcaklık verileri elde edilmiştir. 114 ilçe nüfusa göre 30000'in altı kırsal ve üstü merkez olmak üzere sınıflanmıştır. 11 ilde 1950'li yıllardan bu yana karlı gün sayısı, 1970'lerden bu yana yağış miktarı ve minimum sıcaklık parametrelerinde meydana gelen değişim merkez, kırsal ve ikisinin ortalaması olarak ayrı ayrı belirlenmiştir. Marmara bölgesinde yer alan iller alfabetik sıraya göre dizilmiştir. 11 il merkezinde yer alan 114 istasyonun 53'ü kırsal alanda iken, 61'i merkezde yer aldığı belirlenmiş yani bu bölgedeki istasyonların %46'sının kırsalda yer aldığı hesaplanmıştır. Balıkesir'de 11 merkez 11 kırsalda toplam 22 istasyon, Bilecik'de 2 merkez, 5 kırsalda toplam 8 istasyon, Bursa'da 9 merkez 4 kırsalda toplam 13 istasyon, Çanakkale'de 6 merkez 7 kırsalda toplam 13 istasyon, Edirne'de 4 merkez 5 kırsalda toplam 9 istasyon, İstanbul'da 6 merkez 7 kırsalda toplam 13 istasyon, Kırklareli'de 4 merkez 6 kırsalda toplam 10 istasyon, Kocaeli'de 6 merkez, 3 kırsalda toplam 9 istasyon, Sakarya'da 4 merkez 1 kırsalda toplam 5 istasyon, Tekirdağ'da 8 merkez 2 kırsalda toplam 10 istasyondan veri alınmıştır.

Ege Bölgesi'ndeki 8 ilin 94 ilçesinde yer alan meteoroloji istasyonlarından, karlı gün sayısı, yağış miktarı ve minimum sıcaklık verileri elde edilmiştir. 94 ilçe nüfusa göre 30000'in altı kırsal, üstü merkez olmak üzere sınıflanmıştır. 8 ilde 1950'li yıllardan bu yana karlı gün sayısı, 1970'lerden bu yana yağış miktarı ve minimum sıcaklık parametreleri sınıflanmıştır. Bu parametrelerde meydana gelen değişim merkez, kırsal ve ikisinin ortalaması olarak ayrı ayrı hesaplanmış ve grafik üzerinde gösterilmiştir. Ege bölgesinde yer alan iller alfabetik sıraya göre dizilmiştir.



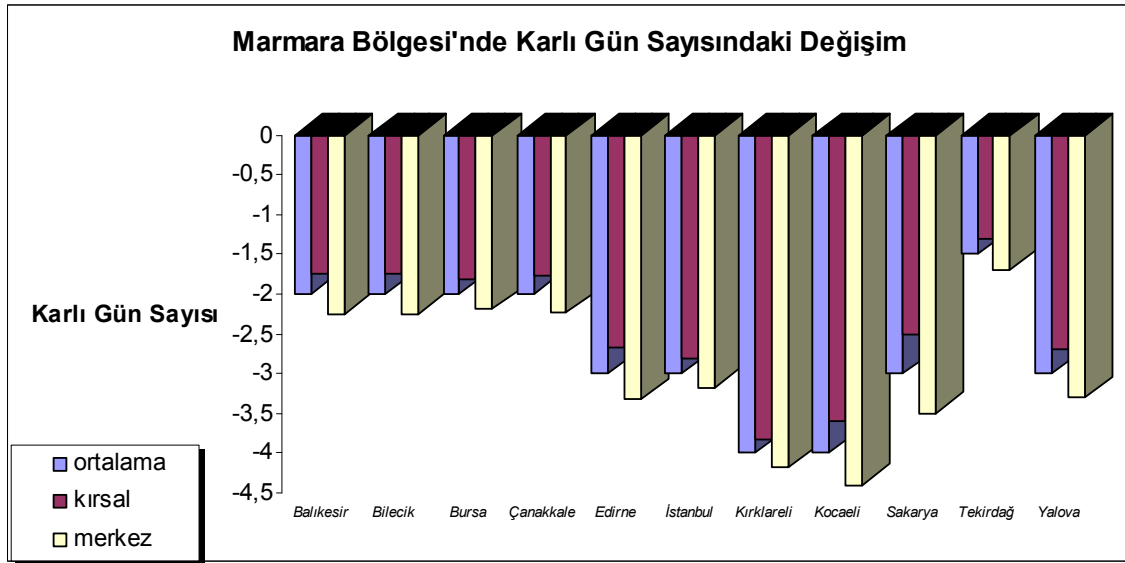
Şekil 4.1: Marmara ve Ege Bölgelerinde yer alan meteoroloji istasyonlarının konumları

8 ilin 94 ilçesinde yer alan istasyonların %58'inin merkez, %36'sının kırsal alanda yer aldığı belirlenmiştir. İstasyonlar; Afyon'da 6 merkez 4 kırsal alanda toplam 10 istasyon, Aydın'da 8 merkez 3 kırsalda toplam 11 istasyon, Denizli'de 5 merkez 8 kırsalda toplam 13 istasyon, İzmir'de 14 merkez 5 kırsalda toplam 19 istasyon, Kütahya'da 5 merkez 4 kırsalda toplam 9 istasyon, Manisa'da 11 merkez 2 kırsalda toplam 13 istasyon, Muğla'da 5 merkez 8 kırsalda toplam 13 istasyon, Uşak'ta 3 merkez 3 kırsalda toplam 6 istasyon yer almaktadır. Aşağıdaki grafikler bu istasyonlarından alınan verilerin trendlerinin belirlenmesiyle çizilmiştir.

4.4.1. Karlı Gün Sayısındaki Değişim

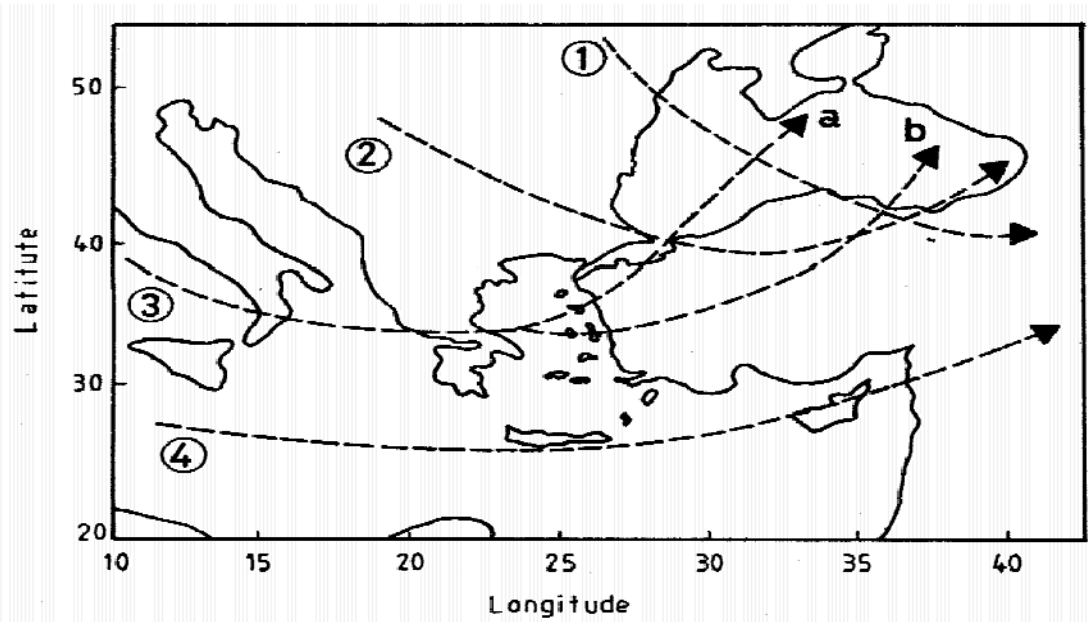
4.4.1.1. Marmara Bölgesinde Karlı Gün Sayısındaki Değişim

Marmara Bölgesi'nde 1950'li yıllardan bu güne yapılan ölçümlere göre bölgedeki tüm illerde karlı gün sayısında azalma tespit edilmiştir (Şekil 4.2). Azalmanın miktarı bölgede ortalama 2,68 yaklaşık 3 gündür. Tekirdağ'da 1,5 gün, Balıkesir, Bilecik, Bursa ve Çanakkale'de 2 gün, Edirne, İstanbul, Sakarya ve Yalova'da 3 gün, Kırklareli ve Kocaeli'de 4 gün azalma hesaplanmıştır. Kocaeli ve Sakarya'da son yıllarda meydana gelen nüfus artışı, sanayileşme, organize sanayi bölgelerinin gelişmesi ve nüfus artışına bağlı olarak artan betonlaşma nedeniyle karlı gün sayısında azalma belirlenmiştir. Ancak bunun yanı sıra, en fazla nüfus artışının yaşandığı İstanbul'da Kırklareli'den daha az azalma meydana gelmesi, Türkiye üzerindeki siklonların sıklığının ve şiddetinin değişmesi ile açıklanmaktadır.



Şekil 4.2: Marmara Bölgesi'nde son 30 yılda karlı gün sayısında meydana gelen azalma

Tekirdağ, Kırklareli, Kocaeli, Sakarya ve Yalova 2 no'lu yörünge üzerinden geçen siklonların sayısı ve şiddeti son yıllarda azalmaktadır (Ek D.2). O nedenle bu yörünge üzerindeki illerde kar yağışı geçmiş yıllarla karşılaştırıldığında azalmış, buna bağlı olarak karlı geçen gün sayılarında azalma olduğu hesaplanmıştır. Azalma merkez, kırsal ve ortalama olarak 3 değer olarak hesaplanıp, Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Tüm illerde merkezde meydana gelen azalma kırsalda meydana gelen azalmadan daha fazladır. Bunun nedeni nüfus, betonlaşma, şehir ısı adası etkisi ve atmosfere salınan kirlilik miktarının merkezde daha fazla oluşudur.

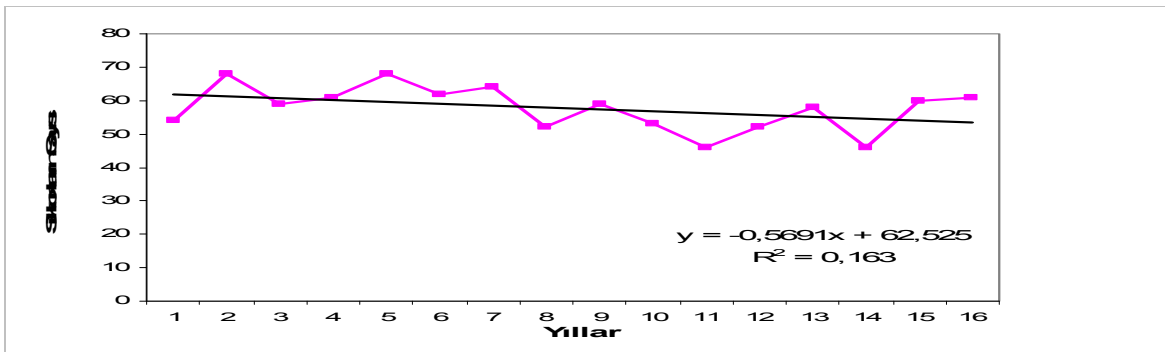


Şekil 4.3: Türkiye'yi etkileyen siklonların yörüngeleri [13]

Türkiye’de iklimsel olayları anlayabilmek için siklonları ve frekanslarını da bilmek gerekir. Türkiye’yi etkileyen siklonların yörüngeleri genel olarak 4 ana gruba ayrılmıştır [13].

1. Türkiye’nin kuzeyinde ve Doğu Karadeniz kıyıları üzerinden geçen siklonların oluşturdukları yol (Yörünge 1).
2. Balkanlarda oluşan ve Marmara Bölgesi ile Batı Karadeniz kıyı şeridini ve kısmen de iç kesimleri etkileyen siklonların takip ettikleri yol (Yörünge 2).
3. Cenova Körfezi’nde oluşan ve genelde Türkiye’yi sık sık etkileyen siklonların oluşturdukları yolu iki kısımda incelemek mümkündür:
 - a. Cenova Körfezi’nde oluşarak Ege Bölgesinin kuzey kısımlarını, Marmara Bölgesinin hemen hemen tamamını ve Batı Karadeniz Bölgesi’ni etkileyen siklonların izledikleri yol (Yörünge 3a).
 - b. Cenova Körfezi’nde oluşarak Orta Ege, İç Anadolu ve Doğu Karadeniz Bölgesi üzerinden geçen siklonların takip ettikleri yol (Yörünge 3b).
4. Batı veya Orta Akdeniz, bazan da Cenova Körfezi’nde oluşup, Doğu Akdeniz’e doğru hareket ederek Türkiye’nin Akdeniz Bölgesi kıyıları ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi ile Kıbrıs üzerinden geçen siklonların izledikleri yol (Yörünge 4).

Türkiye’de cephe ve yağış oluşmasını sağlayan bu siklonların sayısı da azalmaktadır. 1979’dan 1994’e kadar olan siklonların oluşum sıklığında azalma belirlenmiştir (Şekil 4.4). Siklon oluşumu azaldıkça sistemler Türkiye üzerine sık gelmemeye, cephe ve yağış oluşumları azalmaya başlamıştır. Dolayısıyla kar yağışı eski yıllara oranla daha az miktarda oluşmaktadır. Siklonların sıklık ve şiddetlerindeki değişimin sebebi küresel sirkülasyonlardaki değişimlerdir.

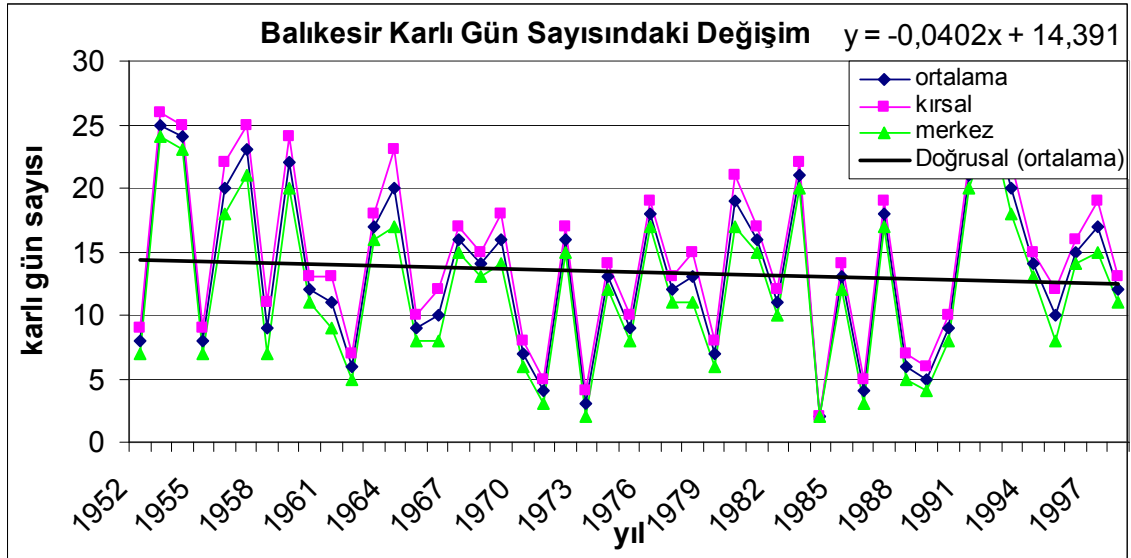


Şekil 4.4: Türkiye’de 1979-2004 yılları arasında siklonların sıklığındaki değişim [14]

4.4.1.1.1. Balıkesir’de Karlı Gün Sayısındaki Değişim

DMI’den alınan 1952 yılından bu yana Balıkesir’de yaşanan karlı gün sayılarının verileri % 95 homojendir (Ek F.1). Veriler merkez, kırsal ve ortalama olarak ayrı ayrı incelenmiş ve hepsi %95 homojen bulunmuştur. Karlı gün sayısı incelendiğinde; son 50 yılda yıllık ortalama karlı gün sayısı; 13,43 gün, bu değer kırsalda 14,70 gün ve merkezde 12,15 gün olarak hesaplanmıştır. Kırsalda yılda en fazla 27, en az 2 gün karlı geçmiştir. Balıkesir’de hem kırsal alanda hem de merkezde karlı gün sayısında yaklaşık 50 yılda ortalama 2 günlük bir azalma yaşanmıştır (Şekil 4.5). 1950’de 16, takip eden yıllarda 21, 25, 30 gün olan karlı gün sayısı, 1960’lı yıllardan itibaren 10, 12 ve 13 güne inmiş, daha sonraki yıllarda da aynı sayıda devam etmiştir. Korelasyon katsayısı -0,09 olduğundan azalan ilişkinin varlığı söz konusudur.

Sonuç olarak Balıkesir’de son 50 yılda karlı gün sayısı azalmıştır. Azalma yaklaşık 2 gündür. İklim değişimi ile birlikte artan hava sıcaklıkları nedeniyle karlı gün sayısı azalmaya devam edecektir. Şekil 4.5’teki eğilim çizgisi de önümüzdeki yıllarda da azalmanın aynı eğimle devam edeceğini göstermektedir.

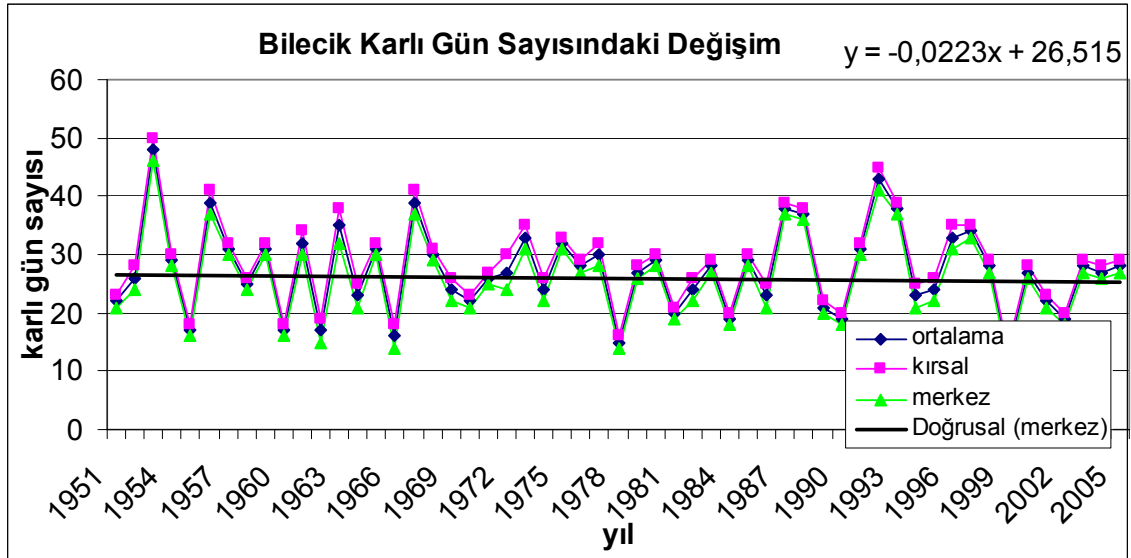


Şekil 4.5: Balıkesir karlı gün sayısındaki değişim

4.4.1.1.2. Bilecik Karlı Gün Sayısındaki Değişim

Bilecik’te 1951 yılından bu güne karlı gün sayısında yaşanan değişim incelenmiştir. 50 yıllık verilerin homojenliği hesaplandığında hem kırsal, hem merkezdeki istasyonlardan alınan verilerin %95 homojen olduğu hesaplanmıştır (Ek F.1). Karlı gün sayısı incelendiğinde; son 50 yılda yıllık ortalama karlı gün sayısı; 27,29 gün, bu değer kırsalda 28,69 gün ve merkezde 25,89 gün olarak hesaplanmıştır. 1950’li yıllarda

Bilecik 25 ila 45 gün karlı kalmıştır. 1970’lerde karlı gün sayısı 15-30 gün seviyesine inmiştir. Daha sonraki yıllarda karlı günlerin sayısı 25-30 gün arasında değişmiştir. Genel ortalamaya bakıldığında Bilecik’te karlı gün sayısı yaklaşık 2 gün azalmıştır. Hem kırsalda hem de yer alan istasyonlarda da karlı gün sayısı yaklaşık 2 gün azaldığından şehir ısı adası etkisinden kaynaklanan bir ısınma olmadığı kesinleşmektedir. Merkez ve kırsaldaki istasyonlar arasında yaklaşık 0,5 günlük bir fark vardır. Şehir ısı adası etkisiyle merkezdeki istasyonlarda karlı gün sayısı 0,5 gün daha fazla azalmıştır. Sonuç olarak Bilecik’te, son 50 yılda yapılan ölçümlere göre karlı gün sayısı hem kırsal, hem merkez hemde ortalamada yaklaşık 2 gün azalmıştır. İklim değişimi ile birlikte artan ortalama sıcaklıklar nedeniyle karlı gün sayısı azalmaktadır. Şekil 4.6’da yer alan eğilim çizgisine bakılırsa önümüzdeki yıllarda da aynı oranda azalma devam edecektir.

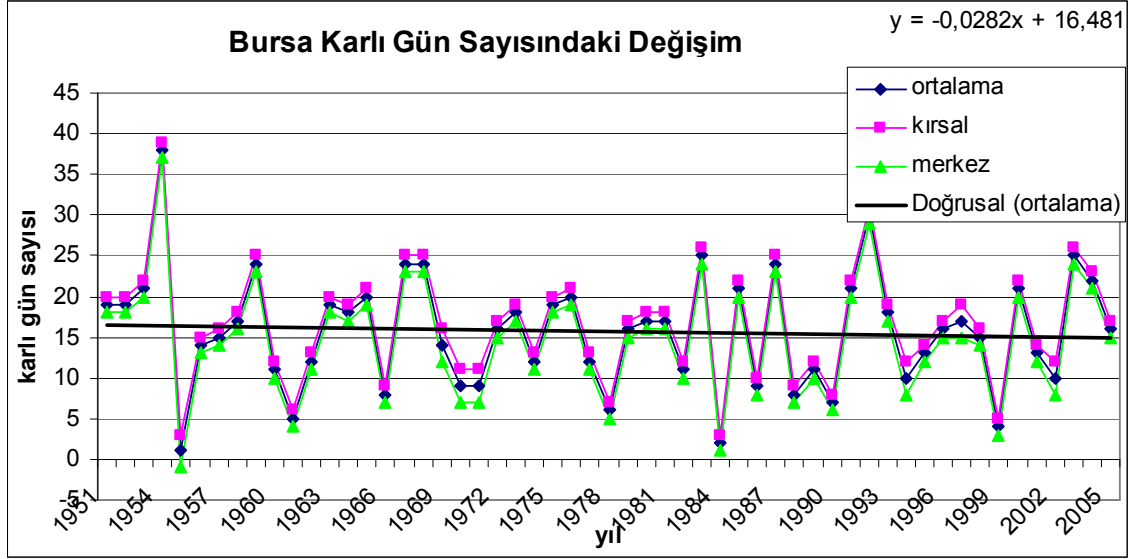


Şekil 4.6: Bilecik karlı gün sayısındaki değişim

4.4.1.1.3. Bursa Karlı Gün Sayısındaki Değişim

1951 yılından itibaren Bursa’da karlı gün sayısında yaşanan değişim incelenmiştir. 50 yıllık verilerin homojenliği hesaplandığında, hem kırsal hemde merkezdeki istasyonlardan alınan verilerin %95 homojen olduğu bulunmuştur (Ek F.1). Son 50 yılda karlı gün sayısının Bursa’da ortalama 2 gün azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.7). Bu miktar kırsal’da daha az merkezde daha fazladır. Sebebiyse merkezde şehir ısı adası etkisinin fazla olmasından dolayı sıcaklık artışının daha fazla olmasıdır. Bursa’da karlı gün sayısı son 50 yılda yıllık 15,69 gündür. Bu değer merkezde 16,82 iken kırsalda 14,86 gündür. Ortalama 1950’de 16, takip eden yıllarda 21, 25, 30 gün olarak artmıştır. 1960’lı yıllardan itibaren karlı gün sayısı 10, 12 ve 13 güne inmiş, daha sonraki yıllarda aynı seyrirde devam etmiştir. 5 yada 6 senede bir yıl 30 gün karlı geçse de ortalamaya

bakıldığında azalma trendi devam etmiştir. Sonuç olarak Balıkesir’de son 50 yılda karlı gün sayısı azalmıştır. Azalma yaklaşık 2 gündür. Eğilim çizgisi önümüzdeki yıllarda da azalmanın aynı eğimle devam edeceğini göstermektedir. Eğrinin eğimi negatif olduğundan eğri azalarak giden doğrusal bir eğridir. O nedenle önümüzdeki yıllarda da karlı gün sayısı azalmaya devam edecektir.



Şekil 4.7: Bursa karlı gün sayısındaki değişim

4.4.1.1.4. Çanakkale Karlı Gün sayısındaki Değişim

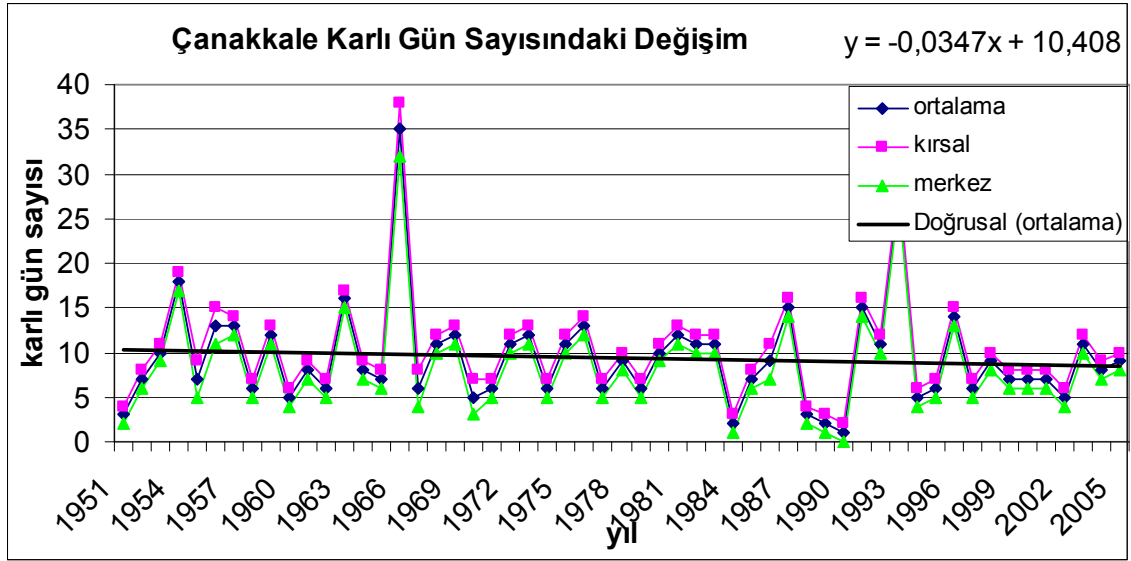
Çanakkale için 1951’den bu yana tüm veriler temin edilmiştir. Tüm istasyonlar için aylık ve yıllık ortalamaları alındığında veriler %95 homojen çıkmıştır (Ek F.1). Karlı gün sayısı son 50 yılda yaklaşık 2 gün azalmıştır. 1950’lerde karlı gün sayısı ortalama 7 ila 13 gün arasında değişmekteyken, son yıllarda 5 ila 7 gün arasında değişmektedir. Son 50 yılda yaşanan karlı gün sayısı ortalama 9,44 gündür. Bu değer kırsalda 10,56; merkezde 8,34 olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.8’deki eğilim çizgisinden azalma trendi açıkça gözlenmektedir. Eğilim çizgisinin eğimi, negatif bir değer olduğundan bu doğru azalan bir doğrudur ve dolayısıyla önümüzdeki yıllarda karlı gün sayısının azalmaya devam edeceğini temsil etmektedir.

4.4.1.1.5. Edirne Karlı Gün Sayısındaki Değişim

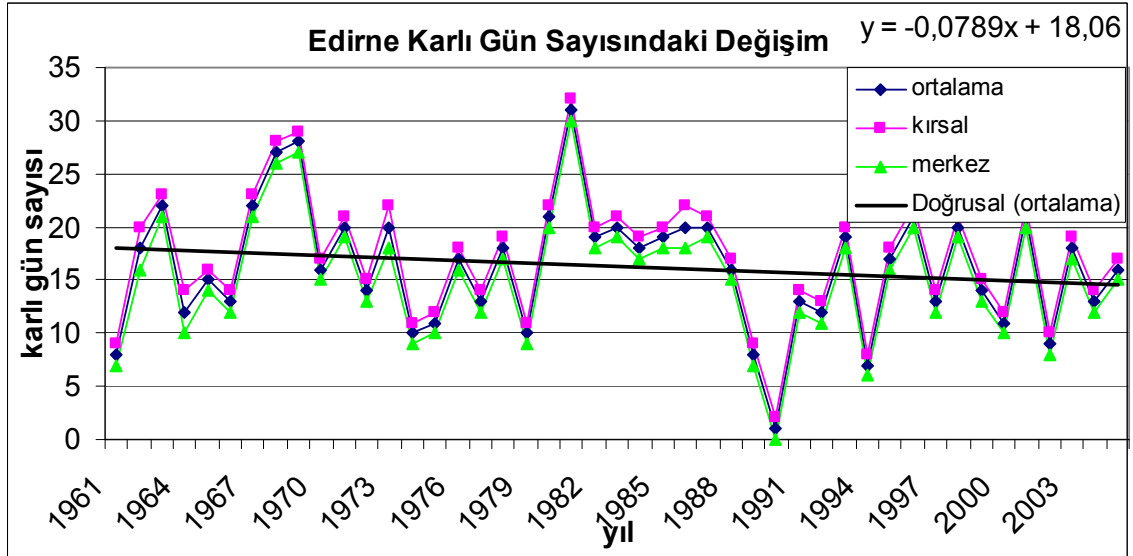
Edirne için 1961’den bu yana tüm veriler temin edilmiştir (Şekil 4.9). Tüm istasyonlar için aylık ve yıllık ortalamalar alındığında ve homojenliği hesaplandığından %90 güven aralığında homojen olduğu hesaplanmıştır (Ek F.1). Karlı gün sayısı son 40 yılda yaklaşık 3 gün azalmıştır. 1980’lere kadar yılda yaklaşık 20 gün kar altında kalan Edirne son yıllarda yaklaşık 10-15 gün kar altında kalmaktadır.

Son 40 yılda karlı gün sayının ortalama 16,24 gün, kırsaldaki istasyonlar için bu değer 17,33 gün, merkezdeki istasyonlar için bu değer 15,16 gün olarak hesaplanmıştır. Eğilim çizgisinin eğimi -0,0789'dur. Eğim bir değer negatif olduğundan eğri azalmaya devam edecektir.

1960'tan bu yana iklim değişimi, nüfus ve sanayileşme, betonlaşma ve orman tahribatının artması da karlı gün sayısındaki azalmayı desteklemiştir. Şekil 4.9'daki eğilim çizgisinden azalma trendi açıkça gözlenmektedir. Eğilim çizgisine göre önümüzdeki yıllarda da karlı gün sayısı da azalmaya devam edecektir.

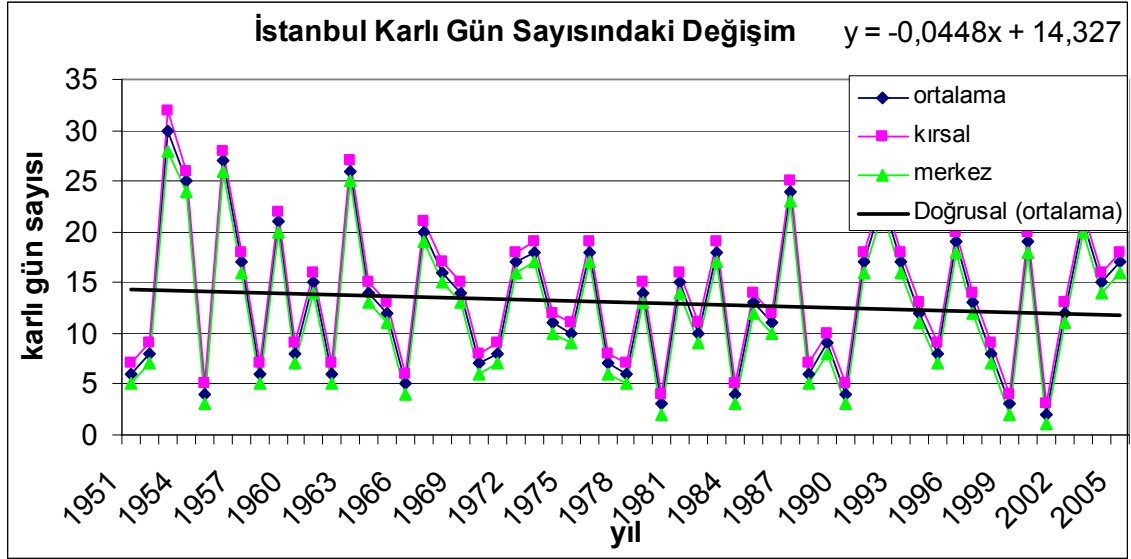


Şekil 4.8: Çanakkale karlı gün sayısındaki değişim



Şekil 4.9: Edirne karlı gün sayısındaki değişim

4.4.1.1.6. İstanbul Karlı Gün Sayısındaki Değişim



Şekil 4.10: İstanbul karlı gün sayısındaki değişim

İstanbul için 1951'den bu güne 50 senelik veriler incelenmiştir. Veriler, %95 güven aralığında homojendir (Ek F.1). Ortalama karlı gün sayısı 13,07 gündür. Bu değer kırsal bölgede yer alan istasyonlardan alınan verilerle hesaplandığında, 14,09'a çıkmaktadır. Merkezdeki istasyonların ortalaması ise, 12,05'e inmektedir.

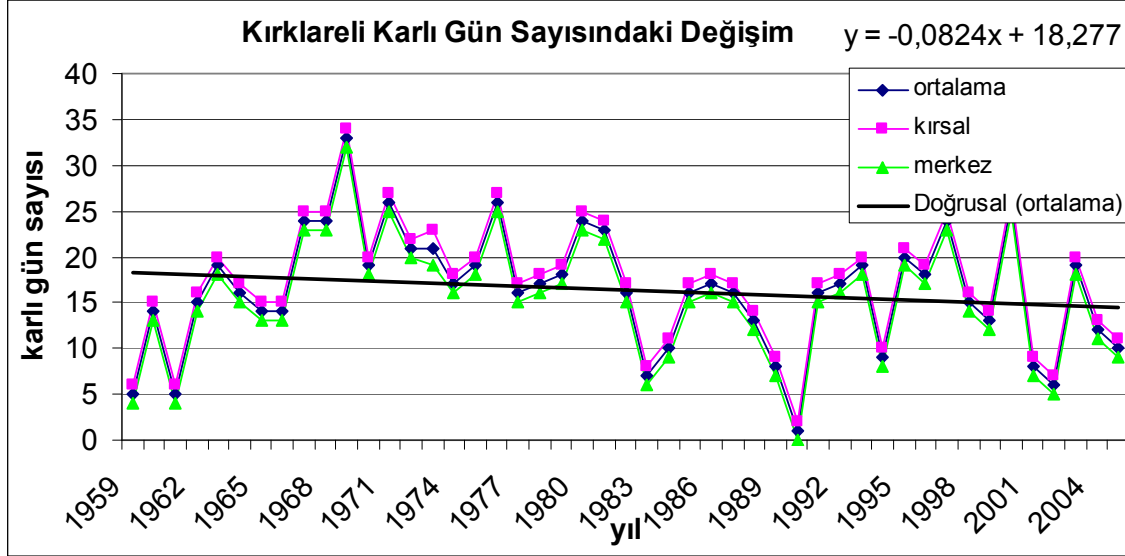
Son 50 yılda İstanbul'da karlı gün sayısı 3 gün azalmıştır. Eğilim çizgisi incelendiğinde azalma trendinin devam ettiği açıkça gözlenmektedir. İstanbul'da karlı gün sayısının azalmakta olduğunu göstermektedir. Artan nüfus, sanayileşme, betonlaşma ve orman tahribatı şehir ısı adası etkisi artmakta ve buna bağlı olarak karlı geçen gün sayısı azalmaktadır.

Bunun yanı sıra, iklim değişimi ile birlikte oluşum sıklığı ve şiddeti değişen, siklonlar da Türkiye üzerinde yağış oluşumunu engellediğinden, karlı gün sayısındaki azalmayı artırmaktadır. Siklonlar açısından İstanbul 2 ve 3a yörüngelerinin her ikisinin de üzerinde olması nedeniyle (Şekil 4.3), iki yörüngeden gelen sistemlerden etkilenmesine rağmen İstanbul'da kar yağışı azalmıştır.

Bu durum, Ek D.2 ve Ek D.3'teki yörüngelerden geçen sistemlerin sıklığındaki azalma ile açıklanabilir. Yani İstanbul üzerine gelen sistemlerin sayısının azalması karlı geçen gün sayısını da azaltmıştır. Şekil 4.10'daki eğilim çizgisinin eğimi negatif olduğundan eğri azalmaya devam edecek yani İstanbul'da karlı gün sayısı daha da azalacaktır.

4.4.1.1.7. Kırklareli Karlı Gün Sayısındaki Değişim

Kırklareli’de 1959’dan bu güne 40 senelik veriler incelenmiş ve veriler homojen çıkmamıştır (Ek F.1). Bu noktalara en yakın dik mesafeden geçen eğilim çizgisi çizildiğinde, eğim negatif olduğundan, eğri azalan bir eğridir. Yani Kırklareli’de karlı gün sayısının azalmakta olduğunu göstermektedir. Şekil 4.11’e göre son 40 yılda Kırklareli’de karlı gün sayısı yaklaşık 4 gün azalmıştır.

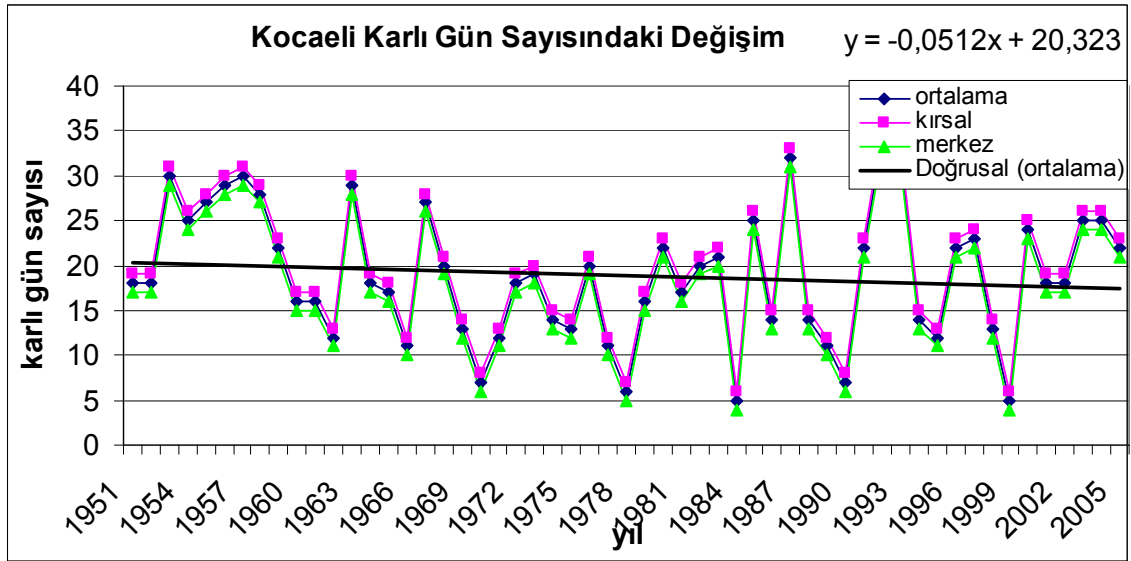


Şekil 4.11: Kırklareli karlı gün sayısındaki değişim

Eğilim çizgisi azalma trendinin devam edeceğini açıkça göstermektedir. Ortalama karlı gün sayısı 16,30 gün olarak bulunmuştur. Bu değer kırsal alanda yer alan istasyonlarda 17,32, merkezde yer alan istasyonlarda, 15,28 olarak hesaplanmıştır. Şehir ısı adası etkisinden dolayı, merkezde kar daha çabuk erimektedir. Bu etki karlı gün sayısında yaklaşık 2 günlük bir fark yaratmaktadır. Kırklareli’de karlı gün sayısındaki azalma Marmara Bölgesi’ndeki diğer illerden daha fazladır. Çünkü Kırklareli 2 numaralı yörüngeden geçen siklonların etkisindedir (Şekil 4.3). 1979 yılından bu yana 2 yörüngesinden gelen siklonların sıklıklarında azalma tespit edilmiştir (Ek D.2). Bu nedenle Kırklareli üzerinde yağış oluşum sıklığı azalmış ve dolayısıyla karlı geçen gün sayıları da azalmıştır.

4.4.1.1.8. Kocaeli Karlı Gün Sayısındaki Değişim

Kocaeli’de 1951 yılından 2005 yılına kadar temin edilen verilerin homojenliği, %90 güven aralığındadır (Ek F.1). Ortalama karlı gün sayısı 18,89’dur. Bu değer kırsalda 19,89’a çıkmakta ve merkezde 17,89’a inmektedir. Şehir ısı adası etkisinden dolayı merkezde karlı gün sayısı azalmıştır.



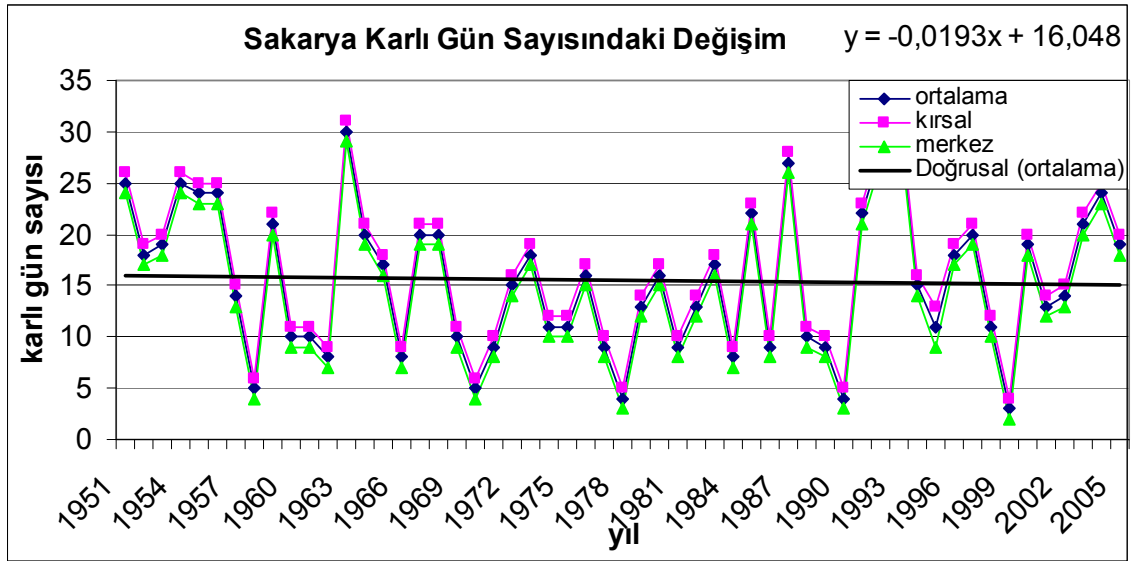
Şekil 4.12: Kocaeli karlı gün sayısındaki değişim

Yaklaşık 50 senelik veriler en küçük kareler yöntemine göre trendi belirlenip, noktalara en yakın dik uzaklıktan geçen eğilim çizgisi çizildiğinde, Kocaeli’de karlı gün sayısında 4 günlük azalma tespit edilmiştir (Şekil 4.12). Eğilim çizgisinin eğimi negatif olduğundan, doğru azalan bir doğrudur. Yani karlı gün sayısı azalmaya devam edecektir.

Şekil 4.2 incelendiğinde; Marmara Bölgesi’nde karlı gün sayısı en çok azalan ilin Kocaeli olduğu gözükmemektedir. Kuşkusuz bunun bir çok sebebi bulunmaktadır. Artan nüfus, iklim değişimi, sanayileşmenin artması, betonlaşma, orman tahribatının artması gibi etkenlerin yanı sıra yağış oluşumunu sağlayan siklonların oluşum sıklıkları ve yörüngelerindeki değişimler de Kocaeli’deki karlı gün sayısını etkilemiştir. Çünkü Kocaeli 2 yörüngesinden geçen siklonların etkisindedir (Şekil 4.3). 1979 yılından bu yana 2 yörüngesinden gelen siklonların sıklıklarında azalma tespit edildiğinden (Ek D.2), Kocaeli üzerinde yağış oluşum sıklığı azalmış ve dolayısıyla karlı geçen gün sayıları da azalmıştır.

4.4.1.1.9. Sakarya Karlı Gün Sayısındaki Değişim

Sakarya’da 1951’den bu güne 50 senelik veriler incelenmiş ve bu verilerin %90 güven aralığında homojen olduğu hesaplanmıştır (Ek F.1). Ortalama karlı gün sayısı 14,89 kırsalda bu değer 16,13’e çıkmış, merkezde 13,65’e düşmüştür. EKKY’ne göre çizilen eğrinin eğiminin negatif oluşu, Sakarya’da karlı gün sayısının azalmakta olduğunu göstermektedir. Şekil 4.13’e göre son 40 yılda Sakarya’da karlı gün sayısı yaklaşık 4 gün azalmıştır. Eğilim çizgisi incelendiğinde azalma trendinin devam edeceği açıkça gözlenmektedir.



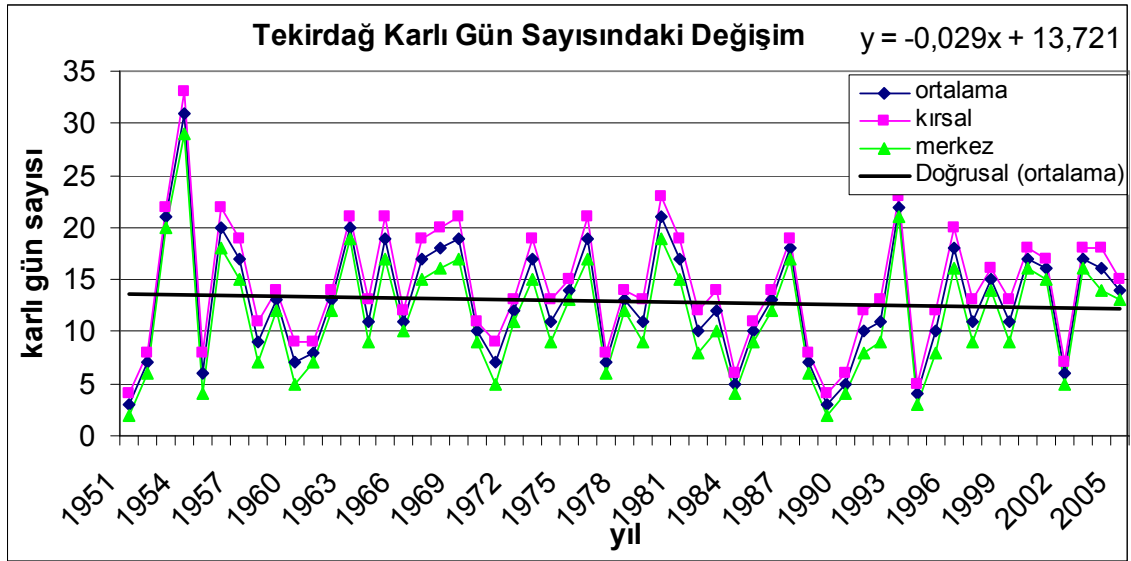
Şekil 4.13: Sakarya karlı gün sayısındaki değişim

Karlı gün sayısındaki azalma Marmara Bölgesi'ndeki diğer illerle kıyaslandığında daha fazladır. Bunun çeşitli nedenleri bulunmaktadır. Artan nüfus, iklim değişimi, sanayileşme, betonlaşma ve orman tahribatının artması sayılabilir. Bunun yanı sıra Sakarya üzerinden geçen ve yağış oluşumunda önemli bir yeri olan siklonlar da bu azalmada büyük rol oynamaktadır. Sakarya 2 yörüngesinden geçen siklonların etkisindedir (Şekil 4.3).

1979 yılından bu yana 2 yörüngesinden gelen siklonların sıklıklarında azalma tespit edilmiştir (Ek D.2). Bu nedenle Sakarya üzerinde yağış oluşum sıklığı azalmış ve dolayısıyla karlı geçen gün sayıları da azalmıştır. Şekil 4.13'teki eğilim çizgisine göre azalma devam edecektir.

4.4.1.1.10. Tekirdağ Karlı Gün Sayısındaki Değişim

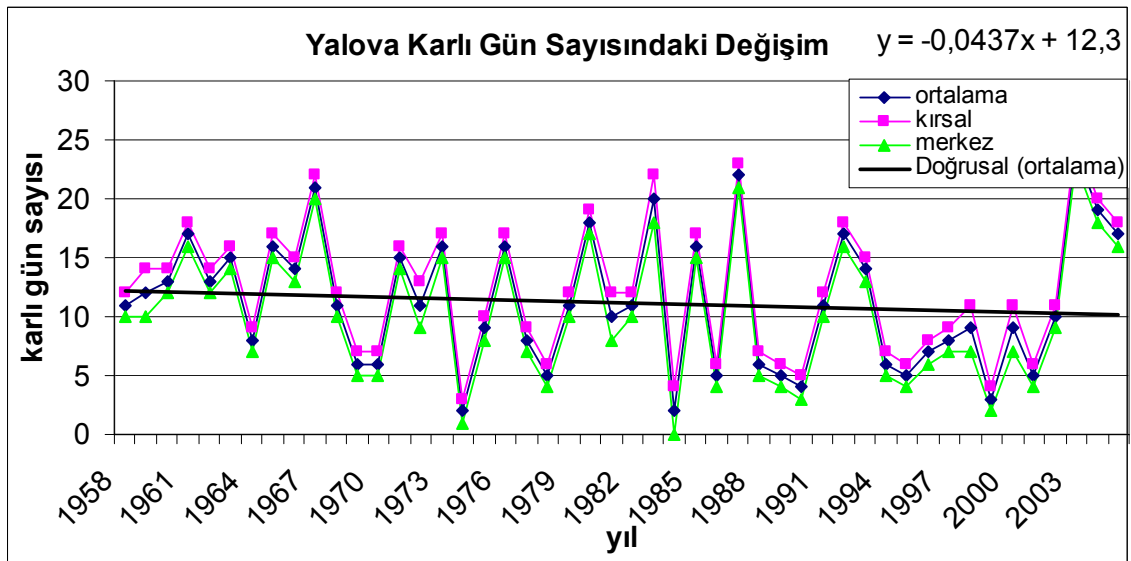
Tekirdağ'da 1951'dan bu güne 50 senelik veriler incelenmiş ve %95 güven aralığında homojen olduğu hesaplanmıştır (Ek F.1). Ortalama karlı gün sayısı 12,91 gün olarak bulunmuş, bu değer kırsalda 14,40'a çıkmış, merkezde 11,42'ye inmiştir. Bu değişimin nedeni kırsalda şehir ısı adası etkisi çok düşüktür hatta bazı yerlerde yoktur. O nedenle merkezde yaşanan sıcaklık artışı karlı gün sayısı kırsala oranla yılda ortalama 3 gün azaltmıştır. 50 yıllık verilerin EKKY'ne göre değişimi belirlenmiş ve eğilim çizgisi eklenmiştir. Eğim -0,029 olduğundan bu doğru azalan bir doğrudur yani bu Tekirdağ'da karlı gün sayısının azalmakta olduğunu göstermektedir. Şekil 4.14'e göre son 50 yılda Tekirdağ'da karlı gün sayısı yaklaşık 1,5 gün azalmıştır.



Şekil 4.14: Tekirdağ karlı gün sayısındaki değişim

Eğilim çizgisi incelendiğinde azalma trendinin devam edeceği açıkça gözlenmektedir. Yani Tekirdağ'da önümüzdeki yıllarda karlı gün sayısı daha da azalacaktır. Marmara Bölgesi genelinde azalmanın en az olduğu il Tekirdağ'dır. Çünkü yörünge 2'den geçen ilk il Tekirdağ'dır (Şekil 4.3). Yani sistem ilk önce Türkiye'de Tekirdağ'dan geçmektedir. En fazla yüklü olduğu zaman Tekirdağ üzerine yağış bırakacağından burada azalma daha azdır. Ancak iklim değişimi, artan nüfus, sanayileşme gibi atmosfere salınan emisyon miktarını artıran etkenler nedeniyle karlı gün sayısı azalmaktadır.

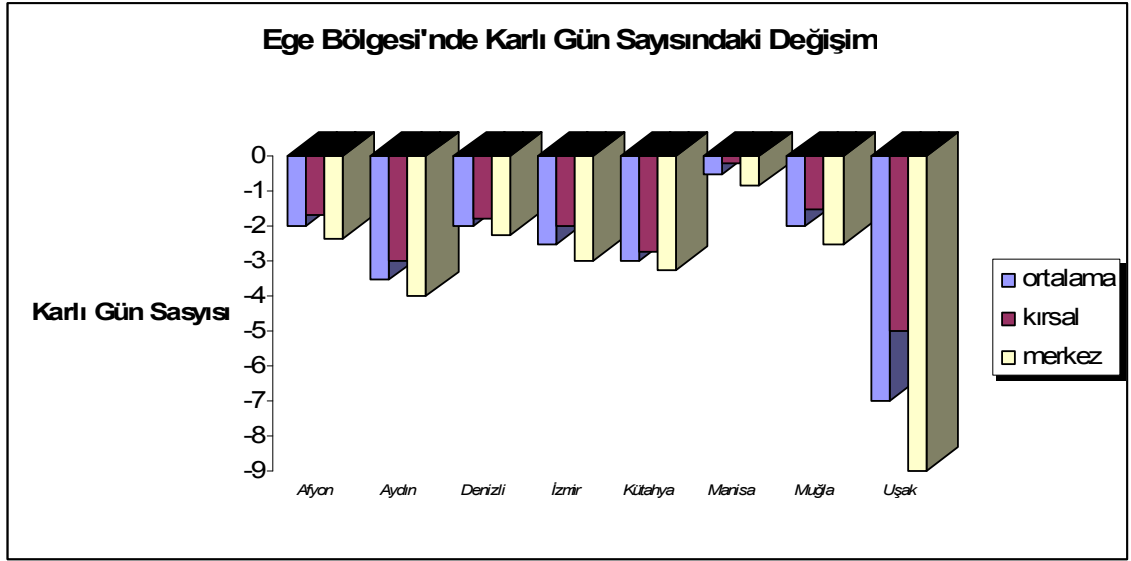
4.4.1.1.11. Yalova Karlı Gün Sayısındaki Değişim



Şekil 4.15: Yalova karlı gün sayısındaki değişim

Yalova’da 1958’den 2003’e 40 senelik veriler incelenmiş ve homojenliği %95 güven aralığında bulunmuştur (Ek F.1). EKKY’ye göre yapılan hesaplamalar, karlı gün sayısının azalmakta olduğunu göstermektedir. Şekil 4.15’e göre son 40 yılda Yalova’da karlı gün sayısı yaklaşık 3 gün azalmıştır. Eğilim çizgisinin eğimi negatif olduğundan, azalma devam edecektir. Karlı gün sayısındaki azalma Marmara Bölgesi’ndeki diğer illerin çoğundan daha fazladır. Artan nüfus, iklim değişimi, sanayileşme, betonlaşma ve orman tahribatının artmasının yanı sıra, Yalova 2 yörüngesinden geçen siklonların etkisindedir (Şekil 4.3). 1979 yılından bu yana 2 yörüngesinden geçen siklonların sıklıklarında azalma tespit edilmiştir (Ek D.2). Bu nedenle Yalova üzerinde yağış oluşum sıklığı azalmış ve dolayısıyla karlı geçen gün sayısı da azalmıştır.

4.4.1.2. Ege Bölgesi’nde Karlı Gün Sayısındaki Değişim

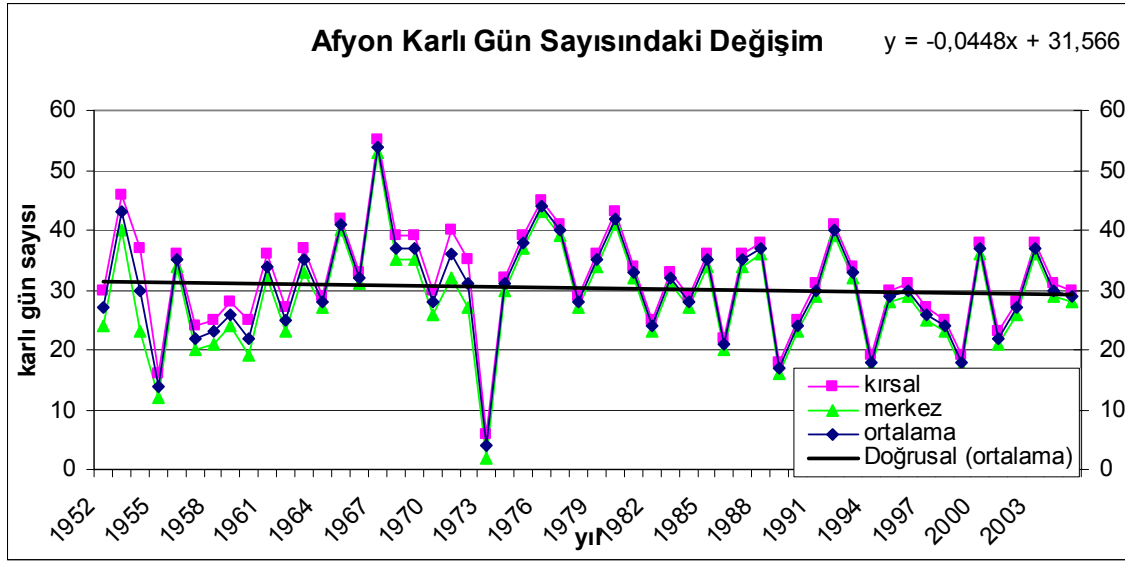


Şekil 4.16: Ege Bölgesi’nde son 30 yılda karlı gün sayısında meydana gelen değişim

Ege Bölgesi’nde 1950’li yıllardan bu yana yapılan ölçümlere göre bölgedeki tüm illerde, kırsal ve merkezdekiler de dahil olmak üzere tüm istasyonlarda karlı gün sayısında azalma tespit edilmiştir (Şekil 4.16). Azalmanın miktarı ortalama 2,81 gündür. Manisa’da 0,5 gün, Afyon, Denizli ve Muğla’da 2 gün, İzmir’de 2,5 gün, Kütahya’da 3 gün, Aydın’da 3,5 gün, ve Uşak’ta 7 gün azalma ölçülmüştür. En dramatik değişim Uşak’ta gerçekleşmiştir. Diğer illerde 2-3 gün arasında olan azalma Uşak’ta 7 gündür. Bunun en önemli sebebi siklonlardır. Uşak 3b yörüngesi üzerinden geçen siklonlardan etkilenmektedir (Şekil 4.3). 3b yörüngesi üzerinden geçen sistem, Aydın, Uşak ve Kütahya üzerinden geçmektedir. Genel sirkülasyonlar nedeniyle bu siklonların oluşum sıklığı azalmaktadır (Şekil 4.4). 3b nolu yörüngede siklon oluşma sayısında çok fazla

azalma olmasa bile siklonların şiddetinde azalma meydana gelmiştir ve kar bırakmaz (Ek D.4). 3b yörüngesini takiben sistem Türkiye'ye ilk Aydın üzerinden girer Uşak, Kütahya güzergahında devam eder. Sistem, enerjisinin büyük bölümünü Aydın'da kaybeder, Uşak'ta dolmaya ve kar bırakmamaya başlar. 3b'nin süresi kısa olduğundan Uşak'a gelinceye kadar süresi dolmaktadır. Ayrıca bu çalışmada bahsedilmesi mümkün olmayan engellemelerin de incelenmesi gerekmektedir. Eğer Aydın'da engellenip uzun süre tutuluyorsa, sistemin Uşak'ta enerjisi bitmiş olur.

4.4.1.2.1. Afyon Karlı Gün Sayısındaki Değişim



Şekil 4.17: Afyon karlı gün sayısındaki azalma

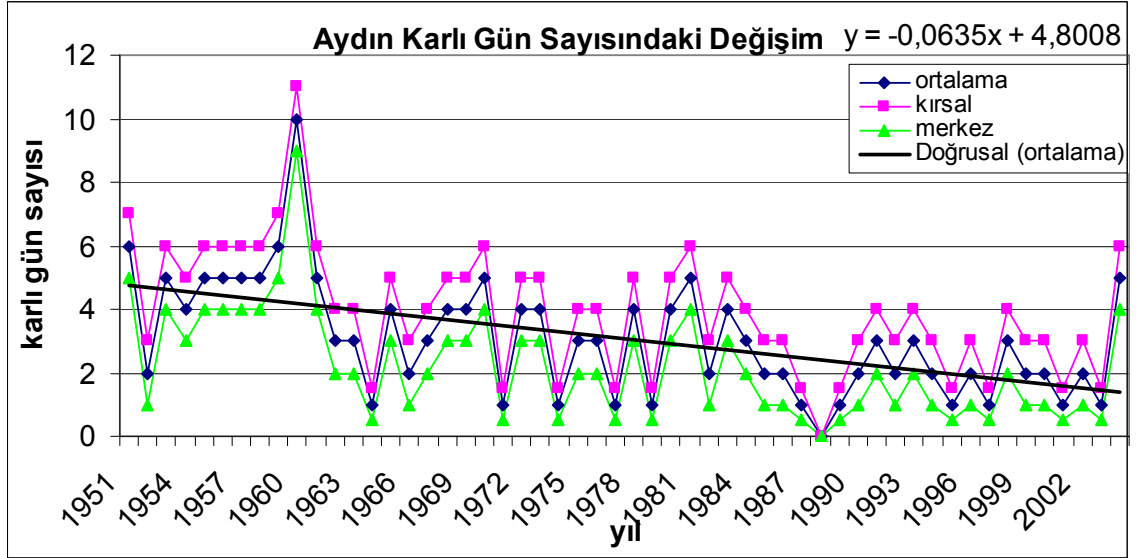
Afyon için 1952'den 2003'e kadar olan veriler incelenmiş ve homojenliği %95 güven aralığında bulunmuştur (Ek F.2). Karlı gün sayısı ortalama 30,33 gün olarak hesaplanmıştır. Bu değer kırsalda 31,87 güne çıkarken, merkezde 28,80 güne inmiştir. Afyon'da karlı gün sayısının azalmakta olduğu 'ne göre belirlenmiştir.

Şekil 4.17'deki eğilim çizgisinin eğimi negatif olduğundan eğri azalan bir eğridir. Son 50 yılda karlı gün sayısının Afyon'da yılda ortalama 2 gün azaldığı belirlenmiştir.

Azalma eğilimi devam ettiğinden önümüzdeki yıllarda karlı gün sayısı Afyon'da daha da azalacaktır. İklim değişiminin yanı sıra, artan nüfus, sanayileşme, günden günü atmosfere salınan kirlilik değerlerinin artması yıllık karlı gün sayısını azaltıcı etki yapmaktadır.

4.4.1.2.2. Aydın Karlı Gün Sayısındaki Değişim

Afyon için 1951’den 2003’e kadar olan veriler temin edilmiş ve homojenliğinin %90 güven aralığında olduğu hesaplanmıştır (Ek F.2). Son 50 yılın ortalama karlı gün sayısı 3,06 gündür. Bu rakam kırsalda 3,94’e çıkarken, merkezde 2,18’e inmiştir. Arada şehir ısı adası etkisine bağlı olarak çok az da olsa yaklaşık 1 derecelik bir fark söz konusudur. EKKY’ye göre son 50 yılda karlı gün sayısında azalma vardır ve azalış yılda ortalama 3,5 gündür. Azalma birçok nedene bağlı olarak açıklanabilir. İklim değişimi, artan nüfus, sanayileşme, günden güne atmosfere salınan kirlilik değerlerinin artması bunlar arasında sayılabilir. Ayrıca Aydın’daki azalmanın Ege bölgesi’ndeki diğer illerden daha fazla olmanın nedeni; siklonlardaki değişimdir. Aydın 3b siklonunun yörüngesi üzerindedir. 1979 yılından bu yana 3b yörüngesindeki siklonların oluşum sıklığında azalma meydana gelmiştir (Ek D.4). O nedenle Aydın’da karlı gün sayısı 3,5 gün azalmıştır. Şekil 4.18’deki eğilim çizgisi negatif eğimlidir. O nedenle azalma trendi devam edecektir yani aydın’da karlı gün sayısı azalacaktır.

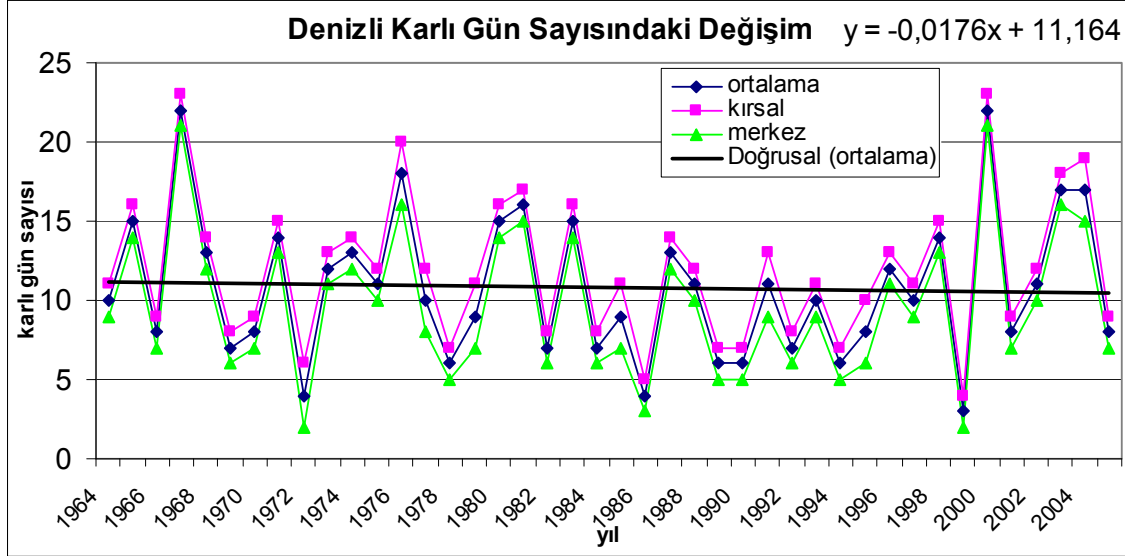


Şekil 4.18: Aydın karlı gün sayısındaki azalma

4.4.1.2.3. Denizli Karlı Gün Sayısındaki Değişim

Denizli için 1964’den 2004’e kadar olan veriler temin edilmiş, homojenliği %95 güven aralığında olarak hesaplanmıştır (Ek F.2). Son 40 yılında ortalama karlı gün sayısı 10,79 gündür. Bu değer kırsalda 11,98 güne çıkmakta, merkezde 9,60 güne inmektedir. Merkez ve kırsaldaki ortalamalarda belirlenen 2 günlük fark şehir ısı adası etkisinden kaynaklanmaktadır. EKKY’ne göre eğilim çizgisi çizilmiş, eğilim çizgisinin eğimi negatif bulunduğundan, doğru azalan bir doğrudur. Sonuç olarak son 40 yılda karlı gün

sayısı Denizli’de yılda ortalama yaklaşık 2 gün azalmıştır. Azalma birçok nedene bağlı olarak açıklanabilmektedir. İklim değişimi, artan nüfus, sanayileşme, günden günü atmosfere salınan kirlilik değerlerinin artması gibi etkenler yıllık kar örtüsünde azalma meydana getirmiştir. Şekil 4.19’daki eğilim çizgisi azalma trendinin devam edeceğini göstermektedir.



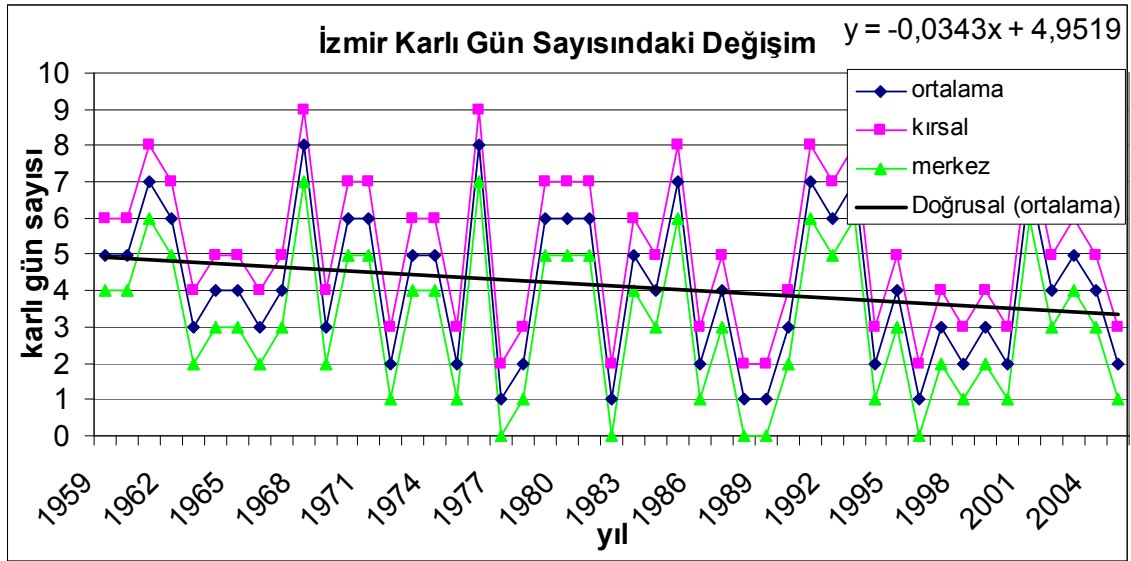
Şekil 4.19: Denizli karlı gün sayısındaki azalma

4.4.1.2.4. İzmir Karlı Gün Sayısındaki Değişim

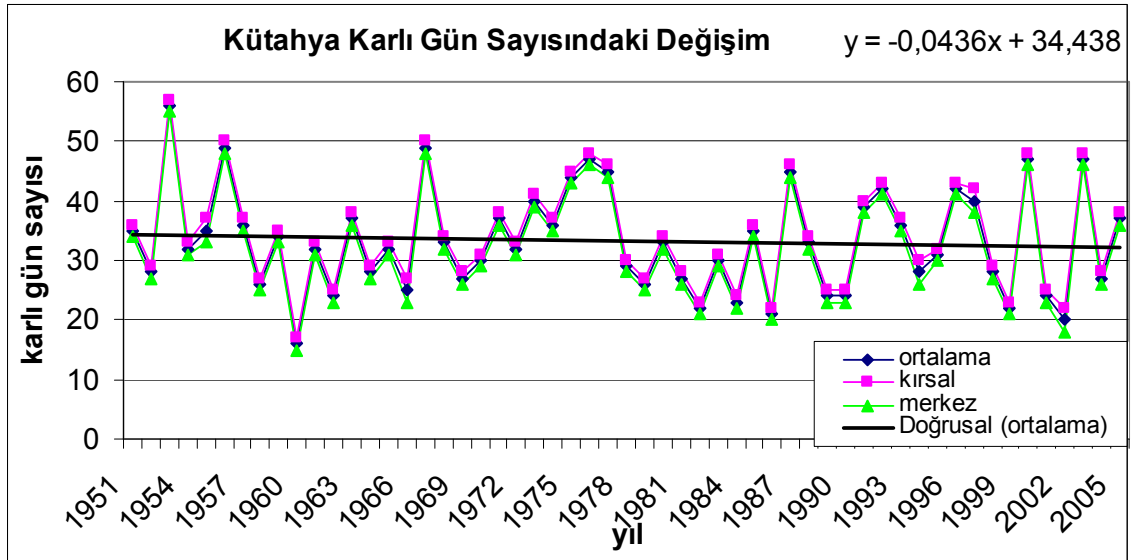
İzmir için 1959’dan 2005 yılına kadar olan veriler temin edilmiş ve homojenliği %95 hesaplanmıştır (Ek F.2). Son 46 yılın ortalama karlı gün sayısı 4,13 gündür. Karlı gün sayısı kırsalda merkezden yaklaşık 2 gün daha fazladır. EKKY ile belirlenen trende göre İzmir’de karlı gün sayısı azalmaktadır. Son 46 yılda karlı gün sayısı İzmir’de yılda ortalama 2,5 gün azalmıştır. Azalma birçok nedene bağlı olarak açıklanabilmektedir. İklim değişimi, artan nüfus, sanayileşme, günden günü atmosfere salınan kirlilik değerlerinin artması gibi etkenler yıllık kar örtüsünde azalma meydana getirmiştir. Şekil 4.20’deki eğilim çizgisinin eğimi negatif olduğundan, azalma devam edecektir.

4.4.1.2.5. Kütahya Karlı Gün Sayısındaki Değişim

Kütahya için 1951’den 2005’e kadar olan veriler temin edilmiş ve homojenliği hesaplanmıştır (Ek F.2). Zaman serisi %05 güven aralığında homojen olarak belirlenmiştir. Ortalama karlı gün sayısı 33 gündür. Son 50 yılda karlı gün sayısı Kütahya’da ortalama 3 gün azalmıştır. Bu azalış merkezde daha fazla yaşanmıştır. Şekil 4.21’deki eğilim çizgisi azalma trendinin devam edeceğini göstermektedir.



Şekil 4.20: İzmir karlı gün sayısındaki azalma

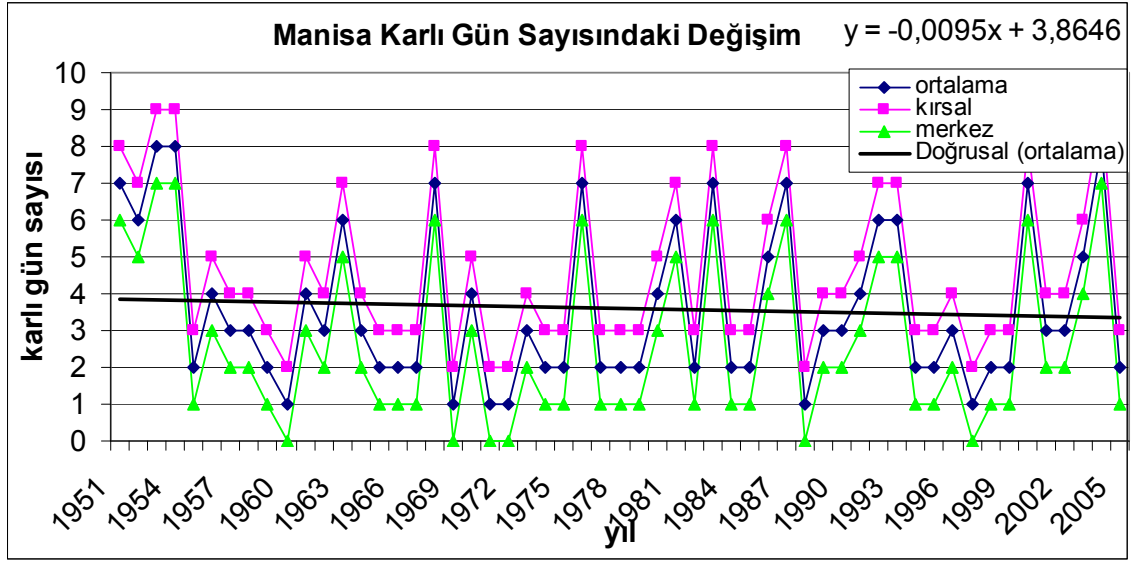


Şekil 4.21: Kütahya karlı gün sayısındaki azalma

4.4.1.2.6. Manisa Karlı Gün Sayısındaki Değişim

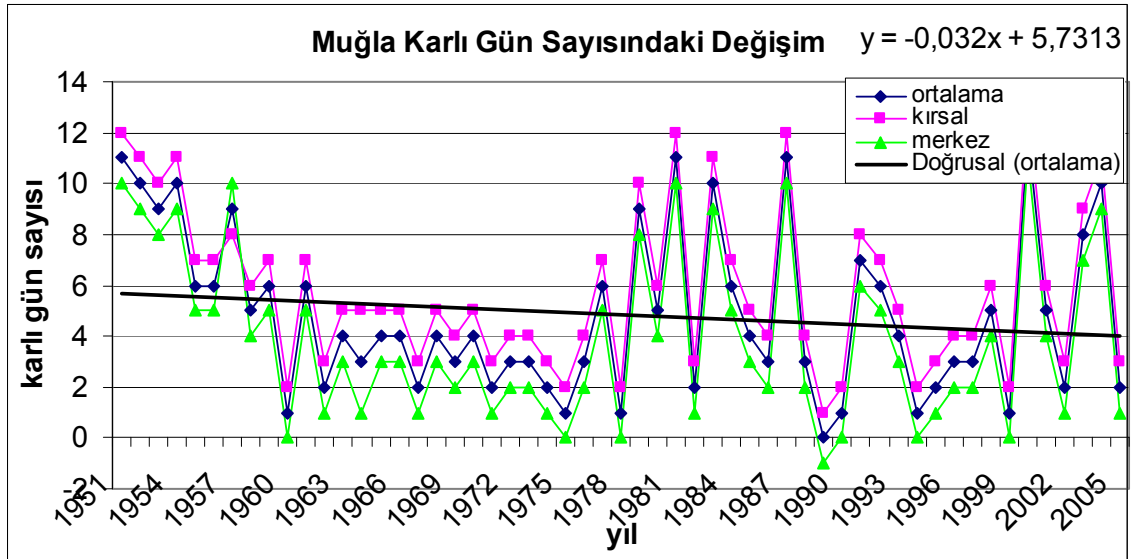
Manisa için 1951'den 2005 yılına kadar olan veriler temin edilmiş ve zaman serisi %95 güven aralığında homojen olarak hesaplanmıştır (Ek F.2). Ortalama 3,6 gün karlı geçmektedir. Bu rakam kırsalda yaklaşık 1 gün daha fazladır. EKKY'ne göre eğilim çizgisi çizildiğinde, son 50 yılda karlı gün sayısının Manisa'da yılda ortalama 0,5 gün azaldığı belirlenmiştir. Azalma birçok nedene bağlı olarak açıklanabilmektedir. İklim değişimi, artan nüfus, sanayileşme, günden günü atmosfere salınan kirlilik değerlerinin artması gibi etkenler yıllık kar örtüsünde azalma meydana getirmiştir. Ancak azalmanın miktarı Ege bölgesindeki diğer illerden daha azdır.

Manisa 3b'nin yörüngesi üzerindedir. Ve 3b'nin oluşum sıklığında önemli bir değişiklik olmamıştır (Ek D.4). Bu nedenle Manisa'da karlı gün sayısı diğer illerle kıyaslandığında çok azalmamıştır. Son 30 yılda yaşanan 0,5 günlük azalma iklim değişimi ve sıcaklıkta yaşanan artışa bağlı olarak açıklanmaktadır.



Şekil 4.22: Manisa karlı gün sayısındaki azalma

4.4.1.2.7. Muğla Karlı Gün Sayısındaki Değişim



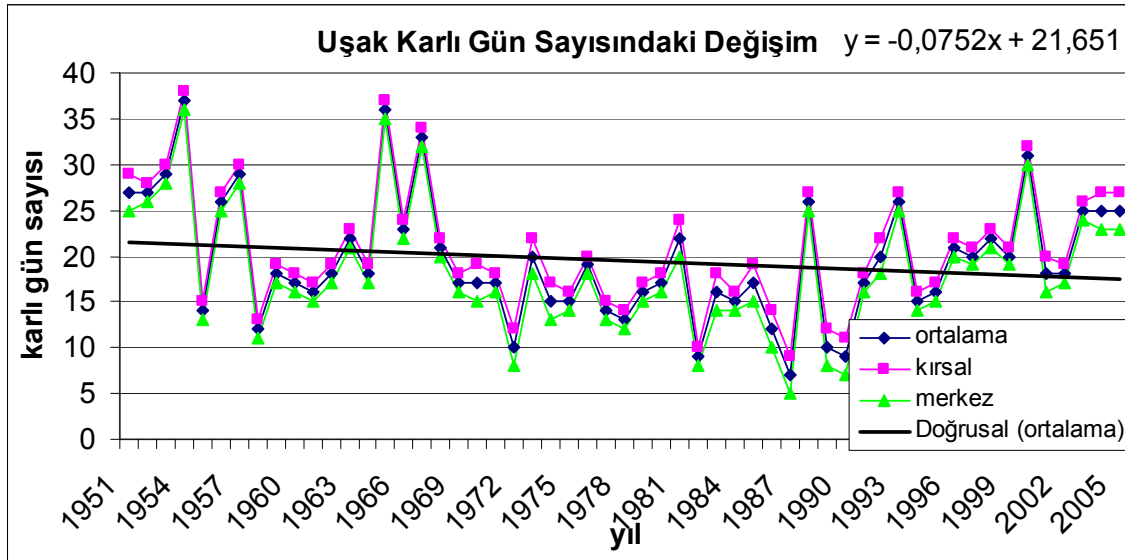
Şekil 4.23: Muğla karlı gün sayısındaki azalma

Muğla için 1951'den 2005'e kadar olan veriler temin edilmiş, homojenliği araştırılmış ancak zaman serisinin homojen olmadığı belirlenmiştir (Ek F.2). Ortalama karlı gün sayısı yaklaşık 5 gün olarak belirlenmiştir. EKKY'ne göre trend belirlenmiş, eğilim çizgisi çizilmiş, ve son 50 yılda karlı gün sayısının Muğla'da yılda ortalama 2 gün azaldığı ortaya çıkmıştır.

Azalma birçok nedene bağılı olarak açıklanabilmektedir. İklim değişimi, artan nüfus, sanayileşme, günden günü atmosfere salınan kirlilik değerlerinin artması gibi etkenler yıllık kar örtüsünde azalma meydana getirmiştir. Şekil 4.23'deki eğilim çizgisi azalma trendinin devam edeceğini göstermektedir.

4.4.1.2.8. Uşak Karlı Gün Sayısındaki Değişim

Uşak için 1951'den 2005'e kadar veriler temin edilmiş ve zaman serisinin %90 güven aralığında homojen olduğu hesaplanmıştır (Ek F.2). Uşakta son 50 yılda yıllık ortalama 19,55 gün karlı geçmiştir. Bu rakam kırsalda 20,84 günken, merkezde 18,25 gün olarak belirlenmiştir. Merkez ve kırsal arasında yaklaşık 1,5 gün fark vardır. EKKY'ne göre trend hesaplandığında, azalma trendi bulunmuştur. Eğilim çizgisinin eğimi negatiftir. Azalmanın miktarı 30 yılda yaklaşık 7 gündür. Uşak'da meydana gelen azalma Ege Bölgesi'nde meydana gelen en fazla azalmadır. Buradaki azalmanın nedeni 3b yörüngesinden geçen siklonun Uşak üzerine geldiğinde süresinin ve enerjisinin bitmiş olmasıdır (Ek D.4). Bu nedenle sistem Uşak üzerinde yağış bırakmamaktadır.



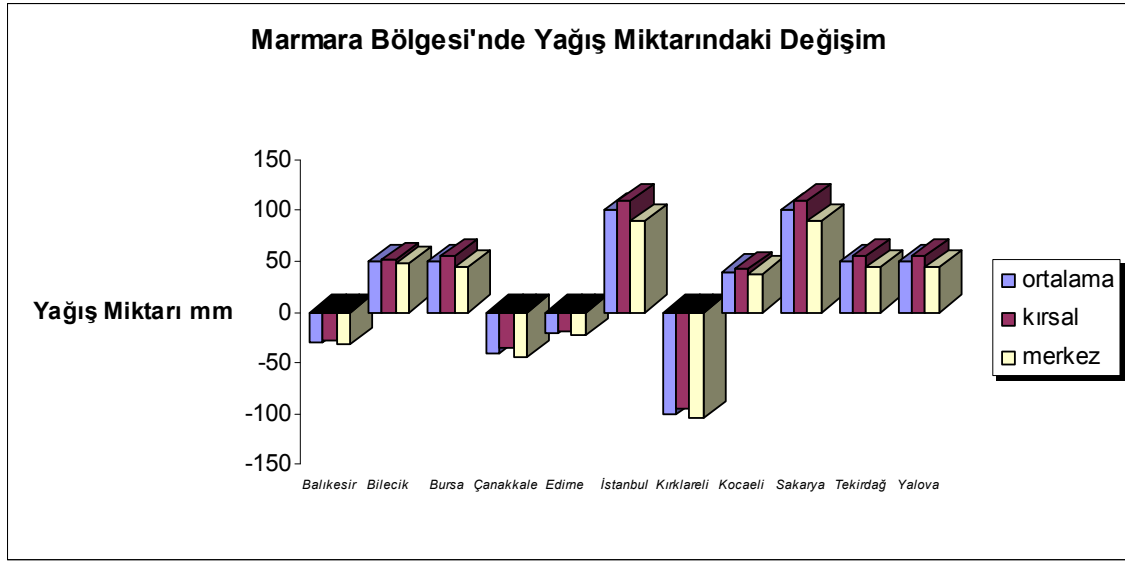
Şekil 4.24: Uşak karlı gün sayısındaki azalma

4.4.2. Yağış Miktarında Meydana Gelen Değişim

Termik santrallerin yoğun olduğu Marmara ve Ege bölgelerindeki yağış miktarında son 30 yılda meydana gelen değişim belirlenmiş, EKKY'ne göre trend analizi yapılmış ve eğilim çizgisi eklenmiştir. Marmara ve Ege bölgelerinde toplam 208 istasyondan veriler alınmıştır. Bu istasyonların 119'u merkezde (30,000 nüfustan fazla yerleşim yerlerinde), 89'u kırsal alanda (30,000 nüfustan az yerleşim yerlerinde) yer almaktadır (Şekil 4.1).

Buna göre istasyonların % 43'ü kırsal alanda yer almaktadır. 30000 nüfustan az yerleşim yerlerinde bulunan istasyonların oranı %43 iken, nüfus ve yerleşimin daha yoğun olduğu ilçelerde bulunan istasyonların oranı %57 olarak belirlenmiştir. Merkeze yakın yerlerdeki istasyonlar şehir ısı adalarının içinde kalacağı ve çalışmanın hassasiyetini etkileyebileceğinden tüm iller için veriler merkez, kırsal ve ikisinin ortalamasından oluşan ortalama değer olmak üzere parametrelerdeki değişim 3 şekilde incelenmiştir. Her bir il için yıllık ortalama yağış miktarları milimetre biriminden ifade edilmektedir. Öncelikle Marmara Bölgesi incelenmiştir. Her il için meydana gelen değişim bir grafikte toplanmış, merkez, kırsal ve ortalamadaki durum belirtilerek yorumlanmıştır. Yağış miktarlarında meydana gelen değişim nedenleri ile birlikte açıklanmıştır. Ardından Ege Bölgesi incelenmiştir. Öncelikle bölge genelinde yağış miktarında meydana gelen değişim il il belirlenmiş ve yorumlanmıştır.

4.4.2.1. Marmara Bölgesi'nde Yağış Miktarında Meydana Gelen Değişim

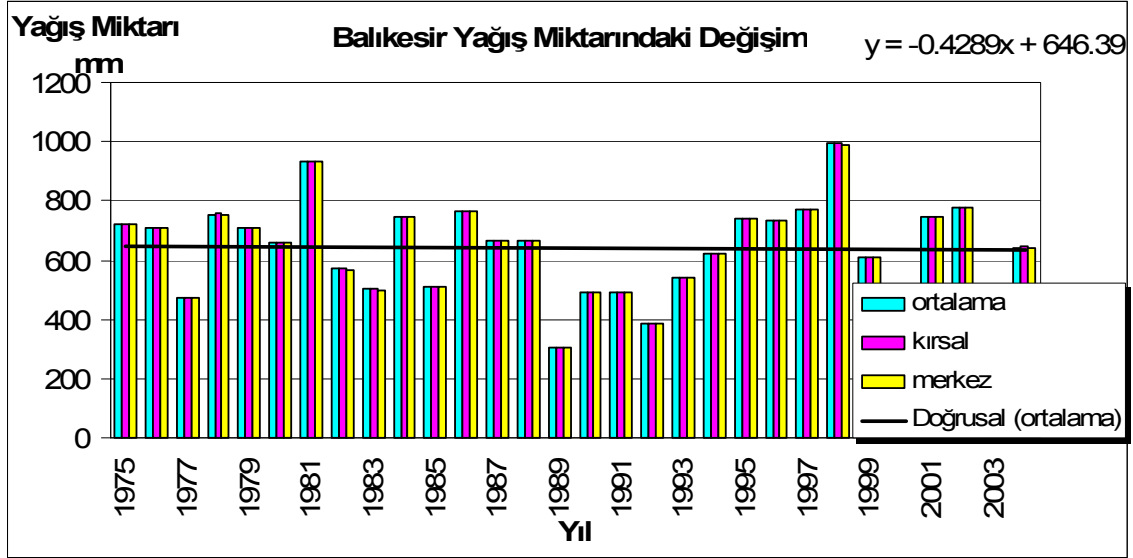


Şekil 4.25: Marmara Bölgesi'nde Yağış Miktarında Meydana Gelen Değişim

Marmara Bölgesi'nde 1970'li yıllardan bu yana ölçülen yağış miktarlarının arttığı belirlenmiştir. DMI'den alınan aylık ve yıllık verilerin ortalamalarına göre, bölge genelinde yağış miktarında 250 mm artış hesaplanmıştır. Son 30 yılda Balıkesir'de yağış miktarı 30 mm azalmış, Bilecik, Bursa, Tekirdağ, Yalova'da 50 mm artış, Çanakkale'de 40 mm azalış, Kocaeli'de 40 mm artış, Edirne'de 20 mm azalış, İstanbul ve Sakarya'da 100 mm artış ve son olarak Kırklareli'de 100 azalış kaydedilmiştir. Bu artış ve azalmaların, kuşkusuz küresel iklim değişimine bağlı yağış paternlerindeki değişimin yanı sıra siklonlardaki değişimler de etkilemiştir. İstanbul'daki artışın nedeni İstanbul'un

2 ve 3a siklonlarının her ikisinden de etkileniyor olmasıdır. Kırklareli, Çanakkale ve Edirne’de yağış miktarında azalma kaydedilmiştir. Sebebi 2 no’lu yörünge üzerinden geçen siklonların sıklığının azalmasıdır (Ek D.2). Diğerleri 3a üzerindedir, öyleyse 3a’da meydana gelen değişim nedeniyle yağış miktarı bu illerde artarken, diğerlerinde azalmıştır. Burada aynı zamanda engellemeleri de incelemek gerekmektedir ancak bu da ayrı bir çalışma konusudur.

4.4.2.1.1. Balıkesir Yağış Miktarındaki Değişim



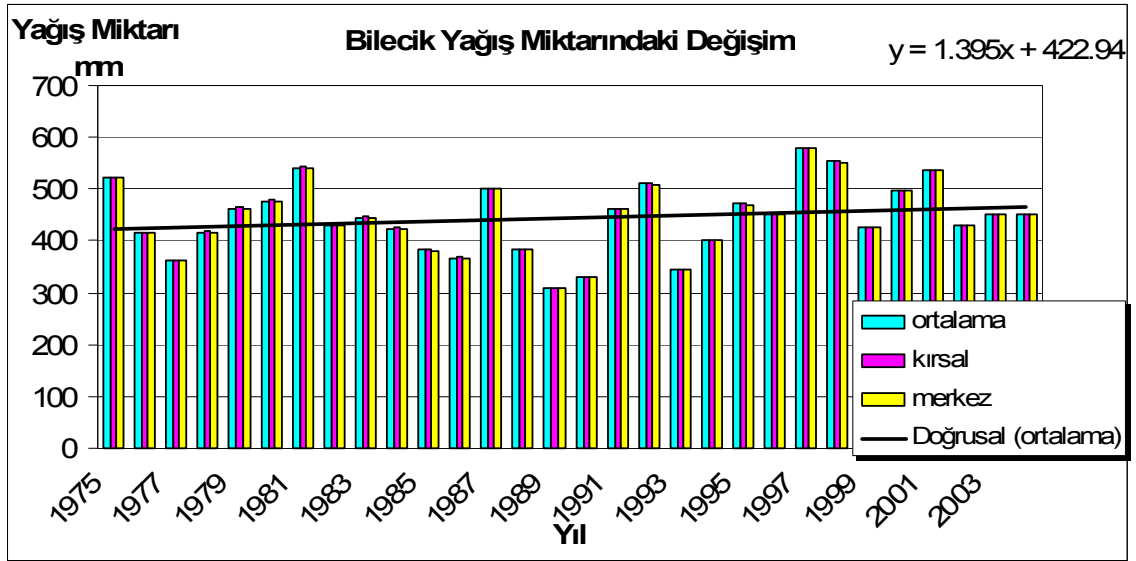
Şekil 4.26: Balıkesir Yağış miktarındaki değişim

Balıkesir’de 1975-2003 yılları arasındaki yağış miktarları incelendiğinde, zaman serisi %95 güven aralığında homojendir (Ek F.5) ve Balıkesir’de son 30 yılda ortalama 30 mm azalma olduğu belirlenmiştir. Ortalama, kırsal ve merkezde ortalamalarda önemli bir fark yoktur. Yıllık yağış miktarı 992-304 mm arasında değişmektedir. Son 30 yılın ortalama yağış miktarı 640 mm dir. Bu değer şehir merkezi ve kırsalda 1 mm değişmektedir. Şekil 4.26’deki eğilim çizgisinin eğimi negatif olduğundan doğru azalan bir doğrudur. Önümüzdeki yıllarda azalmanın az da olsa devam etmesi beklenmektedir.

4.4.2.1.2. Bilecik Yağış Miktarındaki Değişim

Bilecik’te 1975’ten 2003’e kadar olan yağış miktarı incelendiğinde, zaman serisi %95 güven aralığında homojendir (Ek F.5) ve son 30 yılda yağış miktarında 50 mm artış belirlenmiştir. Son 30 yılda ortalama yağış miktarı 444 mm’dir. Kırsal ve merkezde yaklaşık 1 mm lik küçük bir fark vardır. Kırsalda 1 mm daha fazla yağış kaydedilmiştir. Bilecik’te yağış miktarında ölçülen 50 mm’lik artışın birçok nedeni olabilir. İklim

değişimi nedeniyle yağış paternlerinin değişmesi, yağış oluşumunda önemli bir yeri olan yoğunlaşma çekirdeği olarak adlandırılan atmosferik partiküllerin (kirleticilerin) sayısının artması (overfeeding) yada cephesel yağış oluşturan siklonların yine iklim değişimi yada engellemeler nedeniyle yörüngelerini yada oluşum sıklığı yada şiddetlerini değiştirmeleri bu nedenlerden sayılabilir. Nedeni 3b yörüngesinden geçen siklonların bıraktığı yağış miktarıyla alakalıdır. Çünkü 3b yörüngesi üzerindeki tüm illerde yağış miktarının arttığı gözlenmiştir. Bilecik'te ortalama yağış miktarı, 445 mm'dir. Bu değer kırsalda da 445 iken merkezde 444 mm olarak belirlenmiştir. Bilecik'te kaydedilmiş en fazla yağış miktarı yıllık 579 mm iken, en düşük yağış miktarı yıllık 309 mm olarak kaydedilmiştir. Şekil 4.27'den görüldüğü gibi eğilim çizgisinin eğimi pozitifdir. Eğri artan bir eğridir. Dolayısıyla yağış miktarı önümüzdeki yıllarda artacaktır.

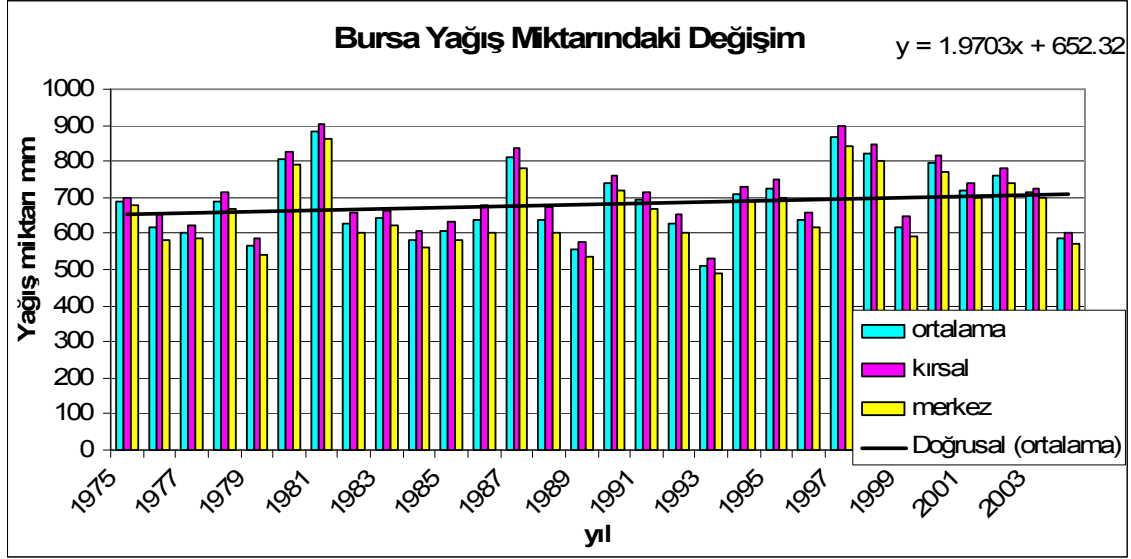


Şekil 4.27: Bilecik Yağış Miktarındaki Değişim

4.4.2.1.3. Bursa Yağış Miktarındaki Değişim

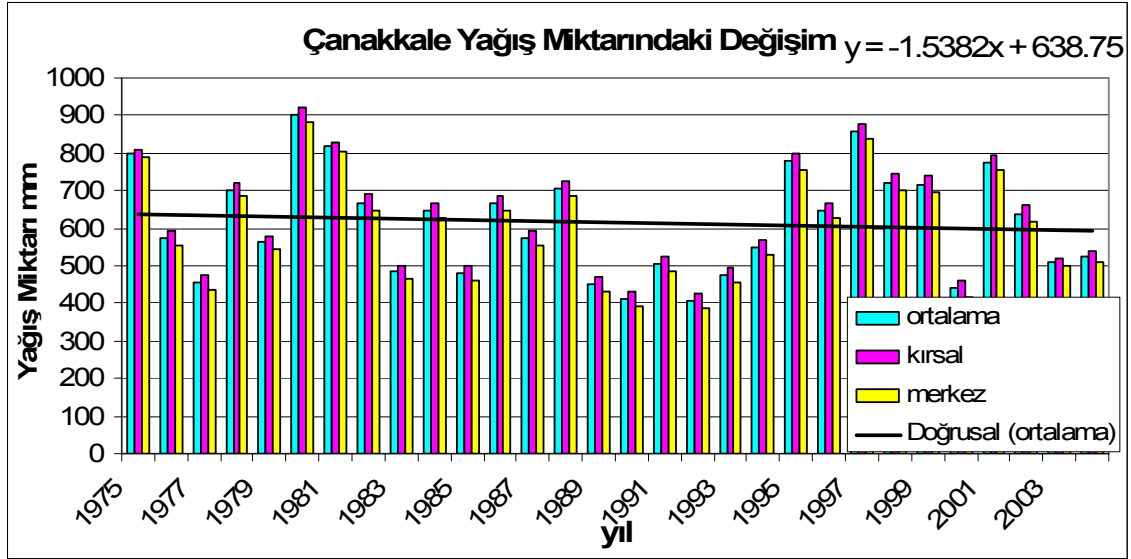
Bursa'da 1975'ten 2003'e kadar olan veriler incelendiğinde, zaman serisi %95 homojendir (Ek F.5). EKKY'ye göre trend analizi yapıp, eğilim çizgisi çizildiğinde, son 30 yılda Bursa'da yağış miktarında 50 mm artış belirlenmiştir. Artışın birçok nedeni olabilir. İklim değişimi nedeniyle yağış paternlerinin değişmesi, yağış oluşumunda önemli bir yeri olan yoğunlaşma çekirdeği olarak adlandırılan atmosferik partiküllerin (kirleticilerin) sayısının artması (overfeeding), yada cephesel yağış oluşturan siklonların yine iklim değişimi yada engellemeler nedeniyle yörüngelerini yada oluşum sıklığı yada şiddetlerini değiştirmeleri bu nedenlerden sayılabilir. Bursa 3b yörüngesi üzerindedir ve yörüngeden geçen siklonların bıraktığı yağış miktarı değişmektedir. 3b yörüngesi üzerindeki tüm illerde yağış miktarının arttığı gözlenmiştir.

Son 30 yılda ortalama 683 mm yağış kaydedilirken, bu rakam kırsalda 706 mm merkezde 659 mm olarak belirlenmiştir. Son 30 yılda kaydedilen maksimum yıllık yağış miktarı 991 mm iken, minimum yağış miktarı 304 mm'dir. Şekil 4.28 incelendiğinden eğri pozitif eğimli olduğundan yağış miktarı artacaktır.



Şekil 4.28: Bursa yağış miktarındaki değişim

4.4.2.1.4. Çanakkale Yağış Miktarındaki Değişim



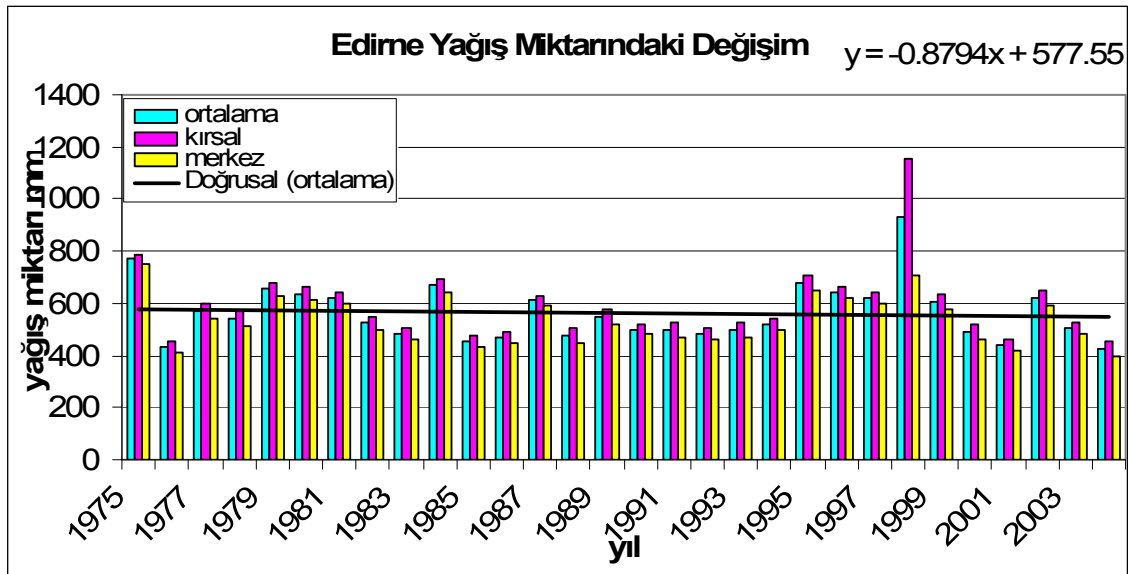
Şekil 4.29: Çanakkale yağış miktarındaki değişim

Çanakkale'de 1975'ten 2003'e kadar, %95 güven aralığında homojen olan veriler incelendiğinde (Ek F.5), son 30 yılda Çanakkale'de yağış miktarının 40 mm azaldığı belirlenmiştir. Azalmanın birçok nedeni olabilir. İklim değişimi nedeniyle yağış paternlerinin değişmesi, yağış oluşumunda önemli bir yeri olan yoğunlaşma çekirdeği olarak adlandırılan atmosferik partiküllerin (kirleticilerin) sayısının artması yada

cephesel yağış oluşturan siklonların yine iklim değişimi nedeniyle oluşum sıklığı yada şiddetlerini değiştirmeleri bu nedenlerden sayılabilir. Çanakkale 2 no'lu yörünge üzerindedir. 2 no'lu yörüngenin oluşum sıklığı azalmıştır, dolayısıyla bıraktığı yağış miktarı da azalmıştır. Şekil 4.29'daki eğilim çizgisinin eğimi negatif olduğundan eğri azalan bir eğridir yani yağış miktarı önümüzdeki yıllarda azalmaya devam edecektir.

4.4.2.1.5. Edirne Yağış Miktarındaki Değişim

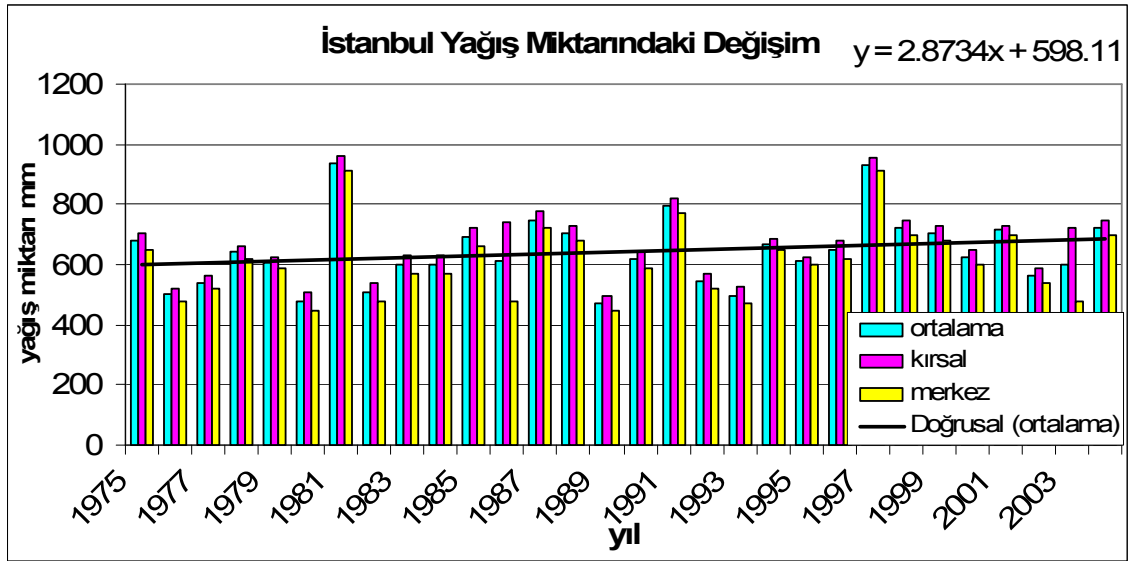
Edirne'den 1975'ten 2005'e kadar olan verilerin zaman serileri %95 güven aralığında homojendir (Ek F.5). EKKY'ne göre eğilim çizgisi çizildiğinde eğim negatif bulunmuştur yani ilde yağış miktarı son 30 yılda yağış miktarında 20 mm azalmıştır. Azalmanın nedenleri arasında, iklim değişimi nedeniyle yağış paternlerinin değişmesi, yağış oluşumunda önemli bir yeri olan yoğunlaşma çekirdeği olarak adlandırılan atmosferik partiküllerin (kirleticilerin) sayısının artması yada cephesel yağış oluşturan siklonların yine iklim değişimi nedeniyle oluşum sıklığı yada şiddetlerini değiştirmeleri bu nedenlerden sayılabilir. 2 no'lu yörüngeden geçen siklonların bıraktığı yağış miktarıyla alakalıdır. Çünkü 2 no'lu yörüngenin oluşum sıklığı azalmıştır, dolayısıyla bıraktığı yağış miktarı da azalmıştır.



Şekil 4.30: Edirne yağış miktarındaki değişim

4.4.2.1.6. İstanbul Yağış Miktarındaki Değişim

İstanbul'dan 1975'ten 2004'e kadar elde edilen verilerin homojenliği %95 güven aralığındadır (Ek F.5). EKKY'ne göre trend belirlenmiş ve eğilim çizgisi çizilmiştir. Eğrinin eğimi negatif olduğundan azalan bir eğridir ve son 30 yılda İstanbul'da yağış miktarında 100 mm artış belirlenmiştir.

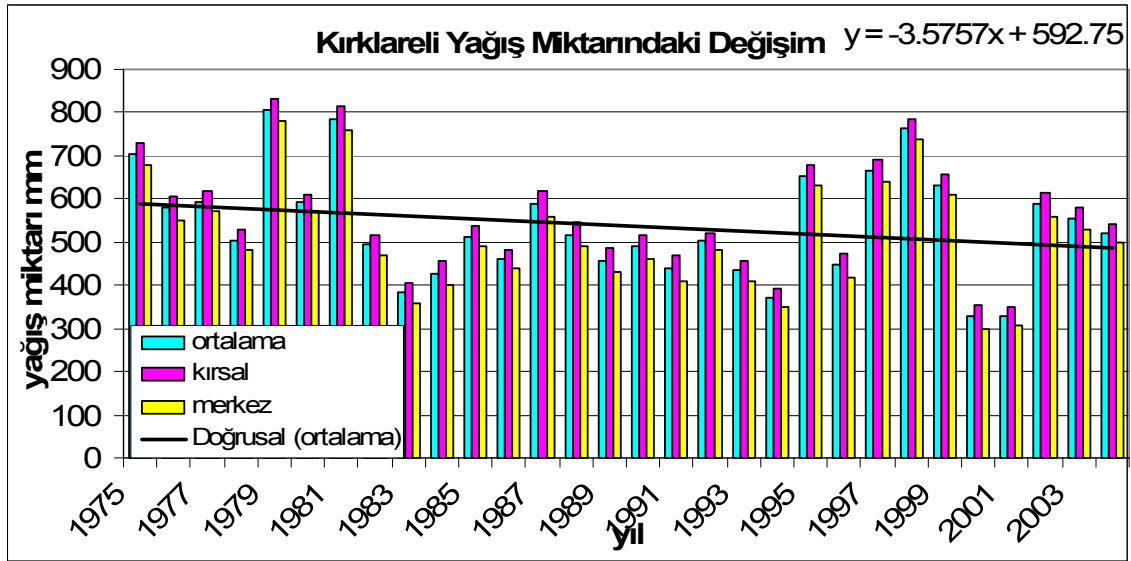


Şekil 4.31: İstanbul yağış miktarındaki değişim

Artışın birçok nedeni olabilir. İklim değişimi nedeniyle yağış paternlerinin değişmesi, yağış oluşumunda önemli bir yeri olan yoğunlaşma çekirdeği olarak adlandırılan atmosferik partiküllerin (kirleticilerin) sayısının artması (overfeeding), yada cephesel yağış oluşturan siklonların yine iklim değişimi yada engellemeler nedeniyle yörüngelerini yada oluşum sıklığı yada şiddetlerini değiştirmeleri bu nedenlerden sayılabilir. İstanbul hem 2 hem 3a yörüngesi üzerinde olduğundan her iki yörünge üzerinden gelen siklonlardan etkilenmektedir. Son 30 yılda meydana gelen ortalama yağış miktarı 643 mm iken, bu değer kırsalda 674 mm, merkezdeyse 612 mm olarak belirlenmiştir. Son 30 yılda yaşanan yıllık maksimum yağış miktarı 936 mm iken, minimum yağış miktarı yıllık 472 mm'dir. Şekil 4.31'deki eğilim çizgisinin eğimi pozitif olduğundan eğri artan bir eğridir ve İstanbul'da yağış miktarının artmaya devam edeceğini göstermektedir.

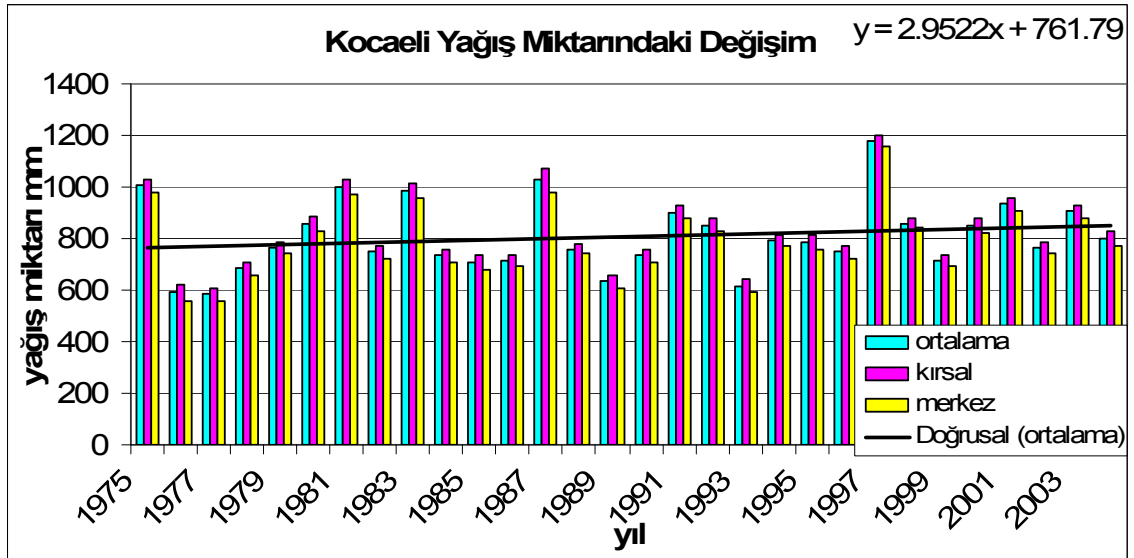
4.4.2.1.7. Kırklareli Yağış miktarındaki Değişim

Kırklareli'de 1975'ten 2004'e kadar elde edilen verilerin homojenliği %95 güven aralığındadır (Ek F.5). EKKY'ne göre trend belirlenmiş (Şekil 4.32) ve son 30 yılda Kırklareli'de yağış miktarında 100 mm azalma belirlenmiştir. Azalmanın birçok nedeni olabilir. İklim değişimi nedeniyle yağış paternlerinin değişmesi, yağış oluşumunda önemli bir yeri olan yoğunlaşma çekirdeği olarak adlandırılan atmosferik partiküllerin (kirleticilerin) sayısının artması yada cephesel yağış oluşturan siklonların yine iklim değişimi nedeniyle oluşum sıklığı yada şiddetlerini değiştirmeleri bu nedenlerden sayılabilir. 2 no'lu yörüngede oluşan siklonların sıklığı azaldığından (Şekil 4.4), yörünge üzerindeki tüm illerde yağış miktarının azaldığı gözlenmiştir.



Şekil 4.32: Kırklareli yağış miktarındaki değişim

4.4.2.1.8. Kocaeli Yağış Miktarındaki Değişim

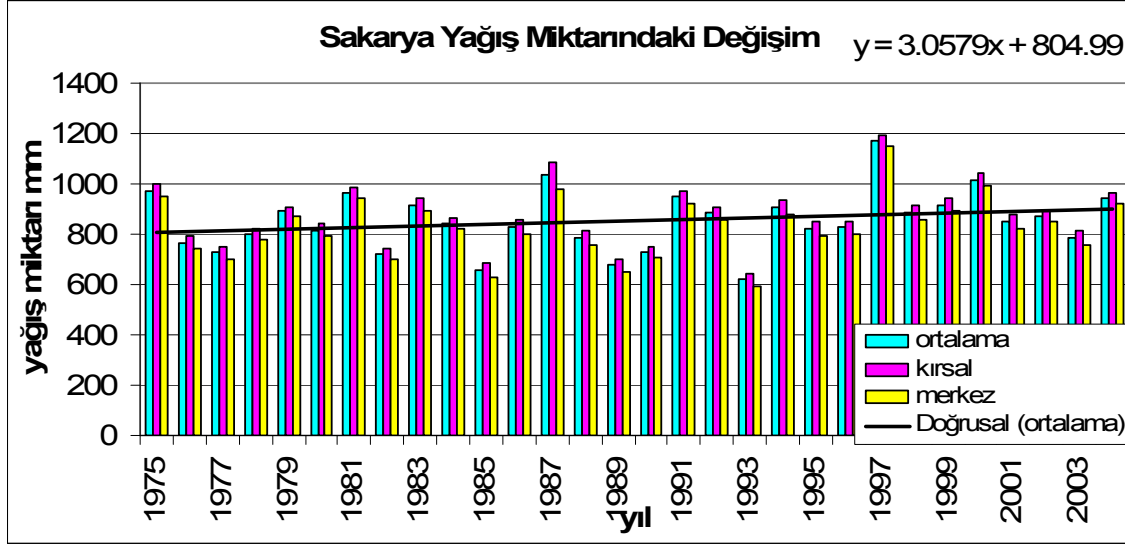


Şekil 4.33: Kocaeli yağış miktarındaki değişim

Kocaeli’de 1975’ten 2004’e kadar olan verilerin homojenliği %95 güven aralığında bulunmuştur (Ek F.5). EKKY’ne göre trend belirlenmiş ve son 30 yılda Kocaeli’de yağış miktarında 40 mm artış kaydedilmiştir. Artışın birçok nedeni olabilir. İklim değişimi nedeniyle yağış paternlerinin değişmesi, yağış oluşumunda önemli bir yeri olan yoğunlaşma çekirdeği olarak adlandırılan atmosferik partiküllerin (kirleticilerin) sayısının artması (overfeeding), ya da cephesel yağış oluşturan siklonların yine iklim değişimi yada engellemeler nedeniyle yörüngelerini yada oluşum sıklığı yada şiddetlerini değiştirmeleri bu nedenlerden sayılabilir.

Kocaeli’de son 30 yılda yıllık ortalama yağış miktarı; 833 mm’dir. İldeki maksimum yağış miktarı 1180 iken, minimum yağış miktarı 583’tür. Eğilim çizgisinin eğimi 2,95522 olduğundan ve bu değer pozitif olduğundan yağış miktarının zamanla artacaktır.

4.4.2.1.9. Sakarya Yağış Miktarındaki Değişim



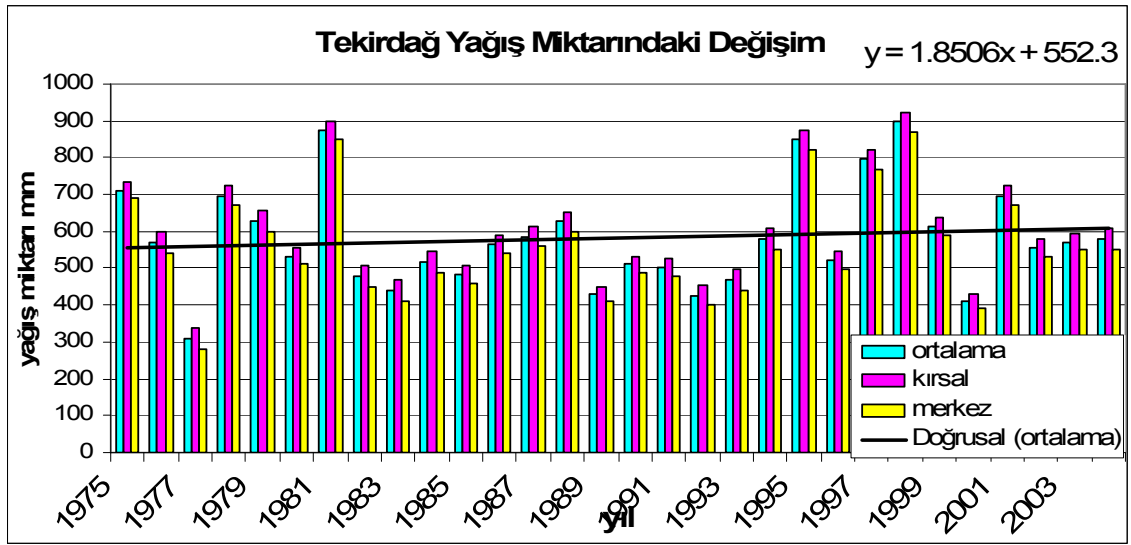
Şekil 4.34: Sakarya yağış miktarındaki değişim

Sakarya’da 1975’ten 2004’e kadar olan verilerin homojenliği %95 olarak belirlenmiştir (Ek F.5). EKKY’ne göre son 30 yılda yağış miktarında yaşanan değişim hesaplanmış, yağış miktarında 100 mm artış belirlenmiştir. Artışın birçok nedeni olabilir. İklim değişimi nedeniyle yağış paternlerinin değişmesi, yağış oluşumunda önemli bir yeri olan yoğunlaşma çekirdeği olarak adlandırılan atmosferik partiküllerin (kirleticilerin) sayısının artması (overfeeding), yada cephesel yağış oluşturan siklonların yine iklim değişimi yada engellemeler nedeniyle yörüngelerini yada oluşum sıklığı yada şiddetlerini değiştirmeleri bu nedenlerden sayılabilir. Ortalama yağış miktarı 852 mm iken, maksimum yağış miktarı 1173 mm, minimum yağış miktarıysa 618 mm’dir. Şekil 4.34’te çizilen eğilim çizgisinin eğimi pozitif olduğundan, eğri artan bir eğridir. Önümüzdeki yıllarda yağış miktarı artmaya devam edecektir.

4.4.2.1.10. Tekirdağ Yağış Miktarındaki Değişim

Tekirdağ’dan 1975’ten 2004’e kadar elde edilen verilerin homojenliği %95 güven aralığında çıkmıştır (Ek F.5). EKKY’ne göre son 30 yılda Tekirdağ’da yağış miktarındaki değişim belirlenmiş ve eğilim çizgisi çizilmiştir. Eğrinin eğimi pozitiftir, bu eğrinin artan bir eğri olduğunu göstermektedir.

Son 30 yılda Tekirdağ'da yağış miktarında 50 mm artış belirlenmiştir. Artışın nedeni iklim değişimi nedeniyle yağış paternlerinin değişmesi, yağış oluşumunda önemli bir yeri olan yoğunlaşma çekirdeği olarak adlandırılan atmosferik partiküllerin (kirleticilerin) sayısının artması (overfeeding), yada cephesel yağış oluşturan siklonların yine iklim değişimi yada engellemeler nedeniyle yörüngelerini yada oluşum sıklığı yada şiddetlerini değiştirmeleri bu nedenlerden sayılabilir. Tekirdağ 2 yörüngesi üzerindedir. 2'den geçen siklonların oluşum sıklığı azalsa da, süreleri uzadığından ve ilk Tekirdağ ve çevrei üzerinden geçtiğinden en çok bu bölgeye yağış bırakmakta ve buna bağlı olarak yağış miktarı artmaktadır. Son 30 yılda ortalama yağış miktarı 581 mm iken, bu değer kırsalda 607 mm'ye çıkmakta, merkezde 555 mm inmektedir. Yine son 30 yılda il genelinde maksimum yağış miktarı 896 mm iken, minimum yağış miktarı 308 mm'dir. Şekil 4.35'ten göüldüğü gibi eğilim çizgisinin eğimi pozitif olduğundan, eğri artan bir eğridir. Yağış miktarı artmaktadır ve önümüzdeki yıllarda ortalamada artmaya devam edecektir.

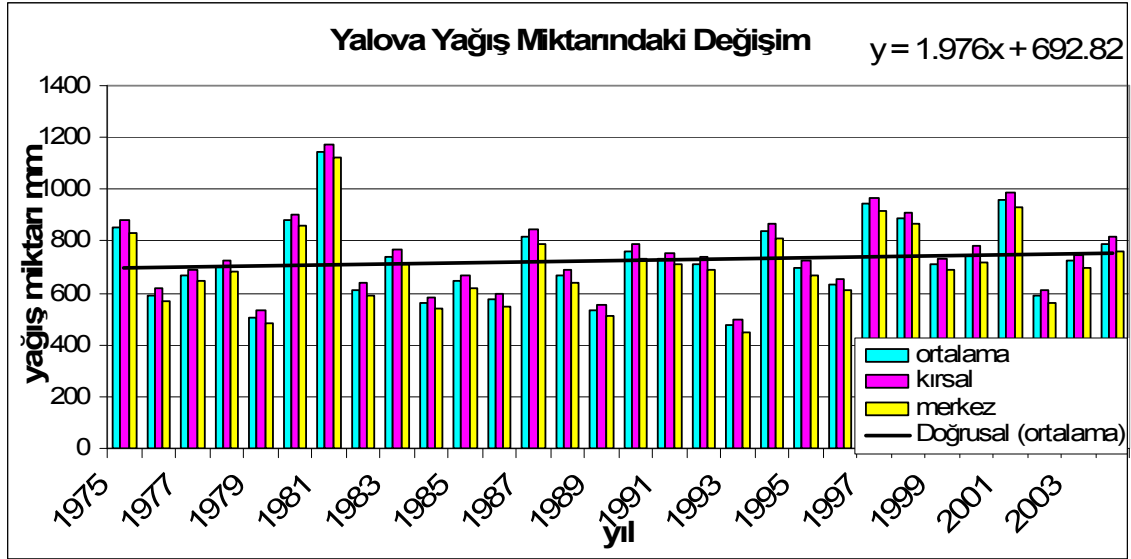


Şekil 4.35: Tekirdağ yağış miktarındaki değişim

4.4.2.1.11. Yalova Yağış Miktarındaki Değişim

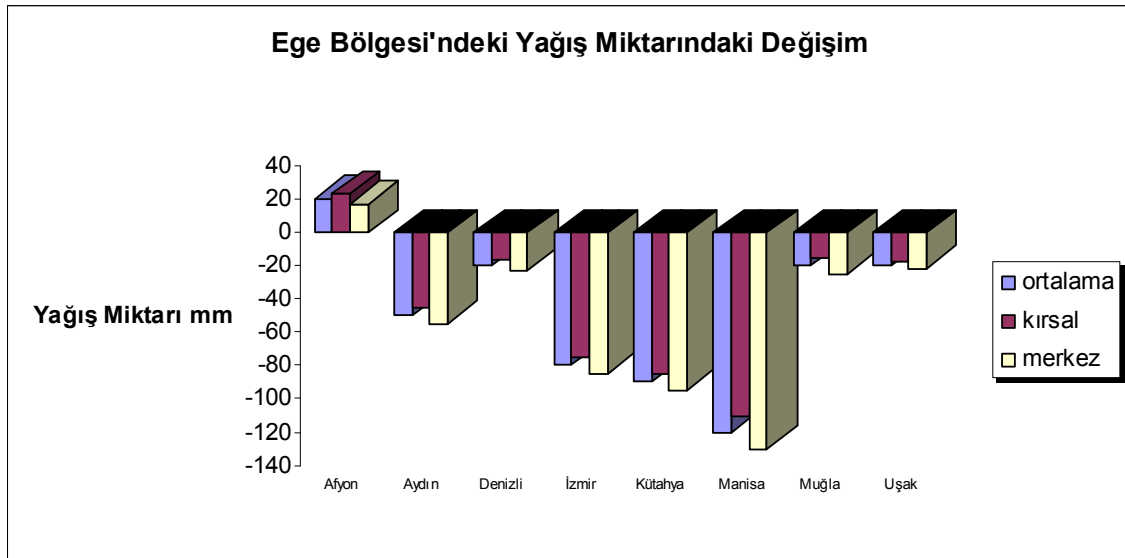
Yalova'da 1975'ten 2004'e kadar elde edilen verilerin homojenliği %95 olarak tesbit edilmiştir (Ek F.5). EKKY'ne göre verilerin değişim trendi belirlenmiş ve son 30 yılda Yalova'da yağış miktarında 50 mm artış belirlenmiştir. Artışın nedeni iklim değişimi nedeniyle yağış paternlerinin değişmesi, yağış oluşumunda önemli bir yeri olan yoğunlaşma çekirdeği olarak adlandırılan atmosferik partiküllerin (kirleticilerin) sayısının artması (overfeeding), yada cephesel yağış oluşturan siklonların yine iklim değişimi yada engellemeler nedeniyle yörüngelerini yada oluşum sıklığı yada şiddetlerini

değiştirmeleri bu nedenlerden sayılabilir. Yalova’da son 30 yılda ortalama yağış miktarı 723,45 mm, iken bu değer kırsalda 748 mm’ye çıkmakta, merkezde ise 698’e inmektedir. Yine son 30 yılda yıllık maksimum yağış miktarı 1146 mm iken, minimum yağış miktarı 473 mm’dir. Şekil 4.36’ya göre eğilim çizgisinin eğimi pozitifdir ve eğri artan bir doğrudur. O nedenle il genelinde ortalama yağış miktarı artmaktadır.



Şekil 4.36: Yalova yağış miktarındaki değişim

4.4.2.2. Ege Bölgesi’nde Yağış Miktarındaki Değişim

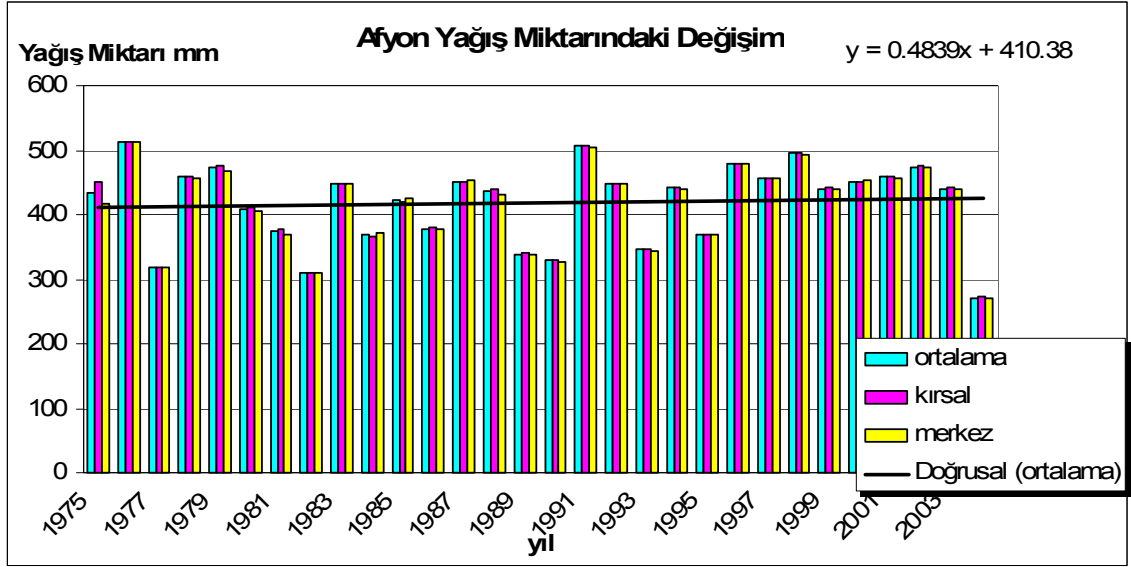


Şekil 4.37: Ege Bölgesi’nde yağış miktarındaki değişim

Ege Bölgesi’nde 1970’li yıllardan bu güne yağış miktarı son 30 yılda ortalama 380 mm azalmıştır. Afyon’da yağış miktarı 20 mm artarken, diğer tüm illerde yağış miktarının azalmıştır. Yağış miktarı; Denizli, Uşak ve Muğla’da 20 mm, Aydın’da 50 mm, İzmir’de 80 mm, Kütahya’da 90 mm, Manisa’da 120 mm azalmıştır. Azalmanın birçok nedeni

olabilir. İklim değişimi nedeniyle yağış paternlerinin değişmesi, yağış oluşumunda önemli bir yeri olan yoğunlaşma çekirdeği olarak adlandırılan atmosferik partiküllerin (kirleticilerin) sayısının artması yada cephesel yağış oluşturan siklonların yine iklim değişimi nedeniyle oluşum sıklığı yada şiddetlerini değiştirmeleri bu nedenlerden sayılabilir.

4.4.2.2.1. Afyon Yağış Miktarındaki Değişim

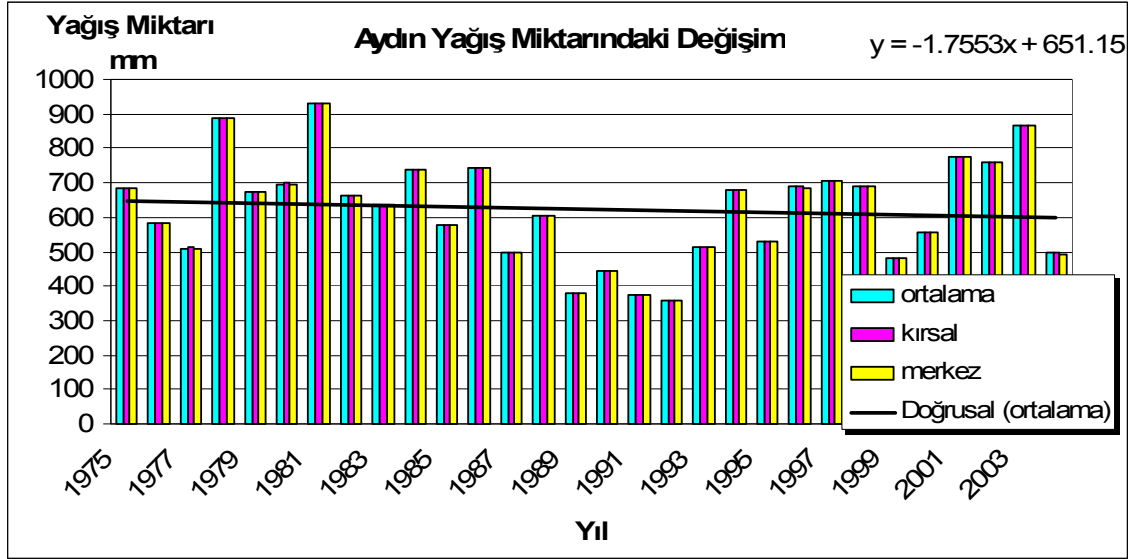


Şekil 4.38: Afyon yağış miktarındaki değişim

Afyon için 1975'ten 2004'e kadar elde edilen verilerin homojenliğinin %95 olduğu hesaplanmıştır (Ek F.6). EKKY'ne göre yapılan trend analizinde son 30 yılda Afyon'da yağış miktarının yaklaşık 20 mm arttığı bulunmuştur. Şekil 4.38'deki eğilim çizgisinin eğimi pozitifdir. Yani eğri artan bir egridir. Afyon'da yağış miktarının artmaya devam edeceğini de göstermektedir. Ege bölgesinde yağış miktarının arttığı tek il Afyon'dur. Artışın nedeni iklim değişimi nedeniyle yağış paternlerinin değişmesi, yağış oluşumunda önemli bir yeri olan yoğunlaşma çekirdeği olarak adlandırılan atmosferik partiküllerin (kirleticilerin) sayısının artması (overfeeding), yada cephesel yağış oluşturan siklonların yine iklim değişimi yada engellemeler nedeniyle yörüngelerini yada oluşum sıklığı yada şiddetlerini değiştirmeleri bu nedenlerden sayılabilir.

Afyon 3b yörüngesi üzerindedir. Azalma 3b yörüngesinden geçen siklonların bıraktığı yağış miktarındaki değişimle alakalıdır. Afyon'da son 30 yılda yıllık ortalama yağış miktarı 418 mm iken, yıllık maksimum yağış miktarı 513 mm, minimum yağış miktarıysa, 271 mm'dir. Yağış miktarı kırsal ve merkezdeki istasyonlarda çok değişmemiştir.

4.4.2.2.2. Aydın Yağış Miktarındaki Değişim

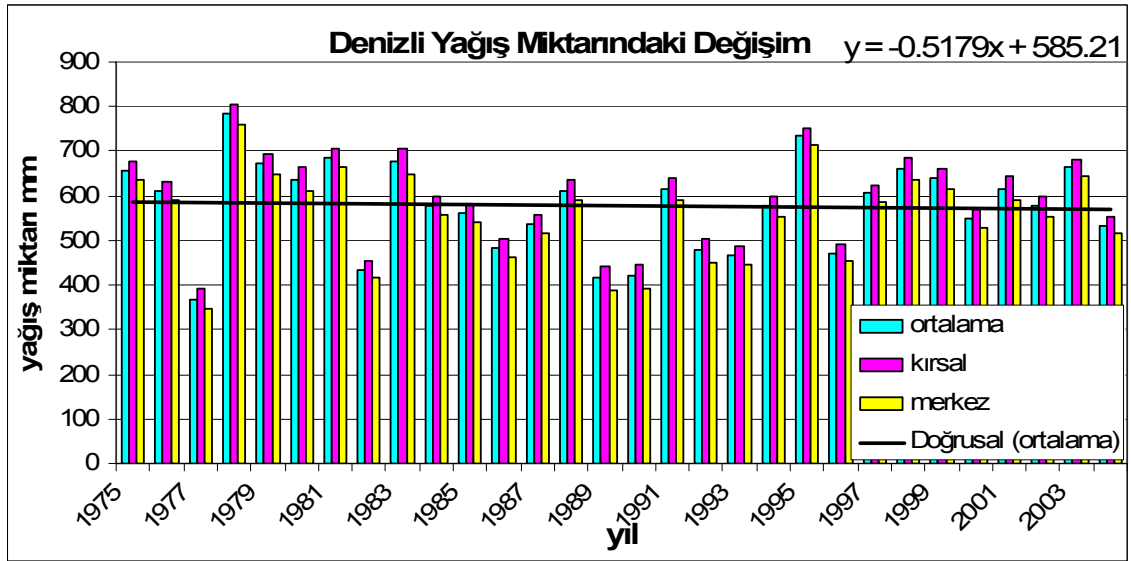


Şekil 4.39: Aydın yağış miktarındaki değişim

Aydın için 1975-2004 arasındaki döneme ait elde edilen verilerin homojenliği %95 güven aralığındadır (Ek F.6). EKKY'ne göre trend belirlenmiş ve eğilim çizgisi çizilmiştir (Şekil 4.39). Son 30 yılda yağış miktarında yaklaşık 50 mm'lik bir azalma belirlenmiştir. Azalmanın birçok nedeni olabilir. İklim değişimi nedeniyle yağış paternlerinin değişmesi, yağış oluşumunda önemli bir yeri olan yoğunlaşma çekirdeği olarak adlandırılan atmosferik partiküllerin (kirleticilerin) sayısının artması ya da cephesel yağış oluşturan siklonların yine iklim değişimi nedeniyle oluşum sıklığı yada şiddetlerini değiştirmeleri bu nedenlerden sayılabilir. Aydın üzerinden 3b yörüngesi geçmektedir. 3b'deki siklonların oluşum sıklığında meydana gelen azalma Aydın'daki yağış miktarında meydana gelen azalmayı açıklamaktadır.

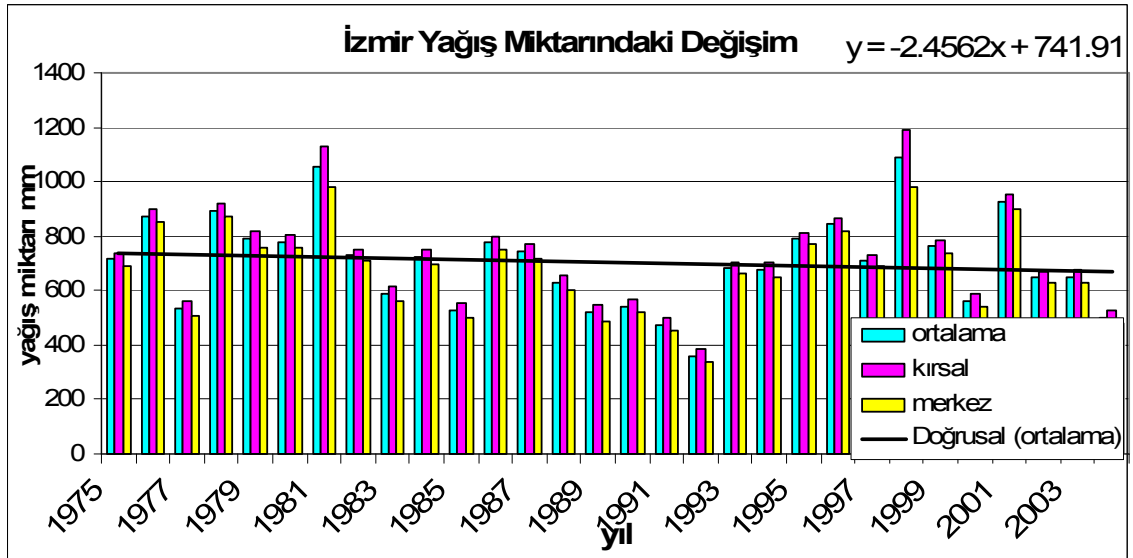
4.4.2.2.3. Denizli Yağış Miktarındaki Değişim

Denizli için 1975-2004 arasındaki döneme ait yağış miktarları verileri temin edilmiş ve zaman serisi %95 homojen olarak hesaplanmıştır (Ek F.6). EKKY'ne göre trend hesaplanmış ve Denizli'de son 30 yılda yağış miktarında yaklaşık 20 mm'lik bir azalma belirlenmiştir. Bunun nedeni 3b yörüngesinden geçen siklonların oluşum sıklığı ve süresinde meydana gelen azalmadır (Ek D.4). son 30 yılda yıllık ortalama yağış miktarı 577 mm iken, maksimum yağış miktarı 783 mm, minimum yağış miktarı 368 mm olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.40'taki eğilim çizgisinin eğimi negatiftir ve eğri azalan bir eğridir. O nedenle Denizli'de yağış miktarı azalmaya devam edecektir.



Şekil 4.40: Denizli yağış miktarındaki değişim

4.4.2.2.4. İzmir Yağış Miktarındaki Değişim

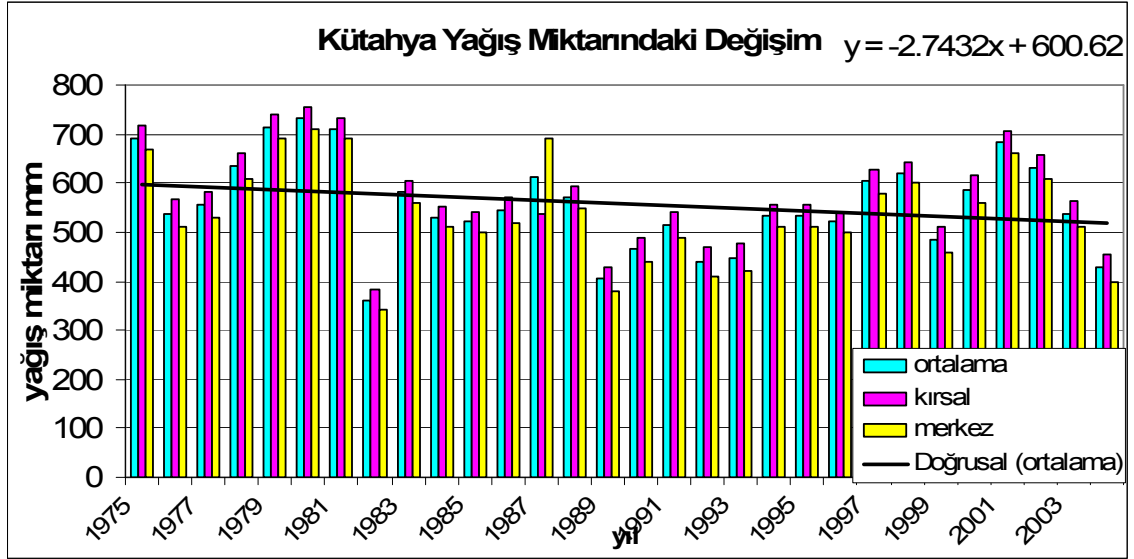


Şekil 4.41: İzmir yağış miktarındaki değişim

İzmir için 1975-2004 arasındaki döneme ait yağış miktarı verileri %95 güven aralığında homojen olduğu hesaplanmıştır (Ek F.6). EKKY'ne göre trend analizi yapılmış ve son 30 yılda yıllık ortalama yağış miktarının 704 mm bu değer kırsalda 733'e çıkarken, merkezde 675 mm'ye inmiştir. Maksimum yağış miktarı 1192 mm iken minimum yağış miktarının 361 mm olduğu belirlenmiştir. Son 30 yılda yağış miktarında yaklaşık 80 mm'lik bir azalma belirlenmiştir. Azalmanın birçok nedeni olabilir. İklim değişimi nedeniyle yağış paternlerinin değişmesi, yağış oluşumunda önemli bir yeri olan yoğunlaşma çekirdeği olarak adlandırılan atmosferik partiküllerin sayısının artması ya da cephesel yağış oluşturan siklonların iklim değişimiyle oluşum sıklığı ve şiddeti değişebilir.

İzmir nüfusu hızla artan bir kent, buna bağlı olarak betonlaşma ve orman tahribatı da giderek artmaktadır. Atmosfere salınan kirleticiler yağış oluşumunda aşırı beslemeye neden olduğundan yağış miktarında azalmaya neden olmuştur. Ayrıca İzmir üzerinden 3b yörüngesi geçmektedir. 3b yörüngesinden geçen siklonların sayısı ve süreleri kısaldığından (Ek D.4) yağış miktarı azalmaktadır.

4.4.2.2.5. Kütahya Yağış Miktarındaki Değişim



Şekil 4.42: Kütahya yağış miktarındaki değişim

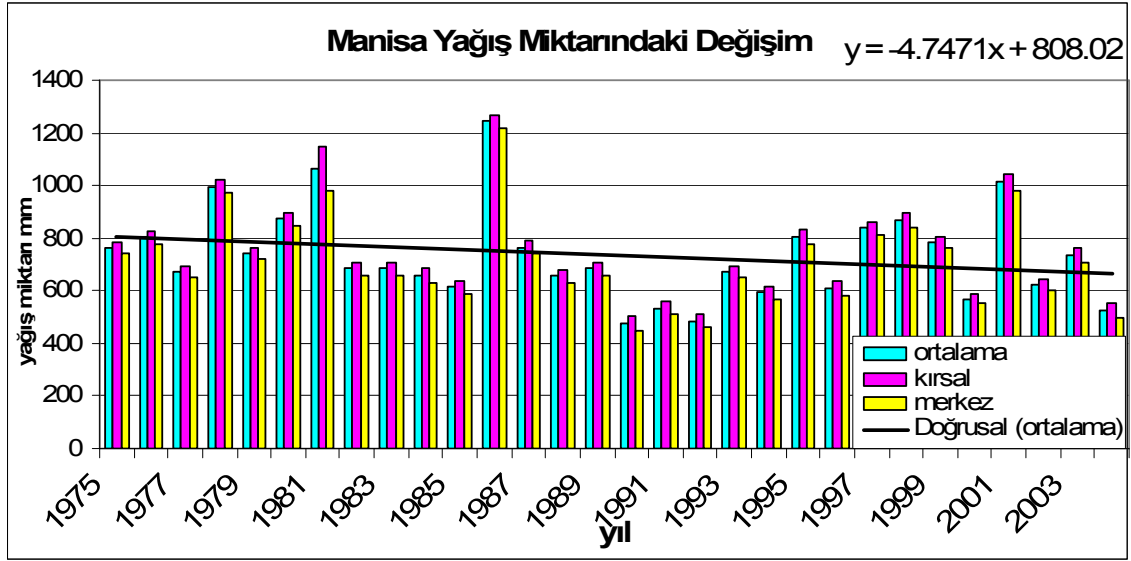
Kütahya için 1975-2004 arasındaki döneme ait yağış miktarı verilerinin homojenliğinin %95 güven aralığında olduğu hesaplanmıştır (Ek F.6). İl genelinde son 30 yılda yıllık ortalama yağış miktarı 558 mm'dir. Maksimum yağış miktarı 733 iken, minimum yağış miktarı 361 mm'dir.

EKKY'ne göre trend analizi yapılmış ve eğilim çizgisi belirlenmiştir. Son 30 yılda meydana gelen yağış miktarında yaklaşık 90 mm'lik bir azalma belirlenmiştir. Azalmanın birçok nedeni olabilir.

İklim değişimi nedeniyle yağış paternlerinin değişmesi, yağış oluşumunda önemli bir yeri olan yoğunlaşma çekirdeği olarak adlandırılan atmosferik partiküllerin (kirleticilerin) sayısının artması yada cephesel yağış oluşturan siklonların yine iklim değişimi nedeniyle oluşum sıklığı yada şiddetlerini değiştirmeleri bu nedenlerden sayılabilir. Kütahya üzerinden 3b yörüngesi geçmektedir. 3b yörüngesinden geçen siklonların sayıları ve sıklığı azaldığından, Kütahya'da yağış miktarının azalması etkilenmiştir. Şekil 4.42'de eğilim çizgisinin eğimi negatif olduğundan, eğri azalan bir eğridir denir ve Kütahya'da önümüzdeki yıllarda yağışın daha da azalması beklenmektedir.

4.4.2.2.6. Manisa Yağış Miktarındaki Değişim

Manisa için 1975-2004 arasındaki döneme ait yağış miktarları temin edilmiştir. Zaman serisinin homojenliği %95 güven aralığındadır (Ek F.6). Manisa’da son 30 yılda yıllık ortalama yağış miktarı 734 mm olarak belirlenmiştir. Bu değer kırsalda 761’e çıkarken, merkezde 707 mm’ye inmiştir. İl genelinde son 30 yılda yaşanan yıllık maksimum yağış miktarı 1243 mm iken minimum yağış miktarı 476 mm olarak hesaplanmıştır. EKKY’ne göre trend analizi yapılmış ve son 30 yılda yağış miktarında yaklaşık 120 mm’lik bir azalma belirlenmiştir. Ege bölgesi’ndeki en fazla azalma Manisa’da yaşanmıştır. Azalmanın birçok nedeni olabilir. İklim değişimi nedeniyle yağış paternlerinin değişmesi, yağış oluşumunda önemli bir yeri olan yoğunlaşma çekirdeği olarak adlandırılan atmosferik partiküllerin (kirleticilerin) sayısının artması ya da cephesel yağış oluşturan siklonların yine iklim değişimi nedeniyle oluşum sıklığı yada şiddetlerini değiştirmeleri bu nedenlerden sayılabilir. Manisa 3b üzerindedir. 3b yörüngesinden geçen siklonların oluşum sıklığının ve süresinin azalması ve sistemin Manisa’ya gelinceye kadar ömrünü ve enerjisini tüketmesi Manisa’daki yağış miktarındaki azalmayı artırmıştır.

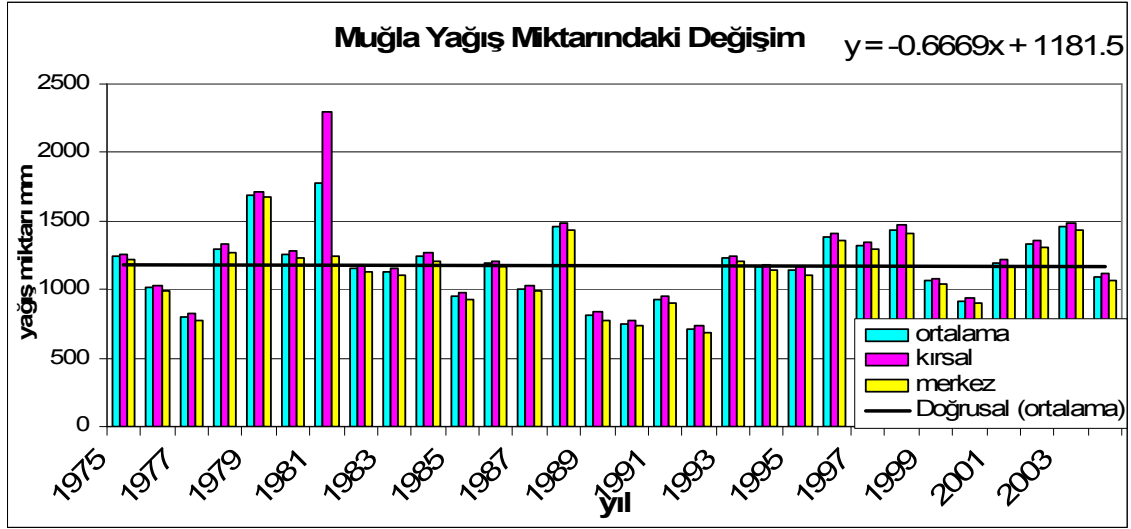


Şekil 4.43: Manisa yağış miktarındaki değişim

4.4.2.2.7. Muğla Yağış Miktarındaki Değişim

Muğla için 1975-2004 arasındaki döneme ait homojen yağış miktarı verileri temin edilmiştir (Ek F.6). Son 30 yılda ortalama yağış miktarı 1171 mm, maksimum yağış miktarı 1770 mm, minimum yağış miktarıysa 713 mm olarak belirlenmiştir. EKKY’ne göre yapılan trend analizinin sonucu olarak son 30 yılda yağış miktarında yaklaşık 20 mm’lik bir azalma belirlenmiştir. Azalmanın birçok nedeni olabilir. İklim değişimi

nedeniyle yağış paternlerinin değişmesi, yağış oluşumunda önemli bir yeri olan yoğunlaşma çekirdeği olarak adlandırılan atmosferik partiküllerin (kirleticilerin) sayısının artması yada cephesel yağış oluşturan siklonların yine iklim değişimi nedeniyle oluşum sıklığı yada şiddetlerini değiştirmeleri bu nedenlerden sayılabilir.



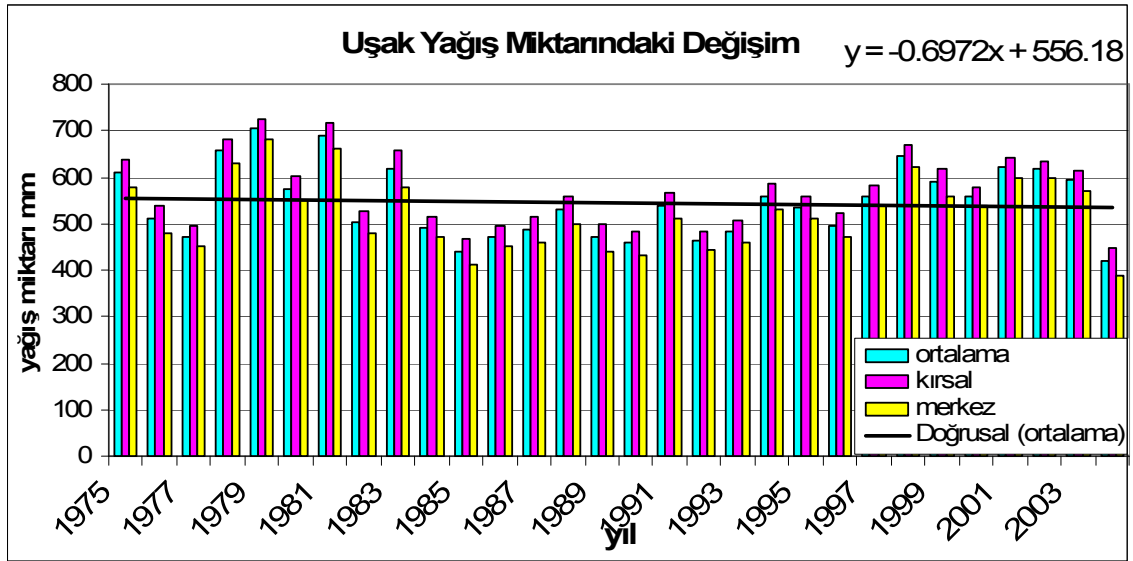
Şekil 4.44: Muğla yağış miktarındaki değişim

4.4.2.2.8. Uşak Yağış Miktarındaki Değişim

Uşak için 1975-2004 arasındaki döneme ait yağış miktarları temin edilmiştir. Bu verilerin homojenliği %95 güven aralığında homojen olarak bulunmuştur (Ek F.6). Son 30 yılda ortalama yıllık yağış miktarı 545 mm, kırsalda 570 mm ve merkezde 519 mm olarak ölçülmüştür. EKKY'ne göre yapılan trend analizi son 30 yılda yağış miktarında yaklaşık 20 mm'lik bir azalma belirlenmiştir.

Şekil 4.45'e göre eğilim çizgisinin eğimi negatiftir yani yağış miktarı azalmaktadır ve azalma trendi devam edecektir. Azalmanın birçok nedeni olabilir. İklim değişimi nedeniyle yağış paternlerinin değişmesi, yağış oluşumunda önemli bir yeri olan yoğunlaşma çekirdeği olarak adlandırılan atmosferik partiküllerin (kirleticilerin) sayısının artması ya da cephesel yağış oluşturan siklonların yine iklim değişimi nedeniyle oluşum sıklığı yada şiddetlerini değiştirmeleri bu nedenlerden sayılabilir.

Bunun yanı sıra 3b yörüngesi üzerinde olduğundan 3b deki siklon oluşum sıklığının ve süresinin azalması da Uşak'taki yağış miktarında yaşanan azalmayı tetiklemektedir. Yağış kırsal alanda daha fazla miktarda ölçülmüş ancak merkezdeki istasyonlarda yağış miktarının daha düşük ölçüldüğü gözlenmiştir. Bunun en büyük nedeni şehirleşme, şehir ısı adalarıdır.



Şekil 4.45: Uşak yağış miktarındaki değişim

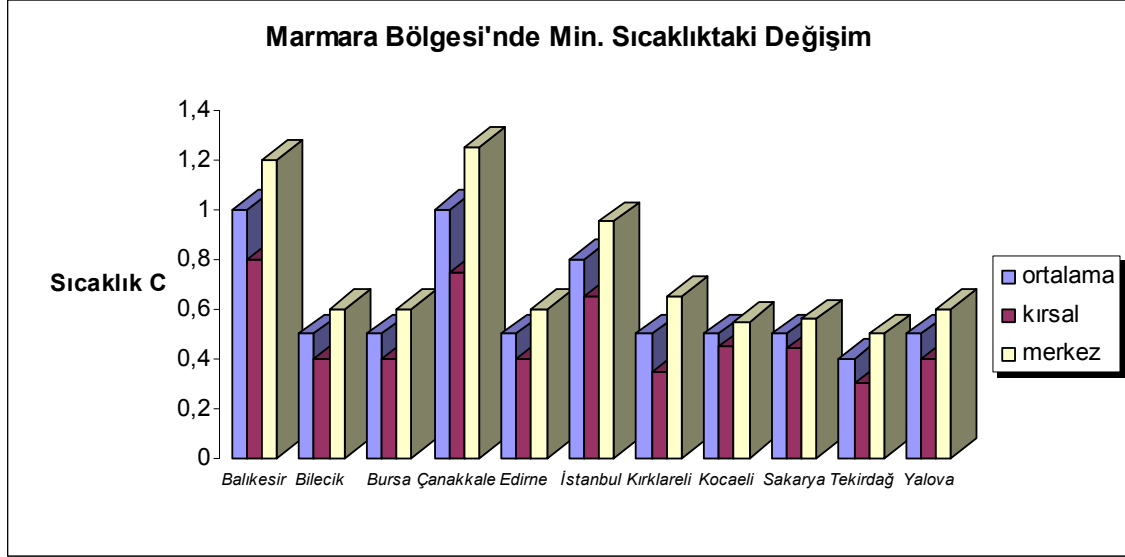
4.4.3. Minimum Sıcaklıkta Meydana Gelen Değişim

Termik santrallerin yoğun olduğu Marmara ve Ege bölgelerindeki sıcaklıkta son 30 yılda meydana gelen değişim trend analizi yapılarak belirlenmiştir. Marmara ve Ege bölgelerinde toplam 208 istasyondan veriler alınmıştır. Bu istasyonların 119'u merkezde (30,000 nüfustan fazla yerleşim yerlerinde), 89'u kırsal alanda (30,000 nüfustan az yerleşim yerlerinde) yer almaktadır (Şekil 4.1). Buna göre istasyonların % 43'ü kırsal alanda yer almaktadır. 30000 nüfustan az yerleşim yerlerinde bulunan istasyonların oranı %43 iken, nüfus ve yerleşimin daha yoğun olduğu ilçelerde bulunan istasyonların oranı %57 olarak belirlenmiştir. Merkeze yakın yerlerdeki istasyonlar şehir ısı adalarının içinde kalacağı ve çalışmanın hassasiyetini etkileyebileceğinden tüm iller için veriler merkez, kırsal ve ikisinin ortalamasından oluşan ortalama değer olmak üzere parametrelerdeki değişim 3 şekilde incelenmiştir. 1970'lerden bu yana yaşanan değişim hesaplanıp, grafik haline getirilmiştir.

İklim değişimini değerlendirecek kadar uzun (en az 30 yıl) veriler incelenmiştir. Bulunan sonuçlar daha önce literatür kısmında ortaya konan sonuçlarla paralellik göstermektedir. İklim değişimi için önemli bir parametre olan minimum sıcaklık, güneşin etkisinden bağımsız, sadece atmosferdeki sera gazlarının tuttuğu sıcaklığı ölçmek açısından önemlidir. Her iki bölge için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Öncelikle Marmara Bölgesi için hazırlanmıştır. Her il için yıllık sıcaklık değişimlerinin EKKY'ne göre trendleri grafik haline getirilmiştir. Öncelikle iller bazında meydana gelen değişim irdelenmiş ve yorumlanmış, daha sonra bölgedeki tüm iller teker teker irdelenmiş ve yorumlanmıştır.

Aynı adımlar bu kez Ege Bölgesi için de uygulanmıştır. Her bir il için sıcaklık değişimleri belirlenmiş, trend analizleri çıkarılmıştır. Önce bölgedeki illerde meydana gelen değişim gösterilmiş ve yorumlanmış, daha sonra her ilde meydana gelen değişimler tek tek irdelenmiş sebepleri belirtilerek yorumlanmıştır.

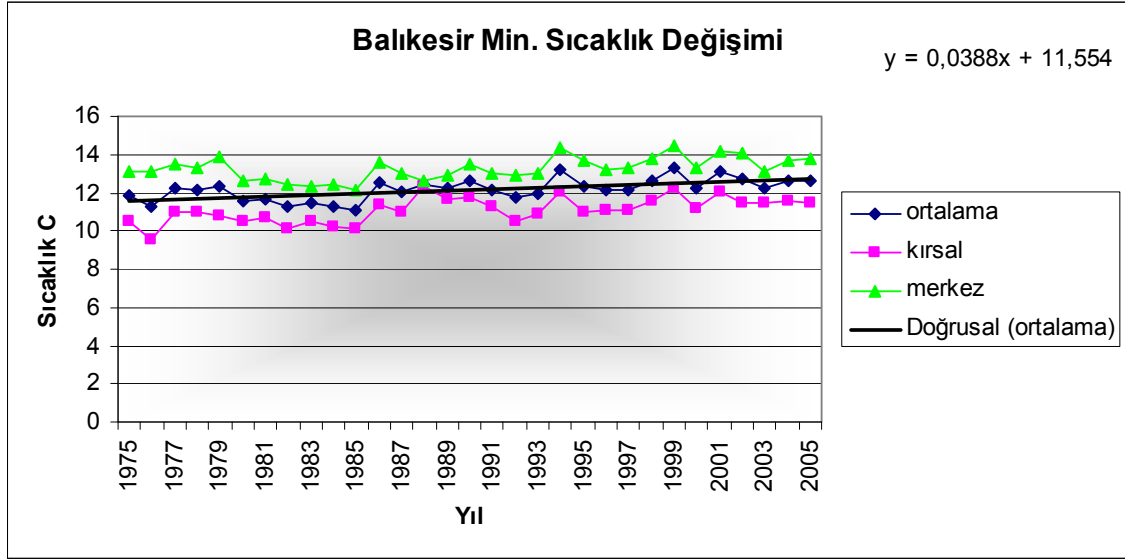
4.4.3.1. Marmara Bölgesi'nde Min. Sıcaklıkta Meydana Gelen Değişim



Şekil 4.46: Marmara Bölgesi'ndeki illerde min. sıcaklıkta meydana gelen değişim

Marmara Bölgesi'nde en düşük sıcaklık için yapılan ölçümlere göre, bölgedeki tüm illerde sıcaklık artışı tespit edilmiştir. DMİ'den min. sıcaklık verileri alınmış ve zaman serileri %95 güven aralığında homojen olarak belirlenmiştir. EKKY'ne göre min. sıcaklık için yapılan trend alanlizi sonucu, bölgedeki tüm illerde sıcaklık artışı tespit edilmiştir. 0,2-1°C arasında değişen ortalama 0,61 °C sıcaklık artışı belirlenmiştir. Sıcaklık artışının en yüksek olduğu il 1 derece ile Çanakkale ve Balıkesir iken, İstanbul'da artış 0,8 derece, Bilecik, Bursa, Edirne, Kırklareli, Kocaeli, Sakarya ve Yalova'da 0,5 derece olarak ölçülmüştür. Bölgedeki en düşük sıcaklık artışının yaşandığı il 0,4 derece ile Tekirdağ'dır. Bölgede sıcaklıklardaki yükselme, küresel iklim değişiminden kaynaklanan sıcaklık artışı, şehirleşme ve artan nüfus, atmosfere salınan emisyonlardaki artış, orman tahribatı vb nedenlerle meydana gelmektedir. Artışın fazla olduğu illerden Çanakkale'de atmosfere salınan sera gazı emisyonlarının artması, Balıkesir'deyse karasallık etkisinin fazla oluşu gösterilmektedir. Karasallık indeksi haritasına bakıldığında (Ek E.1) en yüksek karasallığın Balıkesir'de olduğu açıkça gözlenmektedir. Bu nedenle Balıkesir'de sıcaklık artışı Marmara Bölgesi'ndeki diğer illerden daha fazladır.

4.4.3.1.1. Balıkesir Min. Sıcaklıktaki Değişim

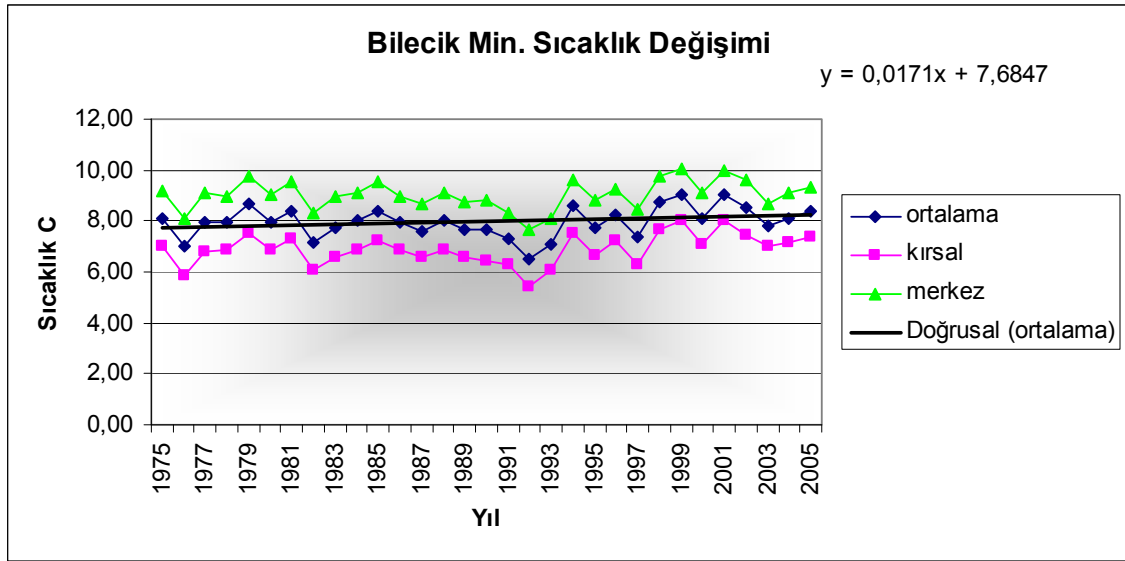


Şekil 4.47: Balıkesir min. sıcaklıkta meydana gelen değişim

Bölgedeki en yüksek sıcaklık artışı 1 derece ile Balıkesir’de gerçekleşmiştir (Şekil 4.47). Sıcaklıktaki yükselme, küresel iklim değişiminden kaynaklanan sıcaklık artışı, şehirleşme ve artan nüfus, artan emisyonlar, orman tahribatı vb nedenlerin yanı sıra, Balıkesir’deki artışın diğer illerden fazla olmasının nedeni; karasallığın en yüksek olduğu ilin Balıkesir olmasıdır. Karasallık indeksi haritasına bakıldığında (Ek E.1); Marmara Bölgesi’ndeki en yüksek karasallığın Balıkesir’de olduğu açıkça gözlenmektedir. Bu nedenle Balıkesir’de sıcaklık artışı Marmara Bölgesi’ndeki diğer illerden daha fazladır. Şekil 4.47’ye göre eğilim çizgisinin eğimi pozitiftir ve eğri artan bir eğridir. Yani Balıkesir’de minimum sıcaklık önümüzdeki yıllarda artmaya devam edecektir.

4.4.3.1.2. Bilecik Min. Sıcaklıktaki Değişim

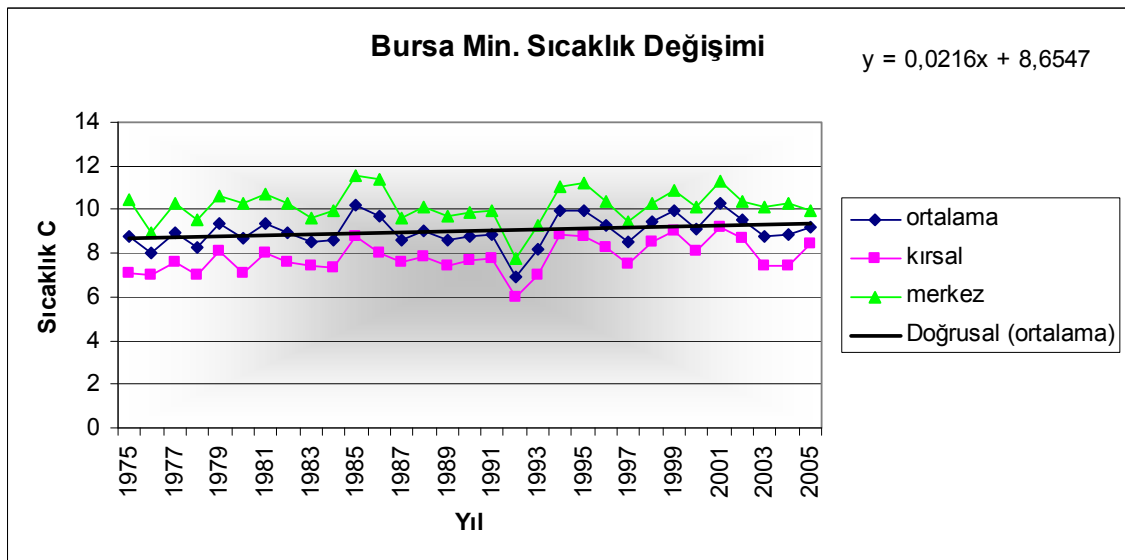
Son 30 yılda yapılan ölçümlerde Bilecik’te sıcaklık artışı ortalama 0,5 derece olarak belirlenmiştir (Şekil 4.48). Bu artış oranı bölge ortalamasında bir artış olduğundan; sıcaklıktaki yükselmenin nedenini küresel iklim değişimiyle açıklayabilir. Elbette bu artışı şehirleşme ve artan nüfus, artan emisyonlar, orman tahribatı gibi etkenler de tetikleyici unsurlardan bazıları olarak sayılabilir. Ancak Bilecik İstanbul, Kocaeli gibi illerle kıyaslandığında nüfus artışı, sanayileşme gibi etkenlerden daha az etkilenmiş olacağını düşünürsek, iklim değişiminden kaynaklanan sıcaklık artışı miktarını 0,5 derece olarak kabul edebiliriz.



Şekil 4.48: Bilecik min. sıcaklıktaki değişim

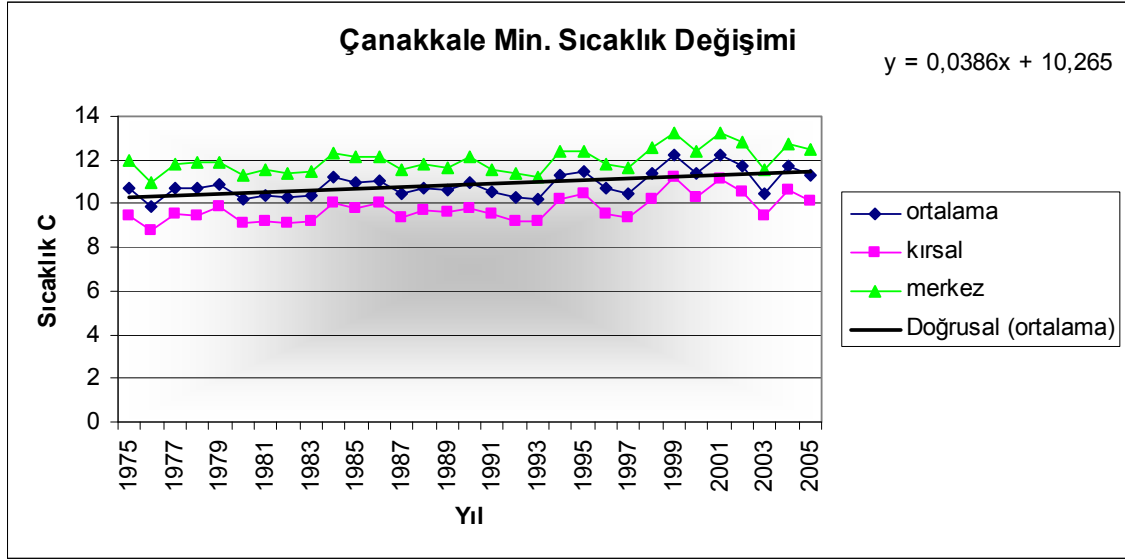
4.4.3.1.3. Bursa Min. Sıcaklıktaki Değişim

Son 30 yılda yapılan ölçümlerde Bursa’da sıcaklık artışı ortalama 0,5 derece olarak belirlenmiştir (Şekil 4.49). Sıcaklıktaki artışın nedeni küresel iklim değişimi ile açıklanmaktadır. Şehirleşme, artan nüfus, artan emisyonlar, orman tahribatı gibi etkenler de sıcaklık artışına kuşkusuz etki etmektedir, ancak bölgede genel olarak iklim değişiminden kaynaklanan 0,5 derecedil bir artış olduğundan Bursa için de iklim değişiminden kaynaklanan sıcaklık artışının yaklaşık 0,5 derece olarak kabul edebiliriz. Eğilim çizgisi pozitif olduğundan eğri artan eğridir yani sıcaklıklar önümüzdeki yıllarda artmaya devam edecektir.



Şekil 4.49: Bursa min. sıcaklıktaki değişim

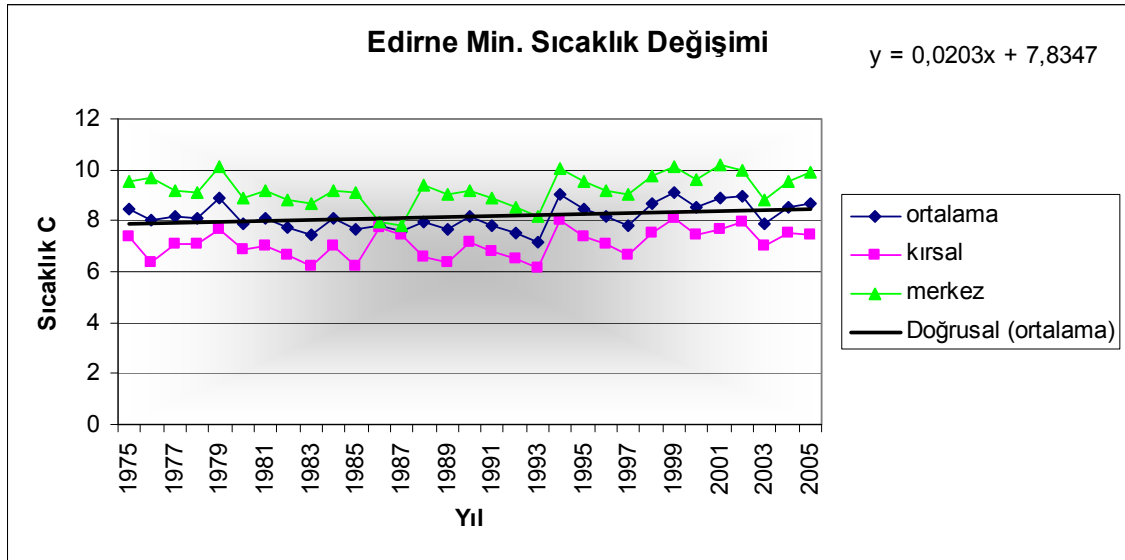
4.4.3.1.4. Çanakkale Min Sıcaklıktaki Değişim



Şekil 4.50: Çanakkale min. sıcaklıktaki değişim

Son 30 yılda yapılan ölçümlerde Çanakkale’de sıcaklık artışı ortalama yaklaşık 1 derece olarak belirlenmiştir (Şekil 4.50). Sıcaklıktaki yükselmenin nedeni, küresel iklim değişimi, şehirleşme ve artan nüfus, artan emisyonlar ve orman tahribatı gibi etkenlerdir. Son yıllarda Çanakkale’de termik santrallerin sayısı artmış olması da sıcaklık artışını desteklemektedir.

4.4.3.1.5. Edirne Min. Sıcaklıktaki Değişim

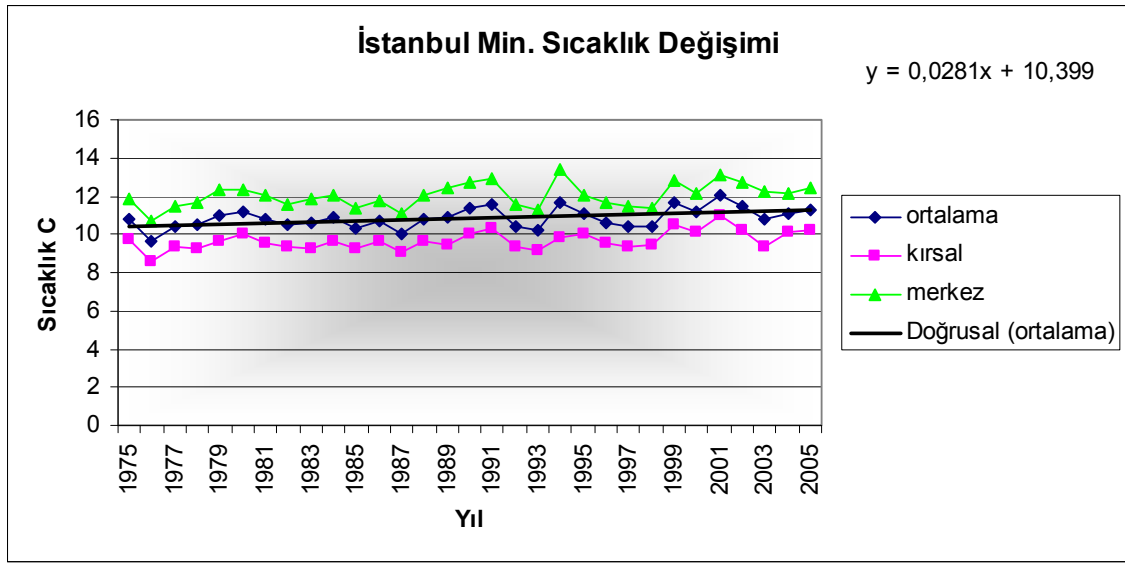


Şekil 4.51: Edirne min. sıcaklıktaki değişim

Son 30 yılda yapılan ölçümlerde Edirne’de sıcaklık artışı ortalama yaklaşık 0,5 derece olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.51). Bu artış, bölge ortalamasına yakın olduğundan sıcaklıktaki yükselmenin nedenini küresel iklim değişimine bağlamaktayız.

Edirne’de son 30 yılda yaşanan şehirleşme, artan nüfus, artan emisyonlar, orman tahribatı gibi etkenler hava sıcaklığını artırıcı etki yapmıştır. Ancak bölge genelinde yaşanan sıcaklık artışının asıl nedeni küresel iklim değişiminden kaynaklanan sıcaklık artışı olduğu için, Edirne’nin bu artıştan etkilenmemesi mümkün değildir.

4.4.3.1.6. İstanbul Min Sıcaklıktaki Değişim

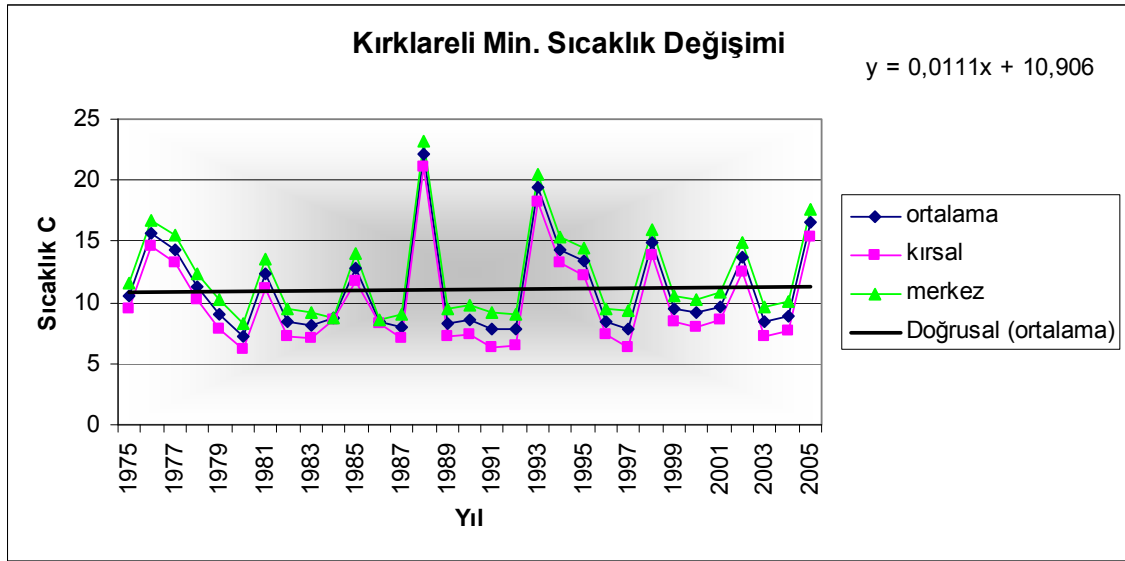


Şekil 4.52: İstanbul min. sıcaklıktaki değişim

Son 30 yılda yapılan ölçümlerde İstanbul’da min. sıcaklıkta artış miktarı ortalama yaklaşık 0,8 derece olarak belirlenmiştir (Şekil 4.52). Bu artış oranı bölge ortalamasına yakın bir artış olduğundan; sıcaklıktaki yükselmenin nedeni, küresel iklim değişimi, şehirleşme ve artan nüfus, artan emisyonlar, orman tahribatı gibi etkenlerdir.

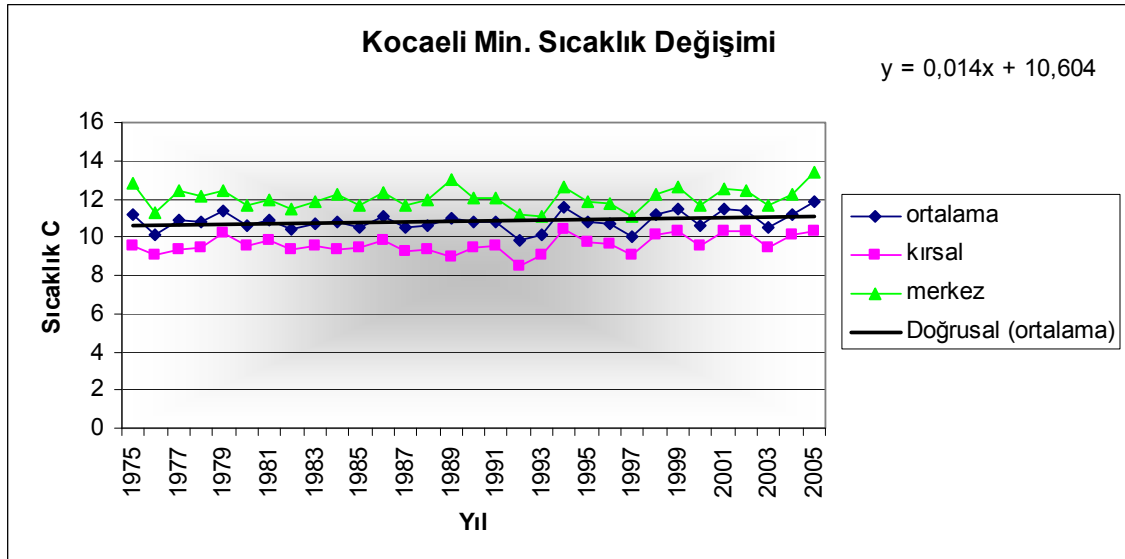
4.4.3.1.7. Kırklareli Min. Sıcaklıktaki Değişim

Son 30 yılda yapılan ölçümlerde Kırklareli’de min. sıcaklıkta artış miktarı ortalama yaklaşık 0,5 derece olarak belirlenmiştir (Şekil 4.53). Bu artış oranı bölge ortalamasına yakın bir artış olduğundan; sıcaklıktaki yükselmenin nedeni, küresel iklim değişimi, şehirleşme, artan nüfus, artan emisyonlar ve orman tahribatı gibi etkenlerdir.

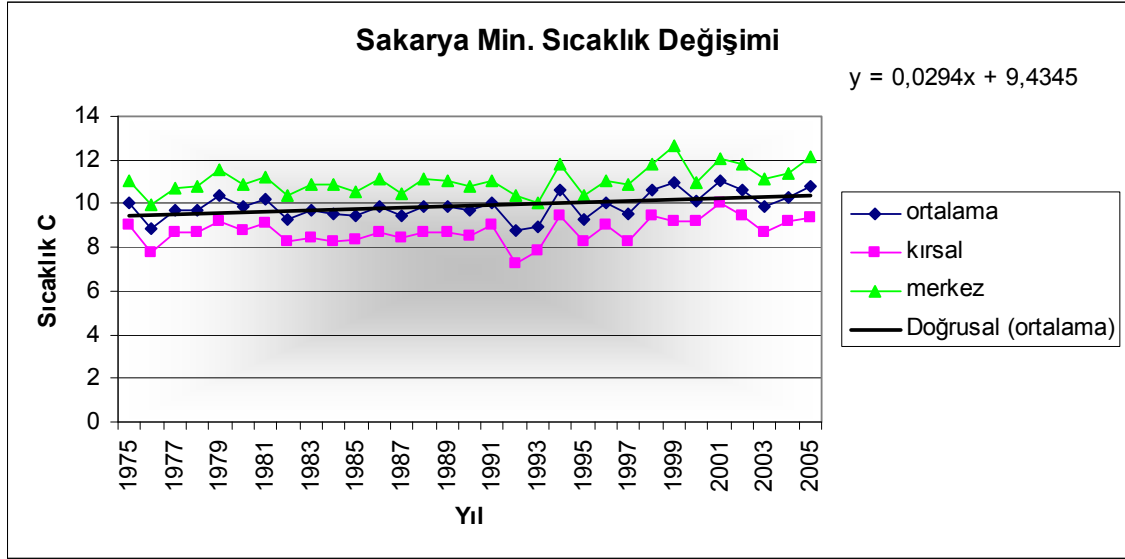


4.4.3.1.8. Kocaeli Min. Sıcaklıktaki Değişim

Kocaeli için kullanılan veriler %90 güven aralığında homojendir (Ek F.3). Son 30 yılda yapılan ölçümlerde Kocaeli’de min. sıcaklıkta artış miktarı ortalama yaklaşık 0,5 derece olarak belirlenmiştir (Şekil 4.54). Bu artış oranı bölge ortalamasına yakın bir artış olduğundan; sıcaklıktaki yükselmenin nedeni, küresel iklim değişimi, şehirleşme ve artan nüfus, artan emisyonlar, orman tahribatı gibi etkenlerdir.



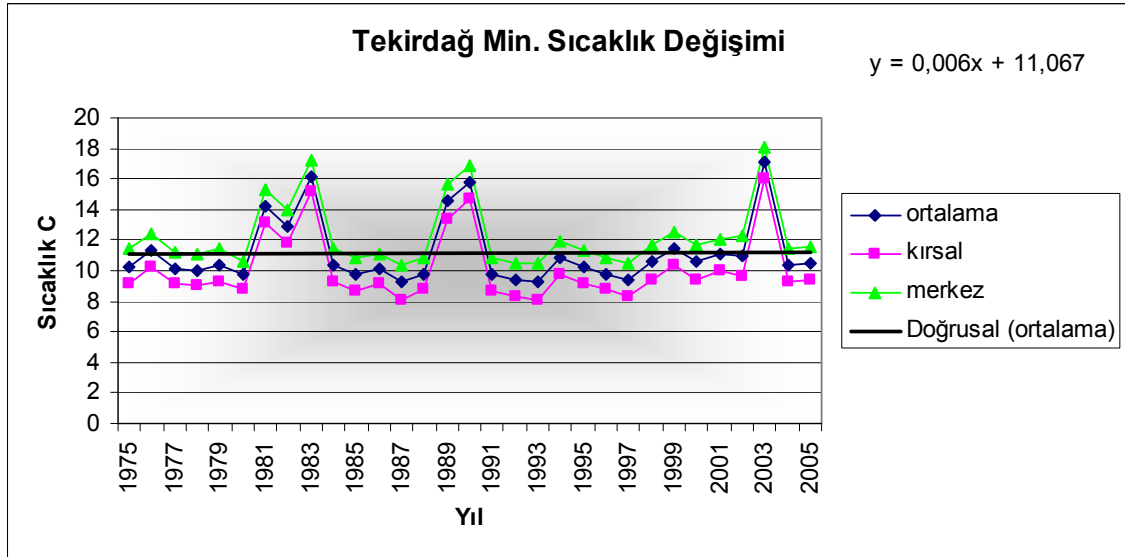
4.4.3.1.9. Sakarya Min. Sıcaklıktaki Değişim



Şekil 4.55: Sakarya min. sıcaklıktaki değişim

Son 30 yılda yapılan ölçümlerde Sakarya’da min. sıcaklıkta artış miktarı ortalama yaklaşık 0,5 derece olarak belirlenmiştir (Şekil 4.55). Bu artış oranı bölge ortalamasına yakın bir artış olduğundan; sıcaklıktaki yükselmenin nedeni, küresel iklim değişimi, şehirleşme ve artan nüfus, artan emisyonlar, orman tahribatı gibi etkenlerdir.

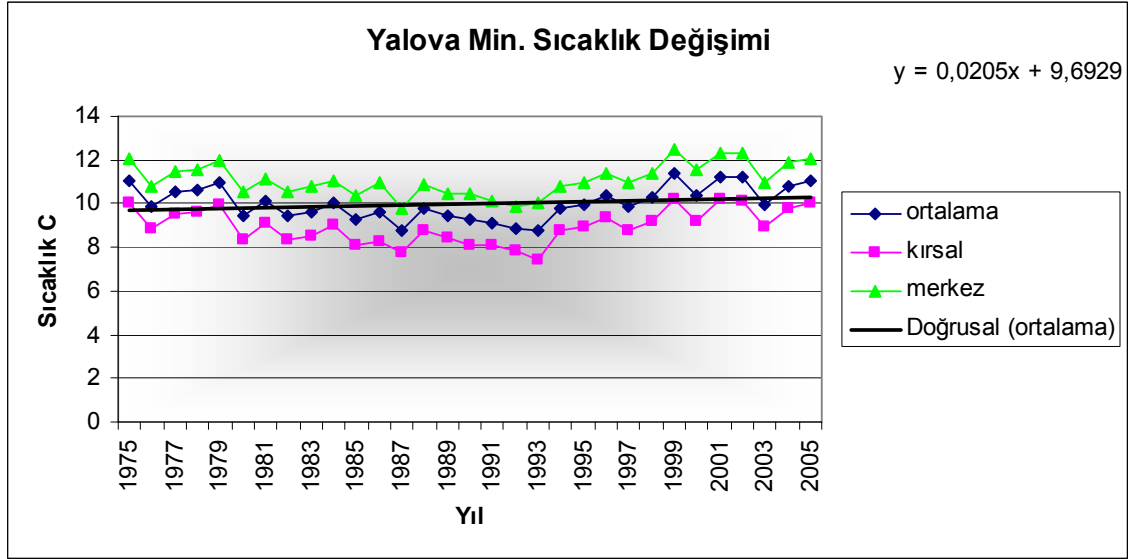
4.4.3.1.10. Tekirdağ Min Sıcaklıktaki Değişim



Şekil 4.56: Tekirdağ min. sıcaklıktaki değişim

Son 30 yılda yapılan ölçümlerde Tekirdağ’da min. sıcaklıkta artış miktarı ortalama yaklaşık 0,4 derece olarak belirlenmiştir (Şekil 4.55).

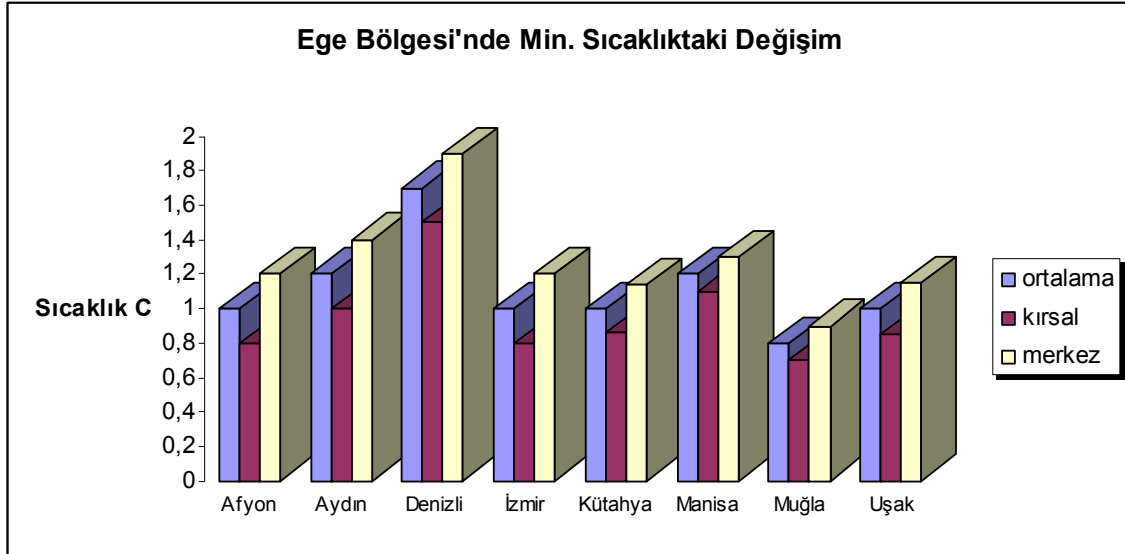
4.4.3.1.11. Yalova Min Sıcaklıktaki Değişim



Şekil 4.57: Yalova min. sıcaklıktaki değişim

Son 30 yılda yapılan ölçümlerde Yalova’da min. sıcaklıkta artış miktarı ortalama yaklaşık 0,5 derece olarak belirlenmiştir (Şekil 4.53). Bu artış oranı bölge ortalamasına yakın bir artış olduğundan; sıcaklıktaki yükselmenin nedeni, küresel iklim değişimi, şehirleşme ve artan nüfus, artan emisyonlar, orman tahribatı gibi etkenlerdir.

4.4.3.2. Ege Bölgesi’nde Min. Sıcaklıkta Meydana Gelen Değişim

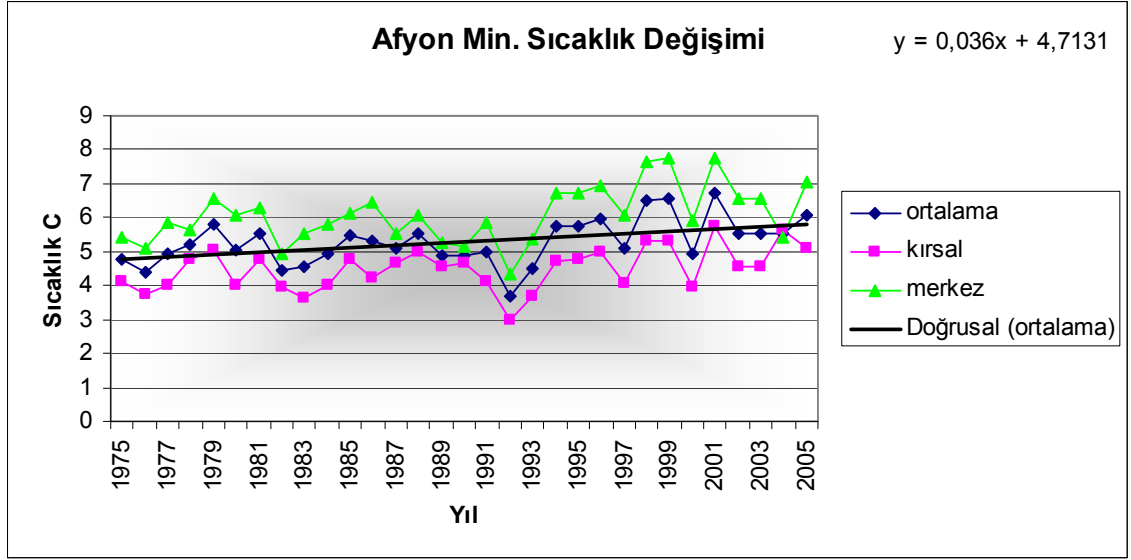


Şekil 4.58: Ege Bölgesi’nde sıcaklıkta meydana gelen değişim

Ege Bölgesi’nde min. sıcaklık için yapılan ölçümlerde bölgedeki tüm illerde sıcaklık artışı tespit edilmiştir. 0,8 - 1,6 °C arasında değişen ortalama 1,11 °C sıcaklık artışı belirlenmiştir. Sıcaklık artışının en yüksek olduğu il Denizli iken, en düşük olduğu il

Muğla'dır. Aydın ve Manisa'da 1,2°C, Afyon, İzmir, Kütahya ve Uşak'ta sıcaklık artışı 1 derece ölçülmüştür. Bölgede sıcaklıklardaki yükselme, küresel iklim değişiminden kaynaklanan sıcaklık artışı, şehirleşme ve artan nüfus, artan emisyonlar, orman tahribatı vb nedenlerle meydana gelmektedir, ancak Denizli'deki artışın yüksek olması karasallık etkisinden kaynaklanmaktadır. Karasallık indeksi haritasına bakıldığında (Ek E.1) en yüksek karasallığın Denizli'de olduğu açıkça gözlenmektedir. Bu nedenle Denizli'de sıcaklık artışı Ege Bölgesi'ndeki diğer illerden daha fazladır [49].

4.4.3.2.1. Afyon Min. Sıcaklıktaki Değişim

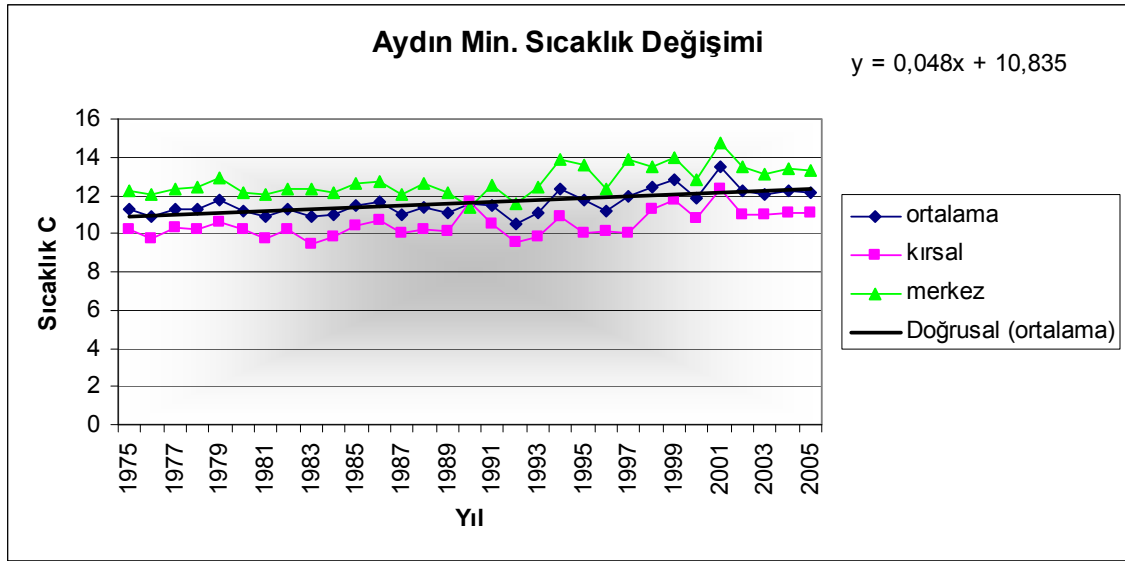


Şekil 4.59: Afyon min. sıcaklıktaki değişim

Afyon için kullanılan veriler %95 güven aralığında homojendir (Ek F.4). Son 30 yılda yapılan ölçümlere göre Afyon'da minimum sıcaklık yaklaşık 1 °C yükselmiştir (Şekil 4.59). 30 yıllık ortalama minimum sıcaklık 5,29 °C iken, bu değer kırsalda 4,5 merkezdeyse 6,5 °C olarak belirlenmiştir. 30 yılda ölçülen en büyük gece sıcaklığı 6,73 °C iken en küçük gece sıcaklığı 3,67 °C'dır.

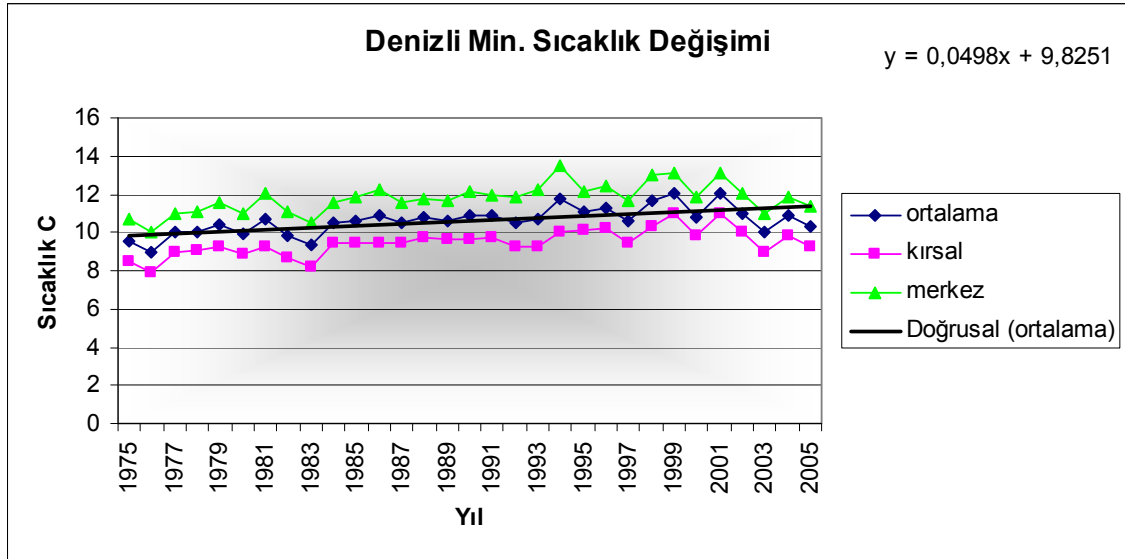
4.4.3.2.2. Aydın Min Sıcaklıktaki Değişim

Son 30 yılda yağışan ölçümlere göre Aydın'da minimum sıcaklık yaklaşık 1,2 °C yükselmiştir (Şekil 4.60). 30 yılda ortalama sıcaklık 5,29 °C 'tır. En büyük 6,73 iken, en küçük min sıcaklık değeri 3,67 olarak belirlenmiştir. Son 30 yılda Aydın'da yaşanan 1,2 derecelik sıcaklık artışı, iklim değişimi, şehirleşme etkisi, sanayinin yaygınlaşması, artan emisyonlar ve orman tahribatının artması gibi etkenler nedeniyle açıklanabilir.



Şekil 4.60: Aydın min. sıcaklıktaki değişim

4.4.3.2.3. Denizli Min. Sıcaklıktaki Değişim

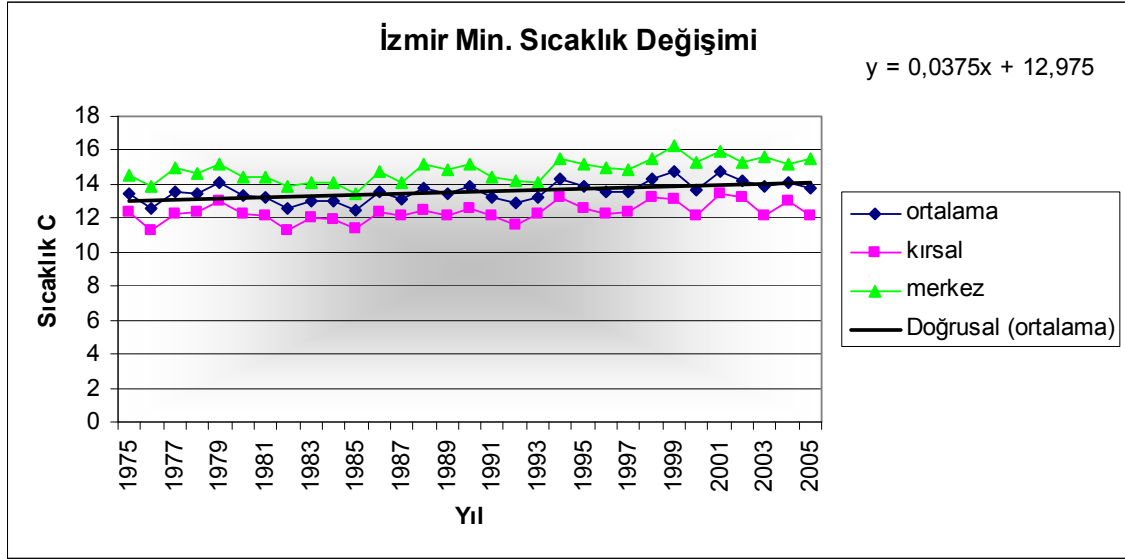


Şekil 4.61: Denizli min. sıcaklıktaki değişim

Denizli’de sıcaklık artışı 1,7 °C olarak belirlenmiştir (Şekil 4.61). Bu değer Ege bölgesi’nde meydana gelen en fazla sıcaklık artışıdır. Bölge ortalamasında meydana gelen artışın nedenleri, küresel iklim değişimi, şehirleşme ve artan nüfus, artan emisyonlar, orman tahribatı iken, ortalamadan daha fazla sıcaklık artışının nedeni karasallık indeksidir.

Denizli’deki sıcaklık artışın yüksek olması karasallık etkisinden kaynaklanmaktadır. Karasallık indeksi haritasına bakıldığında (Ek E.1) en yüksek karasallığın Denizli’de olduğu açıkça gözlenmektedir. Bu nedenle Denizli’de sıcaklık artışı Ege Bölgesi’ndeki diğer illerden daha fazladır..

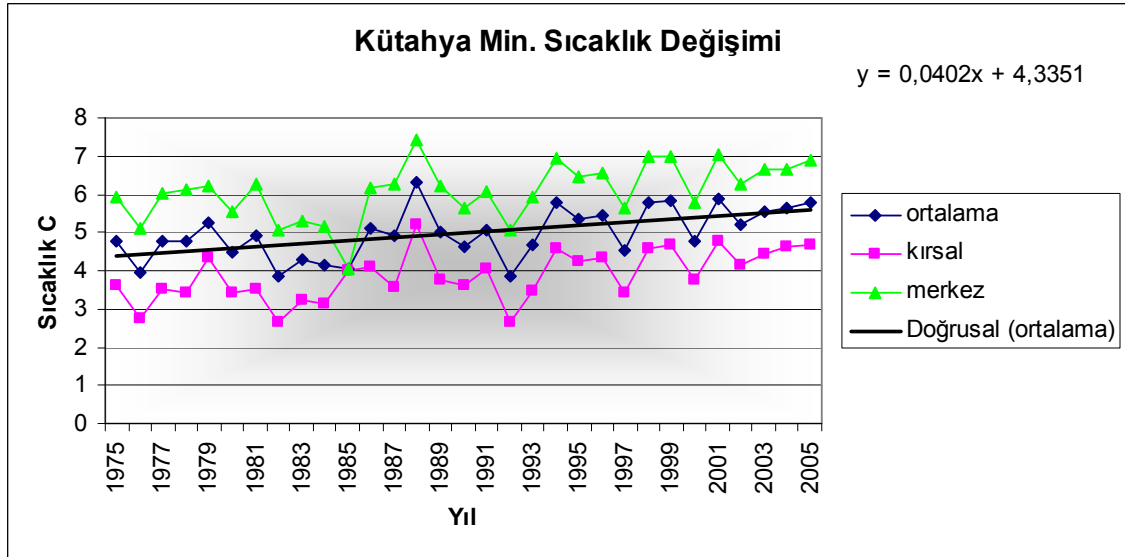
4.4.3.2.4. İzmir Min. Sıcaklıktaki Değişim



Şekil 4.62: İzmir min. sıcaklıktaki değişim

Son 30 yılda yağışan ölçümlere göre İzmir’de minimum sıcaklık yaklaşık 1 °C yükselmiştir (Şekil 4.62). Son 30 yılda min. Sıcaklıkta ortalama 1 derecelik sıcaklık artışı, iklim değişimi, şehirleşme etkisi, sanayinin yaygınlaşması, artan emisyonlar ve orman tahribatının artması gibi etkenler nedeniyle açıklanabilir.

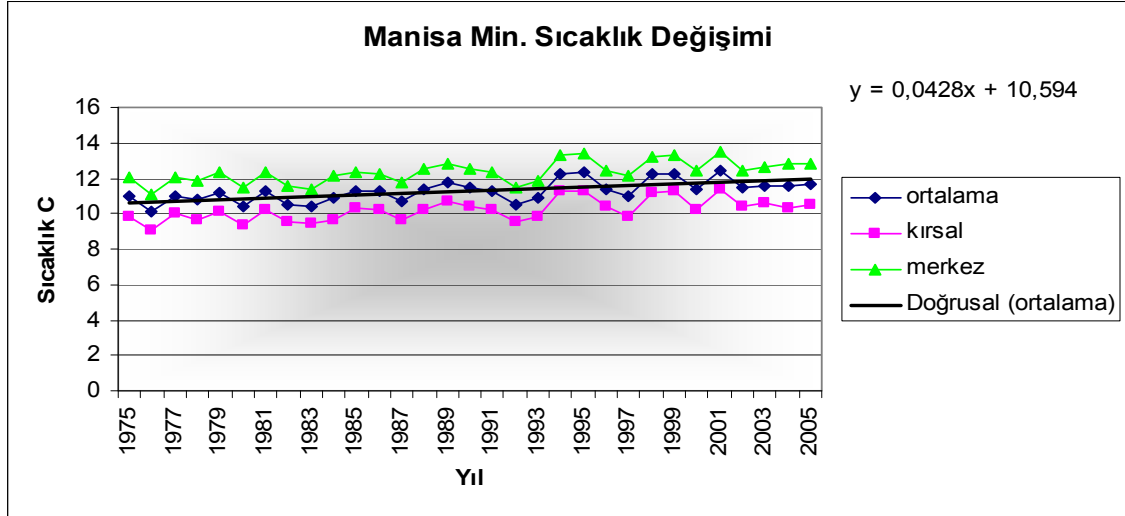
4.4.3.2.5. Kütahya Min. Sıcaklıktaki Değişim



Şekil 4.63: Kütahya min. sıcaklıktaki değişim

Son 30 yılda yapılan ölçümlere göre Kütahya’da minimum sıcaklık ortalama 1 °C yükselmiştir (Şekil 4.63). Karasallık etkisi de Kütahya’daki sıcaklık artışını etkilemiştir.

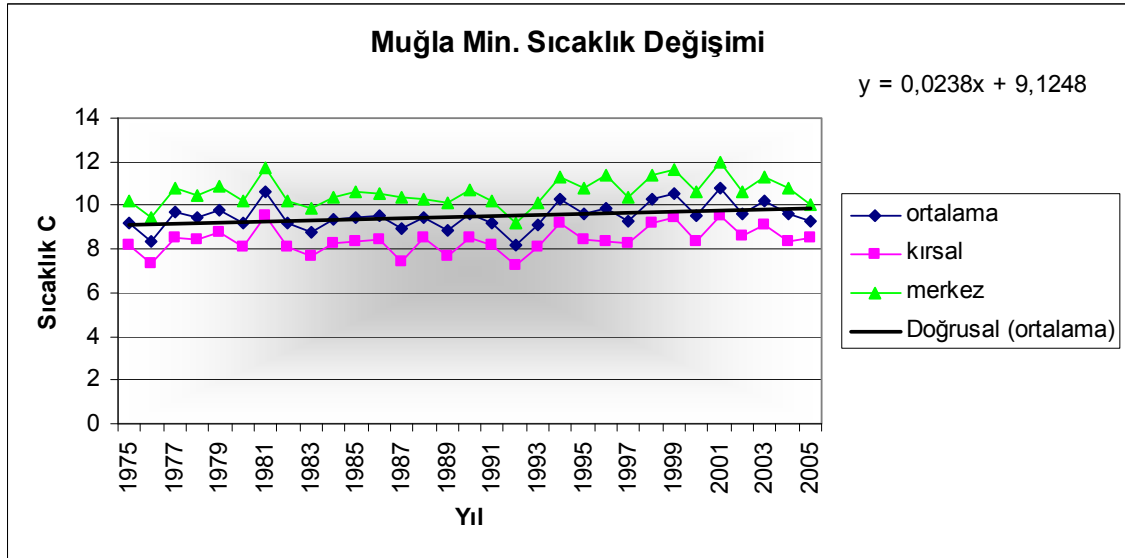
4.4.3.2.6. Manisa Min. Sıcaklıktaki Değişim



Şekil 4.64: Manisa min. sıcaklıktaki değişim

Son 30 yılda yağışan ölçümlere göre Manisa’da minimum sıcaklık yaklaşık 1,2 °C yükselmiştir (Şekil 4.64). 1,2 derecelik sıcaklık artışı, iklim değişimi, şehirleşme etkisi, sanayinin yaygınlaşması, artan emisyonlar ve orman tahribatının artması gibi etkenler nedeniyle açıklanabilir.

4.4.3.2.7. Muğla Min. Sıcaklıktaki Değişim



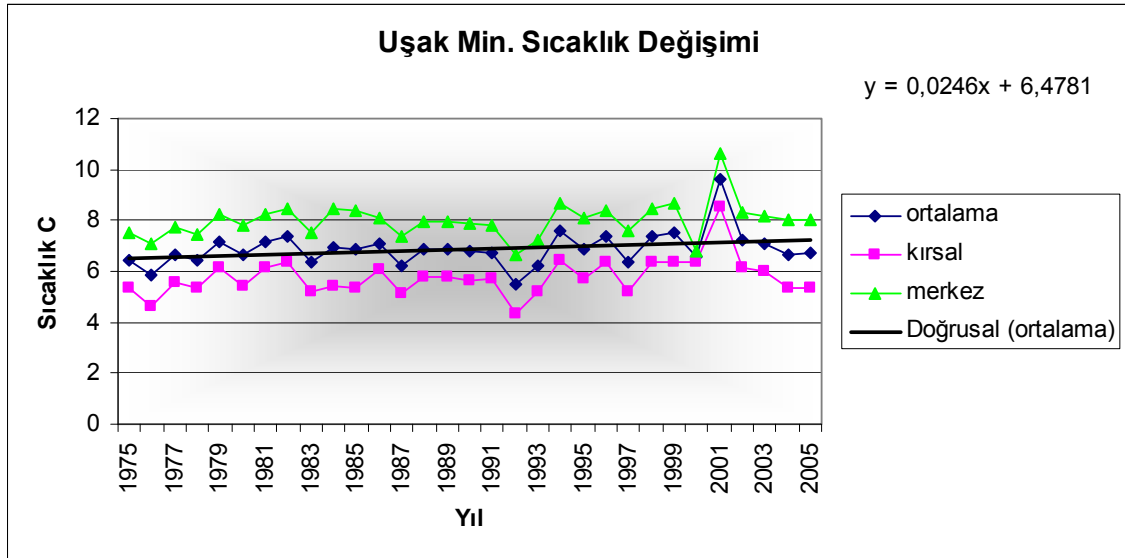
Şekil 4.65: Muğla min. sıcaklıktaki değişim

Son 30 yılda yağışan ölçümlere göre Muğla’da minimum sıcaklık yaklaşık 0,8 °C yükselmiştir (Şekil 4.65). 30 yılın minimum sıcaklık ortalaması 9,51 °C iken, bu değer kırsalda 8,41’e düşmüş, merkezde 10,6’ya yükselmiştir. Kırsal ve merkezdeki istasyonlar arasında yaklaşık 1,5 derecelik bir fark vardır. Bu fark tamamen şehir ısı adası

etkisinden kaynaklanmaktadır. Son 30 yılda yalanan en yüksek minimum sıcaklık 10,77 derece iken, en düşük minimum sıcaklık 8,21'dir. 0,8 derecelik sıcaklık artışının büyük bölümü iklim değişiminden kaynaklanmaktadır. Bunun yanı sıra şehirleşme etkisi, sanayinin yaygınlaşması, artan emisyonlar ve orman tahribatının artması gibi unsurlar da uzun vadede sıcaklık artışına neden olmuştur.

4.4.3.2.8. Uşak Min. Sıcaklıktaki Değişim

Son 30 yılda yağışan ölçümlere göre Uşak'ta minimum sıcaklık yaklaşık 1 °C yükselmiştir (Şekil 4.66). 30 yılda yaşanan ortalama minimum sıcaklık 6,87 °C'tır. Yaşanan en büyük minimum sıcaklık değeri 9,58 iken, en küçük minimum sıcaklık değeri 7,21 olarak belirlenmiştir. 1 derecelik sıcaklık artışı, iklim değişimi, şehirleşme etkisi, sanayinin yaygınlaşması, artan emisyonlar ve orman tahribatının artması gibi etkenlerle açıklanabilir.



Şekil 4.66: Uşak min. sıcaklıktaki değişim

4.5. Türkiye’de Kömürle Çalışan Termik Santrallerden salınan CO₂ Emisyonu

4.5.1. IPCC Metodolojisi

- CO₂ emisyonu, yakıt içindeki okside olmamış karbon miktarı ile hesaplanmıştır.
- Yakıt tipine göre yakıt tüketimi hesaplanmıştır.
- Yakıt verisi genel enerji birimi (TeraJoule)’ne çevrilmiştir.

- Yakıt içindeki toplam karbon içeriği hesaplanıp, kullanılan yakıt için uygun emisyon faktörü seçilmiştir.
- Yanmaya bağlı olarak okside olmamış karbon miktarı belirlenmiştir.
- Karbon emisyonunu karbondioksitin toplam ağırlığına dönüştürülmüştür.

CO₂ emisyonunun hızla artmasının en önemli nedeni olarak bilinen kömürle çalışan termik santrallerden çıkan CO₂ emisyon miktarı; şuan aktif olan termik santrallerin kapasiteleri belirlenerek ve IPCC metot kullanarak Gg cinsinden hesaplanmış ve grafikte gösterilmiştir (Şekil 4.68), IPCC metot kullanılarak hesaplama yöntemi Ek B1’de formüle edilmiştir. Ek B1’de gösterilen formül ile Türkiye’de kömürle çalışan tüm termik santrallerden salınan CO₂ emisyon miktarı hesaplanmıştır. Ek B2’de Türkiye’deki tüm kömürle çalışan termik santrallerden salınan CO₂ emisyonları hesaplanarak gösterilmiş ve tabloleştirilmiştir.

4.5.2. Kömürle Çalışan Termik Santrallerden Salınan CO₂ Emisyonu

Türkiye’de toplam 39 termik santral bulunmaktadır. Bu termik santrallerden toplam 81,978,448 ton CO₂ salınmaktadır. Ek G’deki listede bu termik santrallerden salınan CO₂’nin hesaplanması da gösterilmektedir. IPCC standartlarına göre hesaplanan CO₂, Türkiye’de toplam CO₂ emisyonu değerinin %28’ine eşittir. Yani Türkiye’de kömürle çalışan termik santraller CO₂ emisyonunun yaklaşık % 30’unu salmaktadırlar. Bu rakam her geçen gün artmaktadır. Çünkü kömürle çalışan termik santrallerin sayıları ve üretim kapasiteleri son birkaç yılda hızla artmaya başlamıştır. Bu artışa bağlı olarak salınan CO₂ emisyon miktarları da artacaktır.

Türkiye’deki kamuya ait termik santrallerin %35’i Marmara Bölgesi’nde, %29’u Ege Bölgesi’nde, %11’i Karadeniz Bölgesi’nde, %8,8’i İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgeleri’nde, %2,9’u Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde yer almaktadır. Termik santrallerin büyük çoğunluğu Marmara ve Ege bölgesinde yer alırken, kömürle çalışan termik santraller de Marmara ve Ege Bölgesi’nde diğer bölgelerden daha fazladır. Şekil 4.67’de Türkiye’deki kömürle çalışan termik santraller gösterilmektedir. Daireler kömürle çalışan termik santralleri temsil etmektedir. Dairelerin büyüklükleri de kapasitelerini gösterir. En küçük olan daireler 500 MW’tan daha küçük üretim kapasitesi olanları, orta boy olanlar 500 MW ile 1000 MW arasındaki üretim yapanları, en büyük olan dairelerse üretim gücü 1000 MW’ın üzerinde olan termik santralleri temsil etmektedir. Üretim gücü 1000 MW’tan fazla 4, 500 MW ile 1000 MW arasında üretim

yapan 4, 500-100 MW arası üretim gücü olan 7 ve son olarak 100 MW'tan az üretim gücü olan 26 termik santral bulunmaktadır.

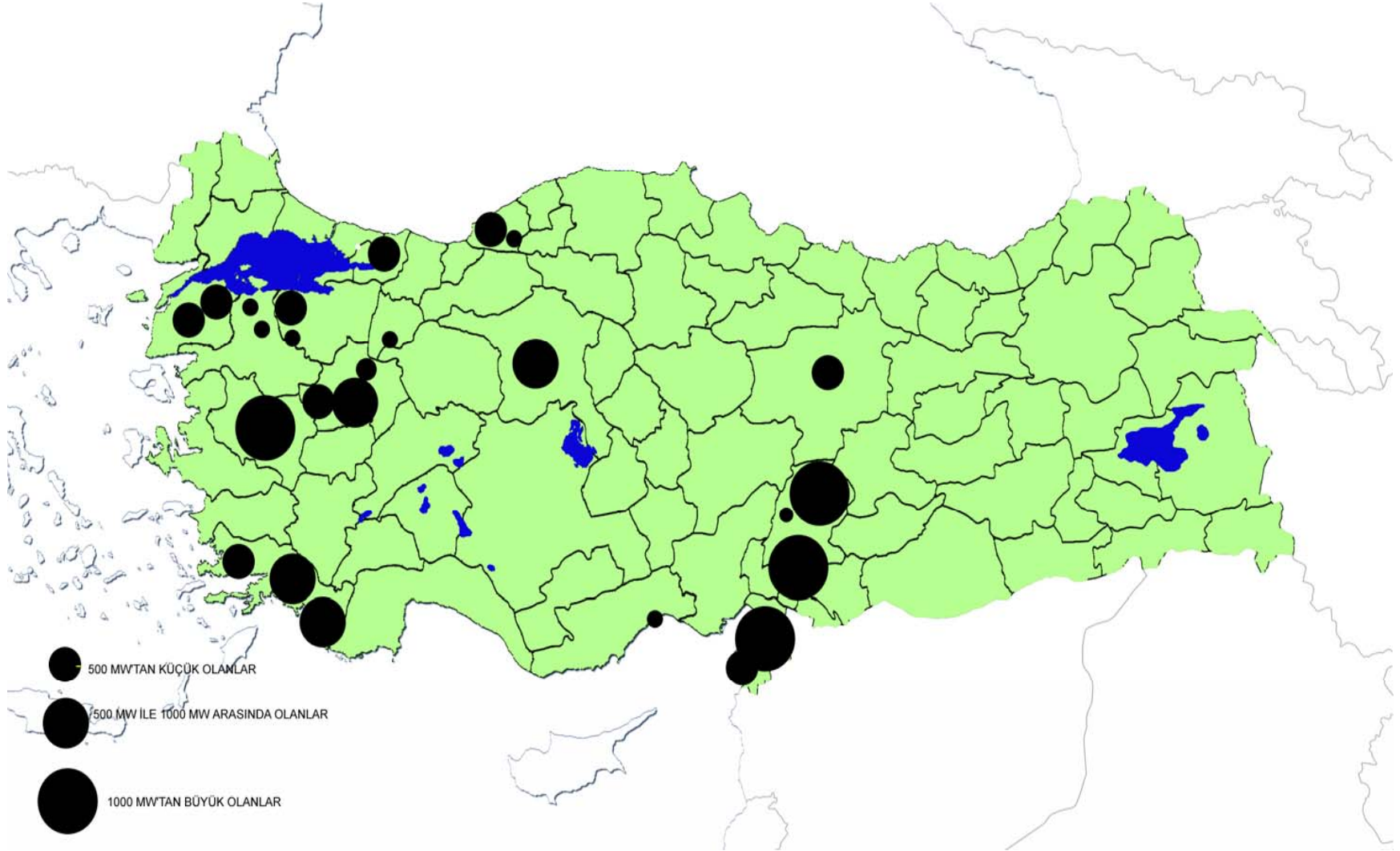
Türkiye'de kömürle çalışan toplam 41 termik santralin 18 tanesi, 10 MW'tan az üretim yapan otoprodüktör termik santrallerdir. Kalan diğer 15 tanesi Marmara ve Ege Bölgelerinde yer almaktadırlar. Diğer 5 bölgede toplam 8 termik santral bulunmaktadır. Türkiye'de kömürle çalışan toplam 41 termik santralin elektrik enerjisi üretim gücü toplam 10,205.080 MW'tır. Bu termik santrallerin 38'i yerli kömür kullanırken, 3 tanesi ithal kömür kullanmaktadır. Şekil 4.67'de 10 MW'tan fazla üretim kapasitesi olan 25 termik santrallerin dağılımını görmekteyiz. Özellikle denize yakın yerlerde ve Ege ile Marmara Bölgelerinde yoğunlaşmakta olduğunu görmekteyiz. Kömürle çalışan termik santraller önemli emisyon kaynakları olduklarına göre termik santrallerin yoğun olduğu bölgelerde CO₂ emisyonunun diğer bölgelere göre fazla olması gerekmektedir.

Şekil 4.68'den görüleceği üzere, CO₂ emisyonunun büyük bölümünü bu 25 termik santral tarafından üretilmektedir. O nedenle bu 25 santral haritalandırılmıştır. Diğerleri çok küçük çaplı kirleticiler olduğundan haritadakiler ile kıyaslanması yanıltıcı olabilir. Toplam 81,978,448 ton CO₂ salınan Türkiye'de haritadaki 25 santral 81,713,283 ton CO₂ emisyonu salmaktadırlar. Bu değer toplam salımın %99,6'sına eşittir. Şuan TEİAŞ'den alınan veriler doğrultusunda aktif durumda üretim yapan kömürle çalışan termik santrallerden çıkan emisyon değerleri IPCC metot ile hesaplanarak, Şekil 4.68'de gösterilmiştir. Tüm hesaplamalar Ek B2'de listelenmiştir.

Şuan en çok CO₂ emisyonu salan termik santraller sırasıyla; Afşin-Elbistan ve Elbistan B, ile Kahramanmaraş, İskenderun, Soma-Manisa, Yatağan-Muğla, Milas-Muğla, Seyitömer-Kütahya termik santralleridir. Bu 7 termik Santralden toplam 55,682,700 ton ton CO₂ emisyonu salınmaktadır. Türkiye genelinde salınana CO₂ emisyonunun %68'ini salmaktadırlar. Aktif durumda olan termik santrallerin listesi sabit değildir, sürekli değişmektedir [58]. O nedenle salınan emisyon miktarı da sabit değildir.

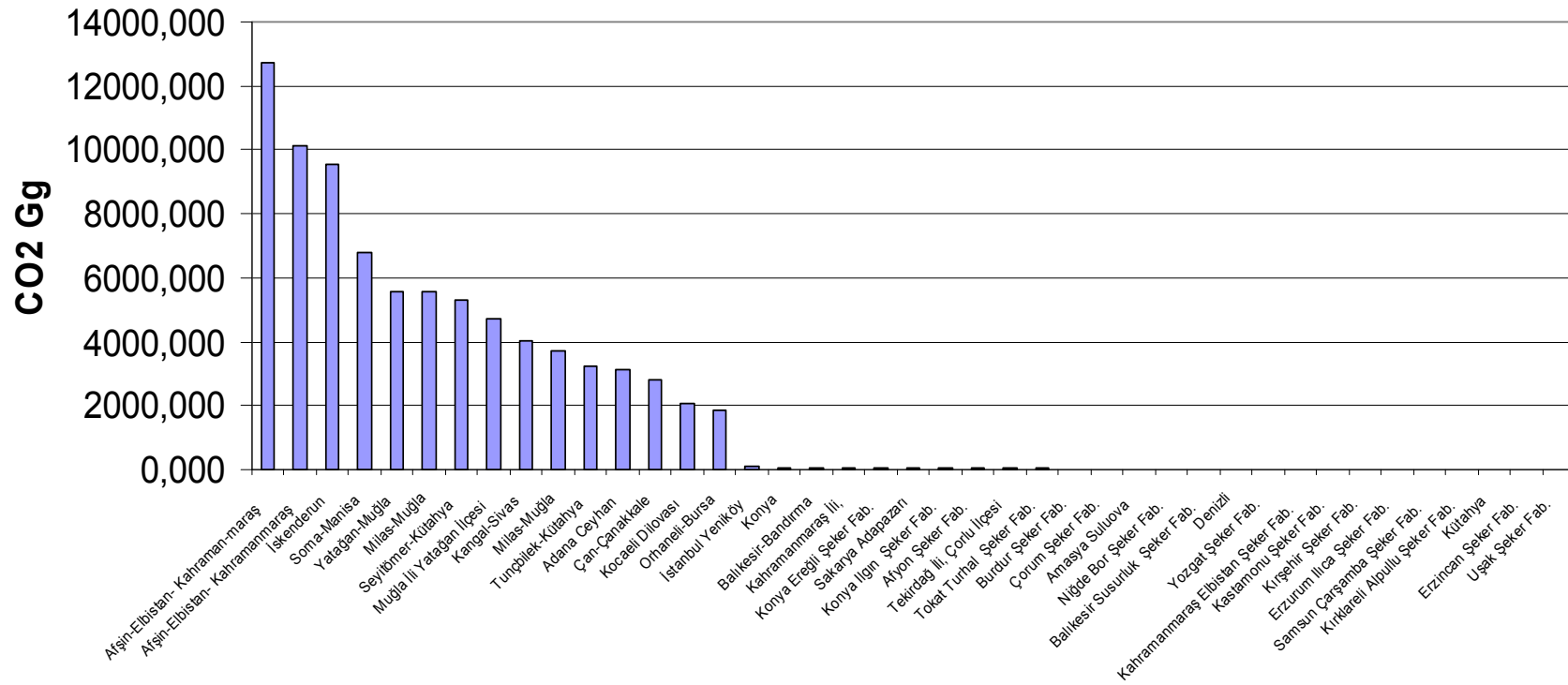
Ayrıca EPDK'da kabul edilmiş ve inşa aşamasında olan termik santraller bulunmaktadır (Ek A.4). İnşaatları bittiği gün üretime başlanacaktır. İnşaatı için onay verilen ancak inşaatına başlanmayan da yaklaşık 43 termik santral bulunmaktadır [19]. Dolayısıyla termik santrallerin sayısı her geçen gün artmaktadır. Yani bir diğer değişle Türkiye tarafından atmosfere salınan CO₂ miktarı da her geçen gün artmaktadır. EPDK'ya son iki yılda çok sayıda termik santral başvurusu yapılmaktadır. Bunların bir bölümü kabul edilmekte ve kabul edilenlerin inşasına hemen başlanmaktadır. İnşaat bittiği gün üretime

geçilmektedir. Demek oluyorki termik santrallerin sayı ve kapasiteleri sabit değildir ve her geçen gün açılan ihalelere bağlı olarak artmaya devam etmektedir.



Şekil 4.67: Türkiye'deki Kömürle Çalışan Termik Santraller

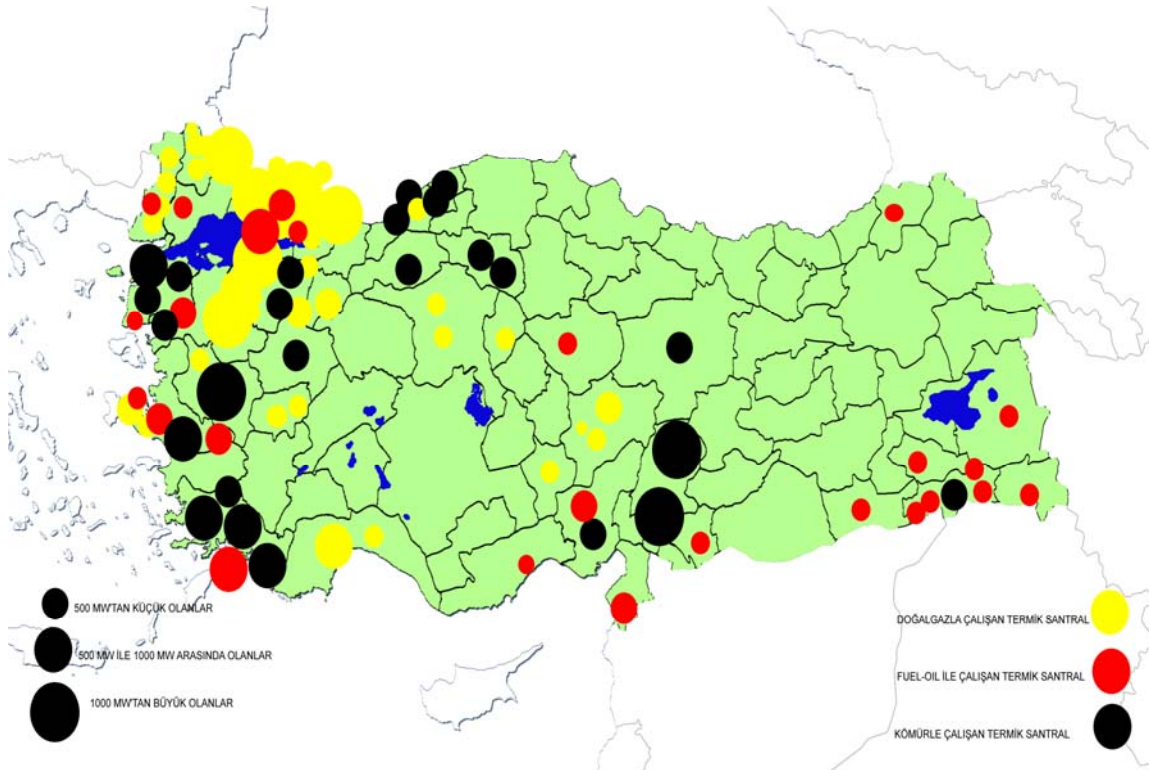
Türkiye'de Kömürle Çalışan Termik Santrallerden Salınan CO2 Emisyonu



Şekil 4.68: Türkiye’de kömürle çalışan Termik Santrallerden Salınan CO₂

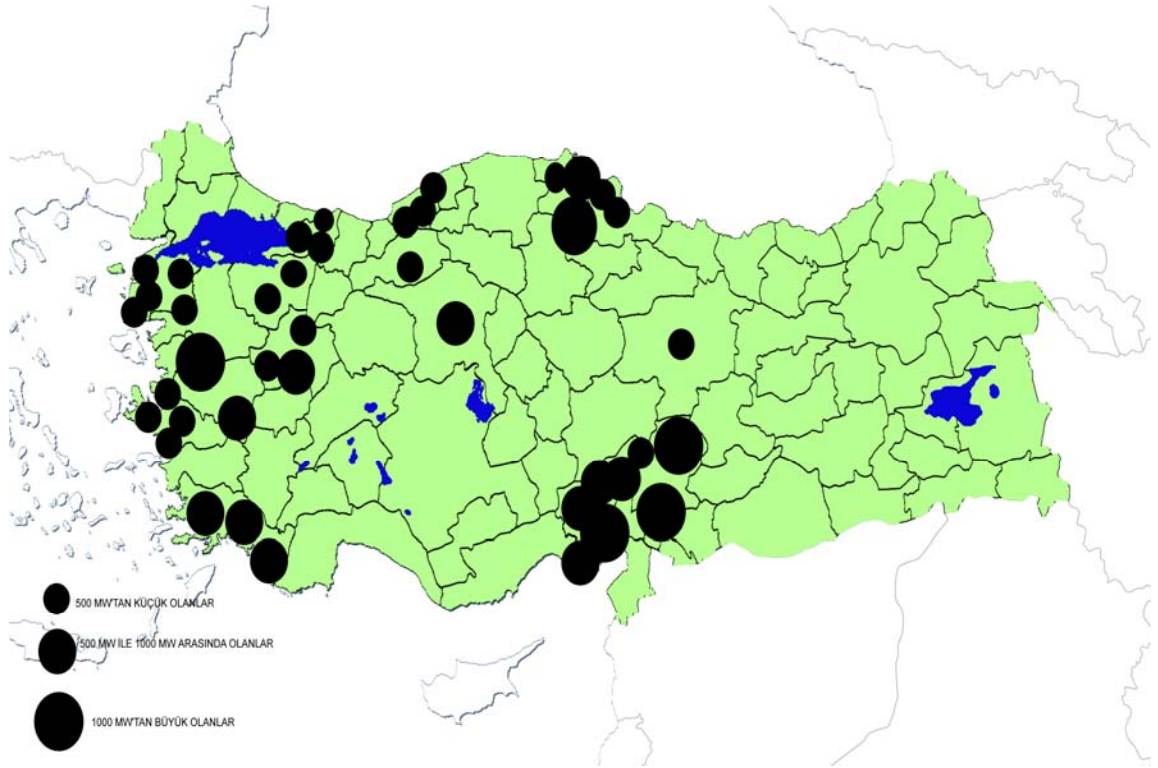
4.6. Gelecekte Türkiye’de Kömürle Çalışan Termik Santrallerin Profili

Türkiye’de artan nüfus ve sanayileşme nedeniyle enerji ihtiyacı artmaktadır. Ancak gelecekte baca gazı emisyon değeri düşük olan sıvı ve gaz yakıt elde etmek zorlaşacağından enerji kaynağı olarak kömür kullanımı daha da yaygınlaşacaktır. Kömürle çalışan termik santrallerin sayısı giderek artacaktır. Yeni termik santraller zengin linyit yataklarının bulunması nedeniyle Marmara ve Ege bölgelerine kurulacaktır. EPDK’da son iki yılda hızla artan başvurular da bunu doğrular niteliktedir. Teklif edilen termik santrallerin çoğu kömürle çalışan termik santraller olup, kabul edilen termik santral başvuruları da işletmeye geçtiği zaman, sadece kömürle çalışan termik santrallerden 200 milyon ton CO₂ salınacaktır. O nedenle CO₂ tutma ve depolama yöntemi ile ilgili her türlü çalışma yapılmalı ve bu sistem mümkün olduğunca yaygınlaşmalıdır. EPDK’daki yapım aşamasında olan termik santraller ve yapımına onay verilen termik santrallerin haricinde henüz dilekçe aşamasında olan toplam üretim güçleri yaklaşık 21000 MW olan termik santral başvuruları yapılmaktadır. Halen aktif durumda üretim yapan ve EPDK tarafından onay verilen ancak henüz inşaat aşamasında olanla birlikte toplam 104, EPDK tarafından onay verilen ancak işlemleri başlatılmayan termik santrallerin üretime başlaması halinde Türkiye’de fosil yakıtlı termik santrallerin sayısı 147’ye yükülecektir (Şekil 4.69).



Şekil 4.69: Türkiye’de önümüzdeki yıllarda fosil yakıtlı termik santrallerin profili

Dağılıma dikkatli bakıldığında ilk göze çarpan yapılan tüm projelerin yine özellikle Marmara ve Ege Bölgesi'nde yoğunlaştığı hatta Marmara Bölgesi'nde çok fazla yoğunluk olduğu açıkça görülmektedir. Bazı termik santrallerin kapasiteleri artırılmıştır. Kesin açılış tarihleri belli olmamakla birlikte en geç 2012 yılında üretime açılacak olan bu termik santraller eğer uygun CO₂ tutma yöntemleri geliştirilmezse Marmara ve Ege Bölgeleri için tehlike arz etmektedir. Kömürle çalışanlar için de durum farklı değildir (Şekil 4.70). Yine Marmara ve Ege'de talep artacaktır. Halen 25 (otoprodüktörleri saymazsak) olan santral sayısı 23 yeni kömürle çalışan termik santralin de eklenmesiyle 48'e yükselecektir. Bazı termik santrallerin kapasiteleri artırılacaktır. Bazılarına ek bina yapılacaktır, bazılarıysa baştan inşa edilecektir. Sonuçta, termik santrallerin sayısı ve toplam üretim kapasiteleri artacağından, atmosfere salınan CO₂'de ithal kömür kullanımının da artmasıyla, hızla artacaktır. Şekil 4.74'e EPDK'de dilekçe aşamasında olan 21000 MW'lık üretim gücü için başvuru yapan termik santraller dahil değildir. Onlarda eklendiğinde ki hepsi olmasa da büyük bölümü onaylanacaktır, o zaman üretim gücüyle birlikte emisyon yükü de önemli ölçüde artmış olacaktır.

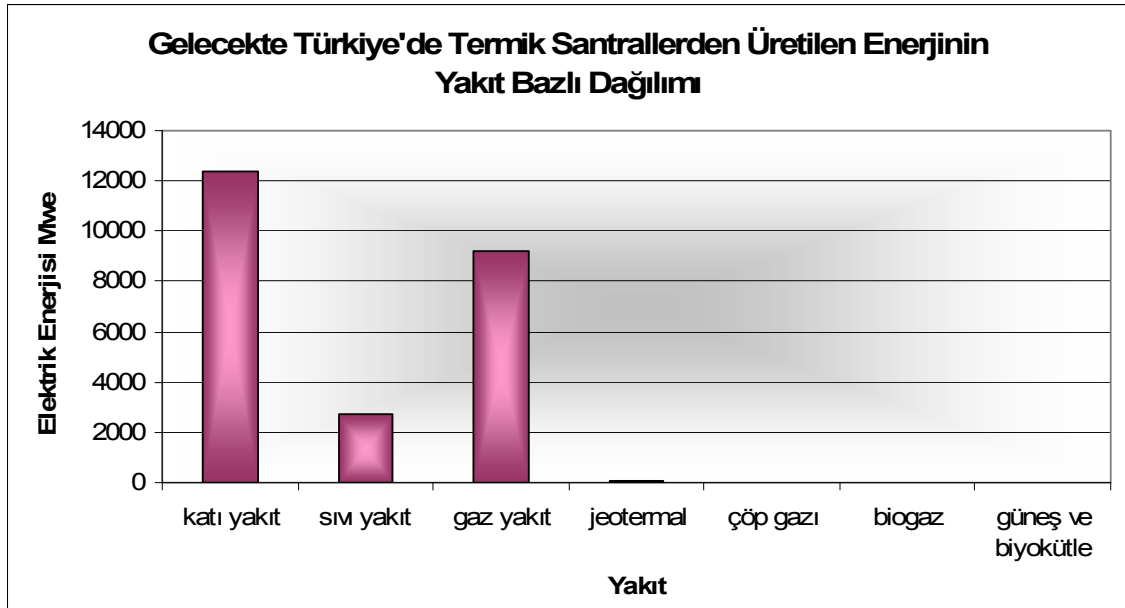


Şekil 4.70: Türkiye'nin önümüzdeki yıllarda kömürle çalışan termik santral profili

EPDK'nın 2008'de onayladığı ancak henüz işleme geçmemiş termik santral projeleri de bu öngörüye doğrular nitelik taşımaktadır. Yapım aşamasında olan 42 termik santral bulunmaktadır. Bunlardan 23'ü kömür, 7'si sıvı yakıtlar ve 12'si gaz olmak üzere planlanmıştır. Üretim kapasitelerine bakıldığında; kömürle çalışanlar toplam 12749,73

MWe, sıvı yakıtlarla çalışan termik santraller toplam 229,784 MWe, gaz yakıtlarla çalışacak olan termik santrallerse toplam 6753,5 MWe olmak üzere toplam 19732,5 MWe elektrik enerjisi üretecekler. Şuan üretilen elektrik enerjisi ile birleşince toplam 44067,24 MWe elektrik enerjisi üretilecektir. Yani şuan ki elektrik enerjisi üretimi %55,45 artacaktır.

EPDK'nın üretim yapan termik santralleri listesine göre, önümüzdeki yıllarda Türkiye'de enerji üretim profiline bakarsak; kömürle çalışan termik santrallerden 12396,8 MWe, sıvı yakıtlarla çalışan termik santrallerden, 2718,5 MWe, gaz yakıtlı termik santrallerden 9219,4 MWe, jeotermal termik santrallerden 60,5 MWe, çöp gazı kullanılan termik santrallerden, 28,22, güneş ve biyokütleden 10 MWe ve son olarak biogazdan 1,39 MWe enerji olmak üzere toplam 24434,8 MWe elektrik enerjisi elde edilmesi planlanmaktadır. Kömürle çalışan termik santraller üretilen toplam enerjinin %50,74 'ünü üretecekler (Şekil 4.71).



Şekil 4.71: Gelecekte Türkiye'de Termik santrallerden üretilen enerjinin yakıtlara göre dağılımı [19]

EPDK'dan alınan listedeki termik santrallerin inşası bitip, üretime başladığında ve şuan teklif sunulan termik santraller onaylanıp üretime geçtiklerinde, Türkiye'de toplam CO₂ emisyonları 2003 ve 2020 yılları arasında yıllık ortalama % 6,3'lük bir artış göstererek, 2020 yılında yıllık 604,63 milyon tona ulaşacaktır. Bununla birlikte her geçen gün gelecekte üretime başlayacak olan termik santrallerin listesi yenilenmekte ve alınan ihalelere göre yeni aday termik santrallerin sayıları giderek artmaktadır.

5. SONUÇ

Küresel iklim değişimi son 30 yıldan bu yana yaşanmaya başlanmıştır. Bu değişimin etkilerini en düşük sıcaklık, yağış miktarı ve karlı gün sayısından anlamak mümkündür. Türkiye'nin batı bölgelerinde Marmarave Ege bölgelerini kapsayan Türkiye'nin batısı olarak adlandırdığımız bölgelerde “en küçük kareler yöntemi” kullanılarak yapılan trend analizi sonucunda iklim parametrelerinde son yıllarda yaşanan değişim belirlenmiştir. Toplam 208 istasyondan alınan veriler kullanılarak Marmara ve Ege bölgelerinde son yıllarda yaşanan değişim belirlenmiştir. İklim değişimi açısından en önemli parametreler olan en düşük sıcaklık, yağış miktarı ve karlı gün sayısı parametreleri 1960-2005 yılları arası araştırılmıştır. Küresel yüzey sıcaklıklarındaki artışa bağlı olarak dünyada neredeyse tüm ülkelerde kar örtüsünde azalma yaşandığı bilinmektedir. Küresel yüzey sıcaklıklarındaki artışa bağlı olarak dünyada neredeyse tüm ülkelerde kar örtüsünde azalma yaşandığı bilinmektedir.

Bu çalışmayla birlikte Türkiye'nin Batı'sında son 50 yılda karlı gün sayısında yaşanan azalma hesaplanmıştır. Benzer şekilde son 30 yıllık yağış miktarları incelendiğinde, Marmara Bölgesi'nde 250 mm artış tespit edilirken, Ege Bölgesi'nde yağış miktarının 380 mm azaldığı görülmüştür. Dolayısıyla Türkiye'nin Batı'sında yağış miktarı ortalama 65 mm azalmıştır. Türkiye'nin Batı bölgelerinde yağış miktarında azalma tespit edilmiştir. Son olarak da minimum sıcaklık değişimi incelendiğinde; son 30 yılda Marmara Bölgesi için 0,61 °C sıcaklık artışı hesaplanırken, Ege Bölgesi için yaklaşık 1,11 °C sıcaklık artışı belirlenmiştir. Sonuç olarak Türkiye'nin Batısında minimum sıcaklık değişimi ortalama 0,86 °C olarak belirlenmiştir. Bu değer küresel yüzey sıcaklıklarında meydana gelen 0,74 °C'tan daha fazladır. Yani Türkiye'de iklim parametrelerinde son yıllarda yaşanan değişim ortaya konmuştur. 20. yüzyıl sonlarından itibaren ortaya çıkan enerji kullanımı ve iklim değişiminin sonuçları itibarıyla en çok bağlantılı iki kavram olarak gözükmemektedir. Türkiye'nin kömürle çalışan termik santrallerden kaynaklanan CO₂ emisyon salımının yaklaşık 82 milyon tondur. Türkiye'deki genel CO₂ emisyonunun %30'unun kömürle çalışan termik santrallerden kaynaklandığı bilinmektedir. Bu değer CO₂ emisyonunun binde 3'üne karşı gelmektedir. Bu rakam dünya geneline bakıldığında çok küçük gibi gözükebilir ancak iklim değişimi

açısında çok riskli bir döneme giren dünya için salınacak her ekstra sera gazı emisyonu önem teşkil etmektedir. Bu anlamda Türkiye'nin en kısa zamanda kömürle çalışan termik santrallere alternatif enerji kaynakları geliştirmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarını yaygınlaştırması yada emisyonlarını en kısa zamanda kontrol altına alması gerekmektedir. Atmosfere salınan sera gazı emisyonlarının miktarı artmaya devam ederse, kuşkusuz küresel iklim değişikliği etkileri de hızlanarak artmaya ve dünyayı bilinmez sona yaklaştırmaya devam edecektir.

5.1. Türkiye'nin Batı Bölgeleri'nde İklim Parametrelerindeki Değişim

İklim değişimini en iyi temsil edebilecek olan minimum sıcaklık, yağış ve karlı gün sayısı parametreleri hem Marmara hem de Ege Bölgesi'nde 1960-2005 yılları arasında değişmiştir. Karlı gün sayısı Marmara Bölgesi'nde 2,7 gün kısalırken, Ege Bölgesi'nde 2,8 gün kısalmıştır. Dolayısıyla Türkiye'nin batısında son 50 yılda karlı gün sayısı yaklaşık 2,7 gün kısalmıştır. Küresel yüzey sıcaklıklarındaki artışa bağlı olarak dünyada neredeyse tüm ülkelerde kar örtüsünde azalma yaşandığı bilinmektedir. Bu çalışmayla birlikte Türkiye'nin Batı'sında son 50 yılda karlı gün sayısında yaşanan azalma hesaplanmıştır. Aynı şekilde son 30 yıllık verilerin elde edildiği yağış miktarı incelendiğinde, Marmara Bölgesi'nde 250 mm artış tespit edilirken, Ege Bölgesi'nde yağış miktarı 380 mm azalmıştır. Akdeniz ülkelerinde olduğu gibi Türkiye'nin Batı'sında da yağış miktarında önemli bir azalma tespit edilmiştir. Son olarak da minimum sıcaklık değişimi incelendiğinde; son 30 yılda Marmara Bölgesi için 0,61°C sıcaklık artışı hesaplanırken, Ege Bölgesi için yaklaşık 1,11°C sıcaklık artışı belirlenmiştir.

Marmara Bölgesi'nde 1950'li yıllardan bu güne yapılan ölçümlere göre bölgedeki tüm illerde karlı gün sayısında azalma tespit edilmiştir (Şekil 4.2). Azalmanın miktarı bölgede ortalama 2,68 yaklaşık 3 gündür. Tekirdağ'da 1,5 gün, Balıkesir, Bilecik, Bursa ve Çanakkale'de 2 gün, Edirne, İstanbul, Sakarya ve Yalova'da 3 gün, Kırklareli ve Kocaeli'de 4 gün azalma hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra, en fazla nüfus artışının yaşandığı İstanbul'da Kırklareli'den daha az azalma meydana gelmesi, Türkiye üzerindeki siklonların sıklığının ve şiddetinin değişmesi ile açıklanmaktadır. Tekirdağ, Kırklareli, Kocaeli, Sakarya ve Yalova 2 no'lu yörünge üzerinden geçen siklonların sayısı ve şiddeti son yıllarda azalmaktadır. O nedenle bu yörünge üzerindeki illerde kar yağışı geçmiş yıllarla karşılaştırıldığında azalmıştır (Ek D.2).

Marmara Bölgesi'nde 1970'li yıllardan bu yana yağış miktarında 250 mm artış belirlenmiştir. Son 30 yılda Balıkesir'de yağış miktarı 30 mm azalmış, Bilecik, Bursa, Tekirdağ, Yalova'da 50 mm artış, Çanakkale'de 40 mm azalış, Kocaeli'de 40 mm artış, Edirne'de 20 mm azalış, İstanbul ve Sakarya'da 100 mm artış ve son olarak Kırklareli'de 100 azalış kaydedilmiştir. Bu artış ve azalmaların, kuşkusuz küresel iklim değişimine bağlı yağış paternlerindeki değişimin yanı sıra siklonlardaki değişimler de etkilemiştir. İstanbul'daki artışın nedeni İstanbul'un 2 ve 3a siklonlarının her ikisinden de etkileniyor olmasıdır. Kırklareli, Çanakkale, Balıkesir ve Edirne'de yağış miktarında azalma kaydedilmiştir. Sebebi 2 no'lu yörünge üzerinden geçen siklonların sıklığının azalmasıdır. Diğerleri 3a üzerindedir, öyleyse 3a'da meydana gelen değişim nedeniyle yağış miktarı bu illerde artarken, diğerlerinde azalmıştır. Burada aynı zamanda engellemeleri de incelemek gerekmektedir ancak bu da ayrı bir çalışma konusudur.

Marmara Bölgesi'nde min. Sıcaklıkta 0,2-1°C arasında değişen ortalama 0,61 °C sıcaklık artışı belirlenmiştir. Sıcaklık artışının en yüksek olduğu il 1 derece ile Çanakkale ve Balıkesir iken, İstanbul'da artış 0,8 derece, Bilecik, Bursa, Edirne, Kırklareli, Kocaeli, Sakarya ve Yalova'da 0,5 derece olarak ölçülmüştür. Bölgedeki en düşük sıcaklık artışının yaşandığı il 0,4 derece ile Tekirdağ'dır. Bölgede sıcaklıklardaki yükselme, küresel iklim değişiminden kaynaklanan sıcaklık artışı, şehirleşme ve artan nüfus, atmosfere salınan emisyonlardaki artış, orman tahribatı vb nedenlerle meydana gelmektedir. Artışın fazla olduğu illerden Çanakkale'de atmosfere salınan sera gazı emisyonlarının artması, Balıkesir'deyse karasallık etkisinin fazla oluşu gösterilmektedir. Karasallık indeksi haritasına bakıldığında (Ek E) en yüksek karasallığın Balıkesir'de olduğu açıkça gözlenmektedir. Bu nedenle Balıkesir'de sıcaklık artışı Marmara Bölgesi'ndeki diğer illerden daha fazladır. Çanakkale ve İstanbul'da artan nüfus sanayileşme ve emisyon artışı sıcaklıktaki yükselmeyi desteklemektedir.

Ege Bölgesi'nde 1950'li yıllardan bu yana yapılan ölçümlere göre bölgedeki tüm illerde, kırsal ve merkezdekiler de dahil olmak üzere tüm istasyonlarda karlı gün sayısında azalma tespit edilmiştir (Şekil 4.16). Azalmanın miktarı ortalama 2,81 gündür. Manisa'da 0,5 gün, Afyon, Denizli ve Muğla'da 2 gün, İzmir'de 2,5 gün, Kütahya'da 3 gün, Aydın'da 3,5 gün, ve Uşak'ta 7 gün azalma ölçülmüştür. Bunun en önemli sebebiyse siklonlardır. Uşak 3b yörüngesi üzerinden geçen siklonlardan etkilenmektedir (Şekil 4.3). 3b yörüngesi üzerinden geçen system, Aydın- Uşak ve Kütahya üzerinden geçmektedir. Genel sirkülasyonlar nedeniyle bu siklonların oluşum sıklığı azalmaktadır (Şekil 4.4).

3b nolu yörüngede sayı olarak çok fazla azalma olmasa bile şiddetinde azalma meydana gelmiştir ve kar bırakmaz. 3b yörüngesini takiben sistem Türkiye’de ilk Aydın’dan girer Uşak, Kütahya güzergahında devam eder. Enerjisinin büyük bölümünü Aydın’da kaybeden system Uşak’ta dolmaya ve kar bırakmamaya başlar.

Ege Bölgesi’nde 1970’li yıllardan bu güne yağış miktarı son 30 yılda ortalama 380 mm azalmıştır. Afyon’da yağış miktarı 20 mm artarken, diğer tüm illerde yağış miktarının azalmıştır. Yağış miktarı; Denizli, Uşak ve Muğla’da 20 mm, Aydın’da 50 mm, İzmir’de 80 mm, Kütahya’da 90 mm, Manisa’da 120 mm azalmıştır. Azalmanın birçok nedeni olabilir. İklim değişimi nedeniyle yağış paternlerinin değişmesi, yağış oluşumunda önemli bir yeri olan yoğunlaşma çekirdeği olarak adlandırılan atmosferik partiküllerin (kirleticilerin) sayısının artması yada cephesel yağış oluşturan siklonların yine iklim değişimi nedeniyle oluşum sıklığı yada şiddetlerini değiştirmeleri bu nedenlerden sayılabilir.

Ege Bölgesi’nde min. sıcaklık için yapılan ölçümlerde bölgedeki tüm illerde sıcaklık artışı tespit edilmiştir. 0,8-1,6 °C arasında değişen ortalama 1,11 °C sıcaklık artışı belirlenmiştir. Sıcaklık artışının en yüksek olduğu il Denizli iken, en düşük olduğu il Muğla’dır. Aydın ve Manisa’da 1,2°C, Afyon, İzmir, Kütahya ve Uşak’ta sıcaklık artışı 1 derece ölçülmüştür. Bölgede sıcaklıklardaki yükselme, küresel iklim değişiminden kaynaklanan sıcaklık artışı, şehirleşme ve artan nüfus, artan emisyonlar, orman tahribatı vb nedenlerle meydana gelmektedir.

5.2. Türkiye’de Kömürle Çalışan Termik Santrallerden Salınan CO₂ Emisyonu

Türkiye’de emisyonların büyük bölümü enerji üretiminden kaynaklandığından ve üretilen enerjinin %65’i kömür kullanılarak elde edildiğinden ve en yüksek emisyon değeri olan yakıt, katı yakıtlar (kömür, linyit, asfaltit) olduğu için, bu çalışmada Türkiye’deki kömürle çalışan termik santralleri ve onlardan salınan CO₂ emisyonları incelenmiştir. Kömürle çalışan termik santrallerin listesi TEİAŞ’ten temin edilmiş, yakıt türü, kurulu gücü ve üretim miktarları elde edilmiştir. Bu veriler ışığında IPCC metodolojisi kullanılarak teknik verim ve emisyon faktörü sabit tutularak açığa çıkan CO₂ miktarı Gg biriminden hesaplanmıştır. Ek B2’de liste halinde gösterilmiştir. Kömürle çalışan 41 adet termik santral bulunmaktadır. Bu santrallerin toplam kurulu gücü 10205 MW, toplam üretim miktarı yılda 62.101.432.267 kwh olarak belirlenmiştir. Bu termik santrallerden 66,7 milyon ton CO₂ salındığı hesaplanmıştır. Şekil 4.68’de

kömürle çalışan tüm termik santrallerden salınan CO₂ miktarı sıralanarak grafik halinde gösterilmiştir. Buna göre Afşin-Elbistan termik santralleri en fazla CO₂ salımı yapan santrallerdir. Bu santralleri, İskenderun İske, Manisa Soma ve Yatağan Muğla termik santralleri takip etmektedir. Santrallerin büyük bir bölümü Marmara ve Ege bölgesinde bulunmaktadır (Şekil 4.67).

Önümüzdeki yıllarda nüfus artışı ve sanayileşmeye bağlı olarak enerji ihtiyacı da giderek artacaktır. Buna bağlı olarak termik santrallerin sayılarının da artması beklenmektedir. Doğal gaz ve petrolün sınırlı olması nedeniyle en önemli enerji kaynağı kömür olacaktır. Yani gelecekte kömürle çalışan termik santrallerin sayıları giderek artacaktır. EPDK'ya yapılan başvurular da bu iddiayı doğrulamaktadır. Şekil 4.69 yapılan tüm termik santral başvurularının kabul edilmesi ve inşa edilmesi halinde gelecekte Türkiye'nin termik santral profilini göstermektedir. Şekil 4.70'te gelecekte Türkiye'deki kömürle çalışan termik santraller gösterilmektedir. Her iki durumda da termik santral profili günümüzde aktif durumda olan termik santral sayısının iki-üç katı fazlasıdır. Termik santral sayısının yaklaşık 3 kat artması, termik santrallerin kurulu gücü ve üretim miktarlarının ve buna bağlı olarak atmosfere salınan CO₂ emisyon miktarlarının da yaklaşık üç kat artacağı anlamına gelmektedir.

Bu çalışma ile Marmara ve Ege bölgelerinde son 30 yıllık veriler analiz edilerek iklim parametrelerinde değişim yaşandığı tespit edilmiştir. Küresel iklim değişiminin Türkiye'de de başladığı ortaya konmuştur. Küresel sera gazı emisyon azaltımı için Türkiye'nin payına düşen emisyon miktarı belirlenmiş ve kontrol altına alınmasının altı çizilmiştir. Türkiye'de kömürle çalışan termik santrallerden salınan CO₂ emisyon miktarı belirlenmiş, enerji temininde kömürün önemi ve kömür kullanılarak enerji temininde açığa çıkan CO₂ emisyonları vurgulanmıştır. Türkiye'nin Kyoto Protokolü'ne taraf olmasının beklendiği bu dönemde emisyonların azaltımı için aktif bir eylem çalışması gerekmektedir. Türkiye hem iklim değişiminden en fazla etkilenen ülkelerin başında yer alırken, hem de yüksek emisyonlarına sessiz kalması beklenmemelidir.

KAYNAKLAR

- [1] AÇA, 2007, Avrupa Çevre Ajansı, Kopenhag.
- [2] AÇA, 2004, Avrupa'nın Değişen İkliminin Etkileri, Avrupa Çevre Ajansı, Kopenhag.
- [3] AÇA, 2003, Avrupa'nın çevre Sorunları Üçüncü Değerlendirme Raporu, Avrupa Çevre Ajansı, Kopenhag.
- [4] Alcoma J. , Krol M., Leemans R., 1995, Stabilizing Greenhouse Gases, Global and Regional Consequences, National Institute of Public Health and the Environment , the Netherlands. p. 1 – 10.
- [5] Alley R., T. Berntsen, N. L.Bindoff, Z. Chen, A. Chidthaisong, P. Friedlingstein, J. Gregory, G. Hegerl, M. Heimann, B. Hewitson, B. Hoskins, F. Joos, J. Jouzel, V. Kattsov, U. Lohmann, M. Manning, T. Matsuno, M. Molina, N. Nicholls, J. Overpeck, D. Qin, G. Raga, V. Ramaswamy, J. Ren, M. Rusticucci, S. Solomon, R. Somerville, T. F. Stocker, P. Stott, R. J. Stouffer, P. Whetton, R. A.Wood, D. Wratt, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis; Summary for Policymakers, IPCC AR4.
- [6] Argüelles M., Benavides C., Junquera B., 2006, The impact of economic activity in Austrias on greenhouse gas emissions: Consequences for environmental policy within the Kyoto Protocol framework, Departamento de Economía Aplicada, Universidad de Oviedo, Spain.
- [7] Avcı S., 2005, Türkiye’de Termik Santraller ve Küresel Etkileri, Coğrafya Dergisi, İstanbul Üniversitesi, 13, 1-26.
- [8] Avrupa Komisyonu, 2004, Türkiye’nin katılım yönünde ilerlemesi hakkında 2004 yılı Düzenli Raporu, Kopenhag.
- [9] Başaran M., 2004, Türkiye’nin Organik Karbon Stoğu, HR. Ü.Z.F.Dergisi, 8 (3/4), 31-36.
- [10] Can A., 2006. Investigation of Turkey’s Carbon Dioxide Problem by Numerical modeling, *Doktora Tezi*, ODTÜ, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara.
- [11] Carbon Dioxide (CO₂), 2008, <http://www.science.gmu.edu/~zli/ghe.html>
- [12] Climate, yosemite.epa.gov/OAR/globalwarming.nsf/content/Emissions.html, 2008.
- [13] Deniz A., ve Karaca M., (1996), Türkiye’yi etkileyen Siklonların Yörünge Analizi, İ.T.Ü. Dergisi, baskıda.

- [14] **Deniz A.**, 1997, Türkiye’yi Etkileyen Sinoptik Sistemlerin Klimatolojisi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [15] **Dirsekeneli H.**, 2008, Enerji- İthal Kömür, Afşin Elbistan ve Rüzgâr Santralleri Üzerine Bir Değerlendirme, Müh. ve Makine, cilt. 48, sayı. 569, s. 61.
- [16] **Dünya Enerji Konseyi**, Türkiye Milli Komitesi Enerji İstatistikleri, 2006.
- [17] **EIA**, 2008, Annual Energy Outlook 2008 with projections to 2030, Washington DC.
- [18] **EIA**, 2007, Annual Energy Outlook 2007 with projections to 2030, Washington DC.
- [19] **EIA** , 2004, Emissions of Greenhouse Gases in the United States 2003 – Aralık 2004. Energy Information Administration – Office of Integrated Analyses and Forecasting U.S. Department of Energy Washington, DC 20585. p. 1 – 13.
- [20] **Electric Power Research Institute**, 2007, The Power to Reduce CO2 Emissions, The EPRI Energy Technology Assesment Center, California.
- [21] **Environmental Protection Agency, Department of Energy**, 2000, Carbon Dioxide Emissions from the Generation of Electric Power in United States, Washington DC:
- [22] **EPDK**, 2008, Türkiye’deki termik santrallerin listesi, Ankara.
- [23] **ETKB**, 2008, Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye’de Termik Santrallerin Kurulu Gücü, Ankara.
- [24] **European Commission**, 2002, A European Union Strategy for Sustainable Development, Kopenhag.
- [25] **EÜAŞ**, 2008, Türkiye’de kamuya ait termik santralleri listesi, Ankara.
- [26] **Freiwan M.**, 2005, Modeling Long Range Transport of European Air Pollutants to the East Mediterranean Region: An Episodik Analysis for Antalya, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [27] **Güven Ç.**, 2007, Climate Change and Turkey, UNDP Turkey Office, Turkey.
- [28] **Human Development Report**, 2007/2008, Fighting Climate Change: Human Solidarity in a divided world, UNDP.
- [29] **IEA** , 2007, Key World Energy Statistics, Dünya Enerji İstatistikleri.
- [30] **IEA**, 2002, Dealing with Climate Change - Policies and Measures in IEA Member Countries. p. 15 – 17.
- [31] **IEA**, 2000, CO₂ Emissions from Fuel Combustions (1971-1998). 2000 Edition – OECD/IEA.(Emissions de CO₂ Dues a la combustion d’energie). p. II. 100 - II.410.

- [32] **IPCC**, 2007, Intergovernmental Panel on Climate Change - Summaries for Policymakers and Other summaries. IPCC Special Report. p. 1-22, 43.
- [33] **İTÜ Görüşü**, 2007, Türkiye’de Enerji ve Geleceği, İ.T.Ü., İstanbul.
- [34] **Jones PD, Moberg A**, 2003, Hemispheric and large-scale surface air temperatures: an extensive revision and an update to 2001. *Journal of Climate*, 16, 206–223.
- [35] **Karakaya E., Özdağ M.**, 2003, Türkiye Açısından Kyoto Protokolü’nün Değerlendirilmesi Ve Ayırıştırma (Decomposition) Yöntemi İle CO₂ Emisyonu Belirleyicilerinin Analizi, *VII. ODTÜ Ekonomi Konferansı*, Ankara.
- [36] **Kasting J.**, 1998, The Carbon Cycle, Climate, and the Long-Term Effects of Fossil Fuel Burning - The Nature and Implication of Environmental Change, 4.
- [37] **L. Bruce Hill**, 2002, Climate, Climate Change and Midwest Power Plants, Clean Air Task Force, Boston, USA.
- [38] **Liebsch, G., K. Novotny, R. Dietrich, and C. Shum**, 2002, Comparison of multimission altimetric sea-surface heights with tide gauge observations in the Southern Baltic Sea, *Marine Geodesy*, 25, 213-234.
- [39] **Miller P. J., Atten C. V., Bradley M. J. & Associates**, 2004, North American Power Plant Air Emissions, Commission for Environmental Cooperation of North America, Montreal, Quebec Canada.
- [40] **OECD**, 1999, National Climate Policies and the Kyoto Protocol. Organisation for Economic Co-operation and Development. p. 23 – 44.
- [41] **OECD/IEA**, 1991, Greenhouse Gas Emissions - The Energy Dimensions – France. p. 15 - 17; 95.
- [42] **Oliver, J. E.**, 1981. *Climatology: Selected Applications*. Edward Arnold Ltd. 260 pp., London.
- [43] **Önol B.**, 2007, Downscaling Climate Change Scenarios Using Regional Climate Model Over Eastern Mediterranean, *Doktora Tezi*, İTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [44] **Pamir, A. N.**, 2003, Dünyada ve Türkiye’de Enerji, Türkiye’nin Enerji Kaynakları ve Enerji Politikaları.
- [45] **Rice J.A.**, 1987, *Mathematical Statistics and Data Analysis*, Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Boks & Software Pacific Grove, California.
- [46] **Robinson A.B., Baliunas S.L., Soon W., Robinson Z.W.**, Environmental Effects of Increased Atmospheric Carbon Dioxide. *Medical Sentinel – Volume 3 – Number 5*. September/October 1998. p. 171 - 178., 1998.

- [47] **Tamzok N., Torun M.**, 2005, Türkiye Enerji Politikaları İçerisinde Kömürün Önemi, *TMMOB V. Enerji Sempozyumu*, TMMOB, Ankara.
- [48] **TEİAŞ**, 2008, Türkiye'deki Termik Santrallerin Listesi, Ankara.
- [49] **TEİAŞ**, 2002, 2001 Yılı İşletme Faaliyetleri Raporu, p.115-117.
- [50] **TEİAŞ**, 2007, 2007 Yılı İşletme Faaliyetleri Raporu- Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi, Ankara.
- [51] **TEİAŞ**, 2008, 2008 Yılı İşletme Faaliyetleri Raporu, Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi, Ankara .
- [52] **TEİAŞ**, 2008, Türkiye'de Termik Santrallerin Yakıt Tüketimi, <http://www.teias.gov.tr>.
- [53] **TTGV-** Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı – 2002, Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi Ulusal Hazırlıkları - İklim Değişikliği ve Sürdürülebilir Kalkınma Ulusal Değerlendirme Raporu.
- [54] **Toros H., Deniz A., İncecik S.**, 2008, Continentality And Oceanity Indices Turkey, *Department of Meteorology, Istanbul Technical University*, Maslak, Istanbul.
- [55] **Toros, H.**, 1993, Klimatolojik Serilerden Türkiye İkliminde Trend Analizi Analizi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 172 s., İstanbul.
- [56] **Türkeş M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G.**, 2000, Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri, Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara.
- [57] **Türkeş M.**, 1998a, Influence of geopotential heights, cyclone frequency and Southern Oscillation on rainfall variations in Turkey, *Int. J. Climatol.*, 18, 649-680.
- [58] **Türkeş, M.**, 1996b, Meteorological drought in Turkey: A historical perspective, 1930-1993, *Drought Network News*, University of Nebraska, 8, 17-21.
- [59] **Türkeş, M.** 1994., Artan sera etkisinin Türkiye üzerindeki etkileri, TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, 321, 71, Ankara.
- [60] **Ulusal Rapor**, 2007, Türkiye'de 1990-2005 arasında Sera Gazı Emisyon Envanteri, Ankara
- [61] **I.Ulusal Türkiye'de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu**, 2006, Bahçeşehir Üniversitesi, Beşiktaş Kampüsü, İstanbul.
- [62] **World Data Centre for Greenhouse Gases under the Global Atmosphere Watch (GAW) programme.** <http://www.cmdl.noaa.gov/ccgg/iadv/>, 2004.
- [63] **Yalçinkaya Ş.**, 2008, Kişisel görüşme.
- [64] **Zeydan Ö., Yıldırım Y.**, 2007, Küresel Isınmada Etkin Olan Hava Kirleticileri ve Ülkemiz Emisyonları, *I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 2007*, İTÜ, İstanbul.

EK A. TÜRKİYE’DEKİ TERMİK SANTRALLERİN LİSTESİ

Tablo A.1: Türkiye’deki Kamuya Ait Fosil Yakıtla Çalışan Termik Santraller

EÜAŞ SANTRALLAR							
SIRA NO	SANTRALLAR	YERİ	YAKIT CİNSİ	ÜRETİM KAPASİTESİ		ÜNİTE SAYISI	KURULU GÜÇ (MW)
				PROJE	GÜVENİLİR		
1	ALİAĞA+ÇEVİRİM	İzmir	Motorin	990,0		6	180,0
2	AMBARLI	İstanbul	Fuel-Oil	3.465,0		5	630,0
3	AMBARLI DOĞALGAZ	İstanbul	Doğalgaz	8.780,0		9	1.350,9
4	BURSA DOĞALGAZ	Bursa	Doğalgaz	9.500,0		6	1.432,0
5	ÇAN	Çanakkale	Linyit	2.080,0		2	320,0
6	ÇATALAĞZI	Zonguldak	Taşkömürü	1.950,0		2	300,0
7	ELBİSTAN	K.maraş	Linyit	8.840,0		4	1.355,0
8	ELBİSTAN-B	K.maraş	Linyit			4	1.440,0
9	HAKKARİ(ÇUKURCA)	Hakkari	Motorin			1	1,0
10	HOPA	Artvin	Fuel-Oil	275,0		2	50,0
11	KANGAL	Sivas	Linyit	2.925,0		3	457,0
12	ORHANELİ	Bursa	Linyit	1.365,0		1	210,0
13	SEYİTÖMER	Kütahya	Linyit	3.900,0		4	600,0
14	TUNÇBİLEK-A	Kütahya	Linyit			1	65,0
15	TUNÇBİLEK-B	Kütahya	Linyit	2.790,0		2	300,0
	TERMİK TOPLAM			46860	0	52	8.690,9
SIRA NO	SANTRALLAR	YERİ	YAKIT CİNSİ	ÜRETİM KAPASİTESİ	ÜNİTE	KURULU GÜÇ SAYISI	(MW)
				PROJE	GÜVENİLİR		
1	HAMİTABAT	Kırklareli	Doğalgaz	7.800,0		12	1.120,0
2	KEMERKÖY	Muğla	Linyit	4.095,0		3	630,0
3	SOMA	Manisa	Linyit	6.720,0		8	1.034,0
4	YATAĞAN	Muğla	Linyit	4.095,0		3	630,0
5	YENİKÖY	Muğla	Linyit	2.730,0		2	420,0
	EÜAŞ BAĞ.ORT.TOPLAM			25440		28	3834,0
SIRA NO	SANTRALLAR	YERİ	YAKIT CİNSİ	ÜRETİM KAPASİTESİ	ÜNİTE	KURULU GÜÇ SAYISI	(MW)
				PROJE	GÜVENİLİR		
1	SAMSUN-1	Samsun	Fuel-Oil	876,0		7	131,3
2	SAMSUN-2	Samsun	Fuel-Oil	876,0		7	131,3
	MOBİL SANTRAL TOPLAMI			1752	0	14	262,7
SIRA NO	SANTRALLAR	YERİ	YAKIT CİNSİ	ÜRETİM KAPASİTESİ	ÜNİTE	KURULU GÜÇ SAYISI	(MW)
				PROJE	GÜVENİLİR		
1	ENGİL GAZ	Van	Motorin	90,0		1	15,0
2	JEOTERMAL	Denizli	Jeotermal	90,0		1	15,0
	TERMİK TOPLAM			180	0	2	30,0
İşletme hakkı devir t.s.							
SIRA NO	SANTRALLAR	YERİ	YAKIT CİNSİ	ÜRETİM	ÜNİTE KAP. GWH	KURULU GÜÇ SAYISI	SÖZLEŞME (MW)Gücü
1	PARK TERMİK	Ankara	Linyit	4.030,0	4	620,0	620
	İŞLETME HAKKI DEVİR TOPLAM			4.030,0	4	620,0	620
Yap-işlet santralleri							
SIRA NO	SANTRALLAR	YERİ	YAKIT CİNSİ	ÜRETİM KAP. GWH	ÜNİTE SAYISI	KURULU GÜÇ (MW)	SÖZLEŞME GÜCÜ(MW)
1	ADAPAZARI-1 (GEBZE)	Adapazarı	Doğalgaz	13.740,0	6	1595,4	1540
2	ADAPAZARI-2	Adapazarı	Doğalgaz	6.850,0	3	797,7	770
3	ANKARA(BAYMİNA)	Ankara	Doğalgaz	6.720,0	3	798,0	770
4	İSKENDERUN	Hatay	ithal köm.	9.500,0	2	1320,0	1210
5	İZMİR	İzmir	Doğalgaz	13.500,0	6	1590,7	1520
	Yİ TOPLAM			50.310,0	20	6101,8	5.810,0

SIRA NO	Yap-işlet-devret santralleri	YERİ	YAKIT CİNSİ	ÜRETİM KAPASİTESİ PROJE KAP. GWH	ÜNİTE GÜVENİLİR SAYISI	KURULU GÜÇ SAYISI (MW)	(MW) GÜCÜ(MW)
1	TRAKYA ELEKTRİK (ENRON)	Tekirdağ	Doğalgaz	3.600,0	3	498,7	478
2	ESENYURT	İstanbul	Doğalgaz	1.400,0	4	188,5	180
3	OVA ELEKTRİK	İzmit	Doğalgaz	1.964,0	2	258,4	253,4
4	UNIMAR	Tekirdağ	Doğalgaz	3.600,0	3	504,0	478
	TERMİK TOPLAM			10.564,0	12	1449,6	1.389,4

Tablo A.2: Türkiye’de Serbest Üretim Yapan Termik Santraller

SERBEST ÜRETİM ŞİRKETİ

SIRA NO	SANTRALLAR	YERİ	YAKIT CİNSİ	ÜRETİM KAP. GWH	KURULU GÜÇ (MW)
1	AK ENERJİ (Akal)	Yalova	DG+SIVI	78,0	10,4
2	AK ENERJİ (Alaplı)	Zonguldak	DG+SIVI	41,7	5,2
3	AK ENERJİ (Bati-çim)	İzmir	DG+SIVI	276,3	45,0
4	AK ENERJİ (Bozüyük)	Bilecik	DG+SIVI	816,9	126,6
5	AK ENERJİ (Ç.Köy)	Tekirdağ	DG+SIVI	730,8	98,0
6	AK ENERJİ (Çorlu)	Tekirdağ	DG+SIVI	77,4	10,4
7	AK ENERJİ (Uşak OSB)	Uşak	DG+SIVI	97,1	15,2
8	AK ENERJİ (Yalova)	Yalova	D.G+F.O(*)	172,2	21,0
	AK ENERJİ (Yalova)		DOĞALGAZ/NAFTA	315,7	38,5
9	AK ENERJİ (Deba-Denizli)	Denizli	DG+SIVI	72,0	15,6
10	AK ENERJİ KEMALPAŞA	İzmir	DG+SIVI	999,0	127,2
11	AKSA	Bursa	F.O.	11,1	1,4
12	AKSA Enerji Üretim AŞ. (Hakkari)	Hakkari	F.O.	26,0	24,0
13	ALTEK ALARKO	Kırklareli	D.G.		82,0
14	Aliağa Çakmaktepe Enerji Üretim AŞ (Aliağa)	İZMİR	D.G.		34,8
15	ANTALYA ENERJİ	Antalya	D.G.		34,9
16	AYEN OSTİM	Ankara	D.G.	280,0	41,0
17	BERK ENERJİ (BESLER)	İstanbul	DG	80,0	23,1
18	BİS ENERJİ	Bursa	D.G.	1.460,0	410,0
19	BOSEN ENERJİ ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	Bursa	D.G.		145,7
22	CAM İŞ ELEKTRİK (MERSİN)	Mersin	D.G.		126,1
23	CAM İŞ ELEKTRİK (TRAKYA)	Kırklareli	D.G.+M	225,0	32,9
24	CAN ENERJİ	Tekirdağ	D.G.		56,3
25	ÇELİK EN.	İzmit	D.G.	18,6	2,4
26	ÇEBİ ENERJİ	Tekirdağ	D.G.	472,5	64,4
27	ÇERKEZKÖY ENERJİ (Çerkezköy)	Tekirdağ	D.G.		49,2
28	ENERJİ-SA (Köseköy)	İzmit	DOĞALGAZ/NAFTA+M	930,0	120,0
29	ENERJİ-SA (Mersin)	içel	DOĞALGAZ/NAFTA	520,0	64,5
30	ENERJİ-SA (Zeytinli)	Adana	DOĞALGAZ/NAFTA	850,0	130,2
28	ENERJİ-SA (Çanakkale)	Çanakkale	DOĞALGAZ/NAFTA	520,0	64,1
29	EKOLOJİK ENERJİ	İstanbul	ÇÖP GAZI		1,0
30	ENTEK	Bursa	D.G+N	1.150,0	145,9
31	ENTEK KOÇ ÜNİVERSİTESİ	İstanbul	D.G.	21,0	2,3
32	ITC-KA ENERJİ MAMAK KATI ATIK TOP.MERK.	Ankara	ÇÖP GAZI		11,3

SIRA	SANTRALLAR	YERİ	YAKIT	ÜRETİM	KURULU GÜÇ
NO			CİNSİ	KAP. GWH	(MW)
33	İÇDAŞ ÇELİK	Çanakkale	İTHAL KÖMÜR	948,0	135,0
34	İDİL ENERJİ (PS3A-1)	Şırnak	F.O.	80,0	11,4
35	İDİL ENERJİ (PS3A-2)	Şırnak	F.O.	175,2	24,4
36	ENTEK KÖSEKÖY(İZTEK)	İzmit	D.G.	460,0	144,8
37	KAREN	K.Maraş	D.G.	200,0	24,3
37	KAREGE (K.Paşa-İzmir)	İzmir	F.O+D.G.	264,0	44,3
38	KARKEY(SİLOPİ-1)	Şırnak	F.O.	300,0	42,0
39	KARKEY(SİLOPİ-2)	Şırnak	F.O.	219,0	29,5
40	KARKEY(SİLOPİ-3)	Şırnak	F.O.		31,5
41	KARKEY(SİLOPİ-4)	Şırnak	F.O.		24,6
42	KARKEY(SİLOPİ-5)	Şırnak	F.O.	175,2	29,6
43	KIZILTEPE	MARDİN	F.O.	175,2	34,1
44	MENDERES ELEKTRİK	Aydın	JEOTERMAL		8,0
45	SARAYKÖY JEOTERMAL	DENİZLİ	JEOTERMAL		6,9
46	METEM ENERJİ(PELİKLİK))	Tekirdağ	D.G.	96,9	11,7
47	METEM ENERJİ(HACIŞIRAMAT)	Tekirdağ	D.G.	57,8	7,8
48	NOREN ENERJİ	Niğde	DG	69,8	8,7
49	NUH ENERJİ-1	İzmit	D.G+N+M	285,7	38,0
50	NUH ENERJİ-2	İzmit	DG	765,0	73,0
51	SAYENERJİ Enerji Üretim AŞ.	Kayseri/OSB	DG		5,9
52	SÖNMEZ ELEKTRİK	Uşak	DG		17,5
53	SİİRT	SİİRT	F.O.	175,2	25,6
54	T ENERJİ ÜRETİM AŞ.	İSTANBUL	DG		1,6
55	ZORLU ENERJİ (BURSA)	Bursa	DG	733,0	90,0
56	ZORLU ENERJİ (L.BURGAZ)	Kırklareli	DG	441,0	65,8
57	ZORLU ENERJİ (SİNCAN)	Ankara	DG	416,7	50,3
58	ZORLU ENERJİ (KAYSERİ)	Kayseri	DG	1.381,1	188,5
59	ZORLU ENERJİ (KAYSERİ/Pınarbaşı)	Kayseri	DG		7,2
60	ZORLU ENERJİ(YALOVA)	Yalova	DG		15,9
	TERMİK TOPLAM			17.660,3	3394,0

Tablo A.3: Türkiye’deki Otoprodüktör Termik Santraller

OTOPRODÜKTÖR SANTRALLAR					
SIRA	SANTRALLAR	YERİ	YAKIT	ÜRETİM	KURULU GÜÇ
NO			CİNSİ	KAP.GWH	(MW)
1	Acıbadem Sağ.Hiz.ve Tic.AŞ.BURSA HASTANESİ	Nilüfer/BURSA	DOGALGAZ		1,3
2	Acıbadem Sağ.Hiz.ve Tic.AŞ.KADIKÖY HASTANESİ	İstanbul/Kadıköy	DOGALGAZ		0,5
3	Acıbadem Sağ.Hiz.ve Tic.AŞ.KOZYATAĞI HASTANESİ	İstanbul/Kadıköy	DOGALGAZ		0,6
4	ADANA ATIK SU ARITMA TESİSİ	Adana	Biogaz		0,8
5	AKATEKS Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş.	Tekirdağ/Çorlu	DOGALGAZ		1,8
6	AKBAŞLAR(*)	Bursa	DG		8,7
7	AKÇA TEKSTİL (Menderes)	Denizli	DG+SIVI	70,0	18,7
8	AKIN ENERJİ	Kırklareli	DOGALGAZ	37,2	4,9
9	AKMAYA (Lüleburgaz)	Kırklareli	DOGALGAZ		6,9
10	AKSEN	Gaziantep	FUEL-OİL	168,0	21,1
11	AKTEKSTİL-1	Gaziantep	FUEL-OİL	104,3	13,0
12	ALKİM KAÇIT	İzmir	DOGALGAZ/NAFTA	34,0	5,2
13	ALKİM ALKALİ KİMYA	Afyon	K+F.OİL+LPG+MOT.	20,7	3,4
14	ALTINMARKA	İstanbul	D.G.	30,5	3,6
15	ALTINYILDIZ	İstanbul	DOGALGAZ/NAFTA	39,7	4,7
16	AMYLUM NIŞASTA (*)	Adana	DOGALGAZ		14,3
17	ANADOLU EFES BİRA	Ankara	FUEL-OİL	30,6	3,8
18	ARÇELİK ÇAYIROVA	İstanbul	D.G+F.O+M	37,0	6,5

SIRA	SANTRALLAR	YERİ	YAKIT	ÜRETİM	KURULU GÜÇ
NO			CİNSİ	KAP.GWH	(MW)
19	ARÇELİK E.ŞEHİR	Eskişehir	D.G+F.O+M	35,5	6,3
20	ARENKO	Denizli	DOĞALGAZ	101,6	12,7
21	ATAÇ İNŞAAT SAN. Antalya Sanayi Bölgesi	Antalya	D.G.		5,4
22	ATAER ENERJİ	İzmir	DG+NAFTA	306,9	70,3
23	ATATEKS	Tekirdağ	DG+Nafta	43,5	5,6
17	AYDIN ÖRME	Sakarya	DOĞALGAZ		7,5
18	AYKA TEKSTİL	Tekirdağ	DG+SIVI	40,0	5,5
19	BAHARİYE MENSUCAT				1,0
20	ATLAS HALICILIK	Tekirdağ	DG	6,0	1,0
21	BAĞFAŞ	Balıkesir	YEN.ATIK		10,0
22	BAYDEMİRLER	İstanbul	DOĞALGAZ	8,6	9,3
23	BELKA	Ankara	YEN.ATIK	24,1	3,2
24	BEY ENERJİ	Tekirdağ	D.G+M	32,7	5,0
25	BİL ENERJİ	Ankara	D.G.+M	255,3	36,6
26	BİRKO ENERJİ	Niğde	FUEL-OIL	85,8	11,5
27	CAN TEKSTİL	Tekirdağ	D.G.+M	37,0	5,2
28	COGNIS-HENKEL	İstanbul	DOĞALGAZ	6,4	1,0
29	ÇIRAGAN SARAYI	İstanbul	DOĞALGAZ		1,3
30	ÇOLAKOĞLU	İzmit	İTHAL KÖMÜR	1.520,0	190,0
	ÇOLAKOĞLU		DOĞALGAZ	987,2	123,4
31	DENİZLİ ÇİMENTO	Denizli	DOĞALGAZ	105,0	14,0
32	DENTAŞ	Denizli	SIVI +DOĞALGAZ	31,7	5,0
33	DESA	İzmir	DG+LPG+N	68,0	10,6
34	DOĞUŞ	Kırklareli	DOĞALGAZ	6,0	1,0
35	ECZACIBAŞI BAXTER HAST.ÜR.	İstanbul		5,8	1,0
36	E.ŞEHİR ENDÜSTRİYEL ENER.	Eskişehir	D.G.+M	329,2	59,0
37	EDİP İPLİK	Kırklareli	D.G+LPG	37,2	4,9
38	EGE BİRLEŞİK ENERJİ	İzmir	LPG+D.G.+M	94,0	12,8
39	EKOTEN TEKSTİL	İzmir	DOĞALGAZ		1,9
40	ELSE TEKSTİL (Çorlu)	Tekirdağ	DOĞALGAZ		3,2
41	ERAK GIYİM	Tekirdağ	DOĞALGAZ		1,4
42	EROĞLU GIYİM	Tekirdağ	DOĞALGAZ		1,2
43	ERDEMİR	Zonguldak	DOĞALGAZ		80,0
	ERDEMİR		F.O+K.G+Y.F.G+DG	1.000,0	75,0
44	ETİ ALÜMİNYUM	Konya	FUEL-OIL	27,5	11,9
45	ETİ BOR A.Ş.(BANDIRMA ASİT)	Balıkesir	YEN.ATIK		11,5
48	EVYAP	İstanbul	DG	7,0	5,1
49	FLOKSER TEKSTİL SAN.ve TİC.AŞ.(Çatalça)(Poliser tesisi)	İstanbul	DOĞALGAZ		2,1
50	FLOKSER TEKSTİL SAN.ve TİC.AŞ.(Çatalça)(Süetser tesisi)	İstanbul	DOĞALGAZ		2,1
51	FRİTOLAY GIDA SAN.	Kocaeli	DOĞALGAZ	0,1	0,6
52	GOODYEAR (ADAPAZARI)	Adapazarı	D.G+LPG	69,0	9,6
53	GOODYEAR (İZMİT)	İzmit	D.G+LPG	32,0	4,2
54	GRANİSER GRANİT	Manisa	DG		5,5
55	GÜL ENERJİ	Gaziantep	FUEL-OIL	90,0	25,0
56	GÜLLE ENERJİ	Tekirdağ	DG	44,0	6,3
57	HABAŞ(BİLECİK)	Bilecik	FUEL-OIL	120,0	18,0
58	HABAŞ(İZMİR)	İzmir	FUEL-OIL	240,0	36,0
59	HABAŞ(ALİAĞA)	İzmir	D.G	1.920,0	224,5
60	HALKALI KAĞIT	İstanbul	D.G+M	39,0	5,1
61	HAYAT KAĞIT	Çorum	DG	56,3	7,5
62	HAYAT TEM. VE SAĞLIK	Kocaeli	DG		15,0
63	HAYAT KİMYA	İzmit	DG	32,0	5,2
64	İSPARTA MENSUCAT	İsparta	FUEL-OIL	79,2	10,7
65	İGSAŞ	İzmit	D.G+F.O	68,0	11,0
66	İSDEMİR	Hatay	F.O.+T.K.+K	750,0	220,4
67	İSKO	Bursa	D.G+LPG	75,0	9,2
68	İZAYDAŞ	İzmit	YEN.ATIK	5,7	5,2
69	KAHRAMANMARAŞ KAĞIT	Kahramanmaraş	İTHAL KÖMÜR		6,0
70	KALE SERAMİK	Çanakkale	D.G+SIVI	157,0	21,6
71	KARDEMİR	Karabük	TAŞ KÖMÜR	230,0	35,0
72	KARTONSAN	İzmit	D.G+M	118,0	24,0
73	KASTAMONU ENTEGRE AĞ.	Balıkesir	DOĞALGAZ		7,5
74	KEMERBURGAZ(İBB)	İstanbul	YEN.ATIK	7,2	4,0
75	KİL-SAN KİL San.Tic.AŞ.	İstanbul	DOĞALGAZ		3,2

SIRA	SANTRALLAR	YERİ	YAKIT	ÜRETİM	KURULU GÜÇ
NO			CİNSİ	KAP.GWH	(MW)
76	KIRKA BORAKS	Eskişehir	SIVI+DOĞALGAZ		8,2
77	KIVANÇ TEKSTİL		DOĞALGAZ		3,9
78	KOMBASSAN KAGIT, GIDA	Tekirdağ	DOĞALGAZ	38,1	5,5
79	KOMBASSAN KAG.MATBAA,GIDA	Konya	DOĞALGAZ	35,7	5,5
80	KORUMA KLOR	İzmit	DOĞALGAZ	76,8	9,6
81	KÜÇÜKÇALIK TEKSTİL	Bursa	DOĞALGAZ		8,0
82	MAKSI ENERJİ	İstanbul	D.G+M	58,0	7,7
83	MANİSA ORGANİZE SAN.(MOSB)	Manisa	DOĞALGAZ	515,0	84,8
84	MARMARA KAĞIT	Bilecik	LİNYİT		2,0
85	MARMARA PAMUK (Çorlu)	Tekirdağ	DOĞALGAZ		8,7
86	MB ŞEKER NIŞASTA SAN. A.Ş. (Sultanhanı) (Balküğü)	Aksaray	DOĞALGAZ		8,8
87	MEDUNION	İzmir	FUEL-OİL	26,9	3,4
88	MENSA	Adana	SIVI+DOĞALGAZ	54,8	10,4
89	MERCEDES BENZ TÜRK	İstanbul	DOĞALGAZ	36,8	8,3
90	MİSİS APRE TEKSTİL BOYA EN. SAN. (HSOSB/ADANA)	ADANA	DOĞALGAZ		2,0
91	MODERN ENERJİ	Tekirdağ	DOĞALGAZ	388,0	67,3
	MODERN ENERJİ		D.G+LPG		20,0
92	MOPAK	İzmir	DG+LPG	33,0	4,6
93	MOPAK (DALAMAN)	Muğla	F.O+DIĞER		26,2
94	NUR YILDIZ	Tekirdağ	DOĞALGAZ	6,5	1,4
95	ORS	Ankara	FUEL-OİL	60,9	7,4
96	ORTA ANADOLU MENSUCAT	Kayseri	NAFTA+LPG+D.G.	62,0	10,0
97		Bursa		50,0	
	ÖZAKIM		D.G		7,0
99	PAKMAYA	İzmit	DG	55,2	2,1
	PAKMAYA		D.G+LPG		4,8
96	PAK GIDA	İzmir	D.G.		5,7
97	PETKİM ALİAĞA	İzmir	FUEL-OİL	1.041,7	170,0
98	PETLAS	Kırşehir	L+LPG+FO		6,0
99	POLİNAS	Manisa	FUEL-OİL	74,5	10,0
100	SAMUR	Ankara	FUEL-OİL	28,0	7,4
101	SARKUYSAN	İzmit	DOĞALGAZ	54,0	7,7
102	SEKA AKDENİZ	Mersin	F.O+S.L+K	105,0	20,0
103	SEKA AKSU	Giresun	FUEL-OİL	25,0	8,0
104	SEKA BALIKESİR -ALBAYRAK TURİZM	Balıkesir	F.O+K+T	56,2	9,3
105	SEKA ÇAY-GAP İNŞ.YATIRIM DIŞ TİC.	Afyon	F.O+DIĞER	50,0	8,0
106	SEKA(çaycuma) OYKA KAĞIT	Zonguldak	F.O+DIĞER	37,2	10,0
107	SIMKO	İstanbul	DOĞALGAZ	8,0	2,1
108	SÖKTAŞ	Aydın	LPG	33,5	4,5
109	SÖNMEZ FLAMENT	Bursa	DOĞALGAZ	32,0	4,1
110	STANDART PROFİL	Düzce	DOĞALGAZ	45,0	6,7
111	SÜPER FİLİM	G.antep	F.O	270,1	25,2
112	SÜPERBOY BOYA KASAR SAN.ve Tic.Ltd.Şti.(Büyükçekmece)	İstanbul	DOĞALGAZ		1,0
113	SWISS OTEL (Anadolu Japan Turizm AŞ.)	İstanbul	DOĞALGAZ		1,6
114	ŞAHİNLER	Tekirdağ	DOĞALGAZ	176,0	26,0
115	ŞİK MAKAS	Tekirdağ	DOĞALGAZ		1,6
116	TANRIVERDİ	Tekirdağ	DOĞALGAZ	38,7	4,7
117	TAV Esenboğa Yatırım Yapım Ve İşletme AŞ.	Ankara	DOĞALGAZ		3,9
118	TEKBOY TEKSTİL	Kırklareli	DOĞALGAZ	16,0	2,2
119	TERMAL SERAMİK	Bilecik	DG+SIVI	34,2	4,6
120	TEZCAN GALVANİZ	İzmit	DG	32,0	3,7
121	TİRE KUTSAN	İzmir	FUEL-OİL	37,0	8,0
122	TOPRAK ENERJİ	Eskişehir	DOĞALGAZ	70,0	9,0
123	TOROS ENERJİ (CEYHAN)	Adana	NAFTA	31,5	4,7
124	TOROS ENERJİ (MERSİN)	Mersin	NAFTA	53,3	12,1
125	TRAKYA İPLİK	Tekirdağ	DG+SIVI	17,0	4,2

SIRA NO	SANTRALLAR	YERİ	YAKIT	ÜRETİM	KURULU GÜÇ
			CİNSİ	KAP.GWH	(MW)
126	TÜBAŞ	Tekirdağ	DOĞALGAZ	8,6	1,4
127	TÜGSAŞ (GEMLİK)	Bursa	DOĞALGAZ		8,0
128	TÜP MERSERİZE	Kırklareli	DG+LPG+M	43,7	4,7
	TÜP MERSERİZE		DG		1,0
123	TÜPRAŞ BATMAN RAFİNERİ(*)	Batman	FUEL-OİL	17,0	10,3
	TÜPRAŞ BATMAN RAFİNERİ(*)		MOTORİN		10,3
124	TÜPRAŞ İZMİR RAFİNERİ	İzmir	FUEL-OİL	290,0	44,0
128	TÜPRAŞ İZMİT RAFİNERİ (*)	İzmit	FUEL-OİL	210,9	45,0
129	TÜPRAŞ O.A. RAFİNERİ	Kırıkkale	FUEL-OİL	105,0	24,0
130	İSTANBUL ELYAF	Yalova	DG	65,0	12,3
131	YILDIZ ENTEGRE AĞAÇ	Kocaeli	DG		6,2
132	YILDIZ SUNTA (Uzunçiftlik-Köseköy)	İzmit	DG	30,0	27,8
133	YONGAPAN(KASTAMONU ENT.)	İzmit	DG	33,7	9,7
134	YURTBAY	Eskişehir	DG	80,1	7,8
135	ZEYNEP GİYİM SAN.	Tekirdağ	DG	8,1	1,2
				14.796,9	2616,6
	DiĞERLERİ (*)		MOTORİN		8,0
	DiĞERLERİ (*)		DOĞALGAZ+SIVI	56,0	40,0
	DiĞERLERİ(*)		FUEL-OİL	136,7	62,3
	DiĞERLERİ(*)		LİNYİT	236,9	143,8
	DiĞERLERİ(*)		KATI+SIVI	156,4	64,8
	DiĞERLERİ TOPLAM			586,0	318,9
	TERMİK TOPLAM			15.382,9	2935,5

Tablo A.4: Türkiye’de Yapım Aşamasında Olan Termik Santraller

Karen Kahramanmaraş Elektrik Üretim Otoprodüktör Grubu A.Ş.	-	Termik/Fuel Oil No:6	25,02 MWm/24,34 Mwe
E. On & Turcas Güney Elektrik Üretim A.Ş.	Honaz / DENİZLİ	Termik-Doğal Gaz-Kombine Çevrim	840 MWm/814,8 MWe
Yalın Enerji Sanayi İnşaat Ticaret A.Ş.	Adana ili, Ceyhan ilçesi	İthal Kömür/Termik-Konvansiyonel	816,32 MWm/800 MWe
İzmir Termik Elektrik Üretim ve Ticaret A.Ş.	Adana ili, Ceyhan ilçesi	İthal Kömür/Termik-Konvansiyonel	625 MWm / 600 MWe
Ayas Enerji Üretim ve Ticaret A.Ş.	Adana İli, Yumurtalık İlçesi	Termik/İthal Kömür	800 MWm/800 Mwe
Diler Elektrik Üretim A.Ş.	Adana ili, Yumurtalık ilçesi	Termik-Konvansiyonel/İthal Kömür (Fuel-Oil)	606,8/600,1
Beysu Enerji Üretimi A.Ş.	Adana ili, Yumurtalık ilçesi	İthal Kömür / Termik-Akışkan Yatak	135 MWm/119,23 Mwe

IC İçtař Elektrik Üretim A.ř.	Adana ili, Yumurtalık ilçesi	Termik-Konvansiyonel/İthal kömür	606 MWm/600 MWe
Park Teknik Elektrik Madencilik Turizm Sanayi ve Ticaret Anonim şirketi	Ankara ili, Altındağ ilçesi	Termik-Motor/Fuel Oil No:6 / motorin	46,08 MWm/44,784 Mwe
Göller Enerji Üretim Ltd. şti.	Antalya ili	Doğalgaz/Termik-Kombine Çevrim	274 MWm/270 MWe
Karat Elektrik Üretim ve Ticaret A.ř.	Balıkesir İli, Bandırma İlçesi	Termik (İthal kömür)	1,224 MWm/1,200 MWe
AS Enerji Elektrik Üretim San. ve Tic. A.ř.	Burdur ili, Bucak ilçesi	Termik-Kombine Çevrim/Doğal Gaz	67/65
İçdaş Elektrik Enerjisi Üretim ve Yatırım A.ř.	anakkale İli, Biga İlçesi	Termik-Akışkan Yataklı Termik Santrali/İthal Kömür	253,28/250
San-Sal İnşaat Tesisat Sanayi ve Ticaret A.ř.	anakkale ili, Biga ilçesi, Karabiga mevkii	Termik (İthal kömür)	1.260,00 MWm/1.210,00 MWe
San-Sal İnşaat Tesisat Sanayi ve Ticaret A.ř.	anakkale İli, Ezine İlçesi	Termik (İthal kömür)	516,00 MWm/500,00 Mwe
Hayat Kağıt ve Enerji Sanayi Ticaret A.ř.	orum İli	Doğal Gaz/Termik-Kojenerasyon	7,561/7,22
Yalınkaya Enerji Üretim A.ř.	Denizli ili, Sarayköy ilçesi	Termik-Basit Çevrim/Doğal Gaz	209 MWm/205,474 Mwe
Bukalp Sav. San. Tar. Hayv. Day. Tük. Mal. Teks. İnş. Tur. Pet.ve Enerji Hizm. Ltd. şti	Gaziantep İli	Konvansiyonel/Evsel ve Endüstriyel Katı Atık	74/72
Zorlu Enerji Elektrik Üretim A.ř.	Hatay İli, Erzin İlçesi,	Termik/Doğal Gaz	7,52 MWm/7,20

	Yeşiltepe Köyü		Mwe
Nuh Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	Hereke /Körfez / KOCAELİ	Termik/Akışkan Yatak/İthal Kömür	154,95 MWm/150 Mwe
İzdemir Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	İzmir ili, Aliağa ilçesi	Termik-Konvansiyonel/İthal Kömür	310 MWm/300 Mwe
İzmir Termik Elektrik Üretim ve Ticaret A.Ş.	İzmir ili, Aliağa ilçesi	İthal Kömür/Termik-Konvansiyonel	625 MWm / 600 MWe
İzdemir Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	İzmir ili, Aliağa ilçesi	İthal Kömür / Termik - Konvansiyonel	350 MWm/310 MWe
KEN Kipaş Elektrik Üretim Anonim Şirketi	Kahramanmaraş	Termik / Kojenerasyon /Fuel-oil No:6	25,02 MWm / 24,34 MWe
İç Anadolu Doğal Gaz Elektrik Üretim ve Ticaret A.Ş.	Kırıkkale ili	Doğal Gaz/Termik-Kombine Çevrim	432 MWm / 420 MWe
Gap Petrol Gaz İthalat ve İhracat Pazarlama Sanayi ve Ticaret A.Ş.	Kırıkkale ili, Yahşihan ilçesi	Doğalgaz / Termik-Kombine Çevrim	1260 MWm/1200 MWe
Yeni Enerji San. İnş. Tic. A.Ş.	Kocaeli ili, Gebze ilçesi	Doğalgaz / Termik-Kombine Çevrim	918,36 MWm / 900 MWe
Entek Elektrik Üretimi A.Ş.	Kocaeli İli, Gölcük İlçesi	Termik-Kombine Çevrim Santrali	94/89
Temzet Elektrik Üretim İletim A.Ş.	Kütahya İli, Seyitömer Beldesi	Yerli Linyit Kömürü/Termik –Akışkan Yatak	330/300
AEI Elektrik Üretim ve Ticaret Limited Şirketi	M. Ereğlisi / TEKİRDAĞ	Termik-doğalgaz-kombine çevrim	899 MWm / 876 MWe
Ege Enerji Yatırım ve	Sakarya ili,	İthal	675 MWm

Elektrik Üretim Sanayi Ticaret A.Ş.	Karasu ilçesi	Kömür/Termik-Konvansiyonel	/660 MWe
Cengiz Enerji San. T.A.Ş.	Samsun	Termik/İthal K.	612,25 MWm/
Akfen Gaz Santrali Yatırımları ve Ticaret A.Ş.	Samsun İli	Termik-Kombine Çevrim/Doğal Gaz	814 MWm/800 Mwe
Alarko Enerji Üretim A.Ş.	Samsun ili, Çarşamba ilçesi	Doğal gaz/Termik-Kombine çevrim	495,00 MWm/485,00 MWe
Düzhan Enerji Yatırım ve Ticaret Anonim Şirketi	Sinop ili, Ayancık ilçesi	Termik Akışkan Yatak/İthal Kömür	606 MWm / 600 MWe
Akfen Termik Santral Yatırımları ve Ticaret A.Ş.	Sinop ili, Erfelek ilçesi	Termik-Konvansiyonel/İthal Kömür	1630 MWm/1600 Mwe
Anadolu Termik Santralleri A.Ş.	Sinop ili, Gerze ilçesi	İthal Kömür-Motorin/Termik-Konvansiyonel	1020 MWm / 1000 MWe
Karkey Karadeniz Elektrik Üretim A.Ş.	Şırnak İli, İdil İlçesi	Termik-Fuel-Oil No:6 / Ham Petrol	11,00 MWm/10,60 Mwe
Karkey Karadeniz Elektrik Üretim A.Ş.	Şırnak İli, Silopi İlçesi	Termik/HFO No:6	30,5 MWm/29,5 Mwe
Modern Enerji Elektrik Üretimi Otoprodüktör Grubu Anonim Şirketi	Tekirdağ ili, Çorlu ilçesi	Doğal gaz / Termik – birleşik ısı güç santrali	100,82 MWm / 96,78 MWe
Şavk Enerji Üretimi A.Ş.	Zonguldak ili, Çatalağzı Beldesi	İthal Kömür / Termik-Akışkan Yatak	373,64 MWm/330 MWe
Modern Enerji Elektrik Üretimi Otoprodüktör Grubu Anonim Şirketi	Zonguldak ili, Çatalağzı beldesi	Yerli + ithal kömür / Termik – konvansiyonel	323,56 MWm / 320 MWe
Bent Enerji Sanayi İnşaat Ticaret A.Ş.	Zonguldak ili, Çatalağzı ilçesi	Termik-Konvansiyonel/İthal Kömür	309,31/300

EK B. KÖMÜRLE ÇALIŞAN TERMİK SANTRALLERDEN SALINAN CO₂ EMİSYON MİKTARININ HESAPLANMASI

B.1. Türkiye’de Kömürle Çalışan Termik Santrallerden Salınan CO₂ Emisyonunun Hesaplandığı Formül

CO₂ emisyonu(Gg)= FC (1000 toe)xCC (TJx1000 toe)⁻¹)x FOCxEF(ton karbonxTJ⁻¹)x (CO₂ /C)x1000⁻¹

FC= Tüketilen yakıt miktarı

CC=Dönüşüm katsayısı (41.868 TJ 1000 toe⁻¹)

FOC= Oksitlenen karbon fraksiyonu

EF= Emisyon faktörü

CO₂ /C= 44/12

$$CO_2Emisyonu(Gg) = \frac{\frac{3,6}{1000000} \times \text{ÜretimMiktarı}(kwh/ \text{yıl})}{\text{Teknikverim}} \times \text{Emisyonfaktörü} \times \frac{44}{12} \quad (B.1)$$

Tablo B.2: Türkiye’deki Kömürle Çalışan Termik Santrallerden Salınan CO₂ Emisyonunun Hesaplanması

İL	YAKIT TÜRÜ	KURUL U GÜÇ (MW)	ÜRETİM MİKTARI (kWh/Yıl)	ÜRETİLEN ELEKTİRİĞİN ISIL DEĞERİ (TJ)/YIL	TERMİ K VERİM ORANI	KULLANILAN HAM MADDEİNİN ISIL DEĞERİ (TJ) / YIL	EMİSYON FAKTÖRÜ (t C/TJ)	KARBON İÇERİĞİ (tC) / YIL	KARBON İÇERİĞİ (Gg C) / YIL	OKSİTLENMİ Ş KARBON ORANI	GERÇEKLEŞE N KARBON EMİSYONU (Gg C) / YIL	GERÇEKLEŞEN CO ₂ EMİSYONU (Gg CO ₂) / YIL
Adapazarı	Yerli Linyit	10.4	25,450,000	92	0.33	278	27.6	7,662.8	7.66	0.980	7.51	27.53
Amasya	Yerli Linyit	7.76	17,447,267	63	0.33	190	27.6	5,253.2	5.25	0.980	5.15	18.88
Kütahya	Yerli Linyit	2.56	6,300,000	23	0.33	69	27.6	1,896.9	1.90	0.980	1.86	6.82
Kocaeli	Yerli Linyit	190	1,520,000,000	5,472	0.33	16,582	27.6	457,658.2	457.66	0.980	448.51	1644.52
Sivas	Yerli Linyit	457	2,970,000,000	10,692	0.33	32,400	27.6	894,240.0	894.24	0.980	876.36	3213.30
Bursa	Yerli Linyit	210	1,365,000,000	4,914	0.33	14,891	27.6	410,989.1	410.99	0.980	402.77	1476.82
Muğla	Yerli Linyit	630	4,100,000,000	14,760	0.33	44,727	27.6	1,234,472.7	1234.47	0.980	1209.78	4435.87
Kütahya	Yerli Linyit	429	2,359,500,000	8,494	0.33	25,740	27.6	710,424.0	710.42	0.980	696.22	2552.79
Kahramanmaraş	Yerli Linyit	1355	7,452,500,000	26,829	0.33	81,300	27.6	2,243,880.0	2243.88	0.980	2199.00	8063.01
Kahramanmaraş	Yerli Linyit	1440	9,360,000,000	33,696	0.33	102,109	27.6	2,818,210.9	2818.21	0.980	2761.85	10126.77
Çanakkale	Yerli Linyit	320	2,080,000,000	7,488	0.33	22,691	27.6	626,269.1	626.27	0.980	613.74	2250.39
Kütahya	Yerli Linyit	600	3,900,000,000	14,040	0.33	42,545	27.6	1,174,254.5	1174.25	0.980	1150.77	4219.49
Balıkesir	Yerli Linyit	10.66	40,000,000	144	0.33	436	27.6	12,043.6	12.04	0.980	11.80	43.28
Denizli	Yerli Linyit	2	16,000,000	58	0.33	175	27.6	4,817.5	4.82	0.980	4.72	17.31

İL	YAKIT TÜRÜ	KURULU GÜÇ (MW)	ÜRETİM MİKTARI (kWh/Yıl)	ÜRETİLEN ELEKTİRİĞİN ISIL DEĞERİ (TJ)/YIL	TERMİK VERİM ORANI	KULLANILAN HAM MADDENİN ISIL DEĞERİ (TJ) / YIL	EMİSYON FAKTÖRÜ (t C/TJ)	KARBON İÇERİĞİ (tC) / YIL	KARBON İÇERİĞİ (Gg C) / YIL	OKSİTLENMİŞ KARBON ORANI	GERÇEKLEŞEN KARBON EMİSYONU (Gg C) / YIL	GERÇEKLEŞEN CO2 EMİSYONU (Gg CO2) / YIL
Konya	Yerli Linyit	17.36	43,200,000	156	0.33	471	27.6	13,007.1	13.01	0.980	12.75	46.74
İstanbul	Yerli Linyit	11.5	81,500,000	293	0.33	889	27.6	24,538.9	24.54	0.980	24.05	88.18
Manisa	Yerli Linyit	1034	5,000,000,000	18,000	0.33	54,545	27.6	1,505,454.5	1505.45	0.980	1475.35	5409.60
Adana	Yerli Linyit	320	2,304,000,000	8,294	0.33	25,135	27.6	693,713.5	693.71	0.980	679.84	2492.74
Erzincan	Yerli Linyit	4	6,027,000	22	0.33	66	27.6	1,814.7	1.81	0.980	1.78	6.52
Konya	Yerli Linyit	9.6	28,633,000	103	0.33	312	27.6	8,621.1	8.62	0.980	8.45	30.98
Kahramanmaraş	Yerli Linyit	9.6	12,020,000	43	0.33	131	27.6	3,619.1	3.62	0.980	3.55	13.00
Çorum	Yerli Linyit	9.6	18,363,000	66	0.33	200	27.6	5,528.9	5.53	0.980	5.42	19.87
Samsun	Yerli Linyit	9.6	8,950,000	32	0.33	98	27.6	2,694.8	2.69	0.980	2.64	9.68
Burdur	Yerli Linyit	10.96	18,660,000	67	0.33	204	27.6	5,618.4	5.62	0.980	5.51	20.19
Niğde	Yerli Linyit	9.6	16,796,000	60	0.33	183	27.6	5,057.1	5.06	0.980	4.96	18.17
Kırklareli	Yerli Linyit	5.4	8,280,000	30	0.33	90	27.6	2,493.0	2.49	0.980	2.44	8.96
Afyon	Yerli Linyit	12.8	23,695,000	85	0.33	258	27.6	7,134.3	7.13	0.980	6.99	25.64
Yozgat	Yerli Linyit	6	13,381,000	48	0.33	146	27.6	4,028.9	4.03	0.980	3.95	14.48
Uşak	Yerli Linyit	3.72	5,157,000	19	0.33	56	27.6	1,552.7	1.55	0.980	1.52	5.58
Tokat	Yerli Linyit	14.24	21,685,000	78	0.33	237	27.6	6,529.2	6.53	0.980	6.40	23.46
Balıkesir	Yerli Linyit	9.6	16,430,000	59	0.33	179	27.6	4,946.9	4.95	0.980	4.85	17.78
Kırşehir	Yerli Linyit	6	10,282,000	37	0.33	112	27.6	3,095.8	3.10	0.980	3.03	11.12
Kastamonu	Yerli Linyit	7.32	10,619,000	38	0.33	116	27.6	3,197.3	3.20	0.980	3.13	11.49

İL	YAKIT TÜRÜ	KURULU GÜÇ (MW)	ÜRETİM MİKTARI (kWh/Yıl)	ÜRETİLEN ELEKTİRİĞİN ISIL DEĞERİ (TJ)/YIL	TERMİK VERİM ORANI	KULLANILAN HAM MADDENİN ISIL DEĞERİ (TJ) / YIL	EMİSYON FAKTÖRÜ (t C/TJ)	KARBON İÇERİĞİ (tC) / YIL	KARBON İÇERİĞİ (Gg C) / YIL	OKSİTLENMİŞ KARBON ORANI	GERÇEKLEŞEN KARBON EMİSYONU (Gg C) / YIL	GERÇEKLEŞEN CO2 EMİSYONU (Gg CO2) / YIL
Erzurum	Yerli Linyit	5.4	10,262,000	37	0.33	112	27.6	3,089.8	3.09	0.980	3.03	11.10
Muğla	Yerli Linyit	420	2,730,000,000	9,828	0.33	29,782	27.6	821,978.2	821.98	0.980	805.54	2953.64
Muğla	Yerli Linyit	630	3,465,000,000	12,474	0.33	37,800	27.6	1,043,280.0	1043.28	0.980	1022.41	3748.85
Hatay	Yerli Linyit	1,320	9,500,000,000	34,200	0.33	103,636	27.6	2,860,363.6	2860.36	0.980	2803.16	10278.24
	TOPLAM:	10195.08	62,684,932,267	225,666		683,836		18,873,863.2	18873.86		18496.39	67820.08
												66748965,439104 TON

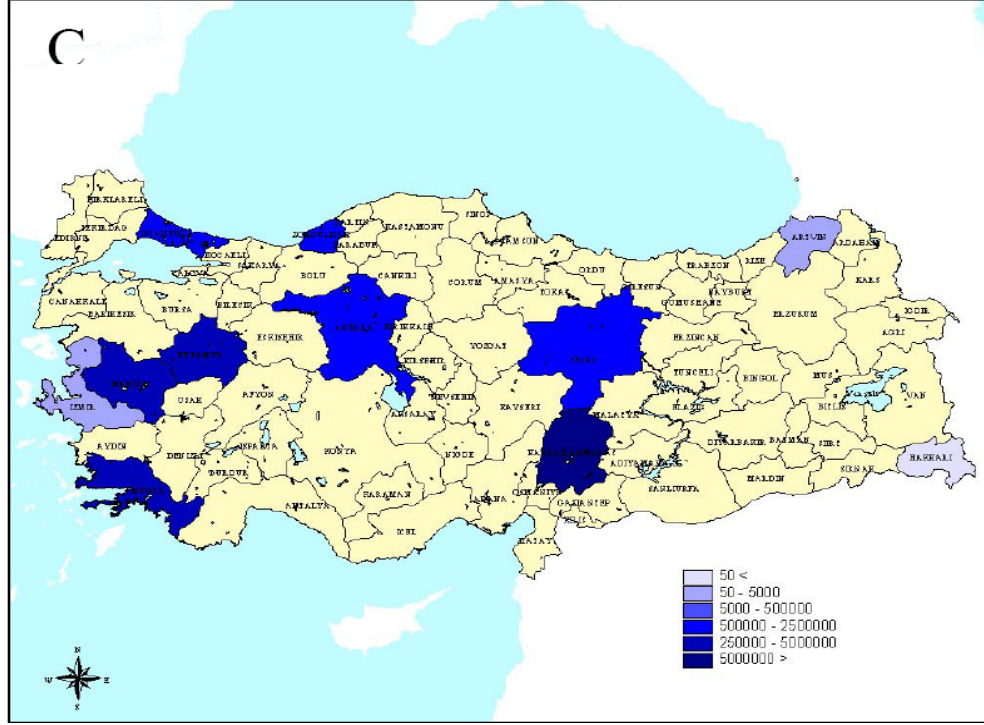
**OKSİTLENMİŞ
KARBON
ORANI**

0.98

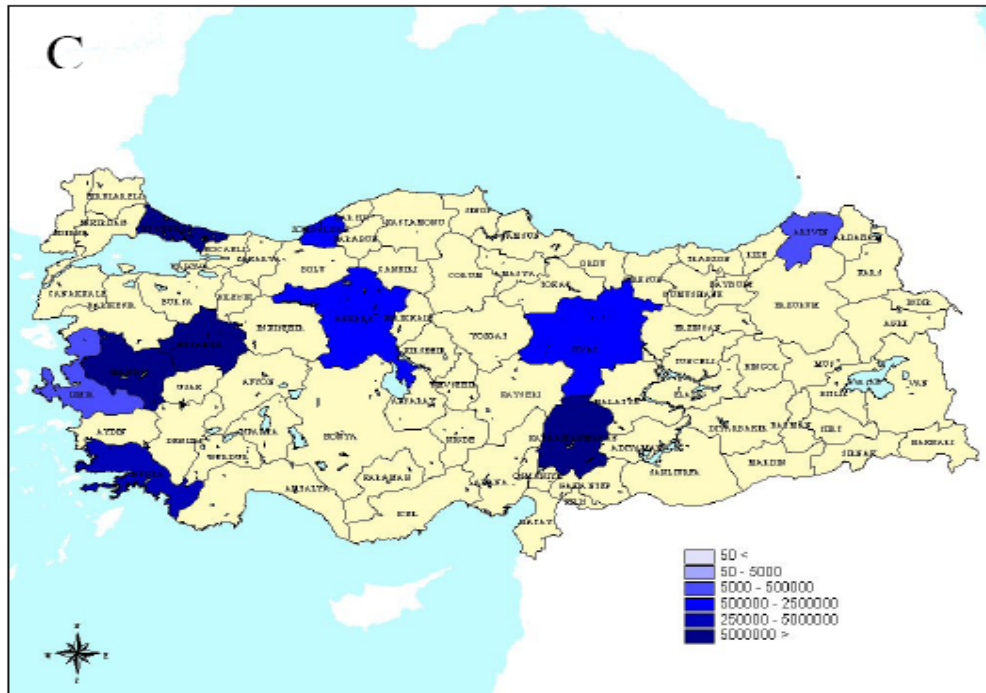
EMİSYON FAKTÖRLERİ

CH4 (KG/TJ)	NO2 (KG/TJ)	NOX (KG/TJ)	CO (KG/TJ)	NMVOC (KG/TJ)	SO2 (KG/TJ)
1	1.4	300	20	5	4361.37

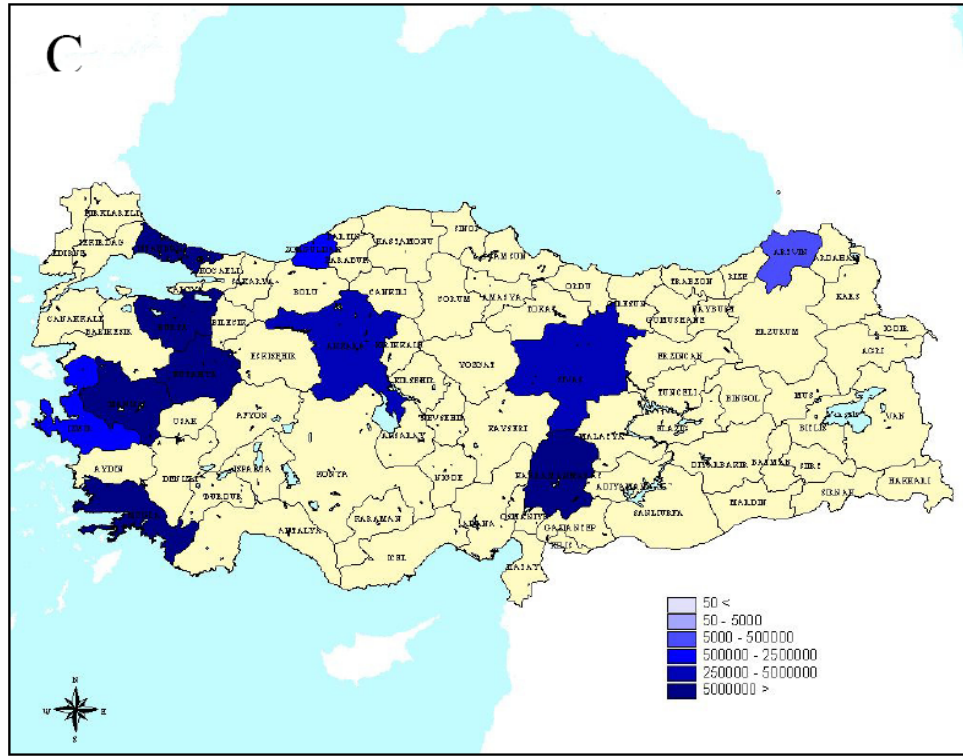
**EK C. TÜRKİYE’DE 1990’DAN 2010’A KADAR TERMİK
SANTRALLERDEN KAYNAKLANAN CO₂ EMİSYONU DEĞİŞİMİ [9]**



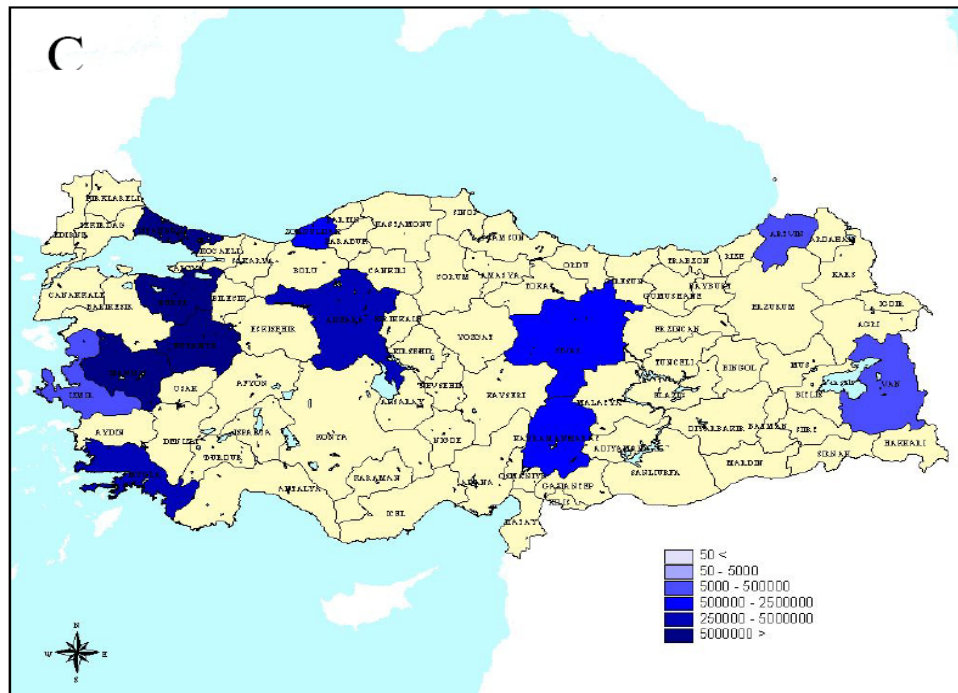
Şekil C.1: 1990 yılında Türkiye’de Termik santrallerden kaynaklanan CO₂ emisyon miktarı



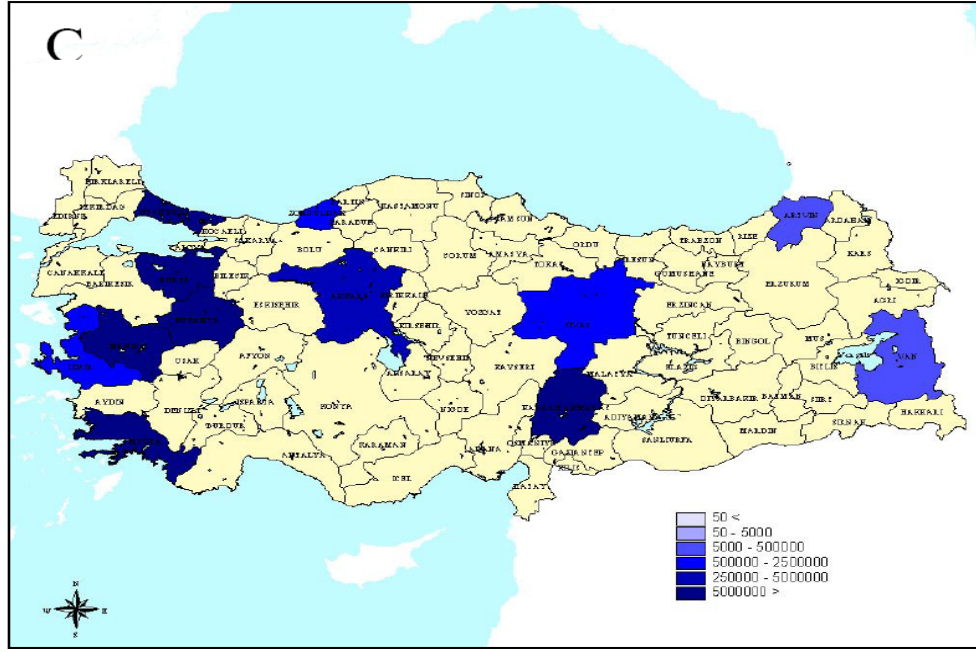
Şekil C.2: 1995 yılında Termik Santrallerden kaynaklanan CO₂ emisyon miktarı



Şekil C.3: 2000 yılında Türkiye’deki termik santrallerden kaynaklanan CO₂ emisyon miktarı

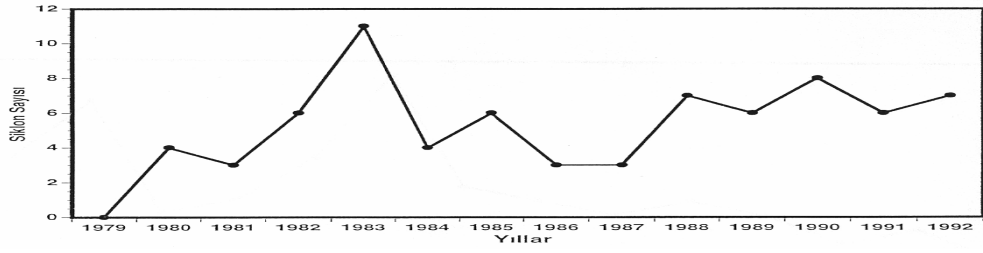


Şekil C.4: 2005 yılında Türkiye’de termik santrallerden kaynaklanan CO₂ emisyonu

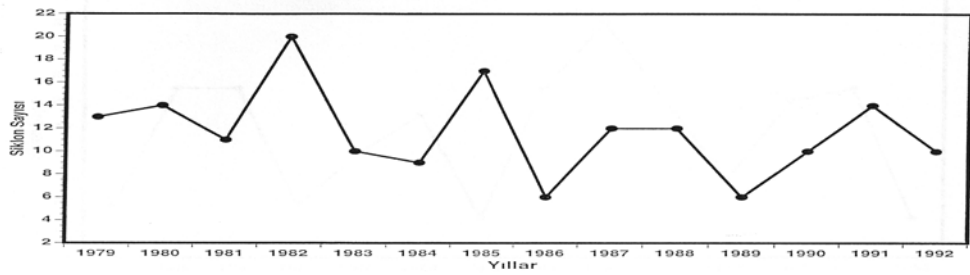


Şekil C.5: 2010 yılında termik santrallerden kaynaklanan CO₂ emisyon miktarı

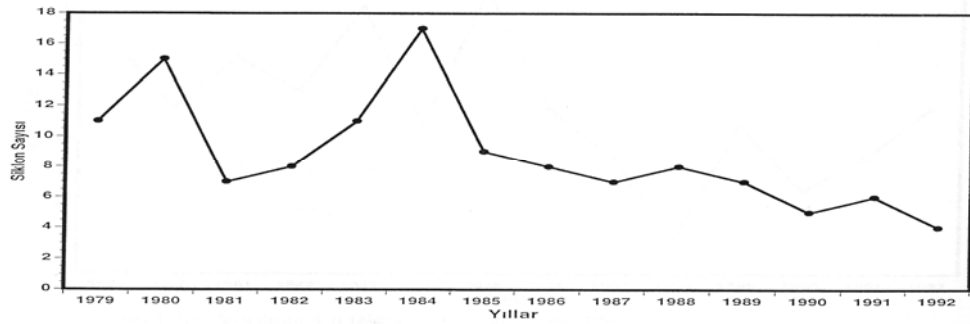
EK D. TÜRKİYE'Yİ ETKİLEYEN SIKLONLARIN YILLIK DEĞİŞİMLERİ [13]



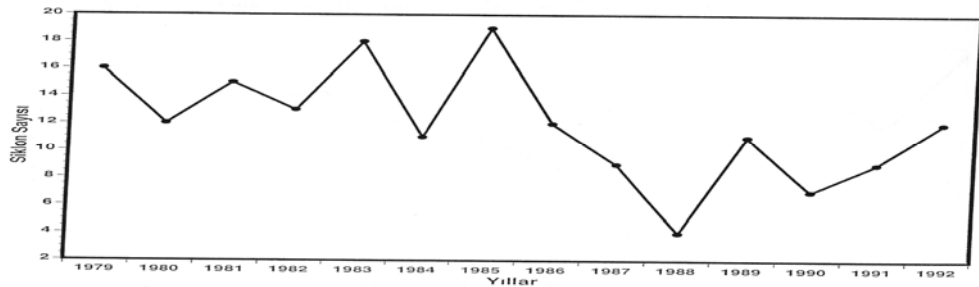
Şekil D.1: Yörünge 1'i izleyen siklonların değişimi



Şekil D.2: Yörünge 2'yi izleyen siklonların değişimi

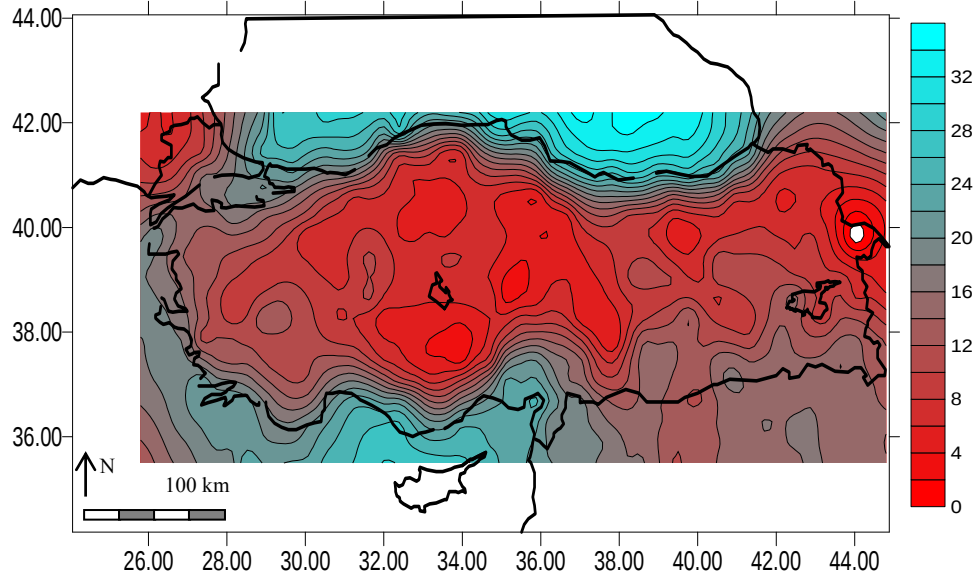


Şekil D.3: Yörünge 3a'yı izleyen siklonların değişimi



Şekil D.4: Yörünge 3b'yi izleyen siklonların değişimi

EK E. KARASALLIK İNDEKSİ



Şekil E: Türkiye için karasallık İndeksi [49]

EK F

Tablo F.1: Marmara bölgesinde karlı gün sayısındaki değişimin istatistiksel sonuçları

	Bilecik O	Bilecik K	Bilecik M	Balıkesir O	Balıkesir K	Balıkesir M	Bursa O	Bursa K	Bursa M	Çanakkale O	Çanakkale K	Çanakkale M	Edirne O	Edirne K	Edirne M
Ortalama	27,29	28,69	25,89	13,43	14,70	12,15	15,69	16,82	14,56	9,44	10,56	8,31	16,24	17,33	15,16
En büyük	48,00	50,00	46,00	26,00	27,00	25,00	38,00	39,00	37,00	35,00	38,00	32,00	31,00	32,00	30,00
En küçük	13,00	14,00	12,00	2,00	2,00	2,00	1,00	3,00	-1,00	1,00	2,00	0,00	1,00	2,00	0,00
Fark	35,00	36,00	34,00	24,00	25,00	23,00	37,00	36,00	38,00	34,00	36,00	32,00	30,00	30,00	30,00
Std sapma	13,77	14,50	13,04	6,63	7,32	5,95	9,06	9,64	8,49	4,57	5,16	4,00	8,07	8,64	7,51
Basıklık	0,25	0,35	0,12	-0,84	-0,85	-0,78	0,82	0,89	0,75	7,78	9,04	6,56	0,63	0,57	0,67
Çarpıklık	0,41	0,44	0,38	0,13	0,08	0,21	0,35	0,36	0,32	2,23	2,40	2,04	0,03	0,00	0,06
Korelasyon	-0,07	-0,09	-0,05	-0,09	-0,10	-0,07	-0,06	-0,06	-0,07	-0,10	-0,11	-0,08	-0,18	-0,19	-0,17
1. dönem	27,59	29,18	26,00	13,64	15,05	12,23	16,23	17,41	15,05	10,23	11,50	8,95	17,50	18,64	16,36
2.dönem	27,09	28,41	25,76	13,24	14,40	12,08	15,35	16,44	14,26	8,97	10,00	7,94	15,21	16,25	14,17
Fark	-0,50	-0,77	-0,24	-0,40	-0,65	-0,15	-0,87	-0,97	-0,78	-1,26	-1,50	-1,01	-2,29	-2,39	-2,20
z	0,00	0,63	0,00	-1,17	-0,60	-1,17	-2,44	-2,44	-2,44	-0,29	-0,29	-0,31	-2,43	-2,43	-2,41
	İst. Ort.	İst. Kır.	İst. Mrk.	Kocaeli O	Kocaeli K	Kocaeli M	Kırklareli O	Kırklareli K	Kırklareli M	Tekirdağ O	Tekirdağ K	Tekirdağ M	Sakarya O	Sakarya K	Sakarya M
Ortalama	13,07	14,09	12,05	18,89	19,89	17,89	16,30	17,32	15,28	12,91	14,40	11,42	15,51	16,53	14,49
En büyük	30,00	32,00	28,00	34,00	35,00	33,00	33,00	34,00	32,00	31,00	33,00	29,00	32,00	33,00	31,00
En küçük	2,00	3,00	1,00	5,00	6,00	4,00	1,00	2,00	0,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	2,00
Fark	28,00	29,00	27,00	29,00	29,00	29,00	32,00	32,00	32,00	28,00	29,00	27,00	29,00	29,00	29,00
Std sapma	6,60	7,10	6,11	10,43	10,96	9,89	8,46	8,95	7,98	6,23	6,93	5,54	10,72	11,23	10,21
Basıklık	-0,54	-0,42	-0,63	-0,63	-0,63	-0,63	0,13	0,11	0,16	0,45	0,51	0,34	-0,63	-0,62	-0,65
Çarpıklık	0,41	0,45	0,38	0,07	0,07	0,07	-0,06	-0,06	-0,05	0,45	0,43	0,48	0,27	0,26	0,27
Korelasyon	-0,10	-0,11	-0,10	-0,11	-0,11	-0,11	-0,17	-0,18	-0,17	-0,08	-0,09	-0,07	-0,04	-0,04	-0,05
1. dönem	14,18	15,23	13,14	20,14	21,14	19,14	18,50	19,55	17,45	13,59	15,14	12,05	16,23	17,23	15,23
2.dönem	12,47	13,47	11,47	18,06	19,06	17,06	14,73	15,73	13,73	12,44	13,88	11,00	15,03	16,06	14,00
Fark	-1,71	-1,76	-1,67	-2,08	-2,08	-2,08	-3,77	-3,81	-3,72	-1,15	-1,25	-1,05	-1,20	-1,17	-1,23
z	-0,29	-0,29	-0,29	-2,41	-2,41	-2,41	-3,66	-3,66	-3,66	-0,25	-1,11	-0,25	-2,13	-2,13	-2,13

Tablo F.2: Ege bölgesinde karlı gün sayısındaki değişimin istatistiksel sonuçları

	Afyon Ort	Afyon Kırsal	Afyon Merkez	Aydın O	Aydın K	Aydın M	Denizli O	Denizli K	Denizli M	İzmir O	İzmir K	İzmir M
Ortalama	30,33	31,87	28,80	3,06	3,94	2,18	9,88	11,16	8,59	4,13	5,13	3,13
En büyük	54,00	55,00	53,00	10,00	11,00	9,00	24,00	25,00	23,00	8,00	9,00	7,00
En küçük	4,00	6,00	2,00	0,00	0,00	0,00	3,00	4,00	2,00	1,00	2,00	0,00
Fark	50,00	49,00	51,00	10,00	11,00	9,00	21,00	21,00	21,00	7,00	7,00	7,00
Std sapma	15,72	17,00	14,48	2,70	3,20	2,32	4,41	5,18	3,69	2,70	3,22	2,17
Basıklık	1,41	1,22	1,37	2,31	1,58	3,33	0,15	-0,02	0,27	-1,06	-1,06	-1,06
Çarpıklık	-0,29	-0,32	-0,25	0,97	0,62	1,33	0,73	0,63	0,80	0,12	0,12	0,12
Korelasyon	-0,08	-0,15	-0,01	-0,55	-0,54	-0,55	0,36	0,38	0,33	-0,23	-0,23	-0,23
1. dönem	30,69	32,88	28,50	4,44	5,41	3,47	8,18	9,41	6,95	4,59	5,59	3,59
2.dönem	31,50	32,95	30,05	2,77	3,61	1,93	11,14	12,50	9,79	3,81	4,81	2,81
Fark	0,81	0,08	1,55	-1,66	-1,79	-1,54	2,96	3,09	2,83	-0,78	-0,78	-0,78
z	-1,17	-1,12	-1,21	-2,41	-2,41	-2,41	-1,35	-1,43	-1,48	-1,43	-1,43	-1,43
	Kutahya O	Kutahya K	Kutahya M	Manisa O	Manisa K	Manisa M	Mugla O	Mugla K	Mugla M	Uşak O	Uşak K	Uşak M
Ortalama	33,22	34,31	32,13	3,60	4,60	2,60	4,84	5,82	3,85	19,55	20,84	18,25
En büyük	56,00	57,00	55,00	8,00	9,00	7,00	12,00	13,00	11,00	37,00	38,00	36,00
En küçük	16,00	17,00	15,00	1,00	2,00	0,00	0,00	1,00	-1,00	7,00	9,00	5,00
Fark	40,00	40,00	40,00	7,00	7,00	7,00	12,00	12,00	12,00	30,00	29,00	31,00
Std sapma	18,10	18,67	17,54	2,83	3,32	2,36	4,33	4,78	3,88	12,76	13,54	11,99
Basıklık	-0,29	-0,30	-0,29	-0,79	-0,79	-0,79	-0,61	-0,50	-0,63	0,24	0,16	0,30
Çarpıklık	0,45	0,45	0,45	0,74	0,74	0,74	0,69	0,70	0,71	0,61	0,63	0,57
Korelasyon	-0,08	-0,08	-0,08	-0,07	-0,07	-0,07	-0,16	-0,15	-0,17	-0,18	-0,17	-0,19
1. dönem	33,32	34,41	32,23	3,64	4,64	2,64	5,18	6,14	4,23	22,00	23,14	20,86
2.dönem	33,12	34,21	32,03	3,50	4,50	2,50	4,56	5,56	3,56	17,68	19,09	16,26
Fark	-0,20	-0,20	-0,20	-0,14	-0,14	-0,14	-0,62	-0,58	-0,67	-4,32	-4,05	-4,60
z	-0,92	-0,92	-0,92	-1,66	-1,66	-1,66	-4,23	-4,23	-4,23	-2,21	-2,21	-2,21

Tablo F.3: Marmara Bölgesi'nde minimum sıcaklık değişimin istatistiksel sonuçları

	Bileci k O	Bileci k K	Bileci k M	Balıkesir O	Balıkesir K	Balıkesir M	Bursa O	Bursa K	Bursa M	Çanakkal e O	Çanakkal e K	Çanakkal e M	Edirn e O	Edirn e K	Edirne M
Ortalama	7,96	6,89	9,03	5,29	4,50	6,08	9,00	7,83	10,17	10,88	9,78	11,98	8,16	7,09	9,23
En büyük	9,03	8,06	10,02	6,73	5,73	7,75	10,26	9,23	11,59	12,24	11,21	13,28	9,08	8,07	10,17
En küçük	6,53	5,43	7,63	3,67	3,00	4,33	6,89	5,99	7,78	9,85	8,77	10,94	7,15	6,14	7,79
Fark	2,49	2,62	2,38	3,07	2,73	3,42	3,38	3,25	3,81	2,39	2,45	2,33	1,92	1,93	2,38
Std sapma	0,58	0,60	0,57	0,67	0,63	0,83	0,71	0,73	0,77	0,59	0,60	0,58	0,50	0,55	0,62
Basıklık	0,09	0,12	-0,05	0,36	-0,11	-0,12	1,41	0,05	2,04	0,00	0,12	-0,20	-0,73	-0,94	0,07
Çarpıklık	-0,29	-0,20	-0,37	0,13	-0,09	0,31	-0,50	-0,04	-0,71	0,67	0,75	0,54	0,23	-0,08	-0,51
Korelasyo n	0,27	0,34	0,19	0,49	0,41	0,48	0,28	0,45	0,09	0,60	0,62	0,57	0,37	0,37	0,27
1. dönem	7,88	6,76	9,00	5,05	4,38	5,73	8,89	7,60	10,18	10,62	9,51	11,74	7,99	6,92	9,05
2.dönem	8,04	7,02	9,06	5,54	4,63	6,45	9,12	8,07	10,16	11,16	10,08	12,23	8,35	7,27	9,42
Fark	0,16	0,26	0,06	0,48	0,25	0,71	0,23	0,47	-0,02	0,53	0,57	0,49	0,36	0,35	0,37
z	0,92	0,19	2,38	-0,18	-2,37	-0,91	-0,18	0,55	-0,18	-0,18	-0,18	-0,54	-1,27	-0,54	-0,54
	İst. Ort.	İst. Kır.	İst. Mrk.	Kocael i O	Kocael i K	Kocael i M	Kırklarel i O	Kırklarel i K	Kırklarel i M	Tekirda ğ O	Tekirda ğ K	Tekirda ğ M	Sakarya a O	Sakarya K	Sakarya M
Ortalama	10,85	9,67	12,03	10,83	9,61	12,04	11,08	10,00	12,17	11,16	10,07	12,25	9,91	8,75	11,06
En büyük	12,07	11,01	13,43	11,85	10,45	13,36	22,12	21,01	23,22	17,05	16,03	18,07	11,05	10,00	12,61
En küçük	9,64	8,54	10,75	9,83	8,45	11,05	7,20	6,12	8,28	9,24	8,12	10,36	8,80	7,23	9,92
Fark	2,43	2,47	2,68	2,02	2,00	2,30	14,91	14,89	14,94	7,81	7,91	7,71	2,25	2,77	2,69
Std sapma	0,54	0,51	0,62	0,47	0,49	0,55	3,76	3,75	3,79	2,13	2,13	2,13	0,58	0,58	0,62
Basıklık	-0,02	0,66	-0,14	-0,13	-0,32	-0,09	1,25	1,26	1,18	1,78	1,88	1,67	-0,33	0,43	0,28
Çarpıklık	0,18	0,46	0,24	-0,02	0,01	0,22	1,31	1,29	1,28	1,68	1,70	1,65	0,07	-0,35	0,55
Korelasyo n	0,48	0,53	0,39	0,27	0,38	0,12	0,03	0,01	0,04	0,03	0,02	0,03	0,46	0,37	0,51
1. dönem	10,65	9,45	11,85	10,76	9,47	12,06	10,88	9,89	11,86	11,54	10,47	12,62	9,72	8,59	10,84
2.dönem	11,06	9,91	12,22	10,90	9,77	12,03	11,30	10,12	12,49	10,76	9,66	11,86	10,11	8,91	11,30
Fark	0,42	0,46	0,38	0,13	0,30	-0,03	0,43	0,23	0,63	-0,78	-0,81	-0,76	0,39	0,31	0,46
z	-0,91	0,19	-2,37	2,38	0,71	0,92	0,19	0,19	0,19	-1,64	-1,64	-1,64	0,19	0,19	0,92

Tablo F.4: Ege Bölgesi'nde minimum sıcaklık değişimin istatistiksel sonuçları

	Afyon Ort	Afyon Kırsal	Afyon Merkez	Aydın O	Aydın K	Aydın M	Denizli O	Denizli K	Denizli M	İzmir O	İzmir K	İzmir M
Ortalama	5,29	4,50	6,08	5,29	4,50	6,08	10,62	9,48	11,77	13,58	12,33	14,82
En büyük	6,73	5,73	7,75	6,73	5,73	7,75	12,06	11,03	13,49	14,72	13,45	16,24
En küçük	3,67	3,00	4,33	3,67	3,00	4,33	8,95	7,88	10,02	12,46	11,23	13,48
Fark	3,07	2,73	3,42	3,07	2,73	3,42	3,11	3,16	3,47	2,26	2,22	2,76
Std sapma	0,67	0,63	0,83	0,67	0,63	0,83	0,72	0,70	0,78	0,58	0,56	0,66
Basıklık	0,36	-0,11	-0,12	0,36	-0,11	-0,12	0,38	0,68	0,30	-0,30	-0,20	-0,47
Çarpıklık	0,13	-0,09	0,31	0,13	-0,09	0,31	-0,01	0,11	0,11	0,04	0,17	0,06
Korelasyon	0,49	0,41	0,48	0,49	0,41	0,48	0,63	0,67	0,57	0,59	0,46	0,64
1. dönem	5,05	4,38	5,73	5,05	4,38	5,73	10,22	9,09	11,36	13,29	12,11	14,47
2.dönem	5,54	4,63	6,45	5,54	4,63	6,45	11,05	9,89	12,20	13,88	12,58	15,18
Fark	0,48	0,25	0,71	0,48	0,25	0,71	0,82	0,80	0,84	0,59	0,47	0,70
z	-0,18	1,29	-0,18	-1,64	-0,91	-1,64	0,19	-1,27	-1,27	-0,91	1,29	-0,91
	Kutahya O	Kutahya K	Kutahya M	Manisa O	Manisa K	Manisa M	Mugla O	Mugla K	Mugla M	Usak O	Usak K	Usak M
Ortalama	4,98	3,88	6,08	11,28	10,22	12,34	9,51	8,41	10,60	6,87	5,76	7,98
En büyük	6,32	5,21	7,43	12,42	11,35	13,50	10,77	9,55	11,98	9,58	8,54	10,62
En küçük	3,87	2,67	4,05	10,09	9,07	11,11	8,21	7,21	9,20	5,49	4,35	6,63
Fark	2,45	2,54	3,38	2,34	2,28	2,40	2,56	2,34	2,78	4,10	4,20	4,00
Std sapma	0,66	0,65	0,74	0,61	0,61	0,62	0,60	0,60	0,64	0,69	0,73	0,71
Basıklık	-0,74	-0,61	0,51	-0,43	-0,49	-0,42	0,20	-0,02	0,14	7,30	6,07	5,53
Çarpıklık	-0,01	-0,09	-0,56	0,22	0,30	0,12	0,17	0,10	0,16	1,75	1,59	1,34
Korelasyon	0,56	0,57	0,49	0,64	0,63	0,64	0,36	0,34	0,35	0,32	0,34	0,28
1. dönem	4,70	3,62	5,78	10,97	9,91	12,03	9,33	8,24	10,43	6,73	5,58	7,88
2.dönem	5,27	4,16	6,39	11,61	10,55	12,67	9,69	8,59	10,79	7,02	5,96	8,09
Fark	0,57	0,53	0,61	0,64	0,65	0,64	0,36	0,36	0,36	0,29	0,37	0,21
z	-0,18	-0,18	-0,91	-2,37	-1,54	-2,37	0,19	1,29	0,19	0,92	0,24	-0,18

Tablo F.5: Marmara Bölgesindeki yağış miktarındaki değişimin istatistiksel sonuçları

	Bilecik O	Bilecik K	Bilecik M	Balıkesir O	Balıkesir K	Balıkesir M	Bursa O	Bursa K	Bursa M	Çanakkale O	Çanakkale K	Çanakkale M	Edirne O	Edirne K	Edirne M
Ortalama	444,57	445,10	444,03	639,74	640,37	639,12	682,86	706,45	659,27	614,90	633,53	596,27	563,92	595,20	532,63
En büyük	578,70	579,00	578,40	992,30	993,00	991,60	881,50	901,70	861,30	902,40	920,00	884,80	934,10	1158,20	749,00
En küçük	308,90	309,00	308,80	304,60	305,00	304,20	510,80	531,60	490,00	406,70	426,00	387,40	427,01	451,40	400,00
Fark	269,80	270,00	269,60	687,70	688,00	687,40	370,70	370,10	371,30	495,70	494,00	497,40	507,09	706,80	349,00
Std sapma	67,71	67,75	67,67	154,01	153,98	154,03	95,58	95,17	96,45	141,33	141,11	141,62	110,70	136,73	92,13
Basıklık	-0,46	-0,46	-0,47	0,08	0,08	0,08	-0,54	-0,43	-0,67	-0,98	-1,01	-0,95	2,99	9,29	-0,52
Çarpıklık	-0,01	-0,01	-0,01	0,03	0,03	0,03	0,44	0,43	0,43	0,30	0,29	0,31	1,42	2,53	0,56
Korelasyon	0,18	0,18	0,18	-0,02	-0,02	-0,02	0,18	0,17	0,19	-0,10	-0,09	-0,10	-0,07	-0,01	-0,16
1. dönem	423,46	424,00	422,93	636,13	636,75	635,50	668,85	693,81	643,89	618,84	636,81	600,88	559,93	584,29	535,56
2.dönem	468,69	469,21	468,16	643,88	644,50	643,26	698,87	720,89	676,86	610,40	629,79	591,01	568,48	607,68	529,29
Fark	45,22	45,21	45,23	7,75	7,75	7,76	30,02	27,07	32,97	-8,44	-7,03	-9,86	8,56	23,39	-6,28
z	0,00	0,00	0,00	0,37	0,37	0,37	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	0,37	0,37	0,37
	İst. Ort.	İst. Kır.	İst. Mrk.	Kocaeli O	Kocaeli K	Kocaeli M	Kırklareli O	Kırklareli K	Kırklareli M	Tekirdağ O	Tekirdağ K	Tekirdağ M	Sakarya O	Sakarya K	Sakarya M
Ortalama	642,65	673,60	611,70	807,55	833,11	782,00	537,33	562,02	512,63	580,98	606,63	555,33	852,38	878,43	826,33
En büyük	935,60	961,20	910,00	1180,80	1201,60	1160,00	806,80	833,60	780,00	896,30	922,60	870,00	1172,70	1195,40	1150,00
En küçük	471,90	493,80	450,00	583,20	606,40	560,00	326,60	349,20	300,00	308,00	336,00	280,00	618,20	646,40	590,00
Fark	463,70	467,40	460,00	597,60	595,20	600,00	480,20	484,40	480,00	588,30	586,60	590,00	554,50	549,00	560,00
Std sapma	115,06	115,31	120,52	140,59	141,80	139,54	126,77	127,21	126,41	141,08	141,38	140,83	119,81	120,99	118,92
Basıklık	1,05	0,77	0,68	0,33	0,23	0,45	-0,26	-0,24	-0,27	0,26	0,24	0,27	0,62	0,53	0,74
Çarpıklık	0,86	0,69	0,82	0,63	0,64	0,63	0,44	0,43	0,45	0,67	0,68	0,67	0,33	0,36	0,32
Korelasyon	0,22	0,24	0,19	0,18	0,18	0,19	-0,25	-0,25	-0,25	0,12	0,11	0,12	0,22	0,23	0,22
1. dönem	620,50	652,56	588,44	782,68	809,11	756,25	555,99	581,35	530,63	559,93	585,49	534,38	820,28	846,19	794,38
2.dönem	667,96	697,64	638,29	835,98	860,53	811,43	516,00	539,93	492,07	605,04	630,80	579,29	889,07	915,29	862,86
Fark	47,47	45,08	49,85	53,30	51,42	55,18	-39,99	-41,43	-38,55	45,11	45,31	44,91	68,79	69,10	68,48
z	1,49	0,74	2,26	1,49	1,49	1,49	-0,74	0,20	-0,72	0,74	0,74	0,77	1,49	1,49	2,26

Tablo F.6: Ege Bölgesi'ndeki yağış miktarındaki değişimin istatistiksel sonuçları

	Afyon Ort	Afyon Kırsal	Afyon Merkez	Aydın O	Aydın K	Aydın M	Denizli O	Denizli K	Denizli M	İzmir O	İzmir K	İzmir M
Ortalama	417,88	419,23	416,53	623,95	624,50	623,39	577,19	599,34	555,03	703,84	732,68	675,00
En büyük	512,80	513,00	512,60	931,30	932,00	930,60	782,50	805,00	760,00	1086,10	1192,20	980,00
En küçük	271,10	272,00	270,20	359,20	360,00	358,40	367,60	390,20	345,00	361,50	383,00	340,00
Fark	241,70	241,00	242,40	572,10	572,00	572,20	414,90	414,80	415,00	724,60	809,20	640,00
Std sapma	62,83	63,09	62,74	148,51	148,58	148,45	100,52	100,36	100,75	167,37	178,10	157,89
Basıklık	-0,43	-0,44	-0,44	-0,45	-0,45	-0,45	-0,45	-0,48	-0,42	0,14	0,85	-0,37
Çarpıklık	-0,66	-0,68	-0,63	0,07	0,07	0,07	-0,25	-0,23	-0,26	0,33	0,63	0,06
Korelasyon	0,07	0,05	0,08	-0,10	-0,10	-0,10	-0,05	-0,05	-0,04	-0,13	-0,12	-0,14
1. dönem	403,72	405,63	401,81	640,66	641,13	640,19	570,70	593,15	548,25	714,38	743,13	685,63
2.dönem	434,07	434,79	433,36	604,85	605,50	604,20	584,60	606,41	562,79	691,80	720,74	662,86
Fark	30,35	29,16	31,54	-35,81	-35,63	-35,99	13,90	13,26	14,54	-22,57	-22,38	-22,77
z	0,74	1,11	1,49	0,37	0,37	0,37	1,86	1,86	1,86	0,37	0,37	0,77
	Kutahya O	Kutahya K	Kutahya M	Manisa O	Manisa K	Manisa M	Mugla O	Mugla K	Mugla M	Usak O	Usak K	Usak M
Ortalama	558,10	578,87	537,33	734,44	761,22	707,67	1171,12	1211,54	1130,70	545,37	570,95	519,80
En büyük	733,20	756,40	710,00	1242,90	1265,80	1220,00	1770,50	2291,00	1670,00	703,10	726,20	680,00
En küçük	361,00	382,00	340,00	476,10	502,20	450,00	712,90	735,80	690,00	419,60	449,20	390,00
Fark	372,20	374,40	370,00	766,80	763,60	770,00	1057,60	1555,20	980,00	283,50	277,00	290,00
Std sapma	95,07	94,14	99,48	176,47	180,88	172,64	256,66	308,04	230,92	75,97	76,03	76,17
Basıklık	-0,44	-0,35	-0,65	1,20	1,14	1,38	0,09	4,14	-0,08	-0,77	-0,80	-0,73
Çarpıklık	0,02	0,12	0,06	1,00	1,04	0,99	0,28	1,38	-0,03	0,37	0,38	0,35
Korelasyon	-0,25	-0,24	-0,26	-0,24	-0,24	-0,24	-0,02	-0,07	0,05	-0,08	-0,10	-0,06
1. dönem	573,51	590,78	556,25	773,59	801,56	745,63	1172,54	1227,52	1117,56	542,61	569,60	515,63
2.dönem	540,49	565,27	515,71	689,70	715,11	664,29	1169,49	1193,27	1145,71	548,53	572,49	524,57
Fark	-33,02	-25,50	-40,54	-83,89	-86,45	-81,34	-3,05	-34,25	28,15	5,92	2,89	8,95
z	-0,37	-0,37	-0,37	1,11	1,11	0,40	1,11	1,11	1,11	-0,37	-0,37	-1,10

ÖZGEÇMİŞ

Eldebiran Ayan 30 Ekim 1981’de İstanbul’da doğdu. 1992’de Ankara Sedat Celasun İlköğretim Okulu’nda ilk okulu, 1995’te İstanbul Beşiktaş Kız Lisesi’nde orta okulu bitirmiş, lise eğitimini İstanbul Pertevniyal Lisesi’nde 1999’da tamamlamıştır. Yine 1999 senesinde İstanbul Teknik Üniversitesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü’ne başlamış ve lisans eğitimini 2004’te tamamlamıştır. 23 Mart 2003’te III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu’nda yayınlanan bildiri kitabında “Biyolojik Ritim” isimli makalesi, Hüseyin Toros ve Orhan Şen koordinatörlüğünde yayımlanmıştır. Ocak 2005’te İTÜ Çevre Bilimleri ve Mühendisliği yüksek lisans programına başlamıştır. 2006’da ATV Haber’de hava durumu programı hazırlayıp sunmaya başlamış ve Ocak 2007’den bu güne 24 Haber’de “Meteoroloji Editörü” olarak çalışmaya devam etmektedir.