İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN BUHARLAŞMAYA OLASI ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammet AZLAK

Meteoroloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Atmosfer Bilimleri Programı

NİSAN 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN BUHARLAŞMAYA OLASI ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammet AZLAK
511111016

Meteoroloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Atmosfer Bilimleri Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Levent ŞAYLAN

NİSAN 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 511111016 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Muhammet AZLAK**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN BUHARLAŞMAYA OLASI ETKİLERİ"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Prof. Dr. Levent ŞAYLAN** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Prof. Dr. Kasım KOÇAK** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Prof. Dr. Engin YURTSEVEN Ankara Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi : **30 Mart 2015**
Savunma Tarihi : **14 Nisan 2015**

Aileme ve Arkadaşlarıma,

ÖNSÖZ

Başta her zaman yanımda olan ailem ve arkadaşlarıma,desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Levent ŞAYLAN hocam ile Yr. Doç. Dr. Barış ÇALDAĞ hocama ve de verilerin temin edilmesinde sağladığı olanak ve kolaylıktan dolayı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne teşekkürlerimi sunuyorum.

Mart 2015

Muhammet AZLAK
(Meteoroloji Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xiii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xv**
SEMBOL LİSTESİ ..... **xvii**
ÖZET ..... **xix**
SUMMARY ..... **xxi**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Tezin Amacı 2
1.2 Literatür Araştırması 2
2. BUHARLAŞMA (EVAPORASYON), TERLEME (TRANSPİRASYON) VE EVAPOTRANSPİRASYON **7**
2.1 Buharlaşma (Evaporasyon) 8
2.1.1 Meteorolojik etkenler 9
2.1.2 Coğrafik ve topoğrafik faktörler 10
2.1.3 Suyun kalitesi ve bulunduğu ortam 11
2.2 Terleme (Transpirasyon) 12
2.3 Evapotranspirasyon (ET) 13
3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ **17**
3.1 İklim Değişikliğinin Tanımı 17
3.2 İklim Değişikliği ve Modelleme Çalışmaları 18
4. MATERYAL VE YÖNTEM **21**
4.1 Çalışma Alanı 21
4.2 Veri 21
4.3 Buharlaşmayı Hesaplama Yöntemleri 23
4.3.1 Penman Monteith metodu (Kombinasyon) 23
4.3.2 Buharlaşma hesaplanmasında radyasyona dayalı metotlar 24
4.3.2.1 Turc metodu 24
4.3.2.2 Makkink metodu 25
4.3.2.3 Jensen Haise metodu 26
4.3.2.4 Hargreaves metodu 26
4.3.2.5 Hargreaves ve Samani metodu 26
4.3.2.6 McGuinness ve Bordne metodu 27
4.3.2.7 Priestley ve Taylor metodu 27
4.3.2.8 Jones ve Ritchie metodu 27
4.3.2.9 Irmak metodu 28
4.3.2.10 de Bruin metodu 28
4.3.3 Sıcaklığa dayalı metotlar 28
4.3.3.1 Thornthwaite metodu 29
4.3.3.2 Schendel metodu 29

4.3.4 Kütle transferine dayalı metotlar 29
4.3.4.1 Dalton denklemi 30
4.3.4.2 Trabert denklemi 30
4.3.4.3 Meyer denklemi 30
4.3.4.4 Albrecht denklemi 31
4.3.4.5 Brockamp ve Wenner denklemi 31
4.3.4.6 WMO denklemi 31
4.3.4.7 Mahringer denklemi 31
5. ELDE EDİLEN BULGULAR 33
5.1 Veri Analizi 33
5.2 Buharlaşma Analizleri 40
5.3 Geçmiş ve Gelecek Durum Analizi 46
5.4 Vaka Analizleri 55
KAYNAKLAR 63
EKLER 69
ÖZGEÇMİŞ 309

KISALTMALAR

BMİDÇS **:** Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
FAO **:** Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
IPCC **:** Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelleri
WMO **:** Dünya Meteoroloji Örgütü

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Enlem derecesine göre buharlaşma miktarları 10
Çizelge 5.1 : Zaman serilerinin eğilimleri: istasyon verileri (1975-2010) 40
Çizelge 5.2 : Zaman serilerinin eğilimleri: model verileri (1975-2010) 41
Çizelge 5.3 : Zaman serilerinin eğilimleri: model verileri (2015-2040) 41
Çizelge 5.4 : MBE hata değerleri 44
Çizelge 5.5 : RMSE hata değerleri 44
Çizelge 5.6 : %15'den küçük olan MBE hata değerleri 45
Çizelge 5.7 : %25'den küçük olan RMSE hata değerleri 46
Çizelge 5.8 : 1975-2010 dönemi model verilerine göre % artış: Edirne 49
Çizelge 5.9 : 1975-2010 dönemi istsayon verilerine göre % artış: Edirne 50
Çizelge 5.10 : 1975-2010 dönemi model verilerine göre % artış: Kırklareli 50
Çizelge 5.11 : 1975-2010 dönemi istasyon verilerine göre % artış: Kırklareli 51
Çizelge 5.12 : 1975-2010 dönemi model verilerine göre % artış: Tekirdağ 51
Çizelge 5.13 : 1975-2010 dönemi istasyon verilerine göre % artış: Tekirdağ 52
Çizelge 5.14 : 2015-2040 dönemi model ve düzeltilmiş model verilerinin 1975-2010 dönemi model ve istasyon verilerine göre % artışı 54
Çizelge 5.15 : Gelecek dönem (2015-2040) için artış durumları 55
Çizelge 5.16 : Verilerin maksimum ve minimum olduğu yıllarda evapotranspirasyonun etkilenme derecesi 56
Çizelge E.1 : Deteminasyon katsayısı: Edirne model (1975-2010) 150
Çizelge E.2 : Deteminasyon katsayısı: Edirne istasyon (1975-2010) 151
Çizelge E.3 : Deteminasyon katsayısı: Edirne model (2015-2040) 152
Çizelge E.4 : Deteminasyon katsayısı: Kırklareli model (1975-2010) 153
Çizelge E.5 : Deteminasyon katsayısı: Kırklareli istasyon (1975-2010) 154
Çizelge E.6 : Deteminasyon katsayısı: Kırklareli model (2015-2040) 155
Çizelge E.7 : Deteminasyon katsayısı: Tekirdağ model (1975-2010)..... 156
Çizelge E.8 : Deteminasyon katsayısı: Tekirdağ istasyon (1975-2010) 157
Çizelge E.9 : Deteminasyon katsayısı: Tekirdağ model (2015-2040)..... 158

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Hidrolojik çevrim (www.mgm.gov.tr, 2014) 7
Şekil 2.2 : Stomanın şematik olarak gösterimi (Allen ve diğ., 2006)..... 12
Şekil 2.3 : Evapotranspirasyonu etkileyen faktörler (Allen ve diğ., 2006) 14
Şekil 4.1 : Dikkate alınan istasyonlar 22
Şekil 5.1 : Model ile istasyonlar arasındaki ilişkiler: radyasyon 34
Şekil 5.2 : Model ile istasyonlar arasındaki ilişkiler: bağıl nem..... 35
Şekil 5.3 : Model ile istasyonlar arasındaki ilişkiler: minimum ve maksimumum sıcaklık..... 36
Şekil 5.4 : Model ile istasyonlar arasındaki ilişkiler: rüzgar 37
Şekil 5.5 : 1975-2010 dönemi aylık ortalama sıcaklık verisi yayılımı 38
Şekil 5.6 : 1975-2010 dönemi aylık toplam güneş verisi yayılımı 38
Şekil 5.7 : 1975-2010 dönemi aylık ortalama bağıl nem verisi yayılımı..... 39
Şekil 5.8 : 1975-2010 dönemi aylık ortalama rüzgar hızı verisi yayılımı 39
Şekil 5.9 : ET metotlarının aylık kümülatifi: Edirne model (1975-2010) 42
Şekil A.1 : Verilerin zaman serileri (1975-2010): radyasyon..... 70
Şekil A.2 : Verilerin zaman serileri (1975-2010): bağıl nem 71
Şekil A.3 : Verilerin zaman serileri (1975-2010): minimum sıcaklık 72
Şekil A.4 : Verilerin zaman serileri (1975-2010): maksimum sıcaklık..... 73
Şekil A.5 : Verilerin zaman serileri (1975-2010): rüzgar hızı..... 74
Şekil B.1 : Verilerin zaman serileri (2015-2040): radyasyon..... 75
Şekil B.2 : Verilerin zaman serileri (2015-2040): bağıl nem 76
Şekil B.3 : Verilerin zaman serileri (2015-2040): minimum sıcaklık 77
Şekil B.4 : Verilerin zaman serileri (2015-2040): maksimum sıcaklık..... 78
Şekil B.5 : Verilerin zaman serileri (2015-2040): rüzgar hızı 79
Şekil C.1 : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Edirne.....80-86
Şekil C.2 : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Kırklareli 86-93
Şekil C.3 : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Tekirdağ 93-99
Şekil D.1 : Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Edirne.....100-106
Şekil D.2 : Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Kırklareli 106-113
Şekil D.3 : Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Tekirdağ 113-119
Şekil E.1 : Penman Monteith ile ilişkiler: Edirne model (1975-2010).....120-123
Şekil E.2 : Penman Monteith ile ilişkiler: Edirne istasyon (1975-2010).....123-126
Şekil E.3 : Penman Monteith ile ilişkiler: Edirne model (2015-2040).....126-129
Şekil E.4 : Penman Monteith ile ilişkiler: Kırklareli model (1975-2010).....130-133
Şekil E.5 : Penman Monteith ile ilişkiler: Kırklareli istasyon (1975-2010)....133-136
Şekil E.6 : Penman Monteith ile ilişkiler: Kırklareli model (2015-2040).....136-139
Şekil E.7 : Penman Monteith ile ilişkiler: Tekirdağ model (1975-2010).....140-143
Şekil E.8 : Penman Monteith ile ilişkiler: Tekirdağ istasyon (1975-2010).....143-146
Şekil E.9 : Penman Monteith ile ilişkiler: Tekirdağ model (2015-2040).....146-149
Şekil F.1 : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Edirne ist 159-165

Şekil F.2 : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Edirne md 165-172
Şekil F.3 : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Kırklareli ist.....172-178
Şekil F.4 : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Kırklareli md 179-185
Şekil F.5 : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Tekirdağ ist.....185-192
Şekil F.6 : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Tekirdağ md 192-198
Şekil G.1 : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Edirne 199-205
Şekil G.2 : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Edirne.....205-212
Şekil G.3 : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Kırklareli ...212-218
Şekil G.4 : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Kırklareli..219-225
Şekil G.5 : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Tekirdağ 225-222
Şekil G.6 : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Tekirdağ...232-238
Şekil H.1 : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Edirne 239-248
Şekil H.2 : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Kırklareli 249-258
Şekil H.3 : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Tekirdağ 259-268
Şekil I.1 : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort ET model verileri: Edirne 269-278
Şekil I.2 : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort ET model verileri: Kırklareli 279-288
Şekil I.3 : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort ET model verileri: Tekirdağ 289-298
Şekil İ.1 : ETp metotlarının aylık top. ortalaması: Edirne model.....299
Şekil İ.2 : ETo metotlarının aylık top. ortalaması: Edirne model.....299
Şekil İ.3 : ETp metotlarının aylık top. ortalaması: Edirne istasyon 300
Şekil İ.4 : ETo metotlarının aylık top. ortalaması: Edirne istasyon 300
Şekil İ.5 : ETp metotlarının aylık top. ortalaması: Edirne model (2015-2040)....301
Şekil İ.6 : ETo metotlarının aylık top. ortalaması: Edirne model (2015-2040)....301
Şekil İ.7 : ETp metotlarının aylık top. ortalaması: Kırklareli model.....302
Şekil İ.8 : ETo metotlarının aylık top. ortalaması: Kırklareli model.....302
Şekil İ.9 : ETp metotlarının aylık top. ortalaması: Kırklareli istasyon.....303
Şekil İ.10 : ETo metotlarının aylık top. ortalaması: Kırklareli istasyon.....303
Şekil İ.11 : ETp metotlarının aylık top. ortalaması: Kırklareli model (2015-2040).....304
Şekil İ.12 : ETo metotlarının aylık top. ortalaması: Kırklareli model (2015-2040).....304
Şekil İ.13 : ETp metotlarının aylık top. ortalaması: Tekirdağ model.....305
Şekil İ.14 : ETo metotlarının aylık top. ortalaması: Tekirdağ model.....305
Şekil İ.15 : ETp metotlarının aylık top. ortalaması: Tekirdağ istasyon.....306
Şekil İ.16 : ETo metotlarının aylık top. ortalaması: Tekirdağ istasyon.....306
Şekil İ.17 : ETp metotlarının aylık top. ortalaması: Tekirdağ model (2015-2040).....307
Şekil İ.18 : ETo metotlarının aylık top. ortalaması: Tekirdağ model (2015-2040).....307

SEMBOL LİSTESİ

α katsayı, α = 1,26,
γ, psikometrik katsayı [kPa °C^{-1}],
Δ, doymuş buhar basıncı ile sıcaklık eğrisinin eğimi [kPa °C^{-1}; mbar °C^{-1}],
λ, buharlaşmadan kaynaklanan gizli ısı [cal gr^{-1}; mbar °C^{-1}],
a, c, c_1, c_2, c_3 katsayılar,
C, aerodinamik iletkenlik,
C_p, Havanın özgül ısısı [cal g^{-1} °C^{-1}],
C_r, bağıl nem ile rüzgar hızına dayanan katsayı,
C_T, (sıcaklık sabiti) = 0.025,
d_1, gün uzunluğu,
e_a, gerçek buhar basıncı [kPa],
e_d, doymuş buhar basıncı [kPa],
EL, yüksek [m],
E_o, serbest su yüzeyinden olan buharlaşma,
ET, buharlaşma veya evapotranspirasyon,
ET_o, referans evapotranspirasyon [mm $gün^{-1}$],
ET_p, potansiyel evapotranspirasyon [mm $gün^{-1}$; cm $gün^{-1}$; mm ay^{-1}],
G, toprak ısı akısı [MJ m^{-2} $gün^{-1}$],
h, nemlilik terimi,
I, yerel normal iklim koşullarına dayanan termal indeks,
P, atmosferik basıncı [cm Hg; mbar],
R_a, atmosfer dışı radyasyon [MJ m^{-2} $gün^{-1}$],
RH, bağıl nem [%],
RH_m, ortalama aylık bağıl nem,
R_n, net radyasyon [MJ m^{-2} $gün^{-1}$; cal cm^{-2} $gün^{-1}$; mm $gün^{-1}$],
R_s, toplam güneş radyasyonu [cal cm^{-2} gün-^{1}; MJ m^{-2} $gün^{-1}$; mm $gün^{-1}$],
w, sıcaklığa ve yüksekliğe bağımlı ağırlık faktörü,
T, hava sıcaklığı [°C; °F],
T_a, ortalama günlük hava sıcaklığı [°C],
T_{ma}, aylık ortalama sıcaklık [°C],
T_{max}, maksimum sıcaklık [°C],
T_{min}, minimum sıcaklık [°C],
T_x = -3,
u, rüzgar hızıdır [m sn^{-1}],
u_2, 2 m de ölçülen rüzgar hızıdır [m s^{-1}],

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN BUHARLAŞMAYA OLASI ETKİLERİ

ÖZET

Son yıllarda çevre ile ilgili en popüler konuların başında iklim değişikliği ve su problemleri gelmektedir. Özellikle etkisini hissettirmeye başlayan iklim değişikliğinin gelecekte su kaynaklarına yapacağı etki gündemdeki önemli konular arasında yer almaktadır. İklim değişikliğinin gelecekte getireceği en büyük sorunlardan bir tanesi su kaynaklarına olacak etkileridir. Bu kapsamda iklim değişikliğinin su kaynakları ve su yönetimi stratejileri üzerine etkilerine şimdiden adapte olmak için gerekli önlemlerin alınması önem arz etmekte bunun için de iklim değişikliğinin su kaynaklarına olası etkilerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Buharlaşma hidrolojik döngünün önemli bir bileşenidir ve hidrolojik döngü kapsamında gerçekleşen buharlaşmadan kaynaklanan su kayıplarının bilinmesi, su yönetimi ve planlaması açısından önemli bir husustur. Özellikle tarıma dayalı ekonomisi olan ve su talebinin % 70-75'ini tarım sektörünün oluşturduğu ülkemizde suyun yönetilmesi ve planlanması büyük önem taşımaktadır.

Suyun sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi ve planlanması için gelecekte gerçekleşecek girdi ve kayıpların net olarak belirlenmesi gerekmektedir. Bu çerçevede, bu çalışmada Trakya Bölgesinde bulunan üç ilde (Edirne, Kırklareli, Tekirdağ) buharlaşmanın geçmişten günümüze durumu incelenmiştir. Ayrıca iklim değişikliği senaryolarından A1B senaryosu çerçevesinde elde edilen model verileri kapsamında 2040 yılına kadar olan buharlaşma eğilimi ortaya konmuştur.

Çalışma için 1975-2010 yılları arası dönem için Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illeri için; 41° 40' K 26° 33' D enlem ve boylamlarındaki Edirne merkez, 41° 44' K 27° 13' D enlem ve boylamlarındaki Kırklareli merkez ile 40° 59' K 27° 29' D enlem ve boylamlarındaki Tekirdağ merkez için istasyon verileri ile bu üç il için 1975-2010 yılı model verileri geçmiş dönem verileri olarak incelenmiştir. Gelecekteki durumun ortaya konması için de 2015-2040 dönemi model verileri kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında yirmi farklı metotla buharlaşmalar (evapotranspirasyon) hesaplanmış, buharlaşmanın geçmişten günümüze eğilimi ve 2015-2040 dönemi için buharlaşmanın geçmiş döneme göre durumu ortaya konmuştur. Bu kapsamda, ilk olarak 1975-2010 yılları dönem için model ve istasyon verilerinin, 2015-2040 arası dönem için model verilerinin evapotranspirasyon zaman serileri çizdirilmiştir. Zaman serilerinin eğilimine bakıldığında çok küçük değerdeki eğilim katsayıları ile pozitif bir eğilim olduğu ortaya konmuştur. Burada çalışma kapsamında karşılaşılan sorun; ülkemizde ölçümlerle desteklenmediğinden ve karşılaştırma çalışması yapılmadığından, farklı ve sayıca çok olan yöntemlerden ülkemize uygun olan yöntem/yöntemlerin bilinmemesidir. Bu kapsamda seçilen yirmi yöntemin, yirmi yöntemden biri olan ve FAO (Food and Agriculture Organization) tarafından standart metot olarak önerilen Penman-Monteith metoduna göre durumu incelenmiş, Penman Monteith metodu ile diğer metotlar karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda en iyi sonuçlar Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ için hem geçmiş hem de gelecek dönemler için genel

olarak McGuinness ve Bordne (1972), Hargreaves (1975) ve Jensen Haise (1963) metodu için elde edilmiş en kötü sonuçların Turc (1961) metodunda olduğu belirlenmiştir. Penman Monteith metodu baz alınarak yapılan hata hesaplamalarında ise Hargreaves ve Samani (1985) ile WMO (1966) metodu en düşük hata değerlerine sahipken Turc (1961) metodu en yüksek hata değerlerini göstermiştir.

Penman-Monteith metodu ile diğer metotlar karşılaştırıldıktan sonra, evapotranspirayonun 1975-2010 dönemi için istasyon ve model verileri, 2015-2040 arası dönem için model verisi olarak uzun yıllar aylık ortalamasının durumu karşılaştırılmıştır. Bu çalışma yapılırken senaryoların çeşitlendirilmesi açısından varsayımsal olarak 1975-2010 dönemine göre sıcaklığın 3 °C ve 5 °C artması ve bu doğrultuda global radyasyonun 1, 2 ve 3 MJ m^{-2} $gün^{-1}$ artacağı senaryolar üretilmiş ve 2015-2040 dönemi model verisi ile varsayımsal senaryolar kapsamında uzun yıllar aylık ortalamalar karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sınucunda sıcaklığın 5 °C ve global radyasyonun 3 MJ m^{-2} $gün^{-1}$ artığı varsayımsal senaryo ile 2015-2040 arası dönem model verileri ile hesaplanan buharlaşmaların uzun yıllar aylık ortalama olarak en yüksek sonuçları verdiği belirlenmiştir. Ayrıca buharlaşmanın hesaplandığı 20 metot potansiyel evapotranspirasyon metotları ve referans evapotranspirasyon metotları olarak karşılaştırılmışlardır. Potansiyel evapotranspirasyon metotları içinde genel olarak Albrecht (1950) ve Brockamp ve Wenner (1963) uzun yıllar aylık ortalama bazında en yüksek değerleri gösterirken Turc (1961) metodu en düşük değerleri, referans evapotranspirasyon metotları içinde de Bruin (1979) ile Schendel (1967) metodları en yüksek değerleri gösterirken Irmak (2003b) metodu en düşük değerleri göstermiştir.

Buharlaşma eğiliminin ortaya konması için yıllık buharlaşmaların uzun yıllar ortalamasından olan sapmaları incelenmiştir. Bu kapsamda genel olarak buharlaşmanın pozitif yönlü bir eğilim sergilediği ortaya konmuştur. Çalışmanın nihai sonucu olarak gelecek dönem için model verisi ve varsayımsal senaryolar bazında hesaplanan buharlaşmaların 1975-2010 arası istasyon ve model verilerine göre durumu incelenmiş ve buharlaşmanın gelecek dönemde geçmiş döneme göre iklim değişikliği çerçevesinde %10-15 bandında artacağı yirmi metot çerçevesinde hesaplamalarla ortaya konmuştur.

POSSIBLE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON EVAPORATION

SUMMARY

In recent years, the most popular topics related to environment are climate change and water problem. In particular, the effects of climate change in the future on water resources are the most critical issues on the agenda.

As of its consequences, climate change has affected many sectors directly or indirectly. Therefore, the impacts of climate change has been felt in the last 50 years in the world. Its effects have been discussed by wide range groups such as civil society organizations, enviromental groups, politicians and businessman and among the environmental issues which have taken place on the top.

One of the biggest challenges of climate change is the impact on water resources in the future.

In this context, determining the possible impacts of climate change on water resources and planning of adaptation strategies are required for the future. To achieve this goal, the possible effects of climate change scenarios on water resources (inputs and ouputs) must be determined taking into account of different climate change scenarios. Evapotranspiration is one of the important components of hydrological cycle. For this reason, having knowledge about of the water losses by evaporation and transpiration (evapotranspiration) is significant for the management and planning of water resources especially in arid and semiarid countries.

In particular, management and planning of water in our country have an essential role. Water is extremely important for our country's economy and agriculture because 70-75 % of the available water is used for agricultural purposes. In order to manage and plan water resources as sustainable manner, the net inputs and losses in terms of water balance would be occurred in the future, must be determined. In this context, the status of the evapotranspiration from past to present in three cities located in the Thrace Region (Edirne, Kırklareli, Tekirdağ) was investigated in this study. Additionally, the regional climate model data obtained in the framework of the A1B climate change scenario, the tendency of evapotranspiration is estimated until 2040.

In this study, the data, between 1975 and 2010, modeled and measured at the meteorological obsorvetation stations, which located in Edirne (41° 40’ N latitude 26° 33’E longitude), Kırklareli (41° 44’ N latitude 27° 13’ E longitude) and Tekirdağ (40° 59’ N latitude 27° 29’ E longitude) were used as past dataset. In addition this, the model outputs for a period of 2015 and 2040 were used in order to investigate the impacts of possible climate change on evapotranspiratişon.

In the scope of the study, evaporations (evapotranspiration) were calculated by 20 different methods which are commonly used methods in the world. Calculations of evapotranspiration by these methods can be performed with available data (temperature, radiation, wind and relative humidity).

The study was conducted primarily for the analysis and evaluation of data . In this context scatter plots and time series were drawn for 1975-2010 model and 1975-2010 station (measured) data. The relationships between datasets were presented. It has been estimated statistically important relationships with high determination coefficients between modelled and measured data for the meteorological variables; temperature and global solar radiation. The weak relations and determination coefficients for wind speed and relative humidity were obtained between modelled and actual data. Moreover, within the scope of data analysis, long-term average of data has been mapped for the Thrace region on monthly basis.

After the data analysis, the tendency of evapotranspiration from the past to present (1975-2010) and from the present to the future (2015-2040) were analyzed and compared. In this context, firsly, time series of the evopotranspiration calculated by using modelled and station (actual) data for the 1975-2010 period and modelled data for 2015-2040 period were drawn. It has been determined for both periods that there is a slight increase trend for evapotranspiration. The problem encountered during the study is the lack of information of proper methods from many methods for our country arising from lack of supporting studies which are performed by field measurement. This is a lack for the usage of evapotranspiration equations by engineers. For this reason, it should be estimated which equation is suitable for our conditions in order to estimate evapotranspiration. Thus, it is clear need to measure directly the evapotranspiration by field experiments and methods. Therefore, the methods were compared with Penman-Monteith method (reference method). The variance of 20 methods were examined according to Penman-Monteith method which is one of the 20 methods and recommended as a standard method by FAO (Food and Agricultural Organization). As a result of comparison, for all stations and for both past and future situations, the best results were obtained by McGuinness and Bordne (1972), Hargreaves (1975) and Jensen Haise (1963) methods, the worst result were obtained by Turc (1961) method.

In order to compare the difference between Penman Monteih and other methods, (Root Mean Square Error (RMSE) and Mean Bias Error (MBE) were calculated. According to the error calculation that is based on Penman Monteith method, Hargreaves and Samani (1985) and WMO (1966) methods gave the lowest error value, and Turc (1961) method gave the highest error value.

After the comparison of methods, annual averages of monthly total evapotranspiration were compared as model and station (actual) data for both periods. In addition to the climate change scenario results, in order to determine sensitivities of evaporanspiration equations against temperature and global solar radiation, hypothetical scenarios are derived, too. In the scope of hypothetical scenarios, the daily average temperature was increased 3°C and 5°C and the daily average global solar radiation was increased 1, 2 and 3 MJ m^{-2}. After this operation, time series of evapotranspirations for both periods were obtained in the scope of these hypothetical scenarios and scenarios compared with each other. As a result of comparison, it has been determined that evapotranspiration values which are calculated by using data for a period of 2015-2040 model data and calculated by sensitivity analyzes in which temperature was increased 5°C and global radiation was increased 3 MJ m^{-2} day^{-1} gave the highest result as annual average of monthly total evapotranspiration.

Additionally, the methods used in this study were compared between each other as reference and potential evapotranspiration. As a result of comparisons, it is determined that Albrecht (1950) and Brockamp and Wenner (1963) methods produced the highest evaoptranspiration values, while Turc (1961) method presented the lowest values as potential evapotranspiration and de Bruin (1979) and Schendel (1967) methods gave the highest reference evapotranspiration values, whereas Irmak (2003b) method produced the lowest values.

In order to reveal tendency of evapotranspiration, deviations of annual total evapotranspiration from the long-term average of annual total evapotranspiration were examined. In this context, an increasing trend of evaporanspiration was determined.

In this study, evapotranspirations were calculated by considering actual measurements at the stations and regional climate models results. Morever, hypotetical senarios for future periods have been also analyzed and taken into account. The results indicated that, the calculated average evapotranspiration using twenty equations is expected to increase up to 15% in the future.

1. GİRİŞ

Yeryüzündeki yaşayışın sürdürülebilmesi için gerekli olan su ile ilgili bilgileri insanlar yüzyıllar önce toplamaya başlamıştır (Bayazıt, 1974). Yüz yıllardan beri suyun mevcudiyeti ile ilgili çalışmalar sürmüş, kullanılabilir suyun sınırlı olması ve suya olan talebin git gide artmasından dolayı kullanılabilir su ile ilgili miktarsal verilerin hesaplaması yapılmış ve yapılmaktadır. Dünya çapında artan nüfus ve buna paralel olarak artan su ihtiyacı, suyun miktar ve kalite olarak sürdürülebilirliğinin gerekliliğini ortaya koymuştur. Suyun etkin bir şekilde sürdürülebilirliğinin sağlanması için su ile ilgili girdi ve çıktıların (kayıpların) net olarak belirlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, buharlaşmadan ve terlemeden kaynaklanan su kayıplarının büyüklüğünün ve değişiminin bilgisi su kaynaklarının planlanması ve yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır (Johnson ve Sharma, 2009).

Buharlaşma ile su kaybının gerçekçi olarak hesaplanması amacıyla, 1727'de Hales ve 1793'de Dalton'dan beri çok sayıda araştırmacı ampirik ve fiziksel yaklaşımlar denemişler ve geliştirmişlerdir. Su yapıları, su bilimi, tarım, orman, ekoloji, jeoloji, meteoroloji, çevre vb. gibi değişik alanlarda çalışan bu araştırmacıların buharlaşmayı belirlemek için geliştirdikleri eşitlikler, odakları, çalışma alanları ile çalışma koşul ve şartları farklı olduğu için çok çeşitli olmuş ve de yöntemlerin çoğunda en önemli girdi faktörlerini, iklimsel faktörler oluşturmuştur (Şaylan, 2011). Meteorolojik verilerin toplanma prosedürleri ile standartlarındaki farklılıklar, buharlaşmanın hesaplanması ve tahmini için yüzden fazla formülün ortaya çıkmasına yol açmış ve bunun bir sonucu olarak da metotlar kapsamında karşılaştırmalı çalışmalar yapmayı zorlaştırmıştır (Helfrich v.d., 1982; Panu ve Nguyen, 1994; Singh ve Xu, 1997).

Yeryüzünde bulunan sıvı haldeki suyun gaz hale geçerek yeniden atmosfere geçişi olarak tanımlanabilecek buharlaşmanın ölçüm ve tahmini için; (i) su bütçesi (Örn; Guitjens, 1982), (ii) kütle transferi (Örn; Harbeck, 1962), (iii) kombinasyon (Örn; Penman, 1948), (iv) radyasyon (Örn; Priestly and Taylor, 1972) ve (v) sıcaklığa dayalı (Örn; Thornthwaite, 1948; Blany and Criddle, 1950) olmak üzere beş grup başlığı altında sınıflandırılabilecek birçok metot bulunmakta ve bu metotların

çoğunun değerlendirmesi makaleler ile kitaplarda sunulmaktadır (Ör: Brutsaert. 1982; Singh, 1989; Jensen v.d., 1990; Morton, 1990, 1994) (Xu ve Singh, 2001).

Dünya çapında kurumlar ve üniversiteler iklim gözlem ağları kapsamında buharlaşma hesaplamalarını yapmaktadır. Bu kapsamda geliştirilen ampirik ve fiziksel yöntemleri, ülkelerinde ve/veya bölgelerinde uygulamakta, yöntemler arasında karşılaştırmalar yapılmaktadır. Bahsedilen çerçevede, sunulan tezin amacı ve bu doğrultuda literatür taraması sonuçlarının değerlendirilmesi aşağıda verilmiştir.

1.1 Tezin Amacı

Tezin iki amacı bulunmaktadır. Bunlardan birincisi yukarıda bahsedildiği üzere vazgeçilmez bir madde olan suyun, yeryüzünden atmosfere geçişi olarak tanımlanan buharlaşma (evapotranspirasyon) kayıplarının hesaplanmasında kullanılan metotların başlıcaları ile Trakya bölgesinde (Edirne, Kırklareli, Tekirdağ) buharlaşmanın geçmişten günümüze eğiliminin ortaya konmasıdır. Çalışmanın ikinci amacı ise iklim değişikliğinin etkisinin hidrolojik tarımsal, ekolojik, su temini vb. bilimsel ve teknik çalışmalarda önemli etkiye sahip olan buharlaşma miktarına olan etkisinin ortaya konmasındır.

1.2 Literatür Araştırması

Buharlaşmanın (evapotranspirasyon) hesaplanması için iklim verilerinin toplanması , çevre koşulları ve elde edilen verilerin türündeki farklılıklarından dolayı, yapılan çalışmalar kapsamında, buharlaşma ve evepotranspirasyonun hesaplanmasında çok çeşitli metotlar (eşitlikler) ileri sürülmüştür. Buharlaşma ve evapotranspirasyonla ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında çalışmaların çoğunun iki kapsamda ilerlediği görülmektedir. Bunlardan birincisi meteorolojik değişkenler ile lizimetre ve buharlaşma havuzlarından (kap) meydana gelen buharlaşma ve evapotranspirasyonlar arasında ilişki kurularak buharlaşma ve evapotranspirasyonu tahmin etmeye yönelik hesaplama denklemlerinin ortaya konduğu çalışmalardır. Diğer çalışma kapsamı ise geliştirilen bu denklemlerin farklı yerlerde uygulanarak, uygulandığı bölgedeki tutarlılıklarının veya birbirleri arasındaki karşılaştırmaların yapıldığı çalışmalardır.

Birinci kapsamdaki çalışmalar, genel olarak (i) su bütçesi (Örn; Guitjens, 1982), (ii) kütle transferi (Örn; Harbeck, 1962), (iii) kombinasyon (Örn; Penman, 1948), (iv) radyasyon (Örn; Priestly and Taylor, 1972) ve (v) sıcaklığa dayalı (Örn; Thornthwaite, 1948; Blany and Criddle, 1950) olmak üzere beş grup başlığı altında sınıflandırılabilecek metotların geliştirildiği çalışmalardır. Tez kapsamında sunulan Bölüm 4'te geliştirilen metotlardan 20 tanesine ait denklemler verilmiştir.

İkinci kapsamdaki çalışmalara bakıldığında ise, birinci kapsamdaki çalışmalarda da olduğu gibi oldukça fazla sayıda çalışmanın yapıldığı görülmektedir. İkinci kapsam dahilindeki bir çalışma Valiantzas (2013) tarafından geliştirilen bir metodun da denendiği Akdeniz bölgesinde bulunan Adana, Antalya, Isparta ve Mersin istasyonları kapsamında Kişi tarafından 2013 yılında yapılmış olup, FAO 56 Penman-Monteith (PM), Copais, Turc, Hargreaves ve Samani, Hargreves, Ritchie ve Irmak metotları ile Valiantzas (2013) tarafından geliştirilen metotlar karşılaştırılmıştır. Türkiye'de yapılan bir diğer çalışma da, Şaylan ve diğ. tarafından 2011 yılında Trakya Bölgesinde bulunan Kırklareli ilinde ölçülen veriler kapsamında Hargreaves ve Samani, Priestly Taylor, Jensen Haise, Turc ve Makkink eşitlikleri sonucu hesaplanan evapotranspirasyon değerlerinin karşılaştırıldığı çalışmadır. Türkiye'de yapılan bu çalışmanın dışında literatüre bakıldığında 1997 yılında açık yüzeyden buharlaşma için 13 kütle transferinin değerlendirildiği (Singh ve Xu); 2000 yılında radyasyona dayalı buharlaşma hesaplama yöntemlerinin derlendiği ve karşılaştırıldığı (Xu ve Singh); 2001 yılında buharlaşma hesaplamasında sıcaklığa dayalı metotların derlendiği ve değerlendirildiği (Xu ve Singh) çalışmalar bu kapsam dahilinde literatürde karşılaşılan çalışmalardır. Ayrıca, 31 referans evapotranspirasyon metodunun nemli koşullar için değerlendirildiği çalışma (Tabari ve diğ., 2011), ampirik denklemlerle İsviçre'de potansiyel evepotranspirasyonun hesaplanmasının değerlendirildiği çalışma (Xu ve Singh, 2002), Hindistan'da evapotranspirasyon hesaplama yöntemlerinin karşılaştırıldığı ve az nemli bölgeler için patates bitkisinin bitki katsayısının belirlendiği araştırma (Kashyap ve Panda, 2001), Lu ve diğ. (2005) tarafından Amerika'da 6 potansiyel evapotranspirasyonun karşılaştırıldığı çalışma, Kuzey Suriye'de Al-Darir ve AlDoubiat (2005) tarafından 12 metot kapsamında karşılaştırmanın yapıldığı çalışma ile İran'da Valipour tarafından 2014 yılında 12 metot kapsamında karşılaştırmanın yapıldığı araştırma, literatürde karşılaşılan diğer çalışmalardır. Bu konseptteki bir diğer araştırma da 1963 senesinde Güney Nijerya'da yapılmıştır (Chapas ve Rees, 1963). Bu

kapsamdaki çok sayıda araştırmanın özellikle ülkeler ve bölgeler bazında 1900'lü yılların ortalarından itibaren yapılmaya başlandığı görülmektedir. Bu çalışmasında da, bu konsept çerçevesinde verilen yöntemler kapsamında evapotranspirasyon hesaplanmış olup, geçmişten günümüze eğilimi ortaya konulmuş ve FAO 56 Penman-Monteith Metoduna göre kıyaslaması yapılmıştır.

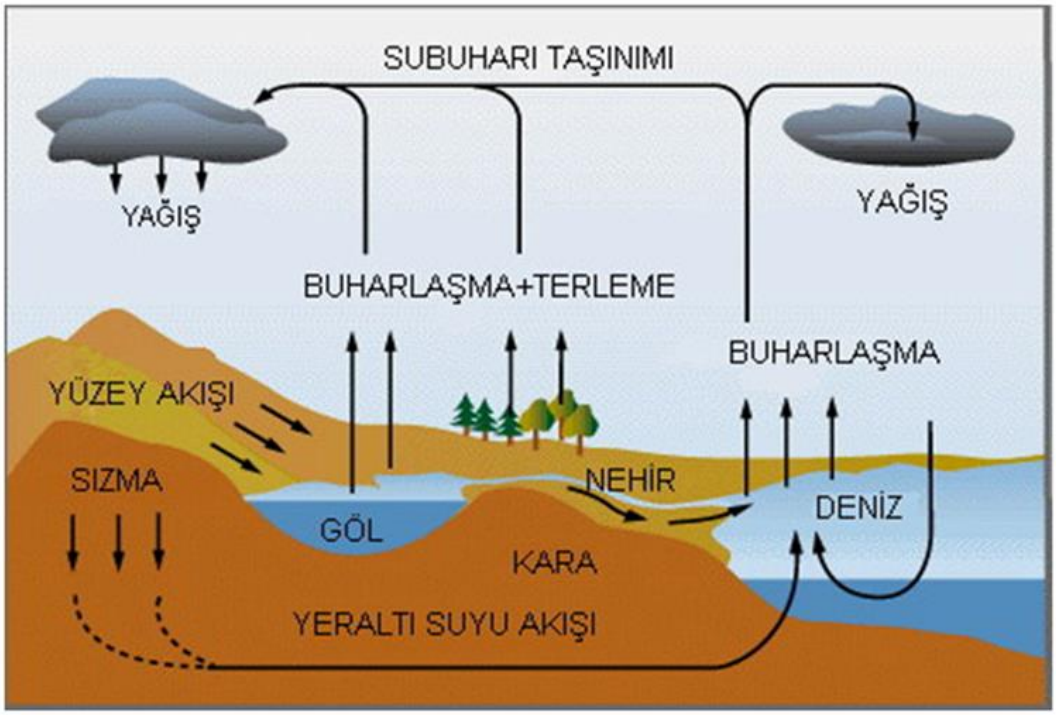
Dünyaya ve ülkemize olası etkilerini değerlendirdiğimizde, etki ettiği birçok faktör ve sektörün yanında küresel ısınmanın, buharlaşma üzerinde de oldukça etkili olacağı sonucu karşımıza çıkmaktadır. Bu durum, tarımdan içme ve kullanmaya, enerjiden sanayiye kadar birçok alanda kullandığımız suyun iklim değişikliğinden gelecekte nasıl etkilenebileceğine dair bilgisine olan gereksinimi arttırmaktadır (Şaylan, 2011). Bu bakımdan, hem dünya hem de ülkemiz için, su kaynaklarının planlanmasında, suyun daha verimli kullanılmasında ve de suyun yönetiminde, su çevriminin önemli bileşenlerinden biri olan buharlaşmanın "iklim değişirse nasıl etkileneceği?" sorusu gündeme gelmiştir. Bu çerçevede, bahsedilen iki kapsamın dışında, son yıllarda etkisini artık iyice hissettiren iklim değişikliğinin olası etkilerinin tahmini için yapılan çalışma konsepti de literatüre girmiş durumdadır. İklim değişikliğinin buharlaşma ve evapotranspirasyona olan etkilerinin ne olacağı ile ilgili olarak, iklim değişikliği model sonuçları çerçevesinde elde edilen meteorolojik verilerle gelecek dönemler için buharlaşma ve evapotranspirasyon hesaplamaları yapılmakta ve buharlaşma ile evapotranspirasyonun gelecekteki durumu, bu kapsamda ortaya konmaktadır. Literatüre bakıldığında, bu kapsamda; Alp bölgesi için küresel ısınmanın ve yaz buharlaşmasının gelecek projeksiyonlarının Calanca ve diğ. (2006) tarafından incelendiği çalışma; Hindistan'da mevcut durum ve gelecek projeksiyonları kapsamında gerçekleşecek buharlaşma ile potansiyel evapotranspirasyonun araştırıldığı çalışma (Chattopadhyay ve Hulme, 1996); Birleşik Kırallık'ta buharlaşmanın geçmiş trendinin ve gelecek projeksiyonun ortaya konması için Kay ve diğ. (2013) tarafından yapılan araştırma, Abtew ve Melesse (2013) tarafından Güney Florida'da evapotranspirasyonun gelecek projeksiyonun ortaya konduğu araştırma ile Bormann (2010) tarafından, 18 potansiyel evapotranspirasyon metodu ile buharlaşmanın gelecek projeksiyonlarının ve eğilimlerin araştıldığı çalışma, literatürde karşılaşılan çalışmalardan bazılarıdır. Ayrıca, Badaway (2009) tarafından yapılan ve beklenen iklim değişikliğinin Mısır'da, derin bir baraj gölünde buharlaşmadan kaynaklı kayıpları nasıl etkileyebileceği konusunda bir araştırma da, literatürde karşımıza çıkmaktadır. Tez

kapsamında gerçekleştirilen bir diğer çalışma da Trakya'da (Edirne, Kırklareli, Tekirdağ) buharlaşmanın iklim değişikliğinden nasıl etkileneceğinin ortaya konmasıdır. Bu çerçevede, Trakya Bölgesi için elde edilen iklim değişikliği model sonuçları kapsamında gelecek dönemler için buharlaşma miktarlarındaki olası değişimler, tez çalışmasında sunulan metotlar ile ortaya konmuştur.

2. BUHARLAŞMA (EVAPORASYON), TERLEME (TRANSPİRASYON) VE EVAPOTRANSPİRASYON

Buharlaşma ve terleme yolu ile atmosferden yeryüzüne düşen yağışın önemli bir kısmı, akış haline geçmeden atmosfere geri döner (Bayazıt, 2013). Bu kayıpların belirlenmesi hidrolojik, ekolojik vb. gibi bilimsel çalışmalar; tarımsal faaliyetler, su temini çalışmaları, ormancılık çalışmaları vb. gibi sektörel çalışmalar ile su miktarı ile ilgili politikalar üretme ve suyun etkili yönetimi çalışmaları gibi yönetimsel çalışmalar için önem teşkil etmektedir.

Hidrolojik çevriminin (Şekil 2.1) önemli bir unsurunu olan buharlaşma, meteorolojik faktörlerin etkisiyle yeryüzünde değişik şekil ve şartlarda, sıvı ve katı halde bulunan suyun atmosfere gaz halinde dönüşü olarak tarif edilir. Yeryüzünde suyu ihtiva eden her yüzey (denizler, göller, akarsular, nemli topraklar, karla örtülü veya buzla kaplı yüzeyler, ormanlar, bitki örtüsüne sahip araziler vb.), atmosferdeki su buharının kaynağıdır ve bu yüzeylerden devamlı buharlaşma meydana gelmektedir.



Şekil 2.1 : Hidrolojik çevrim (www.mgm.gov.tr, 2014).

Sıcaklığın artmasıyla su moleküllerinin enerjisi artar. Artan enerjinin bir sonucu olarak da buharlaşan su molekülü sayısı artar ve buharlaşma yüzeyi üzerindeki su buharı basıncı yükselir. Benzer şekilde suyun bağlı olduğu toprak taneciklerinden kurtulup su buharı haline geçmesi için de enerji gereklidir. Gerekli olan enerji radyasyon veya özel bir ısı kaynağı ile sağlanır. Bu bakımdan buharlaşma, sadece su dengesinin değil, bunun yanı sıra enerji dengesinin de önemli bir bileşenidir (Şaylan, 2011).

Bu bölümde su ve enerji dengesi için önemli faktör olan buharlaşma (evaporasyon), terleme (transpirasyon) ve evapotranspirasyon (ET) terimlerinden ve mekanizmalarından bahsedilecektir.

2.1 Buharlaşma (Evaporasyon)

Buharlaşma (evaporasyon) suyun sıvı halden gaz halde ki su buharına dönüşme sürecidir**.** Su göller, nehirler, toprak, ıslak bitki yüzeyi vb. gibi çeşitli yüzeylerden buharlaşabilir. (FAO 56, 2006).

Su moleküllerinin sıvı halden gaz hale geçmesi için enerji gereklidir. Yüzeyindeki su molekülleri kendilerini tutmaya çalışan diğer moleküllerin çekiminden yeterli kinetik enerji kazandıkları zaman kurtulup, su ortamından havaya geçerler. Bu kapsamda sudan havaya geçen moleküllerin sayısı daha fazla ise buharlaşma olduğu kabul edilir (Bayazıt, 2013).

Açık su yüzeyi ile bitki örtüsüyle kaplı olmayan toprak yüzeyinden meydana gelen buharlaşma, genel manada kullanılan buharlaşma teriminin karşılığıdır ve bitki yüzeylerinden de az da olsa buharlaşma meydana gelmektedir. Açık su yüzeyinden buharlaşmada toplam güneş radyasyonu, hava sıcaklığı, hava nemi ve rüzgar hızı ile rüzgar yönü gibi meteorolojik faktörlerin dışında, su yüzeyinin büyüklüğü ve şekli, topoğrafya ve çevresinde bulunan bitki örtüsü de önemli rol oynayan faktörlerdir. Bu önemli faktörlerin yanında suda çözünmüş halde bulunan maddeler de buharlaşma üzerinde etkili olan bir diğer etkendir. Ayrıca toprağın kimyasal özelliklerinin de açık toprak yüzeyinden buharlaşmada etkisi bulunmaktadır ve meteorolojik faktörlerin yanı sıra, yeraltı suyunun derinliği ve toprak çeşidi de buharlaşma üzerinde etkili diğer faktörlerdir (Şaylan, 2011).

Su yüzeyi ve ıslak yüzeylerde meydana gelen buharlaşma devamlı bir harekettir. Su yüzeyini terk eden su buharı miktarı, birim saha üzerindeki havanın (meteorolojik şartlar), suyun ve çevrenin özellikleri gibi çeşitli etkenlere göre değişim gösterir. Bu etkenler; meteorolojik etkenler, coğrafik ve topoğrafik etkenler, suyun kalitesi ve bulunduğu ortam olarak ana başlıklar altında sıralanabilir.

2.1.1 Meteorolojik etkenler

Buharlaşmayı etkileyen önemli meteorolojik etkenler, güneş radyasyonu, havanın buhar basıncı, sıcaklık, basınç ve rüzgar olarak sayılabilir.

Güneşten gelen radyasyon ısının başlıca kaynağıdır. Buharlaşma miktarı için azalan veya artan ısı değişimleri önemli bir faktördür. Mevsime, günün saatine ve havanın bulutlu veya açık olmasına göre güneşten gelen enerji miktarı değişir. Ayrıca radyasyon enerjisi, enlem, yükseklik ve yöne göre de değişiklik gösterir.

Dalton yasası'na göre buharlaşma miktarı su yüzeyindeki buhar basıncıyla (havanın e_d doymuş buhar basıncıyla) suyun üstündeki havanın e_a buhar basıncının arasındaki fark ile orantılıdır. Suyun sıcaklığı arttıkça moleküllerin hızları artar, yüzeysel gerilim azalır ve doymuş havadaki nem miktarı (su yüzeyindeki buhar basıncı) da artacağından buharlaşma kolaylaşır (Bayazıt, 2013).

Buharlaşma oranı, doymuş buhar basıncının sıcaklığa bağlı olmasından dolayı hava ve su sıcaklıklarından büyük miktarda etkilenir. Günlük ve yıllık değişmeler bakımından sıcaklık ve buharlaşma birbirine çok benzer. Soğuk mevsimde az, sıcak mevsimde fazla olan buharlaşma gün esnasında sabah saatlerinde minimum, öğleden sonra 12:00-15:00 saatleri arasında ise maksimum değerine ulaşır.

Buharlaşmanın devam etmesi için difüzyon ve konveksiyon ile su buharının su yüzeyinden uzaklaşması gerekir. Eğer buharlaşan su, su yüzeyinden uzaklaşmazsa e_a'nın artması sonunda yukarda sözü edilen basınç farkı bir süre sonra sıfıra düşeceğinden suyun üstündeki havanın doymuş hale geçmesiyle buharlaşma durur. Bu kapsamda buharlaşmanın devamı için su buharını su yüzeyinden uzaklaştıracak hava hareketi (rüzgar) gereklidir. Rüzgarlar yatay doğrultuda iletimin yanında düşey doğrultuda türbülanslı difüzyon yolu ile alışverişi de arttırdıklarından, buharlaşmayı devam ettirmekte önemli rol oynarlar. (Bayazıt, 2013).

Buharlaşmayı etkileyen bir diğer faktör havanın basıncıdır. Buharlaşma havanın basıncı ile ters orantılıdır. Ancak bu etki diğerleri yanında önemsizdir (basıncın 76 cm Hg sütunundan 50 cm Hg sütununa düşmesi buharlaşmayı ancak %20 arttırır. (Bayazıt, 2013). Tüm meteorolojik faktörlerin yanında, buharlaşmayı etkileyen en önemli faktörlerden biri meteorolojik faktörler üzerinde önemli etkisi olan mevsim döngüleridir. Meteorolojik faktörler mevsimden mevsime değişmektedir. Bunun bir sonucu olarak da buharlaşma da mevsimsel olarak büyük oranda değişiklik göstermektedir.

2.1.2 Coğrafik ve topoğrafik faktörler

Buharlaşmanın gerçekleşeceği bölgenin, coğrafik konumu ile güneşe karşı konumu buharlaşma olayında önemli etkenler arasındadır.

Farklı enlem derecelerine sahip bölgelerde özellikle açık su yüzeyinde meydana gelen yıllık ortalama buharlaşma için farklı buharlaşma miktarları olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 2.1'de de verildiği gibi buharlaşma miktarlarının enlem derecelerinden etkilendiği görülmektedir. (www.mgm.gov.tr, 2014).

Çizelge 2.1 : Enlem derecesine göre buharlaşma miktarları.

Enlem Derecesi	Ortalama Buharlaşma (mm/yıl)
0° - 10° (Ekvator Bölgesi)	1150
10° -30° (Alize Bölgesinde)	2250
30° - 40°	1600
40° - 50°	1000
50° - 60°	450

Yamaçların Güneş ışınlarını alış yönü olan bakı, buharlaşma üzerinde etkili olan bir diğer faktördür. Bakıdan dolayı Türkiye'de dağların güney yamaçları daha sıcaktır. Bu yüzden Güney'e bakan yamaçlarda buharlaşma miktarı daha fazladır.

Yükseklikle hava basıncı ile havanın sıcaklığı azalır. Burada hava basıncının azalması buharlaşmayı arttırıcı etken olarak karşımıza çıkarken, sıcaklık azalışı tam tersine buharlaşmayı azaltıcı etkendir. Hava sıcaklığının azalmasından kaynaklanan buharlaşma azalışı, hava basıncının artmasından kaynaklanan artışa göre daha az etki gösterdiğinden yükseklikle buharlaşmanın bir miktar arttığı kabul edilmektedir (www.mgm.gov.tr, 2014).

2.1.3 Suyun kalitesi ve bulunduğu ortam

Suyun bulunduğu ortamdaki enerji durumu, tuzluluk, su kütlesinin derinliği, bulanıklılığı ve hareketliliği buharlaşma miktarı üzerinde etkilidir.

Buharlaşmayı sağlamak için su moleküllerinin hızlarını arttırması bunun içinde enerji gereklidir. Ortamının sıcaklık derecesine göre 1 gram suyun buharlaşması için gerekli ısı 539-597 kalori arasında değişir. Su kütlelerinin buharlaşması için gerekli enerji güneşten gelen ışınlarla sağlanır. Karalarda ve sularda depolanmış olan ve rüzgarlarla çevreden taşınan ısı enerjisi de doğrudan doğruya güneşten gelen enerjinin yanında, buharlaşmada rol oynar (Bayazıt, 2013).

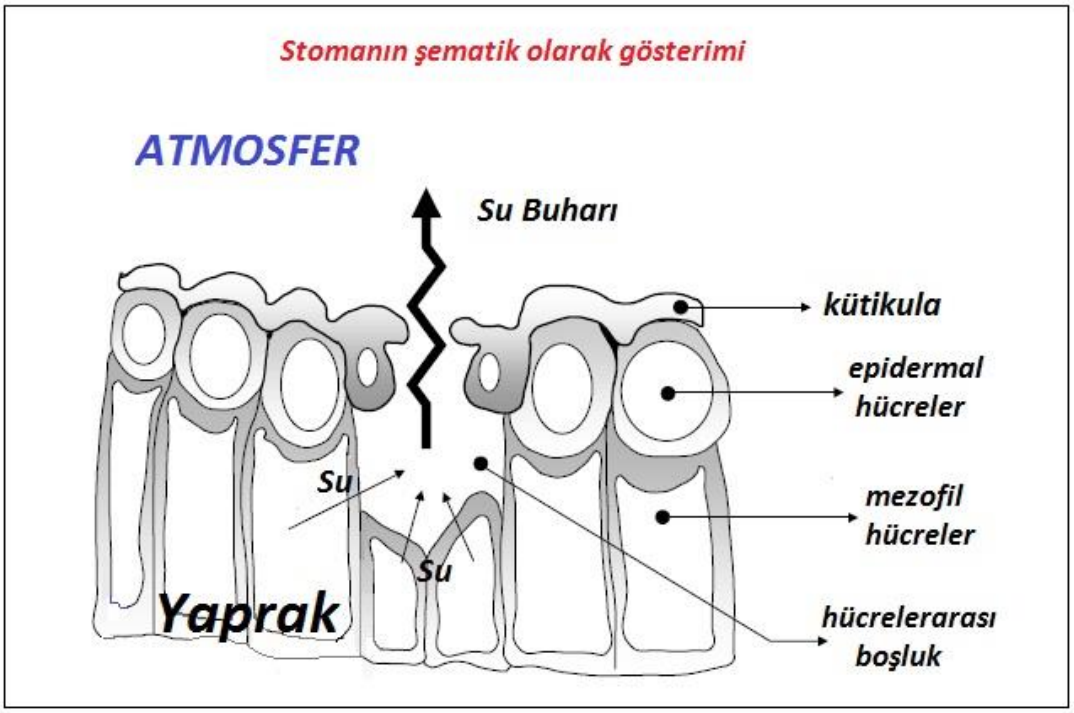
Eriyik bir madde suda çözündüğünde, çözünmüş madde içeren suyun buhar basıncı saf suya göre daha az olur. Buda buharlaşma oranında azalmaya sebep olur. Buharlaşmadaki yüzde olarak azalış, yaklaşık olarak özgül ağırlıktaki yüzde artışa karşılık gelir. Bunun bir sonucu olarak, örneğin aynı şartlar altındaki deniz suyundan olan buharlaşma tatlı suya göre yaklaşık % 2-3 daha az olur (Subramanya, 1994).

Mevsimlik buharlaşma miktarı üzerinde su derinliğinin de etkisi vardır. Hava sıcaklığındaki değişmelere derin su kütleleri daha geç uyabilirler. Bu nedenle derin sularda buharlaşma sığ su kütlelerine göre yazın daha az kışın daha çok olur (Bayazıt, 2013).

Su yüzeyinde biriken yabancı maddeler toz veya yağ tabakaları, buharlaşma oranını azaltıcı etki yapar. Bunun yanında buharlaşmayı azaltma çalışmaları kapsamında, su yüzeyinde çok ince (monomoleküler) bir kimyasal film oluşturarak buharlaşmayı azaltmak mümkün olabilir. Bu tarz çalışmalar özellikle kurak bölgelerdeki büyük biriktirme haznelerinde aşırı miktarda gerçekleşen buharlaşmadan kaynaklı suyun kaybının önlenmesi için büyük önem taşır. Bu kapsamda yapılan çalışmalarda asetik alkol (heksadekanol) ve oktadekanol kullanarak buharlaşmanın % 40 oranına kadar düşürülebildiği görülmüştür (Bayazıt, 2013). Buharlaşmada etkili olan bir diğer faktör suyun hareketidir. Araştırmalar kapsamında akan sulardaki buharlaşmanın durgun sulardaki buharlaşmadan % 7 ile % 9 oranında yüksek olduğu tespit edilmiştir (www.mgm.gov.tr, 2014).

2.2 Terleme (Transpirasyon)

Terleme, bitki dokularında bulunan sıvı suyun buharlaşması ve atmosfere buhar olarak verilmesidir. Bitkiler bu suyu kökleri ile topraktan alırlar. Bitkiler ağırlıklı olarak gözenekleri (stomaları) vasıtasıyla su kaybederler. Gözenekler Şekil 2.2'de de gösterildiği gibi gözenekler, yapraklar üzerinde bulunan ve gaz fazında maddeler ile su buharının geçtiği küçük açıklıklardır (Allen ve diğ., 2006).



Şekil 2.2 : Stomanın şematik olarak gösterimi (Allen ve diğ., 2006).

Bitkilerin yapraklarının havayla temasta bulunan yüzeyleri kütin maddesi ile kaplıdır ve stomalardan gerçekleştirdiği gözeneksel terlemenin yanında bitkiler, buralardan da terleme gerçekleştirirler. Kütiküladan meydana gelen terlemeye kütikülar terleme denmektir ve bitkilerden gerçekleşen terlemenin % 10'u kütikülar terlemeden kaynaklanmaktadır. Gözeneksel ile kütikülar terlemenin yanında lentikülar terleme ile bitkiler % 0.1 oranında gövde dallar vb. gibi organlarından da terleme gerçekleştirmektedirler. Kışın yaprağını döken bitkilerden meydana gelen terleme lentikülar terlemedir (Şaylan, 2011).

Su bitki kök sistemi tarafından alınır ve yapraklarından terleme olarak bitki bünyesinden atılır. Terlemeyi etkileyen önemli faktörler; atmosferik buhar basıncı, sıcaklık, rüzgar, ışık yoğunluğu, kök ve yaprak sistemi gibi bitkinin karakteristiğidir (Subramanya, 1994).

Serbest su yüzeyinden olan buharlaşmayı etkileyen faktörler, bitkilerden olan terlemeyi de etkilemektedir. Ancak, terleme ile buharlaşma arasında önemli bir fark vardır. Terleme temelde gündüz saatleriyle sınırlıdır ve bitkinin büyüme dönemlerine bağlıdır (Subramanya, 1994). Bir başka deyişle terleme, bitkilerin büyümesi ile ilgili olduğundan, sadece büyüme mevsiminde gündüz saatlerinde görülür (Bayazıt, 2013). Diğer taraftan, buharlaşma gündüz ve gece boyunca, buharlaşma oranları gündüze ve geceye göre farklı olmasına rağmen devam eder (Subramanya, 1994).

Terlemeyi belirleyen diğer etkenler, toprak su içeriği, toprağın suyu tutma özelliği ve topraktan suyun köklere geçme (iletim) yeteneğidir. Terleme oranı ayrıca, bitki karakteristiğinden, çevresel özelliklerden ve de yetiştirme uygulamalarından etkilenmektedir. Farklı bitki türleri farklı terleme oranlarına sahip olabilirler. Terlemeyi değerlendirirken, sadece bitkinin tipi değil, aynı zamanda, bitki gelişimi, çevresi ve yönetim şartları da değerlendirilmelidir (Allen ve diğ., 2006).

Topraktan alınan suyun çok küçük bir kısmını bitkiler tarafından fotosentez için bünyelerinde tutulur, bünyelerinde bulunan suyun büyük bir kısmını kullandıktan sonra bitkiler tarafından atmosfere geri verilir. Bitki cinsine göre terleme kaybı günde 0.1 ile 7 mm arasında gerçekleşmektedir (Bayazıt, 2013).

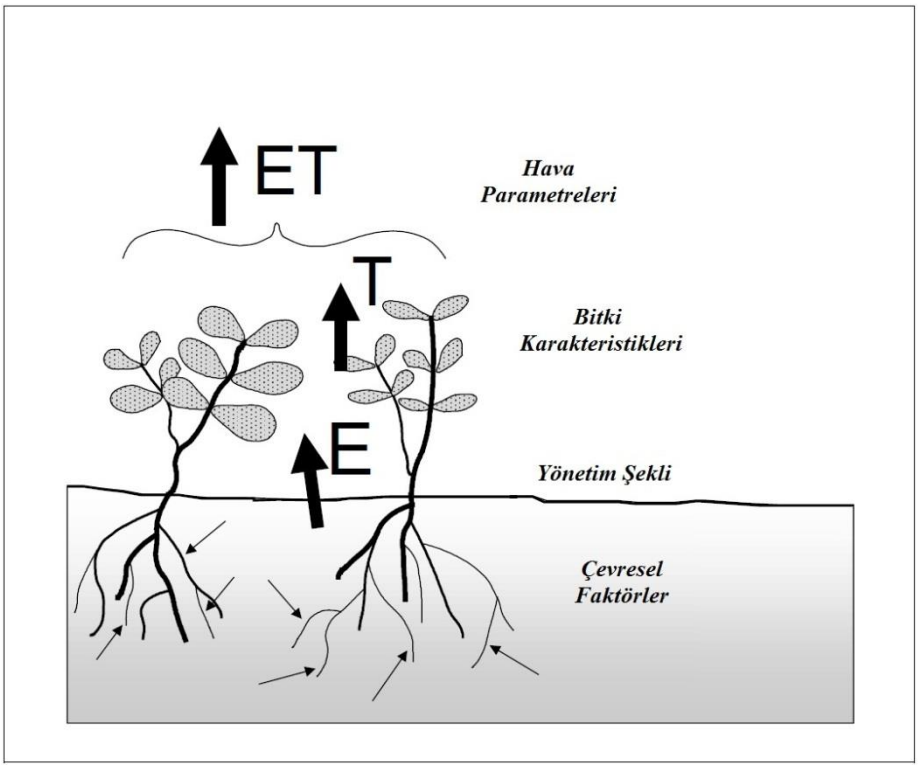
2.3 Evapotranspirasyon (ET)

Terleme gerçekleşirken bitkilerin bulunduğu arazi, toprak ve su kütlelerinden, terlemenin yanında, buharlaşma ile de su kaybı söz konusudur. Bu yüzden, hidroloji ve tarımsal uygulamalarda, buharlaşma ve terleme süreçlerinin evapotranspirasyon (ET) başlığı altında olmasının avantajlı olacağı kabul edilmiştir (Subramanya, 1994). Bir bölgede toprak, su ve kar yüzeylerinden meydana gelen buharlaşma ile bitkilerden terleme yoluyla gerçekleşen su kayıplarının toplamına evapotranspirasyon denir (Bayazıt, 2013).

Evapotranspirasyon yeryüzündeki enerji ve su döngüsü için önemli bir değişkendir. Evapotranspirasyonun dağılımını anlamak hidroloji, klimatoloji, tarım, orman ve ekoloji çalışmalarında önemli bir faktördür. Küresel ölçekte, karalar üzerindeki yağışın yaklaşık % 64 evapotranspirasyon ile atmosfere geri dönmektedir (Rivas ve Caselles, 2004).

Dünyanın belirli bölgelerinde yağışın yaklaşık % 90'ı evapotranspirasyonla atmosfere geri dönebilmektedir (Varni ve diğ., 1999; Rivas ve Caselles, 2004). Bu hidrolojik sistemden çok büyük miktarda suyun buharlaşma ve terleme yoluyla atmosfere iletildiğini yani evapotranspirasyonun kesin tahminin önemli olduğunu göstermektedir (Rivas ve Caselles, 2004).

Evapotranspirasyon kayıplarının potansiyel ve gerçek değerleri arasında bir ayrım yapmak gerekir. Potansiyel evapotranspirasyon (ET_p), zemin nem kaynağında herhangi bir limitin veya sınırlanmanın olmadığı koşullarda atmosfere transfer edilen su miktarıdır (Federer ve diğ., 1996; Kay ve diğ., 2013). Birim alandan, birim zamanda, bitki örtüsü ile kaplı bir yüzeyden atmosfere verilen su buharı miktarı ise gerçek evapotranspirasyon (ETa) olarak tanımlanmaktadır. Bununla birlikte, çiy ile bitki üst organlarından intersepsiyon vasıtasıyla buharlaşan suda gerçek evapotranspirasyon dahilindedir. Burada sadece güneşten gelen radyasyon ile değil, bunun yanı sıra adveksiyon yolu ile de gerekli enerji sağlanır. Bir başka tanımlamaya göre de gerçek evapotranspirasyon atmosferik parametrelerin evapotransprasyon üzerindeki etkisinin dikkate alınmasının yanı sıra toprak ve bitki faktörlerinin de dikkate alındığı evapotranspirasyondur (Şaylan, 2011). Aşağıda Şekil 2.3 evapotranspirasyonu etkileyen faktörleri göstermektedir.



Şekil 2.3 : Evapotranspirasyonu etkileyen faktörler (Allen ve diğ., 2006).

Toprakta bulunan mevcut nem ile sınırlı olduğu için gerçek evapotranspirasyon, potansiyel evapotranspirasyondan daha az olabilir, toprak kuruma noktasına geldiğinde ise evapotranspirasyon sona erer (Bayazıt, 2013).

Gerçek ve potansiyel evapotranspirasyonun dışında, özellikle tarımsal uygulamalarda kullanılan referans evapotranspirasyon, hesaplanan bir diğer evapotranspirasyon türüdür. Referans yüzeyden olan (çim veya yonca) evapotranspirasyona, referans evapotranspirasyon veya referans bitki evapotranspirasyonu denilir ve ET_o işle ile ifade edilir (FAO56. 2006).

Su ihtiyacı tarımsal uygulamalarda bitkiden bitkiye farklılık göstermekle birlikte dikkate alınan bitkinin büyüme periyoduna göre de değişiklik göstermektedir. Burada bitki su ihtiyacının tahmini için önemli parametrelerden biri ET_o'dır. Referans evapotranspirasyon, toprak su içeriğinin sınırlı olmadığı durumda, genellikle geniş alandaki 10-15 cm uzunluğundaki çimin evapotranspirasyonu olarak tanımlanır (Doorenboss and Pruitt, 1977; Kashyap ve Panda, 2001). ET_o bir bitkinin gerçek evapotranspirayonunun hesaplanması için kullanılır. Bitkilerden kaynaklanan gerçek evapotranspirasyonlar, bitkiler için hesaplanan bitki katsayısı (K_c) ile ET_o'ın çarpımı ile hesaplanır (Kashyap ve Panda, 2001).

ET_o meteorolojik verilerden hesaplanabilmektedir. 1990 Mayıs ayı içinde düzenlenen Uzmanlar Toplantısı sonucunda, güneş radyasyonu, hava sıcaklığı, havanın bağıl nemi ve rüzgar hızı verilerine ihtiyaç duyan FAO'nun Penman-Monteith metodu uzmanlar tarafından, referans evapotranspirasyonun tanımında ve hesaplanmasında tek standart metot olarak tavsiye edilmiştir (Allen ve diğ., 2006). FAO'ya göre referans yüzey tanımı 0.12 m yüksekliğindeki referans bitki yüksekliği, 70 s/m sabit yüzey direnci ve 0.23 değerindeki albedo değeri ile hipotezsel olarak, çim referans bitkisi ile kaplı yüzeydir. Referans yüzey, tamamen yeri örten ve aktif bir şekilde büyüyen, homojen bir uzunluk dağılımına sahip yeşil ve iyi sulanmış çimle kaplanmış geniş alanla temsil edilmektedir ve sabit yüzey direnci 70 s/m yaklaşık olarak haftalık sıklıktaki sulama frekansından kaynaklanan ortalama kuruluktaki toprak yüzeyini ifade eder (Allen ve diğ., 2006).

3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Son yıllarda etkisini en çok gösteren çevresel olayların başında iklim değişikliği gelmekte ve bu etkiler kendini gün geçtikçe yerel, ulusal ve uluslararası çapta iyice hissettirmektedir (Tercan ve diğ., 2013). Özellikle sanayi devriminden sonra artan insani faaliyetler, iklimin doğal trendinden sapmasına sebep olmuştur. Artan sera gazları, atmosfere gelen güneş radyasyonunun, atmosfer içinde tutulmasına neden olmuş ve olmaktadır. Atmosfer içinde tutulan bu radyasyon atmosfer içinde enerji dengesinde değişikliklere sebebiyet vermekte ve buna bağlı olarak da küresel boyutta iklimsel değişiklikler oluşmaktadır.

3.1 İklim Değişikliğinin Tanımı

IPCC iklim değişikliğini, iklimin uzun zaman sürecindeki sürekliliğinde veya ortalama durumunda istatistiksel sapma olarak tanımlamaktadır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) tanımına göre ise iklim değişikliği, karşılaştırılabilir bir zaman ölçeğinde gözlenen doğal iklim değişikliğinin yanında, doğrudan ya da dolaylı olarak insan etkinliklerinin küresel atmosferin bileşimini bozması sonucunda iklimde oluşan değişikliktir. Bu nedenle BMİDÇS insan kaynaklı faaliyetlerden oluşan değişimleri "iklim değişikliği" doğal süreçler kapsamında gerçekleşen değişimleri ise "iklim değişkenliği" olarak ayırmıştır (IPCC, 2001).

İklim değişikliği, iklimle doğrudan veya dolaylı etkileşim içinde olan bir çok sektör ve alanda, sonuçları itibarı ile farklı etkilere sebep olmuş ve olmaktadır. Bundan dolayıdır ki özellikle etkisini iyice hissettirdiği son 50 yıl içinde ulusal ve uluslararası boyutta sivil toplum örgütlerinden, çevreci gruplara, politikacılardan iş adamlarına kadar geniş yelpazedeki gruplar tarafından iklim değişikliği ve etkileri tartışılmış ve çevresel konular arasında en büyük tartışma konusu olarak ilk sıralarda yerini almıştır. Öyle ki iklim değişikliğinin etkisinin belirlenmesi, önlenmesi ve uyum çalışmaları kapsamında; tatlı su, kuraklık, taşkın, tuzlanma, su yönetimi, çevre, sağlık, orman, deniz suyu seviyesi, buz ve kar kalınlıkları, enerji, politika vb. gibi

çeşitli ve yaşamı kapsamlı olarak etkileyen konularda iklim değişikliği ile ilgili bilimsel çalışmalar yapılmış (Toprak ve diğ., 2013) ve tartışmaların bir sonucu olarak, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelleri (IPCC), Kyoto Protokolü, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) gibi oluşumlar ve uluslararası işbirlikleri ortaya çıkmıştır.

3.2 İklim Değişikliği ve Modelleme Çalışmaları

Sosyal ve ekonomik hayatı olumlu ya da olumsuz etkilemesi, iklimin insan hayatındaki öneminin çerçevesini çizmektedir. Bu bakımdan ulusal ve uluslararası birçok kurum, kuruluş ve organizasyon iklimsel değişimlerin etkilerinin doğru tespit edilebilmesi için farklı şekilde çaba sarf etmektedir. Bu çabaların başında modelleme çalışmaları gelmektedir. Gelişen teknoloji ile özellikle 1970'li yıllardan itibaren bilgisayarların bilimsel faaliyetler kapsamında kullanılmasına başlanması ve gün geçtikçe kullanımının artması sonucunda iklimsel çalışmalarda da bilgisayar kullanımı yaygınlaşmış ve iklim modelleri geliştirilmiştir. Modelleme çalışmalarının ilk aşamalarında atmosferde gözlemlenen parametreler kapsamında çalışmalar gerçekleştirilmiş olup, gelişen teknoloji ve yapılan çalışmalar sonucunda ortam koşullarını ifade eden denklemlere modellerin içinde daha detaylı bir şekilde yer verilmeye başlanmıştır. Bu kapsamda, kara yüzeyleri, okyanuslar, deniz buzları, aerosoller, karbon çevrimi, dinamik bitki örtüsü, atmosfer kimyası vb. gibi girdi parametreleri modellerde dikkate alınan etmenler olmuştur (Demir ve diğ., 2013).

Küresel çapta, bölgeden bölgeye farklı değişim ve etkilerin görülmesine ve görülecek olmasına rağmen, iklim değişikliği her yerde hissedilecektir (Karabay, 2013). Yapılan bilimsel çalışmalar ve model sonuçları orta enlem kuşağında bulunan Türkiye'nin iklim değişikliğinden en çok etkilenecek ülkeler arasında olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda Demir ve diğ. tarafından 2013 yılında yapılan çalışma ile HadGEM2-ES küresel modelinin RCP4.5 senaryosuna ait çıktılar Türkiye üzerinde bölgesel model ile çalıştırılmıştır. Model sonuçlarına göre 2013-2040 yılları arasında Kuzey-Batı ve Güney Doğu Bölgelerimizde yaz mevsiminde 2-3 °C kış mevsiminde ise 1-1.5 °C'lik artışlar belirlenmiştir. 2041-2070 dönemi için ise, sıcaklıkların bir önceki döneme göre 1°C artacağı öngörülmüştür. Yaz mevsiminde sıcaklık artışı 2-3 °C iken kış mevsiminde doğu bölgelerimiz hariç 1.5-2 °C olduğu çalışma kapsamında belirtilmiştir. Yüzyılın sonuna doğru sıcaklıkların kış

mevsiminde 2-3 °C, ilkbahar mevsiminde genel olarak Doğu Trakya bölgesi dışında, yaz mevsiminde Güney Doğu Anadolu ve Kıyı Ege bölgeleri dışında, sonbahar mevsiminde ise, Güney Doğu Anadolu bölgesi dışında kalan bölgelerde 3-4 °C artışının beklendiği model sonuçlarına göre çalışma kapsamında belirtilmiştir. Bu kapsamda sıcaklık ve sıcaklıktan etkilenen diğer atmosferik verileri hesaplama yöntemlerinde girdi olarak kullanan buharlaşma ile evapotranspirasyonun da iklim değişikliğinden etkileneceği aşikardır.

Bu çerçevede, çalışmada iklim değişikliği model çıktıları kullanılarak buharlaşmanın gelecek projeksiyonu ortaya konulmuştur. A1B senaryosu çerçevesinde ECHAM5 küresel iklim modeli sonuçlarının bölgesel iklim modeli olan RegCm4 koşulması ile elde edilmiş model verileri kapsamında çalışma yürütülmüştür. Bunun yanında Demir ve diğ. tarafından 2013 yılında HadGEM2-ES küresel modelinin RCP4.5 senaryosuna ait verilerin bölgesel iklim modeli ile çalıştırılması ile elde edilen model sonuçları dikkate alınarak, Trakya bölgesinde sıcaklıkların gelecek dönem için 1975-2010 arası döneme göre arttığı, varsayımsal senaryolar kapsamında analiz çalışmaları da gerçekleştirilmiştir.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında, Trakya Bölgesinde bulunan üç ilde (Kırklareli, Edirne, Tekirdağ) buharlaşmalar, potansiyel ve referans evapotranspirasyon olarak hesaplanmıştır. Buharlaşmanın durumunun ortaya konması için çalışma, geçmişten günümüze 1975-2010 arasını kapsayacak şekilde istasyon ve model verileri ile gelecek için 2015-2040 dönemini kapsayacak şekilde model verileri ile gerçekleştirilmiştir.

4.1 Çalışma Alanı

Çalışma kapsamında seçilen alan, Trakya Bölgesidir. Trakya Bölgesinde bulunan Kırklareli, Edirne ve Tekirdağ illeri buharlaşmanın durumunun incelendiği illerdir. Trakya bölgesi, ekonomik gelişmelere paralel olarak dünyanın en büyük metrapolitanlarından biri olan İstanbul'un yakınında bulunan bir bölge olarak, sürekli bir gelişim ve dönüşüm içerisindedir. Bölgede yoğun şekilde yapılan tarım bölgedeki su talebinin başlıca kaynaklarından biridir. Bölgenin topraklarının büyük bir kısmı tarım alanı olarak kullanılmaktadır. Edirne ve Kırklareli illerinde, en önemli geçim kaynağı tarım ve tarıma dayalı sanayidir. Yoğun sanayi üretimine sahip olan Tekirdağ İli'nde özellikle iç ve batı kesiminde yaşayanların büyük bir bölümü yine tarımla ilgili işlerle uğraşmaktadır. Bu çerçevede, ülkede su talebinin % 70-75'ini oluşturan tarım sektörünün yoğun olduğu bu bölgede su kaynaklarının gelecekte nasıl değişeceği ile ilgili bilgilerin bilinmesi, yönetimsel açıdan, planlama konusunda önemli bir konu olarak karşımıza çıkmakta, bitki su tüketim ihtiyacının önemli parametresi olan evapotranspirasyondan kaynaklı olarak gerçekleşecek su kayıplarının bölgede belirlenmesi önem arz etmektedir.

4.2 Veri

Çalışma kapsamında, Kırklareli Edirne ve Tekirdağ il merkezleri için evapotranspirasyonun geçmişten günümüze durumunun ortaya konması için 1975-2010 arası dönemi kapsayan istasyon verileri ile model verileri (günlük),

evapotranspirasyonun gelecekteki durumunun ortaya konması için 2015-2040 dönemini kapsayan model verileri (günlük) kullanılmıştır. Model verisi olarak, Kırklareli, Edirne ve Tekirdağ il merkezleri için, A1B senaryosu çerçevesinde, ECHAM5 küresel iklim modeli sonuçlarının bölgesel iklim modeli olan RegCm4 ile koşulması sonucu elde edilmiş model verileri kullanılmıştır.

A1B senaryosu dünya genelinde hızlı bir kalkınma sürecinin yaşandığı, küresel nüfusun yüzyılın ortasında tepe noktasına ulaştığı sonrasında düşmeye başladığı senaryodur. Senaryo kapsamında, yeni ve daha verimli teknolojilerin hızla kullanıma girdiği, bölgesel farklılıkların azaldığı, kültürel etkileşim ve toplumlar arası paylaşımın yüksek olduğu, bölgesel farklılıkların ve kişi başı gelir dağılımındaki eşitsizliğinin azaldığı kabulü yapılmış, enerji kaynaklarında dengeli kullanıldığı varsayılmıştır.

Çalışma kapsamında istasyon verisi olarak; 41° 40’ Kuzey 26° 33’ Doğu enlem ve boylamlarındaki 17050 numaralı Edirne istasyonu, 41° 44’ Kuzey, 27° 13’ Doğu enlem ve boylamlarındaki 17052 numaralı Kırklareli istasyonu ile 40° 59’ Kuzey, 27° 29’ Doğu enlem ve boylamlarındaki 17056 numaralı Tekirdağ istasyonuna ait (Şekil 4.1) toplam güneş radyasyonu, rüzgar hızı, bağıl nem , maksimum ve minimum sıcaklık verileri kullanılmıştır.

Şekil 4.1 : Dikkate alınan istasyonlar.

Verilerden özellikle Kırklareli istasyonu için rüzgar hızı ve toplam güneş radyasyonu verileri, önemli ölçüde eksik olup, eksik veriler model verileri ile tamamlanmıştır. Edirne istasyon verilerinden toplam güneş radyasyonu verileri 1985-2000 arası dönem için aşırı düşük değerler gösterdiğinden bu dönem için eksik veriler model verileri ile tamamlanmıştır.

4.3 Buharlaşmayı Hesaplama Yöntemleri

Buharlaşmanın hesaplanması için çalışma alanlarının, çalışma koşul ve şartlarının ve de meteorolojik verilerin toplanma aşamaları ile standartlarının farklı olmasından kaynaklı olarak oldukça fazla metot (denklem) geliştirilmiştir. Geliştirilen eşitliklerin çoğu spesifik araştırmalardan elde edilmiştir ve geliştirildikleri yerlere benzer iklim ve ortam şartları taşıyan yerler için kullanımları uygundur. Buharlaşmanın hesaplanabilmesi için geniş ölçekte veri tipine ihtiyaç duyan birçok denklemin var olması ve çok sayıda olan bu çeşitli eşitliklerin doğru şekilde kullanılması için geniş çaplı uzmanlığa ihtiyaç duyulması, ele alınan bir çalışmada uygun buharlaşma metodunun seçilmesini zorlaştırmaktadır (Xu ve Singh, 2002).

Mevcut olan buharlaşma metotları; (i) su bütçesi (Örn; Guitjens, 1982), (ii) kütle transferi (Örn; Harbeck, 1962), (iii) kombinasyon (Örn; Penman, 1948), (iv) radyasyona dayalı (Örn; Turc, 1961; Priestly ve Taylor, 1972) ve (v) sıcaklığa dayalı (Örn; Thornthwaite, 1948; Blaney ve Criddle, 1950) olmak üzere beş sınıf altında toplanabilir. (Xu ve Singh, 2000). Bu kapsamda, eldeki veriler çerçevesinde hesaplaması yapılabilecek olan ve yaygın olarak literatürde karşılaşılan metotlardan bazıları sınıflar bazında aşağıda verilmektedir. Çalışma kapsamında verilen metotlar çerçevesinde analiz çalışmaları yapılmış buharlaşmanın durumu ortaya konmuştur.

4.3.1 Penman Monteith metodu (Kombinasyon)

ET_o meteorolojik verilerden hesaplanabilmektedir. 1990 Mayıs ayı içinde düzenlenen toplantı sonucunda, radyasyon, hava sıcaklığı, hava nemi ve rüzgar hızı verilerine ihtiyaç duyan FAO'nun Penman-Monteith eşitliği, uzmanlar tarafından, referans evapotranspirasyonun tanımında ve hesaplanmasında tek standart metot olarak tavsiye edilmiştir (Allen vd., 2006). Penman Monteith metodu referans evapotranspirasyonun hesaplanması için;

$$ET_o = \frac{0{,}408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_a + 273}\, u_2(e_d - e_a)}{\Delta + \gamma\,(1 + 0{,}34\, u_2)} \qquad \textbf{(4.1)}$$

olarak tanımlanmıştır. Burada; ET_o, referans evapotranspirasyon (mm/gün); R_n, net radyasyon (MJ m^{-2} $gün^{-1}$); G, toprak ısı akısı (MJ m^{-2} $gün^{-1}$); γ, psikometrik katsayı (kPa $°C^{-1}$); e_d ve e_a sırasıyla doymuş ve gerçek buhar basıncı (kPa); Δ, doymuş buhar basıncı ile sıcaklık eğrisinin eğimi (kPa $°C^{-1}$); T_a, hava sıcaklığı (°C); u_2, 2 m de ölçülen rüzgar hızıdır (m s^{-1}). Denklem kapsamında referans evapotranspirasyonun belirlenmesi için gerekli verilerin hesaplanması ile ilgili metotlar FAO-56'nın (Allen ve diğ. 2006) bölüm 3'ünde verilmiştir.

4.3.2 Buharlaşma hesaplanmasında radyasyona dayalı metotlar

Radyasyona dayalı buharlaşma hesaplama yaklaşımları genellikle göller ve açık su yüzeylerinden olan buharlaşma ile potansiyel buharlaşmanın hesaplanmasında geniş bir uygulama alanına sahiptir ve buharlaşmanın hesaplanmasında kullanılan oldukça fazla sayıda metot bu yaklaşıma dayanmaktadır (Jensen ve Haise, 1990; Singh, 1989; Xu ve Singh, 2000).

Potansiyel evapotranspirasyonun hesaplanması için radyasyona dayalı ampirik metotlar genellikle enerji dengesine dayanan metotlar olarak karşımıza çıkmaktadır (Jensen ve diğ., 1990; Xu ve Singh, 2000). Birçok radyasyona dayalı denklem aşağıda verilen denklem (4.2) formu çerçevesinde geliştirilmiştir.

$$\lambda ET_p = C_r(wR_s) \text{ veya } \lambda ET = C_r(wR_n) \qquad \textbf{(4.2)}$$

Burada; λ, buharlaşmadan kaynaklanan gizli ısı (cal g^{-1}); ET_p, potansiyel evapotranspirasyon (mm); R_s, toplam güneş radyasyonu (cal cm^{-2}); R_n, net radyasyon (cal cm^{-2}); w, sıcaklığa ve yüksekliğe bağımlı ağırlık faktörü ve C_r, bağıl nem ile rüzgar hızına dayanan katsayıdır. Çalışma kapsamında, radyasyona dayalı buharlaşma hesaplama metotlarından yaygın olarak kullanılanları ile analiz çalışmaları yapılmıştır.

4.3.2.1 Turc metodu

Turc 1961 yılında evapotranspirasyonu günlük bazda mm olarak (10 günlük periyotlar) hesaplamıştır. Turc tarafından sunulan bu metot Batı Avrupa'nın genel

iklimsel koşulları altında potansiyel evapotranspirasyonun hesaplanması için aşağıdaki denklemleri ortaya koymuştur:

$$ET_p = 0{,}013 \frac{\mathrm{T}}{T+15}(R_s + 50) \quad \text{RH} \geq 50 \tag{4.3}$$

$$ET_p = 0{,}013 \frac{T}{T+15}(R_s + 50)(1 + \frac{50-RH}{70}) \quad \text{RH} < 50 \tag{4.4}$$

Burada; T, hava sıcaklığı (°C); R_s, toplam güneş radyasyonu (cal cm^{-2} gün^{-1}) ve RH bağıl nemdir (%).

4.3.2.2 Makkink metodu

Mankkink metodu on günlük periyotlar için günlük olarak gerçekleşen potansiyel evapotranspirasyonu hesaplayan bir diğer metottur. Metot Hollanda'nın serin iklim koşulları altında çimle kaplı alanlar için geliştirilmiştir. Aşağıda potansiyel evapotranspirasyonun hesaplanması için Makkink tarafından geliştirilen eşitlik sunulmuştur (Xu ve Singh, 2000).

$$ET_p = 0{,}61 \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_s}{2{,}45} - 0{,}012 \tag{4.5}$$

Burada; R_s, günlük ortalama toplam güneş radyasyonu (MJ m^{-2} gün^{-1}); Δ, doymuş buhar basıncı eğrisinin eğimi (mbar °C^{-1}); γ, psikometrik katsayıdır (mbar °C^{-1}). Δ, γ ve atmosferik basınç değerleri *(P)* aşağıdaki gibi hesaplanır (Singh, 1989);

$$\Delta = 33{,}8639[0{,}05904(0{,}00738T + 0{,}8072)^7 - 0{,}0000342] \tag{4.6}$$

$$\gamma \left(\frac{\text{mbar}}{\text{°C}}\right) = \frac{C_p P}{0{,}622\lambda} \tag{4.7}$$

$$\lambda \left(\frac{\text{cal}}{\text{g}}\right) = 595 - 0{,}51T \tag{4.8}$$

$$P = 1013 - 0{,}1055EL \tag{4.9}$$

Eşitliklerde; EL, yüksekliği (m), λ, gizli ısıyı (cal g^{-1}) ve P, atmosferik basıncı (mbar) göstermektedir. Havanın özgül ısısı olan C_p (cal g^{-1} °C^{-1}) ise atmosferik basınç ve nemlilikle hafif şekilde değişiklik gösterir ve 0.2397 ile 0.260 arasında değerler alır. Ortalama değeri olan 0.242 C_p için makul bir değer olarak değerlendirilebilir.

4.3.2.3 Jensen Haise metodu

Jensen ve Haise evapotranspirasyonun hesaplanması için 1963 yılında aşağıdaki denklemi sunmuştur.

$$ET_o = C_T \frac{(T - T_x)\ R_s}{\lambda} \quad \textbf{(4.10)}$$

Burada; ET_o, referans evapotranspirasyon (mm gün^{-1}); λ, gizli ısı (MJ kg^{-1}); R_s, günlük toplam güneş radyasyon (MJ m^{-2} gün^{-1}), T sıcaklıktır (°C). C_T (sıcaklık sabiti) = 0.025, T_x = -3'dür ve bu katsayıların verilen bir alan için sabit olduğu kabul edilir (Xu ve Singh, 2000).

4.3.2.4 Hargreaves metodu

Hargreaves 1975'te potansiyel evapotranspirasyonun hesaplanması için;

$$ET_p = 0{,}0135(T + 17{,}8)R_s \quad \textbf{(4.11)}$$

eşitliğini geliştirmiştir. Eşitlikte; T, hava sıcaklığı (°C); R_s, günlük toplam güneş radyasyonudur (mm gün^{-1}). Hargreaves yöntemi Davis, California'da serin sezon Alta tipi çayır çimenlerinin 8 yıllık Lizimetre verilerinden türetilmiştir (Xu ve Singh, 2000).

4.3.2.5 Hargreaves ve Samani metodu

Hargreaves ve Samani (1982 ve 1985) referans evapotranspirasyonun (çim bitkisi) hesaplanması için Hargreaves (1975) metoduna dayanan bir takım denklemler geliştirmiştir (Xu ve Singh, 2001). Bu denklemlerden bir tanesi;

$$ET_o = 0{,}0023\ 0{,}408R_a \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} + 17{,}8\right)(T_{max} - T_{min})^{0{,}5} \quad \textbf{(4.12)}$$

olarak referans evapotranspirasyonu hesaplayan denklemdir. Burada; ET_o referans evapotranspirasyon (mmgün^{-1}), T_{max} ve T_{min} maksimum ve minimum sıcaklık (°C) ve R_a, atmosfer dışı radyasyondur (MJ m^{-2} gün^{-1}).

4.3.2.6 McGuinness ve Bordne metodu

Bu metot, potansiyel evapotranspirasyonun hesaplanması için Florida'da gerçekleştirilen lizimetre analizlerine dayalı olarak McGuinness ve Bordne tarafından 1972'de geliştirilmiştir (Xu ve Singh, 2000).

$$ET_p = \left[(0{,}0082T - 0{,}19)\left(\frac{R_s}{1500}\right)\right] 2{,}54 \qquad \textbf{(4.13)}$$

Burada; ET_p potansiyel evapotranspirasyondur (cm gün^{-1}) ve aylık periyod için hesaplanır. T, sıcaklık (°F, Fahrenhayt); R_s, günlük toplam güneş radyasyonu (cal cm^{-2} gün^{-1}) veri girdileridir.

4.3.2.7 Priestley ve Taylor metodu

1972 yılında Priestley ve Taylor, potansiyel evapotranspirasyon için gerekli şartlara karşılık gelen, yüzey alanlarının genel olarak nemli olduğu koşullar için, Penman tarafından 1948 yılında sunulan kombinasyon metodun basit bir versiyonu olarak bir metot sunmuşlardır. Metotta aerodinamik bileşenler çıkartılmış ve enerji bileşeni genel olarak kaplı olan alanın nemli olması veya nemli koşullar altında olmasından dolayı bir katsayıyla α = 1,26 ile çarpılmıştır (Xu ve Singh, 2000). Denklem;

$$ET_P = \alpha \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_n}{\lambda} \qquad \textbf{(4.14)}$$

eşitliği ile potansiyel evapotranspirasyonu hesaplamaktadır. Burada; R_n, net radyasyon (MJ m^{-2} gün^{-1}); γ, psikometrik katsayı (kPa °C^{-1}); Δ, doymuş buhar basıncı ile sıcaklık eğrisinin eğimi (kPa °C^{-1}); λ, gizli ısıdır (MJ kg^{-1}).

4.3.2.8 Jones ve Ritchie metodu

1972'de Ritchie, 1990'da Jones ve Ritchie tarafından referans evapotranspirasyonun hesaplanması için aşağıdaki eşitlik geliştirilmiştir:

$$ET_o = \alpha_1[3{,}87.10^{-3} R_s(0{,}6T_{max} + 0{,}4T_{min} + 29)] \qquad \textbf{(4.15)}$$

Burada; ET_o, referans evapotranspirasyon (mm gün^{-1}); T_{max} ve T_{min}, °C; R_s, MJ m^{-2} gün^{-1} veri girdileridir ve α katsayısı;

$$5 < T_{max} < 35\ °C \quad \alpha = 1{,}1$$

$T_{max} \geq 35\ °C \quad \alpha = 1{,}1 + 0{,}05(T_{max} - 35)$

$T_{max} \leq 5\ °C \quad \alpha = 0{,}1 \exp[0{,}18(T_{max} + 20)]$

olacak şekilde uygulanır.

4.3.2.9 Irmak metodu

Irmak 2003(b) yılında evapotranspirasyonun hesaplanması için aşağıdaki denklemi sunmuştur.

$$ET_o = 10 \frac{\Delta}{0.85\Delta + 0.63\gamma} \frac{R_n}{\lambda} \quad \textbf{(4.16)}$$

Denklemde; ET_o, referans evapotranspirasyon (mmgün^{-1}); R_n, net radyasyon (MJ m^{-2} gün^{-1}); γ, psikometrik katsayı (kPa °C^{-1}); Δ, doymuş buhar basıncı ile sıcaklık eğrisinin eğimi (kPa °C^{-1}); λ, gizli ısıdır (MJ kg^{-1}).

4.3.2.10 de Bruin metodu

de Bruin ve Keijman tarafından 1979 yılında evapotranspirasyonun günlük olarak hesaplanması için;

$$ET_o = 10 \frac{\Delta}{0.85\Delta + 0.63\gamma} \frac{R_n}{\lambda} \quad \textbf{(4.17)}$$

eşitliği sunulmuştur. Burada; ET_o, referans evapotranspirasyon (mm gün^{-1}); R_n, net radyasyon (MJ m^{-2} gün^{-1}); γ, psikometrik katsayı (kPa °C^{-1}); Δ, doymuş buhar basıncı ile sıcaklık eğrisinin eğimi (kPa °C^{-1}); λ, gizli ısıdır (MJ kg^{-1}).

4.3.3 Sıcaklığa dayalı metotlar

Sıcaklığa dayalı metotlar sadece sıcaklık verisine girdi olarak ihtiyaç duyan metotlardır ve evapotranspirasyonun hesabı için ilk sunulan metotların bazıları sıcaklığa dayalı metotlardır. Bu kapsamda yapılan hesaplamalarda, evapotranspirasyonla hava sıcaklığı arasındaki ilişkinin kullanılması 1920'lere kadar dayanmaktadır ve sıcaklığa dayalı metotların birçoğu genel olarak

$$ET = cT^a \quad \textbf{(4.18)}$$

$$ET = c_1 d_1 T(c_2 - c_3 h) \quad \textbf{(4.19)}$$

formundadır. Burada ET referans veya potansiyel evapotranspirasyon, T hava sıcaklığı, h nemlilik terimi, c, a, c_1, c_2, c_3 katsayılar, d_1 ise gün uzunluğudur.

4.3.3.1 Thornthwaite metodu

Thornthwaite tarafından 1948 yılında geliştirilen eşitlik, potansiyel evapotranspirasyonun hesabı için oldukça yaygın bir şekilde kullanılmakta olup, evapotranspirasyon aşağıdaki denklemle (4.20) elde edilmektedir.

$$ET_p = 16L_d(\frac{T_a}{I})^a \quad \textbf{(4.20)}$$

$$I = \sum_{n=1}^{n12}(0{,}2T_{ma})^{1{,}514} \quad \textbf{(4.21)}$$

$$a = 6{,}75.10^{-7}I^3 - 7{,}71.10^{-5}I^2 + 1{,}7912.10^{-2}I + 0{,}49239 \quad \textbf{(4.22)}$$

Burada ET_p, mm ay^{-1} olarak potansiyel evapotranspirasyondur. I yerel normal iklim koşullarına dayanan termal indeks ve üstel a, I'nın bir fonksiyonudur, T_{ma}, aylık ortalama sıcaklık (°C); L_d, güneşlenme süresidir. Sıcaklığın 0 °C'ın altında olduğu koşullarda ET_p 0 olarak kabul edilir.

4.3.3.2 Schendel metodu

Referans evapotranspirasyonun hesaplanması için Schendel tarafından 1967'de;

$$ET_o = 16\frac{T_a}{RH} \quad \textbf{(4.23)}$$

eşitliği sunulmuştur. Burada ET_o mm gün^{-1} olarak referans evapotranspirasyon; T_a, günlük ortalama sıcaklık (°C); RH, bağıl nemdir (%).

4.3.4 Kütle transferine dayalı metotlar

Kütle transferine dayalı buharlaşma hesaplama metotları en eski metotlardır (Dalton, 1982; Meyer,1915; Penman,1948). Kütle transferine dayalı metotlar serbest su yüzeyinden buharlaşmanın hesaplanması için basit yapıları ve tatmin edici kesinliklerinden dolayı hala en çok kullanılan metotlar arasında yer almaktadırlar.

Dalton eşitliğine dayanan kütle transferi metotları serbest su yüzeyi için;

$$E_o = C(e_d - e_a) \quad \textbf{(4.24)}$$

denklemiyle ifade edilebilir. Burada E_o serbest su yüzeyinden olan buharlaşma, e_d su yüzeyindeki sıcaklıkta doymuş buhar basıncı, e_a havanın gerçek buhar basıncı, C ise aerodinamik iletkenliktir (Singh ve Xu, 1997).

4.3.4.1 Dalton denklemi

Dalton tarafından 1802 yılında geliştirilen denklem, aşağıdaki eşitlikle buharlaşmayı hesaplamaktadır.

$$ET_p = (0{,}3648 + 0{,}07223u)(e_d - e_a) \quad \textbf{(4.25)}$$

Burada; ET_p, potansiyel evapotranspirasyon (mm gün^{-1}); e_d ve e_a sırasıyla doymuş ve gerçek buhar basıncı (hPa); u, rüzgar hızıdır (m sn^{-1}).

4.3.4.2 Trabert denklemi

1896 yılında Trabert tarafından sunulan metot aşağıdaki denklemle potansiyel evapotranspirasyonu hesaplamaktadır.

$$ET_p = 0{,}3075\sqrt{u}(e_d - e_a) \quad \textbf{(4.26)}$$

Burada; ET_p, potansiyel evapotranspirasyon (mm gün^{-1}); e_d ve e_a sırasıyla doymuş ve gerçek buhar basıncı (hPa); u, rüzgar hızıdır (m sn^{-1}).

4.3.4.3 Meyer denklemi

Meyer tarafından 1926 yılında geliştirilen denklem;

$$ET_p = (0{,}375 + 0{,}05026u)(e_d - e_a) \quad \textbf{(4.27)}$$

eşitliği ile evapotranspirasyonu hesaplamaktadır. Burada; ET_p, potansiyel evapotranspirasyon (mm gün^{-1}); e_d ve e_a sırasıyla doymuş ve gerçek buhar basıncı (hPa); u, rüzgar hızıdır (m sn^{-1}).

4.3.4.4 Albrecht denklemi

1950 yılında Albrecht tarafından sunulan denklem;

$$ET_p = (0{,}1005 + 0{,}297\mathrm{u})(e_d - e_a) \quad \textbf{(4.28)}$$

eşitliği ile evapotranspirasyonu hesaplamaktadır. Burada; ET_p, potansiyel evapotranspirasyon (mm gün^{-1}); e_d ve e_a sırasıyla doymuş ve gerçek buhar basıncı (hPa); u, rüzgar hızıdır (m sn^{-1}).

4.3.4.5 Brockamp ve Wenner denklemi

Brockamp ve Wenner tarafından 1963 yılında geliştirilen denklem aşağıdaki eşitlikle evapotranspirasyonu hesaplamaktadır.

$$ET_p = 0{,}543u^{0{,}456}(e_d - e_a) \quad \textbf{(4.29)}$$

Burada; ET_p, potansiyel evapotranspirasyon (mm gün^{-1}); e_d ve e_a sırasıyla doymuş ve gerçek buhar basıncı (hPa); u, rüzgar hızıdır (m sn^{-1}).

4.3.4.6 WMO denklemi

WMO (World Meteorological Organization) tarafından 1966'da potansiyel evapotranspirayonun hesaplanması için aşağıdaki eşitlik önerilmiştir:

$$ET_p = (0{,}1298 + 0{,}0934\mathrm{u})(e_d - e_a) \quad \textbf{(4.30)}$$

Burada; ET_p, potansiyel evapotranspirasyon (mm gün^{-1}); e_d ve e_a sırasıyla doymuş ve gerçek buhar basıncı (hPa); u, rüzgar hızıdır (m sn^{-1}).

4.3.4.7 Mahringer denklemi

Mahringer (1970) tarafından evapotranspirasyonun hesaplanması için aşağıdaki eşitlik geliştirilmiştir.

$$ET_p = 0{,}15072\sqrt{3{,}6u}(e_d - e_a) \quad \textbf{(4.31)}$$

Burada; ET_p, potansiyel evapotranspirasyon (mm gün^{-1}); e_d ve e_a sırasıyla doymuş ve gerçek buhar basıncı (hPa); u, rüzgar hızıdır (m sn^{-1}).

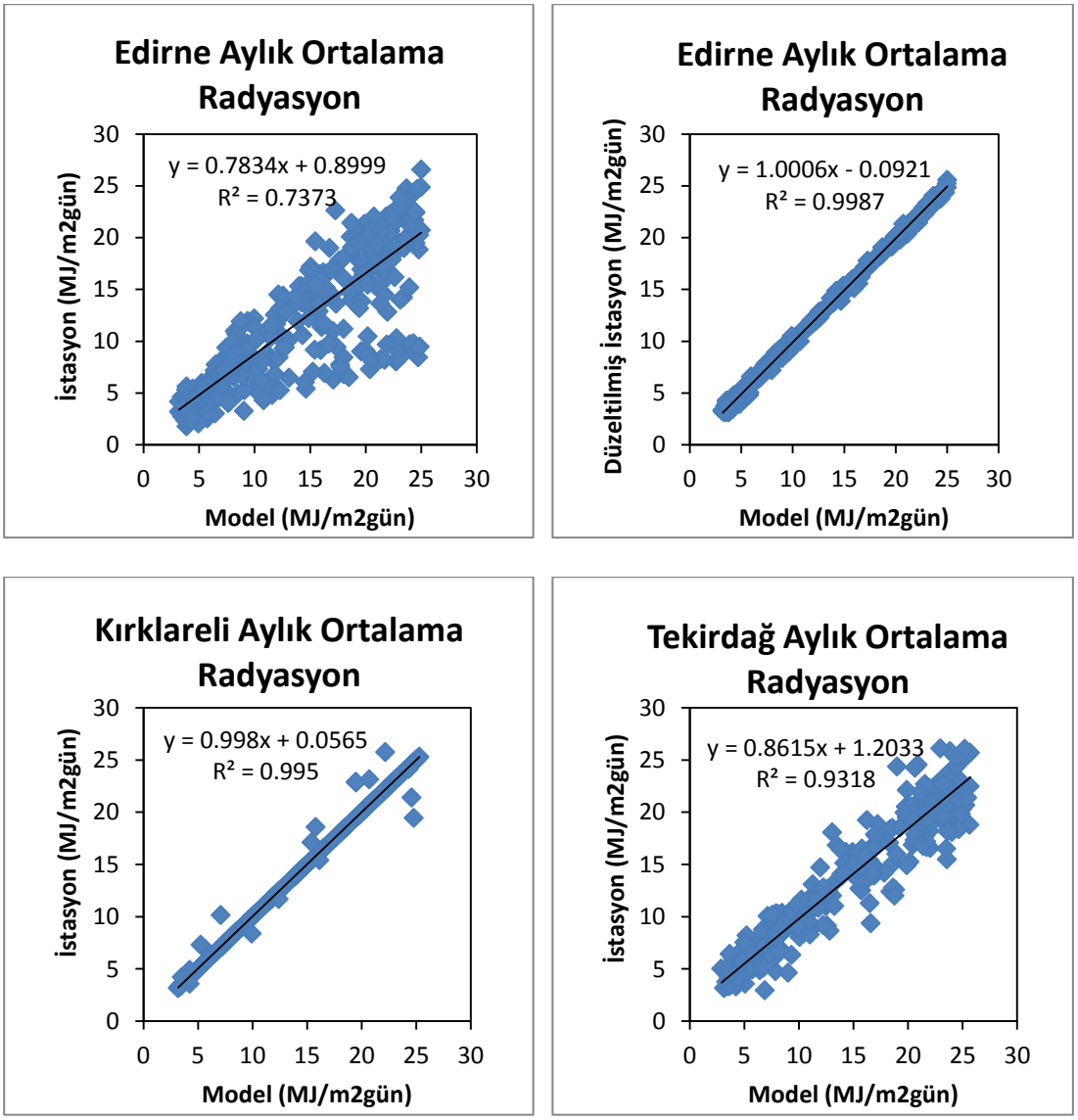
5. ELDE EDİLEN BULGULAR

Önceki bölümlerde buharlaşma kavramı, iklim değişikliği ve Trakya bölgesinde beklenen iklim değişikliği etkileri ile ilgili bilgiler verilmiş materyal ve metot bölümünde çalışmada kullanılacak metotlar sunulmuşlardır. Çalışma ile Trakya bölgesinde buharlaşmanın referans ve potansiyel evapotranspirasyon olarak geçmişten günümüze durumunun ortaya konması ve model verileri kapsamında gelecek projeksiyonu analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda yapılan analiz çalışması; veri analizleri, buharlaşma analizleri, geçmiş ve gelecek durum analizi ve vaka analizleri olarak ortaya konmuştur.

5.1 Veri Analizi

Çalışmada eldeki veriler çerçevesinde analiz çalışmaları yapılmıştır. Bu kapsamda ilk olarak 1975-2010 yılları arası dönem için Kırklareli, Edirne ve Tekirdağ ili için istasyon verileri ile model verilerinin (EK A), 2015-2040 dönemi için model verilerinin (EK B**)** toplam güneş radyasyonu, bağıl nem, minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık ve rüzgar hızı verisi olarak aylık ortalama zaman serileri çizdirilmiştir. 1975-2010 arası dönem için verilerin zaman serilerine bakıldığında, sıcaklık verileri ile radyasyon verileri arasında tutarlılıkların olduğu, bağıl nem ve rüzgar verilerinde model verileri ile istasyondan elde edilen veriler arasında farklılıklar olduğu görülmektedir. Analiz sırasında dikkati çeken bir husus olarak, Edirne İli için istasyondan elde edilen toplam güneş radyasyonu verilerinin 1985-2000 arası dönem için aşırı düşük değerler göstermesidir (Şekil A.1).

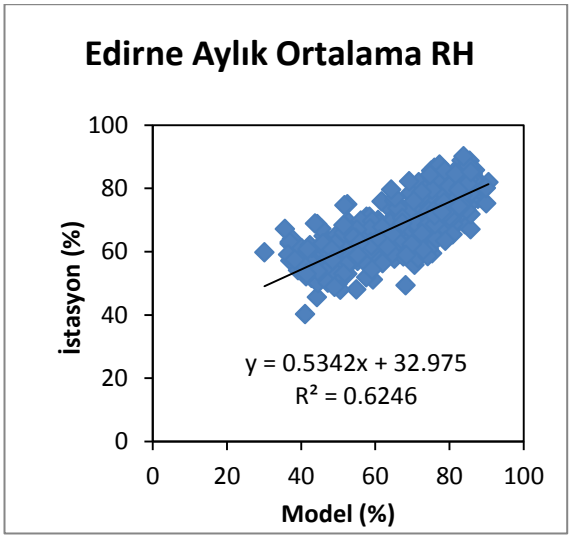
Veri analizi sırasında yapılan bir diğer çalışma da 1975-2010 arası dönem için model verileri ile istasyondan elde edilen veriler arasındaki ilişkinin incelenmesidir. Bu kapsamda eldeki veriler olan radyasyon, bağıl nem, maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık ve rüzgar hızı bazında istasyon verileri ile model verilerinin saçılım grafiği çizdirilmiş ve determinasyon katsayısı hesaplanmıştır (Şekil 5.1).

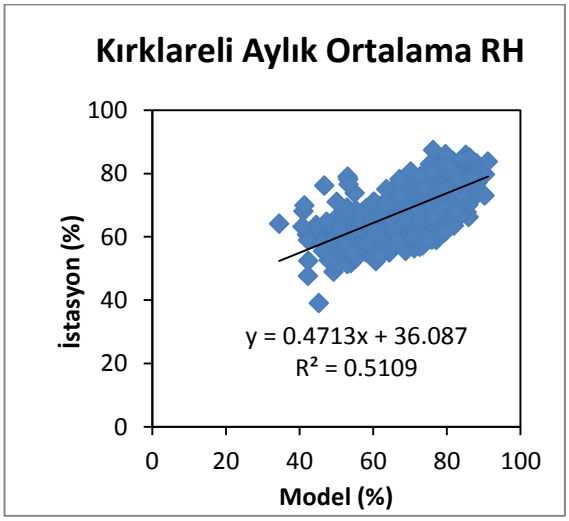


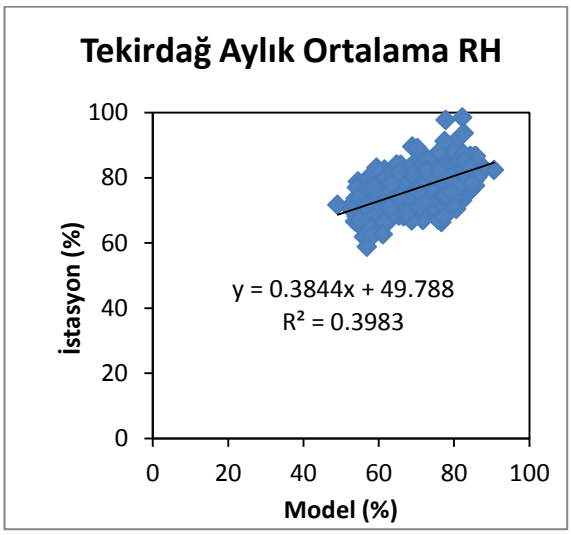
Şekil 5.1 : Model ile istasyon arasındaki ilişkiler: radyasyon.

Modelle istasyon arasındaki radyasyon verileri incelendiğinde ilişkilerin yüksek olduğu görülmektedir. Bunun başlıca sebebi istasyonlarda bulunan eksik verilerin model verileri ile tamamlanmış olmasıdır. Edirne ili için grafikler incelendiğinde ise istasyon verileri ile model verileri arasında düşük olan determinasyon katsayısı, 1985-2000 yılındaki aşırı düşük değerlerin yerine model verilerinin kullanılması ile oldukça yüksek değerlere ulaşmıştır.

Model bağıl nem verisi ile istasyondan elde edilen bağıl nem arasındaki ilişki incelendiğinde, zaman serilerinde görülen farklılıkları destekler nitelikte olan düşük determinasyon katsayıları elde edilmiştir (Şekil 5.2).

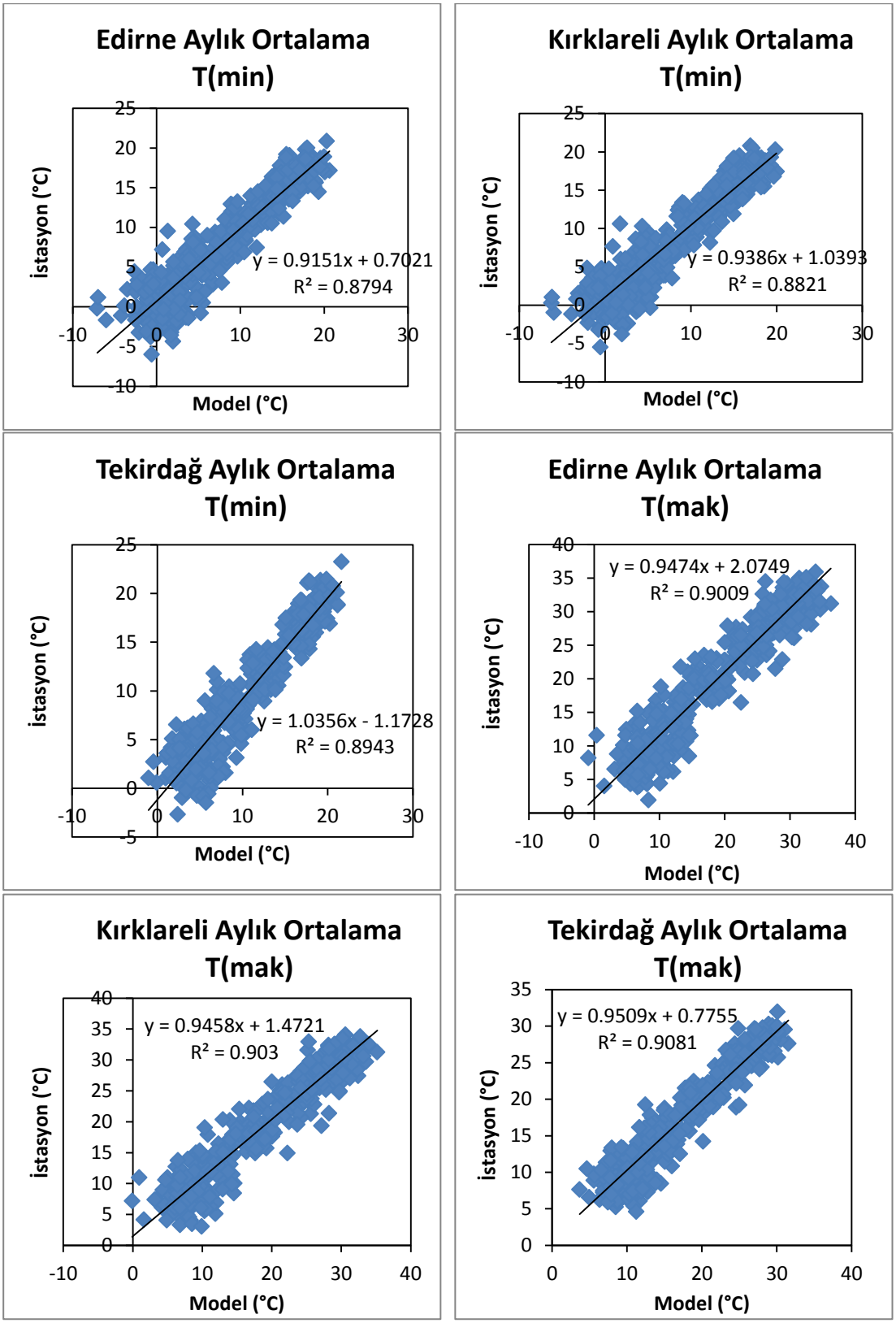






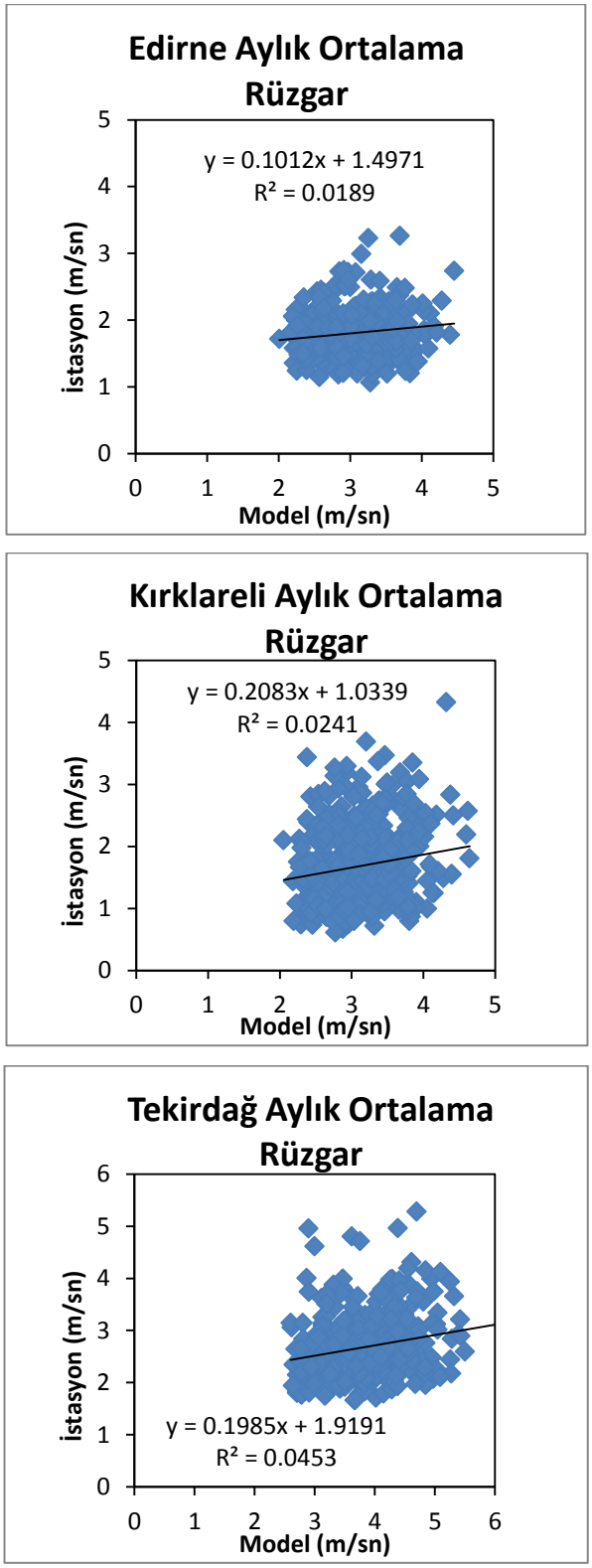
Şekil 5.2 : Model ile istasyon arasındaki ilişkiler: bağıl nem.

Şekil 5.3'te de görüleceği üzere, model sıcaklık verileri ile istasyondan elde edilen sıcaklık verileri incelendiğinde hem minimum hem de maksimum sıcaklık olarak veriler arasında yüksek determinasyon katsayıları tespit edilmiştir.



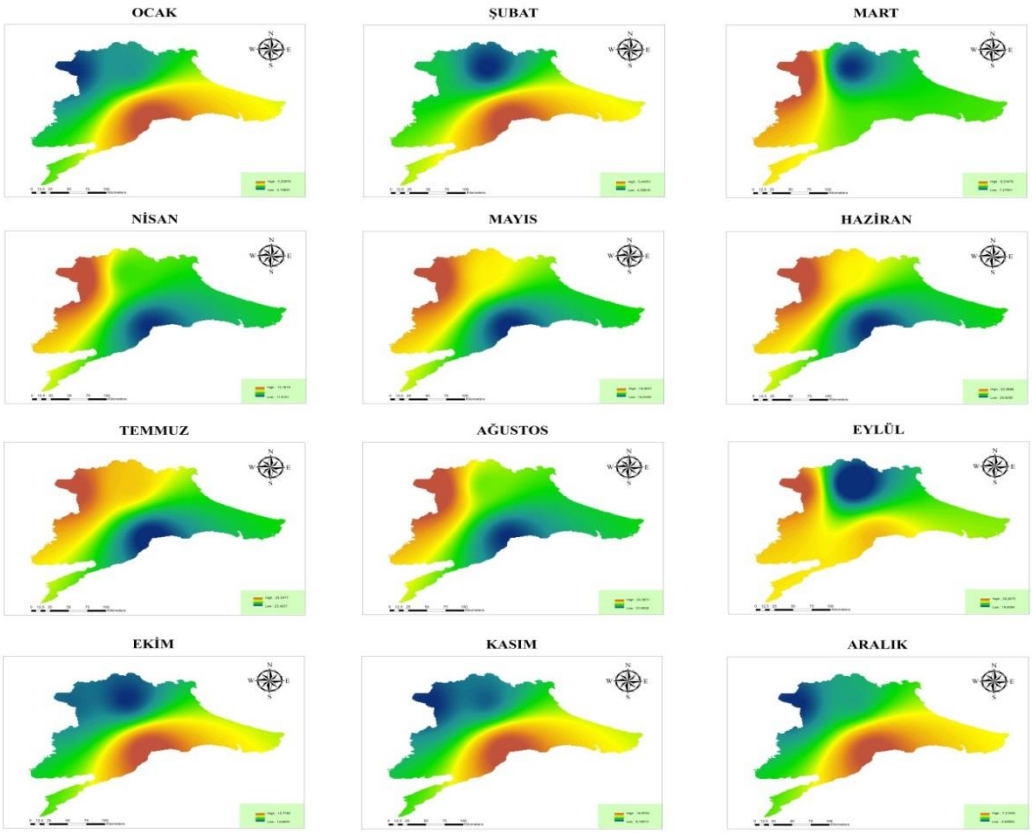
Şekil 5.3 : Model ile istasyon arasındaki ilişkiler: minimum ve maksimum sıcaklık.

Model rüzgar verileri ile istasyondan elde edilen rüzgar hızı verileri arasındaki ilişki incelendiğinde bağıl nemde olduğu gibi zaman serilerinde olan farklılıklar ile tutarlı bir şekilde düşük determinasyon katsayıları elde edilmiştir (Şekil 5.4).

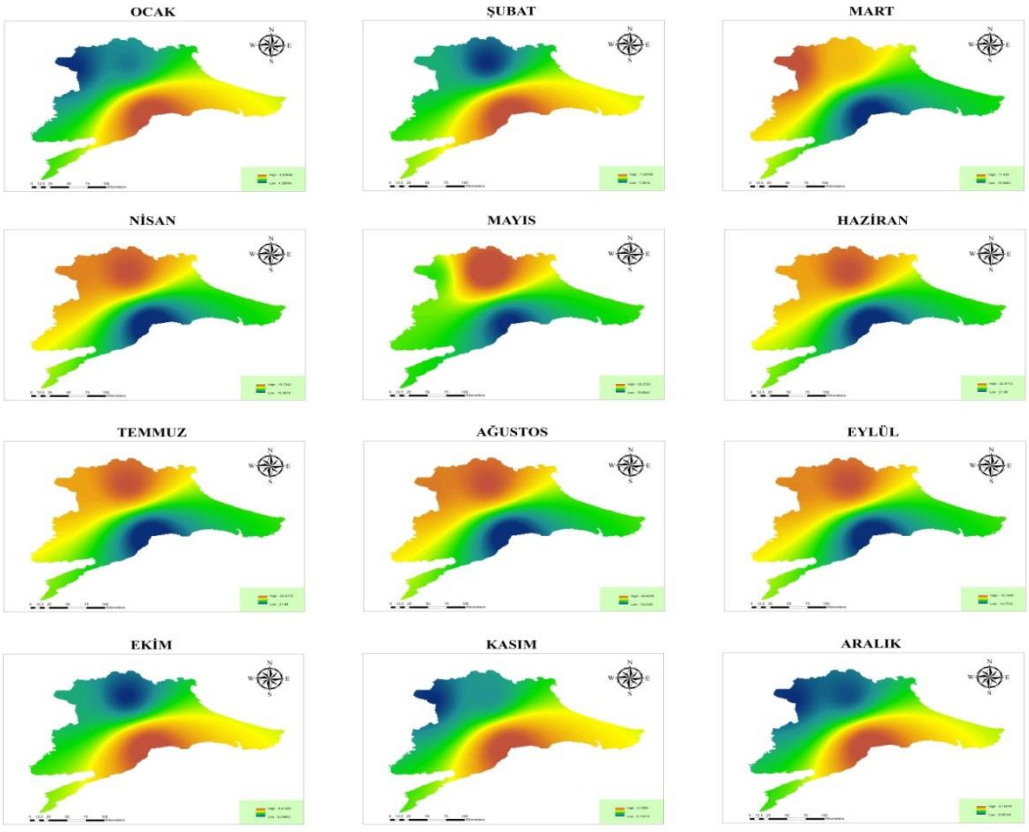


Şekil 5.4 : Model ile istasyon arasındaki ilişkiler: rüzgar.

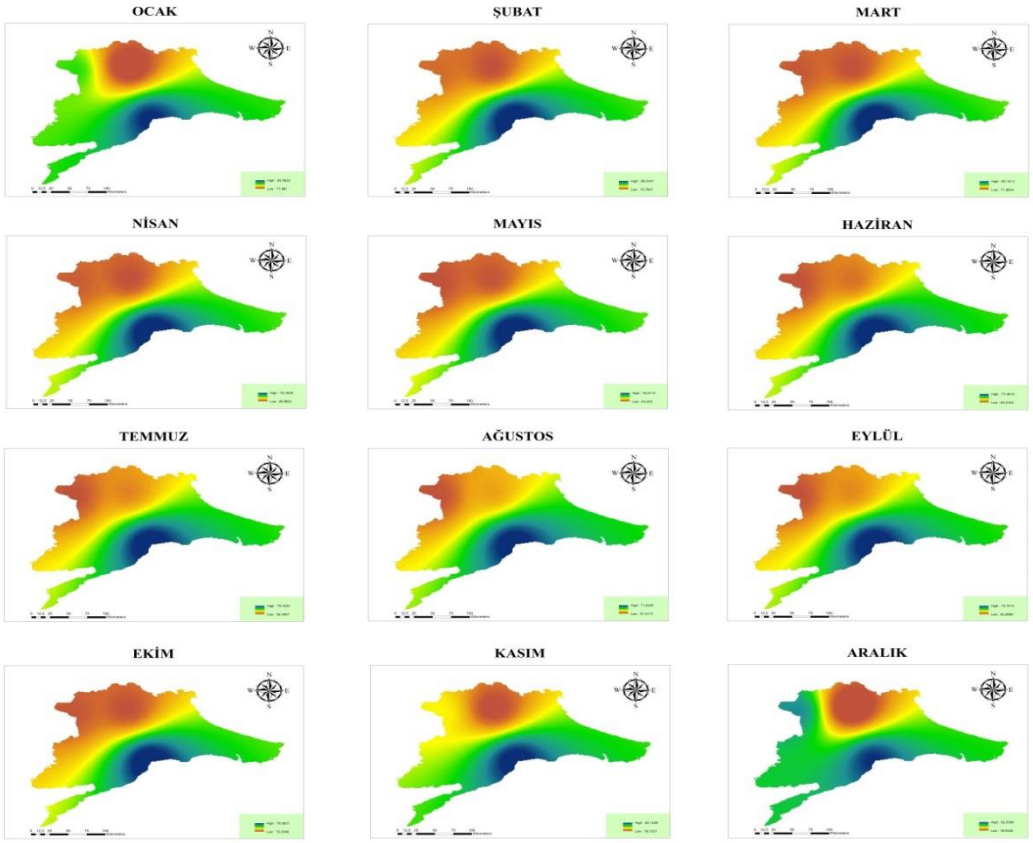
Verilerin analizi çerçevesinde, 1975-2010 arası dönem için Edirne, Kırklareli, Tekirdağ istasyonlarından elde edilen ortalama sıcaklık, bağıl nem, radyasyon ile rüzgar verilerinin aylık ortalamalarının Trakya bölgesindeki yayılımını görmek için aylık yayılım haritaları da hazırlanmıştır (Şekil 5.5-5.8).



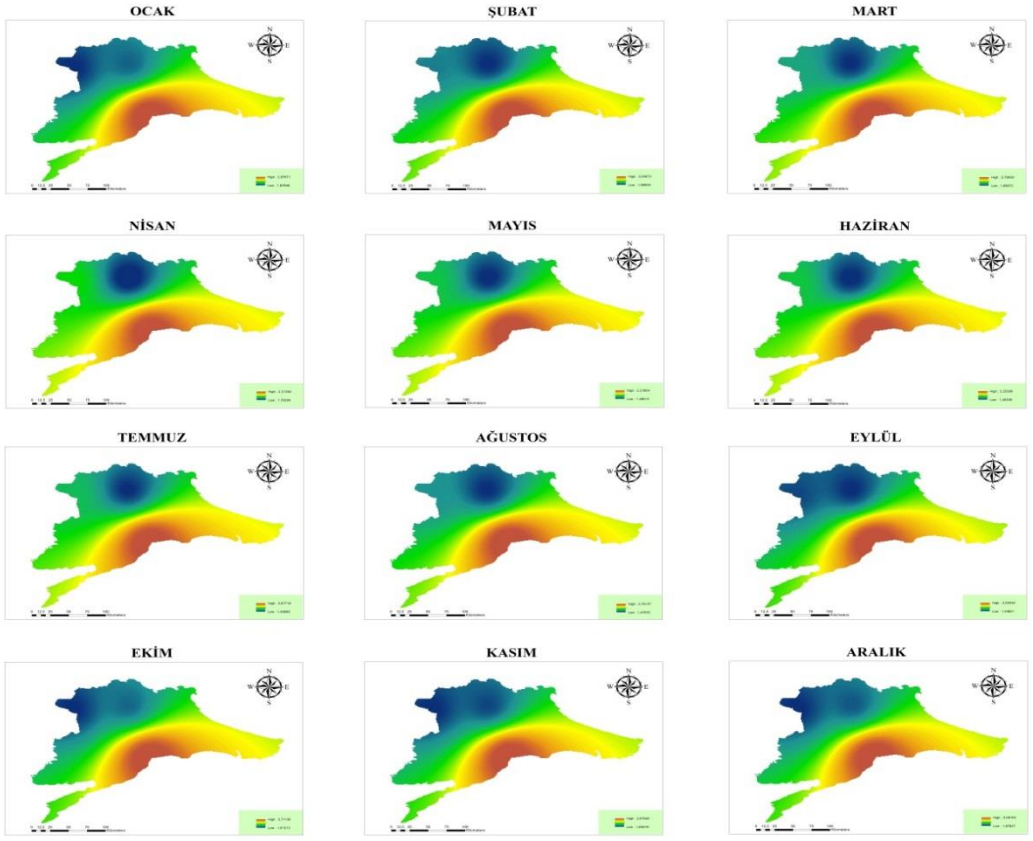
Şekil 5.5 : 1975-2010 dönemi aylık ortalama sıcaklık verisi yayılımı.



Şekil 5.6 : 1975-2010 dönemi aylık toplam güneş radyasyonu verisi yayılımı.



Şekil 5.7 : 1975-2010 dönemi aylık ortalama bağıl nem verisi yayılımı.



Şekil 5.8 : 1975-2010 dönemi aylık ortalama rüzgar hızı verisi yayılımı.

5.2 Buharlaşma Analizleri

Buharlaşma analizleri için referans ve potansiyel evapotranspirasyon olarak materyal ve metot bölümü kapsamında verilen 20 yöntemle hesaplamalar yapılmıştır. Metotlar kapsamında hesaplanan evapotranspirasyonların zaman serileri 1975-2010 senesi için model ve istasyon verisi olarak, 2015-2040 dönemi için model verisi olarak çizdirilmiştir (EK C ve D). Buharlaşma zaman serilerine bakıldığında buharlaşma değerlerinin metotlar kapsamında çok farklı değerler verdiği gözlenmektedir. Burada grafikler incelendiğinde zaman serilerinde hem 1975-2010 dönemi için hem de 2015-2040 dönemi için en yüksek değerlerin potansiyel evapotranspirasyon olarak tüm illerde Albrecht ile Brockhamp ve Wenner metodu ile elde edilen değerlerin olduğu, en düşük değerlerin ise Turc metodu ile hesaplanan buharlaşma değerlerinde olduğu gözlenmektedir. Referans evapotranspirasyon olarak bakıldığında ise de Bruin ile Schendel metodunun yüksek değerler, Irmak metodunun ise genellikle diğer metotlara göre düşük değerler verdiği zaman serilerinden açıkça görülmektedir (Şekil C.1-C.3, D.1-D.3).

Buharlaşma zaman serilerinin eğilimlerine bakıldığında anlamlı bir eğilim görülmemekle birlikte, metotlar kapsamında genel olarak çok küçük eğim değerleri elde edilmiştir. Bunun yanında bazı metotlar kapsamında negatif değerlerin olduğu zaman serileri de analizler kapsamında görülmektedir (Çizelge 5.1-5.3).

Çizelge 5.1 : Zaman serilerinin eğilimleri: istasyon verileri (1975-2010).

İstasyon Verileri (1975-2010)				
	Metot	**Edirne**	**Kırklareli**	**Tekirdağ**
ETp	**Albrecht**	+	-	-
	Brockamp ve Wenner	+	-	+
	Dalton	+	+	+
	Hargreaves	+	+	+
	Mahringer	+	-	+
	Makkink	+	+	+
	McGuinness ve Bordne	+	+	+
	Meyer	+	+	+
	Priestly Taylor	+	+	-
	Thornthwaite	+	+	+
	Turc	+	+	+
	Trabert	+	-	+
	WMO	+	-	-
ETo	**de Bruin**	-	-	-
	Hargreaves ve Samani	+	+	+
	Irmak	+	+	+
	Jensen Haise	+	+	+
	Jones ve Ritchie	+	-	-
	Penman-Monteith	+	-	-
	Schendel	+	+	+
Artış Eğilimi Gösteren Metot		**19**	**12**	**14**

Çizelge 5.2 : Zaman serilerinin eğilimleri: model verileri (1975-2010).

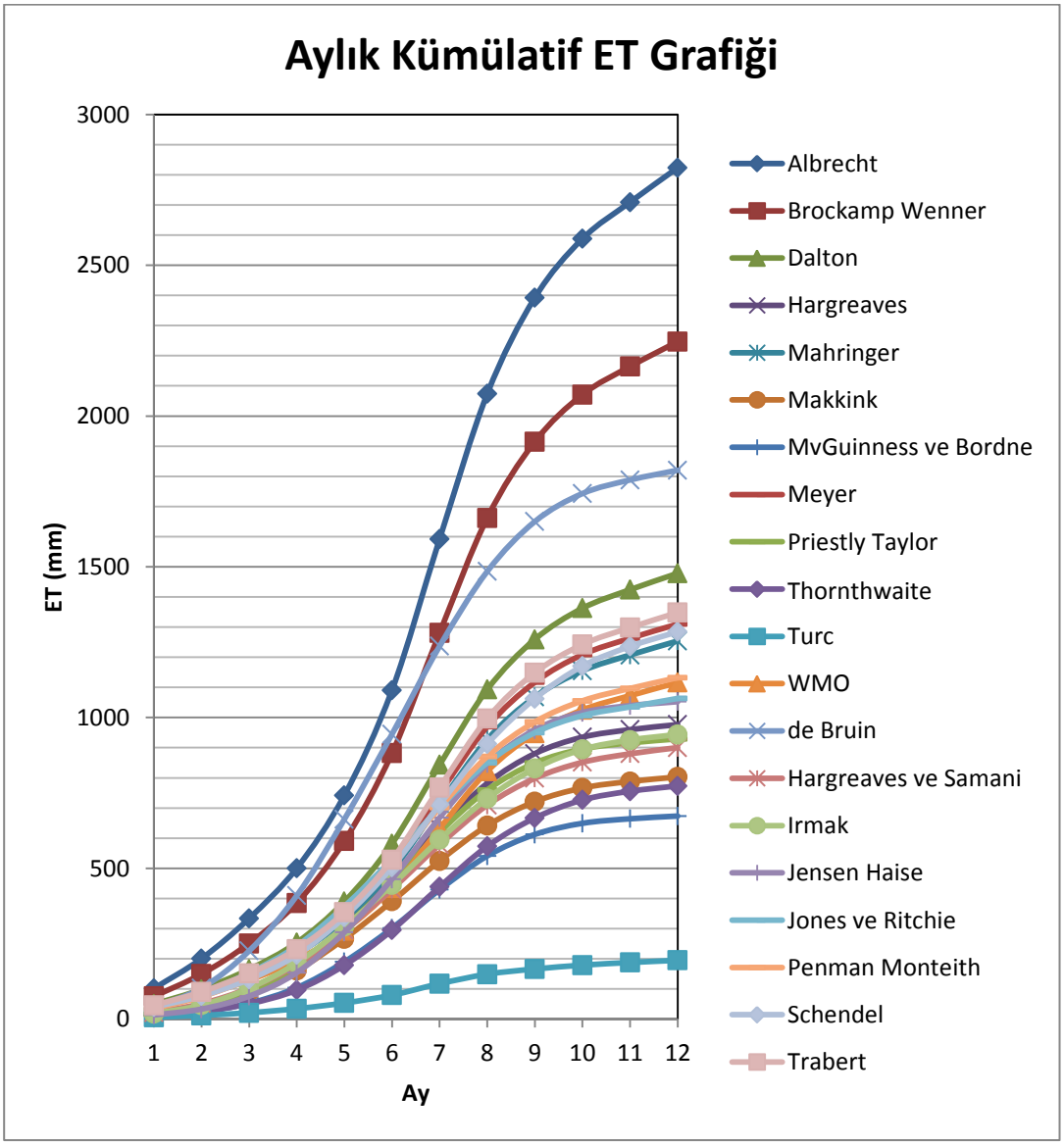
Model Verileri (1975-2010)				
	Metot	Edirne	Kırklareli	Tekirdağ
ETp	Albrecht	+	+	+
	Brockamp ve Wenner	+	+	+
	Dalton	+	+	+
	Hargreaves	+	+	+
	Mahringer	+	+	+
	Makkink	+	+	+
	McGuinness ve Bordne	+	+	+
	Meyer	+	+	+
	Priestly Taylor	-	-	+
	Thornthwaite	+	+	+
	Turc	+	+	+
	Trabert	+	+	+
	WMO	+	+	+
ETo	de Bruin	-	-	-
	Hargreaves ve Samani	+	+	+
	Irmak	+	+	+
	Jensen Haise	+	+	+
	Jones ve Ritchie	-	-	-
	Penman-Monteith	+	+	+
	Schendel	+	+	+
Artış Eğilimi Gösteren Metot		17	17	18

Çizelge 5.3 : Zaman serilerinin eğilimleri: model verileri (2015-2040).

Model (2015-2040)				
	Metot	Edirne	Kırklareli	Tekirdağ
ETp	Albrecht	+	+	+
	Brockamp ve Wenner	+	+	+
	Dalton	+	+	+
	Hargreaves	+	+	+
	Mahringer	+	+	+
	Makkink	-	-	-
	McGuinness ve Bordne	+	+	+
	Meyer	+	+	+
	Priestly Taylor	+	+	+
	Thornthwaite	+	+	+
	Turc	-	-	-
	Trabert	+	+	+
	WMO	+	+	+
ETo	de Bruin	-	-	-
	Hargreaves ve Samani	-	-	-
	Irmak	+	+	+
	Jensen Haise	+	+	+
	Jones ve Ritchie	+	+	-
	Penman-Monteith	+	+	+
	Schendel	-	-	+
Artış Eğilimi Gösteren Metot		15	15	15

Buharlaşma hesaplamasında kullanılan 20 metodun aylık toplam değerlerinin uzun dönemli ortalama değerleri karşılaştırıldığında (EK İ) metotların birbirinden farklı değerler verdiği açıkça görülmektedir (Şekil İ.1-İ.18). Bu da çalışılan alan için uygun metot seçilmesinin önemini açıkça göstermektedir. Bu kapsamda, bölgeye ve ülkemiz iklim koşullarına uygun metotların arazi çalışmaları ile belirlenmemiş olmasından ve bunun bir sonucu olarak ülkemize ve bölgelerimize uygun metot/metotlar bilinmediğinden çalışma sırasında değerlendirmeler, genel olarak kullanılan 20 metodun ortalaması üzerinden yapılmıştır.

Verilerin uzun yıllar aylık ortalamalarının kümülatif değerleri incelendiğinde yıllık toplam buharlaşmada metotlar arası farklar, Şekil 5.9 örneğinde görüldüğü gibi yüksek değerlere ulaşmaktadır.



Şekil 5.9 : ET metotlarının aylık kümülatifi: Edirne model (1975-2010).

Çalışma kapsamında ele alınan 20 metottan biri olan ve FAO (Food and Agricultural Organization) tarafından standart referans evapotranspirasyon hesaplama metodu olarak önerilen Penman-Monteith eşitliği ile diğer eşitlikler arasındaki ilişkiler de incelenmiştir (EK E). Penman Monteith metoduyla ilişkilere bakıldığında genellikle çok yüksek determinasyon katsayıları elde edilmiştir. Penman Monteith metoduyla olan ilişkilere metotlar kapsamında bakıldığında, üç il için model ve istasyon verisi olarak, hem 1975-2010 geçmiş dönemi, hem de 2015-2040 gelecek dönemi için, en yüksek determinasyon katsayıları genellikle McGuinness ve Bordne, Hargreaves ve Jensen Haise metotları ile en düşük determinasyon katsayısıları ise Turc metodu ile çıkmıştır (Çizelge E.1-E.9).

Çalışma kapsamında kullanılan metotların genel olarak benzer veriler kullanmasından dolayı Penman Monteith eşitliği ile ilişkilerin yüksek olması beklenen bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda, farklı buharlaşma metotları ile yapılan hesaplamalar arasındaki farkları görmek için, metotlar kapsamında hesaplanan aylık toplam buharlaşma verileri ile Penman Monteith standart metoduyla hesaplanan aylık toplam buharlaşma verileri arasında RMSE (root mean square error) ve MBE (mean bias error) hata hesaplamaları yapılmıştır.

Hata hesaplamalarına bakıldığında genel olarak en düşük hata değerleri RMSE sonuçlarına göre Hargreaves ve Samani, MBE sonuçlarına göre WMO ile Hargreaves ve Samani metodunda, en yüksek hata değerleri ise hem RMSE hem de MBE sonuçlarına göre Turc metodunda elde edilmiştir (Çizelge 5.4,5.5).

Çizelge 5.4 : MBE hata değerleri.

MBE	Edirne Model (1975 2010)	Edirne İst. (1975 2010)	Edirne Model (2015-2040)	Kırklareli Model (1975 2010)	Kırklareli İst. (1975 2010)	Kırklareli Model (2015 2040)	Kırklareli Model (1975 2010)	Kırklareli İst. (1975 2010)	Kırklareli Model (2015 2040)
Albrecht (ETp)	60.4	48.8	63.3	43.9	43.2	62.2	59.8	56.8	62.5
Brockamp ve Wenner (ETp)	52.1	60.6	49.9	26.0	61.7	51.3	52.9	58.8	51.1
Dalton (ETp)	30.1	40.8	30.6	10.0	43.3	30.3	26.2	30.6	26.9
Hargreaves (ETp)	34.6	25.3	33.6	60.5	22.2	33.3	25.7	26.1	25.7
Mahringer (ETp)	18.3	19.5	19.3	14.4	20.8	18.6	17.5	20.7	17.9
Makkink (ETp)	58.5	49.3	58.1	83.9	39.7	56.6	49.4	50.2	50.0
McGuinness ve Bordne (ETp)	101.5	89.9	92.3	127.1	84.7	93.8	87.0	93.0	80.2
Meyer (ETp)	23.4	36.5	24.4	10.0	39.3	23.5	18.5	24.1	19.1
Priestly Taylor (ETp)	47.3	38.2	48.1	69.6	31.7	44.8	34.4	37.6	35.2
Thornthwaite (mm) (ETp)	73.4	60.4	67.9	97.1	57.2	67.8	59.3	57.0	55.8
Turc (ETp)	193.3	428.7	153.9	282.5	420.8	149.2	517.3	709.6	413.7
WMO (ETp)	13.4	15.0	13.5	27.8	23.2	13.1	16.4	21.5	15.6
de Bruin (ETo)	30.8	37.6	25.0	13.5	46.7	27.0	37.7	41.5	31.7
Hargreaves ve Samani (ETo)	15.9	11.0	16.2	41.7	15.7	16.5	30.5	20.5	31.1
Irmak (ETo)	40.2	30.1	38.0	66.2	25.1	37.4	25.9	25.9	25.1
Jensen Haise (ETo)	37.7	35.1	32.4	60.4	36.4	33.0	29.7	34.1	25.5
Jones ve Ritchie (ETo)	27.8	26.1	24.5	39.7	34.8	25.1	20.3	21.5	19.3
Schendel (ETo)	24.1	28.3	22.0	22.5	34.4	24.0	22.0	22.8	20.6
Trabert (ETp)	22.4	24.5	23.5	11.1	24.0	23.0	20.9	23.7	21.6

Çizelge 5.5 : RMSE hata değerleri.

RMSE	Edirne Model (1975 2010)	Edirne İst. (1975 2010)	Edirne Model (2015-2040)	Kırklareli Model (1975 2010)	Kırklareli İst. (1975 2010)	Kırklareli Model (2015 2040)	Kırklareli Model (1975 2010)	Kırklareli İst. (1975 2010)	Kırklareli Model (2015 2040)
Albrecht (ETp)	80.4	60.1	84.1	60.4	57.0	80.7	73.4	73.8	77.1
Brockamp ve Wenner (ETp)	74.6	65.8	78.1	51.4	60.8	73.9	61.3	56.1	64.9
Dalton (ETp)	49.6	45.6	54.3	21.8	43.1	49.1	33.0	29.7	37.5
Hargreaves (ETp)	29.6	16.4	32.4	80.4	15.7	29.3	18.8	17.6	21.0
Mahringer (ETp)	36.1	25.1	41.4	24.7	23.5	35.9	21.8	19.3	25.7
Makkink (ETp)	63.7	43.5	69.7	123.6	33.8	63.3	46.9	42.1	52.4
McGuinness ve Bordne (ETp)	91.7	68.4	91.4	169.4	59.7	88.4	72.4	69.5	72.9
Meyer (ETp)	42.2	41.5	47.1	19.2	39.8	41.4	23.7	23.1	27.8
Priestly Taylor (ETp)	43.5	25.5	49.0	92.9	20.9	41.5	26.4	24.9	29.9
Thornthwaite (mm) (ETp)	60.8	42.2	59.5	126.1	38.8	58.9	52.1	41.5	51.5
Turc (ETp)	180.8	427.9	148.9	395.6	394.7	140.0	563.2	712.8	474.9
WMO (ETp)	24.7	20.2	29.1	44.2	29.7	24.7	19.9	27.0	20.8
de Bruin (ETo)	39.3	46.3	35.0	19.0	51.7	37.4	48.4	51.0	44.5
Hargreaves ve Samani (ETo)	16.6	12.1	18.8	60.2	15.9	17.7	30.7	18.2	34.1
Irmak (ETo)	40.1	22.3	44.0	92.8	17.6	39.8	25.4	20.1	29.0
Jensen Haise (ETo)	21.9	22.3	20.1	63.9	26.9	19.8	18.5	22.2	16.7
Jones ve Ritchie (ETo)	25.2	16.6	26.0	64.8	21.2	23.8	16.8	16.5	19.0
Schendel (ETo)	38.1	30.6	41.6	28.8	33.5	36.8	20.5	19.0	21.0
Trabert (ETp)	41.6	30.4	46.8	21.2	26.3	41.5	26.6	22.3	31.2

Hata hesaplamalarında kabul sınırları çerçevesinde RMSE olarak %25, MBE olarak %15 hata değerlerinin altında olan hata değerlerinin tabloları da çalışma kapsamında oluşturulmuştur (Çizelge 5.6, 5.7). Çizelge 5.6 ve 5.7 incelendiğinde en düşük hata değerlerinin kabul sınırları çerçevesinde %15 den küçük olan MBE değerleri olarak WMO metodunda, %25 den küçük RMSE değerleri olarak Jensen Haise metodunda olduğu görülmektedir. RMSE hata değerlerine bakıldığında, doğal bir sonuç olarak, referans evapotranspirasyon metotlarının potansiyel evapotranspirasyon metotlarına göre % 25 kabul sınırları içinde kalma oranının yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.6 : %15'den küçük olan MBE hata değerleri.

MBE	Edirne Model (1975 2010)	Edirne İst. (1975 2010)	Edirne Model (2015-2040)	Kırklareli Model (1975 2010)	Kırklareli İst. (1975 2010)	Kırklareli Model (2015 2040)	Kırklareli Model (1975 2010)	Kırklareli İst. (1975 2010)	Kırklareli Model (2015 2040)
Albrecht (ETp)									
Brockamp ve Wenner (ETp)									
Dalton (ETp)				10.0					
Hargreaves (ETp)									
Mahringer (ETp)				14.4					
Makkink (ETp)									
McGuinness ve Bordne (ETp)									
Meyer (ETp)				10.0					
Priestly Taylor (ETp)									
Thornthwaite (mm) (ETp)									
Turc (ETp)									
WMO (ETp)	13.4	15.0	13.5			13.1			
de Bruin (ETo)				13.5					
Hargreaves ve Samani (ETo)		11.0							
Irmak (ETo)									
Jensen Haise (ETo)									
Jones ve Ritchie (ETo)									
Schendel (ETo)									
Trabert (ETp)				11.1					

Çizelge 5.7 : %25'den küçük olan RMSE hata değerleri.

RMSE	Edirne Model (1975 2010)	Edirne İst. (1975 2010)	Edirne Model (2015-2040)	Kırklareli Model (1975 2010)	Kırklareli İst. (1975 2010)	Kırklareli Model (2015 2040)	Kırklareli Model (1975 2010)	Kırklareli İst. (1975 2010)	Kırklareli Model (2015 2040)
Albrecht (ETp)									
Brockamp ve Wenner (ETp)									
Dalton (ETp)				21.8					
Hargreaves (ETp)		16.4			15.7		18.8	17.6	21.0
Mahringer (ETp)				24.7	23.5		21.8	19.3	
Makkink (ETp)									
McGuinness ve Bordne (ETp)									
Meyer (ETp)				19.2			23.7	23.1	
Priestly Taylor (ETp)					20.9			24.9	
Thornthwaite (mm) (ETp)									
Turc (ETp)									
WMO (ETp)	24.7	20.2				24.7	19.9		20.8
de Bruin (ETo)				19.0					
Hargreaves ve Samani (ETo)	16.6	12.1	18.8		15.9	17.7		18.2	
Irmak (ETo)		22.3			17.6			20.1	
Jensen Haise (ETo)	21.9	22.3	20.1			19.8	18.5	22.2	16.7
Jones ve Ritchie (ETo)		16.6			21.2	23.8	16.8	16.5	19.0
Schendel (ETo)							20.5	19.0	21.0
Trabert (ETp)				21.2				22.3	

5.3 Geçmiş ve Gelecek Durum Analizi

Çalışmanın ana amacı buharlaşmaların geçmiş durumunun ortaya konması ve gelecekte ne olacağı ile ilgili model verileri çerçevesinde öngörü sahibi olmaktır. Bu amaç doğrultusunda 1975-2010 arası dönem için 20 metotla hesaplanan buharlaşma verileri ile uzun yıllar, yıllık toplam evapotranspirasyon ortalamasından olan sapmalar model ve istasyon verileri kapsamında üç il için belirlenmiştir. (Şekil F.1-F.6).

Şekiller incelendiğinde 1975-2010 arası dönemde yıllık toplam buharlaşmalarda hem pozitif hem negatif anomaliler görülmektedir. Uzun dönemli yıllık verilerde kurak dönem ve ıslak dönem çerçevesinde pozitif ve negatif anomalilerin görülmesi doğal bir sonuç olarak çalışma kapsamında karşımıza çıkmaktadır. Burada grafiklerde dikkat çeken husus olarak, zaman serilerinde olduğu gibi küçük ve çok anlamlı olmayan eğim katsayıları ile genel olarak metotlar kapsamında pozitif bir eğilimin

olmasıdır. Bununla birlikte bazı metotlarda negatif eğilim değerleri de görülmektedir (Şekil F.1-F.6).

1975-2010 arası dönem için , yıllık ortalamadan olan sapmalar incelendikten sonra gelecek dönemin durumunun ortaya konması için, gelecek dönem (2015-2040) yıllık toplam buharlaşma verilerinin 1975-2010 arası dönem için ortalama yıllık toplam buharlaşma değerine göre sapmaları incelenmiştir (EK G). Grafikler incelendiğinde gelecek dönem anomalilerinin metotlar kapsamında pozitif olduğu görülmektedir. 1975-2010 arası döneme göre 2015-2040 dönemin yıllık anomalilerinin çalışma kapsamında kullanılan 20 metot kapsamında pozitif olması gelecekte buharlaşmanın artacağını net bir şekilde ortaya koymaktadır (Şekil G.1- G.6).

Buharlaşmanın geçmiş ve gelecekteki durumunun ortaya konması adına çalışma kapsamında yapılan bir diğer incelemede uzun yıllar aylık ortalama verilerin karşılaştırılmasıdır (EK H). Bu kapsamda 1975-2010 arası dönem için istasyon ve model verilerinin, 2015-2040 arası dönem için model verilerinin uzun yıllar aylık toplam buharlaşma ortalamaları karşılaştırılmıştır (Şekil H.1-H.3). Karşılaştırma sunucunda 1975-2010 arası dönem için istasyondan elde edilen veriler ile hesaplanan aylık toplam buharlaşma miktarlarının uzun yıllar ortalaması, en düşük değerleri göstermiştir. En yüksek değerler ise gelecek dönem için 2015-2040 arası model verileri ile hesaplanan aylık toplam buharlaşmanın ortalamasında elde edilmiştir. Bu da açıkça ortaya koymaktadır ki iklim değişikliği ile buharlaşma miktarı gelecek dönemde artacaktır. Burada dikkat çeken bir husus, genel olarak 1975-2010 arası dönem için istasyon verileri kapsamında hesaplanan buharlaşmaların model verileri kapsamında hesaplanan buharlaşma değerlerinden düşük değerler göstermesidir. Bu durumu göz önünde bulundurmak için istasyon ve model verilerinin 1975-2010 dönemi için aylık toplam buharlaşma ortalamasının farkları alınmıştır. Elde edilen bu fark, gelecek dönem (2015-2040) için düzeltme faktörü olarak kullanılmış ve bu çerçevede gelecek dönem için modelle istasyon arası farktan kaynaklı düzeltmeleri içerecek şekilde düzeltilmiş ortalama aylık toplam buharlaşma değerleri elde edilmiştir (EK I).

Gelecek dönem için Demir ve diğ. tarafından 2013 yılında yapılan ve iklim değişikliği bölümü (3. Bölüm) kapsamında bahsedilen çalışmanın sonuçları dikkate alınarak senaryoların gelecek adına çeşitlendirilmesi için varsayımsal senaryolar da oluşturulmuştur. Bu kapsamda, 1975-2010 arası dönem istasyon verilerine göre

sıcaklığın 3 ve 5 ^{o}C, sıcaklıkla bağlantılı olan güneş radyasyonu verilerinin ise; 1, 2 ve 3 MJm^{-2}gün arttığı varsayımsal senaryo kombinasyonları oluşturulmuş ve bu senaryolar çerçevesinde buharlaşmanın gelecek durumu ortaya konmuştur (EK H).

Grafikler incelendiğinde sıcaklığın 5 ^{o}C radyasyonun 3 MJm^{-2}gün^{-1} arttırıldığı varsayımsal senaryo genel olarak en yüksek sonuçları verdiği görülmektedir. Bunun dışında sıcaklığın 5 ^{o}C arttığı senaryolar ile 2015-2040 dönemi için model verileri ile hesaplanan buharlaşma verilerinin yakın sonuçlar verdiği görülmektedir (Şekil H.1-H.3).

Çalışma çerçevesinde yukarıda da bahsedildiği üzere, 2015-2040 arası dönem için model verileri kapsamında hesaplanan aylık toplam buharlaşma verilerinin uzun dönemli ortalamasına, 1975-2010 arası dönem için istasyon ve model verilerinin aylık toplam buharlaşmalarının uzun dönemli ortalamaları arasındaki fark, düzeltme faktörü olarak uygulanmış ve 2015-2040 dönemi için düzeltilmiş model verileri elde edilmiştir. Elde edilen düzeltilmiş model buharlaşma verilerinin varsayımsal senaryolara göre durumunun görülebilmesi için varsayımsal senaryolar kapsamında hesaplanan aylık toplam buharlaşma değerleri ile düzeltilmiş model değerlerinin birlikte değerlendirilmesi de çalışma kapsamında yapılmıştır. Şekiller incelendiğinde, düzeltme faktörü uygulanan uzun dönemli aylık toplam buharlaşma model değerlerinin gelecek dönem senaryoları içinde en düşük değerleri verdiği açıkça görülmektedir (Şekil I.1-I.3).

Çalışmanın ana amacı olan buharlaşmanın gelecek dönemde ne kadar artacağının ortaya konması adına, 2015-2040 arası dönem için model verileri ile varsayımsal senaryolar kapsamında hesaplanan yıllık toplam buharlaşmaların 1975-2010 arası dönem istasyon ve model verileri ile hesaplanan uzun dönemli yıllık toplam buharlaşma ortalamasına göre % artış ve azalışları hesaplanmıştır. Artış ve azalış yüzdeleri hesaplanırken çalışma kapsamında kullanılan 19 metot için hesaplanmış, 19 metot kapsamında en düşük, en yüksek yüzdeler ile 19 metot kapsamında artış ve azalış yüzdelerinin ortalaması için tablolar oluşturulmuştur (Çizelge 5.5-5.10). Tabloların oluşturulması sırasında çalışma kapsamında kullanılan metotlardan olan Turc metodu, yanıltıcı olacak şekilde aşırı yüksek yüzdeler verdiği için dikkate alınmamış bu çerçevede 20 metottan 19'u kullanılmıştır.

Çizelgelerde; model: M, sıcaklık: S, sıcaklıklardaki artışlar: S+3 (3°C artış) ve S+5 (3°C artış), radyasyondaki artışlar: R+1 (1 MJ/m^{2}gün artış), R+2 (2 MJ/m^{2}gün artış),

R+3 (3 MJ/m^{2}gün artış), sıcaklık ve radyasyon verilerinin ikisinde de artış yapıldığı senaryolar S+ / R+ olarak verilmiştir.

Çizelgeler incelendiğinde, Edirne için gelecek dönemde en yüksek artışın 1975-2010 arası model verisine göre %31.6, istasyon verisine göre %40.8 ile sıcaklığın 5 °C radyasyonun 3 MJ/m^{2}gün arttırıldığı senaryoda olduğu görülmektedir. En düşük değerler ise, hem 1975-2010 arası model hem de 1975-2010 arası istasyona göre sırasıyla %4 ve %10.6'lık artışlarla düzeltme uygulanmış 2015-2040 model buharlaşmalarında elde edilmiştir (Çizelge 5.8, 5.9). Kırklareli'ne ait çizelgeler incelendiğinde yine en yüksek artışların sıcaklığın 5 °C radyasyonun 3 MJ/m^{2}gün arttırıldığı senaryoda en düşük artışın ise düzeltme uygulanmış 2015-2040 arası dönem model verilerinde olduğu görülmektedir. Kırklareli için en yüksek artışlar modele göre %31.8 istasyona göre %45.9'luk, en düşük artışlar ise modele göre %2, istasyona göre %11.4'lük artış oranları olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.10, 5.11). Tekirdağ'da da Edirne ve Kırklareli'ne benzer durum söz konusudur. En yüksek artış oranları modele göre %31.9 istasyona göre %44.4 ile sıcaklığın 5 °C radyasyonun 3 MJ/m^{2}gün arttırıldığı senaryoda, en düşük artış oranları modele göre %-0,1'lik oranla azalma olarak istasyona göre %9.2 oranla artış olarak düzeltilmiş 2015-2040 arası dönem model buharlaşmalarında hesaplanmıştır (Çizelge 5.12, 5.13).

Çizelge 5.8 : 1975-2010 dönemi model verilerine göre % artış: Edirne.

EDİRNE	Min	Mak	Ort
Model 2040 / M (1975-2010)	1.5	16.1	9.5
(Model S+3) / M (1975-2010)	1.9	18.8	13.1
(Model S+3/R+1) / M (1975-2010)	6.5	21.9	15.9
(Model S+3/R+2) / M (1975-2010)	8.7	29.1	18.7
(Model S+3/R+3) / M (1975-2010)	8.7	36.3	21.5
(İst S+3) / M (1975-2010)	-16.4	22.7	6.5
(İst S+3/R+1) / M (1975-2010)	-16.4	23.6	9.3
(İst S+3/R+2) / M (1975-2010)	-16.4	31.0	12.2
(İst S+3/R+3) / M (1975-2010)	-16.4	38.4	15.0
(Model S+5) / M (1975-2010)	3.5	36.3	22.8
(Model S+5/R+1) / M (1975-2010)	8.2	36.3	25.8
(Model S+5/R+2) / M (1975-2010)	12.6	40.4	28.7
(Model S+5/R+3) / M (1975-2010)	14.4	48.3	31.6
(İst S+5) / M (1975-2010)	-6.7	41.6	15.4
(İst S+5/R+1) / M (1975-2010)	-6.7	41.6	18.4
(İst S+5/R+2) / M (1975-2010)	-6.7	42.3	21.4
(İst S+5/R+3) / M (1975-2010)	-6.7	50.4	24.4
Düzeltilmiş M / M (1975-2010)	-13.3	11.7	4.0

Çizelge 5.9 : 1975-2010 dönemi istsayon verilerine göre % artış: Edirne.

EDİRNE	Min	Mak	Ort
Model 2040 / İst (1975-2010)	-1.3	64.5	17.6
(Model S+3) / İst (1975-2010)	1.8	67.9	21.3
(Model S+3/R+1) / İst (1975-2010)	2.0	67.9	24.1
(Model S+3/R+2) / İst (1975-2010)	2.0	67.9	26.9
(Model S+3/R+3) / İst (1975-2010)	2.0	67.9	29.7
(İst S+3) / İst (1975-2010)	2.0	19.3	13.0
(İst S+3/R+1) / İst (1975-2010)	6.5	21.7	15.9
(İst S+3/R+2) / İst (1975-2010)	8.5	29.0	18.7
(İst S+3/R+3) / İst (1975-2010)	8.5	36.2	21.5
(Model S+5) / İst (1975-2010)	3.3	87.6	32.0
(Model S+5/R+1) / İst (1975-2010)	7.4	87.6	34.9
(Model S+5/R+2) / İst (1975-2010)	7.4	87.6	37.9
(Model S+5/R+3) / İst (1975-2010)	7.4	87.6	40.8
(İst S+5) / İst (1975-2010)	3.7	37.7	22.7
(İst S+5/R+1) / İst (1975-2010)	8.4	37.7	25.7
(İst S+5/R+2) / İst (1975-2010)	12.6	40.0	28.7
(İst S+5/R+3) / İst (1975-2010)	14.2	48.0	31.6
Düzeltilmiş M / İst (1975-2010)	1.5	22.8	10.6

Çizelge 5.10 : 1975-2010 dönemi model verilerine göre % artış: Kırklareli.

KIRKLARELİ	Min	Mak	Ort
Model 2040 / M (1975-2010)	1.5	24.7	9.8
(Model S+3) / M (1975-2010)	2.0	19.6	13.1
(Model S+3/R+1) / M (1975-2010)	6.6	22.2	16.0
(Model S+3/R+2) / M (1975-2010)	8.8	29.5	18.8
(Model S+3/R+3) / M (1975-2010)	8.8	36.8	21.6
(İst S+3) / M (1975-2010)	-26.0	21.8	3.8
(İst S+3/R+1) / M (1975-2010)	-26.0	24.7	6.7
(İst S+3/R+2) / M (1975-2010)	-26.0	32.2	9.5
(İst S+3/R+3) / M (1975-2010)	-26.0	39.6	12.4
(Model S+5) / M (1975-2010)	3.6	34.7	22.8
(Model S+5/R+1) / M (1975-2010)	8.3	34.7	25.8
(Model S+5/R+2) / M (1975-2010)	12.8	41.0	28.8
(Model S+5/R+3) / M (1975-2010)	14.6	49.0	31.8
(İst S+5) / M (1975-2010)	-17.2	39.8	12.4
(İst S+5/R+1) / M (1975-2010)	-17.2	39.8	15.5
(İst S+5/R+2) / M (1975-2010)	-17.2	43.7	18.5
(İst S+5/R+3) / M (1975-2010)	-17.2	51.9	21.5
Düzeltilmiş M / M (1975-2010)	-22.0	21.6	2.0

Çizelge 5.11 : 1975-2010 dönemi istasyon verilerine göre % artış: Kırklareli.

KIRKLARELİ	Min	Mak	Ort
Model 2040 / İst (1975-2010)	0.6	85.7	22.2
(Model S+3) / İst (1975-2010)	0.5	90.2	25.9
(Model S+3/R+1) / İst (1975-2010)	6.6	90.2	28.7
(Model S+3/R+2) / İst (1975-2010)	7.5	90.2	31.5
(Model S+3/R+3) / İst (1975-2010)	7.5	90.2	34.3
(İst S+3) / İst (1975-2010)	0.4	20.0	13.0
(İst S+3/R+1) / İst (1975-2010)	6.5	22.0	15.9
(İst S+3/R+2) / İst (1975-2010)	8.6	29.3	18.8
(İst S+3/R+3) / İst (1975-2010)	8.6	36.6	21.6
(Model S+5) / İst (1975-2010)	3.6	112.5	37.0
(Model S+5/R+1) / İst (1975-2010)	8.4	112.5	40.0
(Model S+5/R+2) / İst (1975-2010)	12.8	112.5	43.0
(Model S+5/R+3) / İst (1975-2010)	13.3	112.5	45.9
(İst S+5) / İst (1975-2010)	3.6	36.1	22.8
(İst S+5/R+1) / İst (1975-2010)	8.3	36.1	25.8
(İst S+5/R+2) / İst (1975-2010)	12.6	40.6	28.8
(İst S+5/R+3) / İst (1975-2010)	14.4	48.7	31.8
Düzeltilmiş M / İst (1975-2010)	1.5	25.5	11.4

Çizelge 5.12 : 1975-2010 dönemi model verilerine göre % artış: Tekirdağ.

TEKİRDAĞ	Min	Mak	Ort
Model 2040 / M (1975-2010)	1.5	14.3	8.2
(Model S+3) / M (1975-2010)	2.4	19.3	13.2
(Model S+3/R+1) / M (1975-2010)	7.0	21.8	16.1
(Model S+3/R+2) / M (1975-2010)	8.6	29.1	18.9
(Model S+3/R+3) / M (1975-2010)	8.6	36.4	21.6
(İst S+3) / M (1975-2010)	-9.8	16.4	3.2
(İst S+3/R+1) / M (1975-2010)	-9.8	16.4	6.0
(İst S+3/R+2) / M (1975-2010)	-9.8	20.4	8.8
(İst S+3/R+3) / M (1975-2010)	-9.8	27.5	11.5
(Model S+5) / M (1975-2010)	4.2	36.2	23.1
(Model S+5/R+1) / M (1975-2010)	9.1	36.2	26.0
(Model S+5/R+2) / M (1975-2010)	13.7	40.2	29.0
(Model S+5/R+3) / M (1975-2010)	14.3	48.2	31.9
(İst S+5) / M (1975-2010)	-2.4	33.5	12.1
(İst S+5/R+1) / M (1975-2010)	1.0	33.5	15.0
(İst S+5/R+2) / M (1975-2010)	1.0	33.5	18.0
(İst S+5/R+3) / M (1975-2010)	1.0	38.9	20.9
Düzeltilmiş M / M (1975-2010)	-4.7	6.3	-0.1

Çizelge 5.13 : 1975-2010 dönemi istasyon verilerine göre % artış: Tekirdağ.

TEKİRDAĞ	Min	Mak	Ort
Model 2040 / İst (1975-2010)	3.2	39.4	18.5
(Model S+3) / İst (1975-2010)	7.2	45.5	24.0
(Model S+3/R+1) / İst (1975-2010)	7.2	45.5	27.0
(Model S+3/R+2) / İst (1975-2010)	7.2	45.5	30.0
(Model S+3/R+3) / İst (1975-2010)	7.2	47.7	33.0
(İst S+3) / İst (1975-2010)	2.2	20.5	12.7
(İst S+3/R+1) / İst (1975-2010)	5.4	22.7	15.7
(İst S+3/R+2) / İst (1975-2010)	5.4	30.4	18.7
(İst S+3/R+3) / İst (1975-2010)	5.4	38.1	21.6
(Model S+5) / İst (1975-2010)	11.0	62.9	34.9
(Model S+5/R+1) / İst (1975-2010)	12.8	62.9	38.1
(Model S+5/R+2) / İst (1975-2010)	12.8	62.9	41.2
(Model S+5/R+3) / İst (1975-2010)	12.8	62.9	44.4
(İst S+5) / İst (1975-2010)	4.0	35.5	22.4
(İst S+5/R+1) / İst (1975-2010)	9.3	35.5	25.6
(İst S+5/R+2) / İst (1975-2010)	14.1	41.9	28.8
(İst S+5/R+3) / İst (1975-2010)	14.6	50.3	31.9
Düzeltilmiş M / İst (1975-2010)	1.6	16.8	9.2

Metotlar kapsamında 2015-2040 arası gelecek dönem model verileri ile hesaplanan ortalama yıllık toplam buharlaşma değerleri ile bu değerlere düzeltme uygulanması ile elde edilen buharlaşma değerlerinin 1975-2010 arası geçmiş dönem için istasyon'dan elde edilen veriler ve model veri seti kapsamında hesaplanan ortalama yıllık toplam buharlaşmaya göre yüzde artış ve azalışları, metotlara göre artış miktarının kıyaslanmasının yapılması için tablolaştırılmıştır (Çizelge 5.14, 5.15).

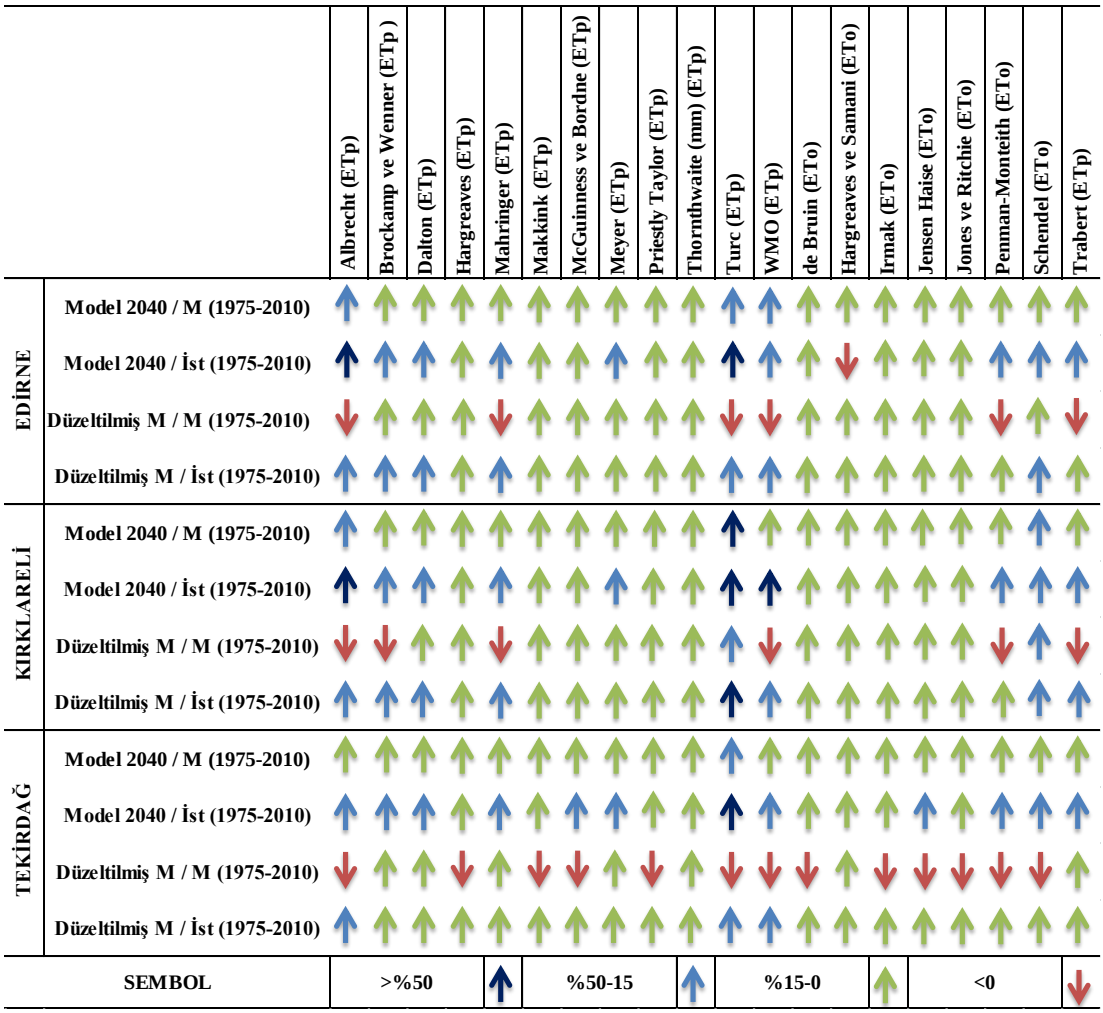
Tablolar incelendiğinde gelecek dönem için düzeltilmiş model verilerinin 1975-2010 arası geçmiş dönem verilerine göre düşük artışlar veya metotlar kapsamında negatif değerler verdiği görülmektedir. Bu kapsamda, düzeltme uygulanmış 2015-2040 arası dönem model verilerinin 1975-2010 arası istasyon veri seti ile hesaplanan ortalama yıllık toplam buharlaşma değerlerine göre artış oranları ile 2015-2040 arası model verileri ile hesaplanan ortalama yıllık toplam buharlaşmanın 1975-2010 arası model veri seti ile hesaplanan ortalama yıllık toplam buharlaşma değerlerine göre elde edilmiş artış oranlarının dikkate alınması, daha doğru ve sağlıklı değerlendirme yapılabilmesi için önemli bir noktadır. Bu çerçevede, 20 metodun ortalaması dikkate alındığında Trakya bölgesini oluşturan Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ için gelecek dönemde buharlaşma artışının %10 ile %15 bandında olacağı çalışma sonuçlarına göre öngörülebilir.

Albrecht, Turc, WMO ve Schendel metotlarına göre gelecek dönemde buharlaşmanın genel olarak %15 bandının üstünde artış göstereceği de (Çizelge 5.14, 5.15) ortaya çıkan bir diğer sonuçtur. Burada Turc metodunun diğer metotlara oranla yüksek artış değerleri vermesi dikkat çekmektedir. Bu kapsamda diğer metotların artış değerlerine göre Turc metodunun yüksek değerler vermesi, gelecek dönem değerlendirmesinde göz ardı edilmesi gerekliliğini gözler önüne sermektedir.

Çizelge 5.14 : 2015-2040 dönemi model ve düzeltilmiş model verilerinin 1975-2010 dönemi istasyon ve model verilerine göre % artışı.

		Albrecht (ETp)	Brockamp ve Wenner (ETp)	Dalton (ETp)	Hargreaves (ETp)	Mahringer (ETp)	Makkink (ETp)	McGuinness ve Bordne (ETp)	Meyer (ETp)	Priestly Taylor (ETp)	Thornthwaite (mm) (ETp)	Turc (ETp)	WMO (ETp)	de Bruin (ETo)	Hargreaves ve Samani (ETo)	Irmak (ETo)	Jensen Haise (ETo)	Jones ve Ritchie (ETo)	Penman-Monteith (ETo)	Schendel (ETo)	Trabert (ETp)	ORTALAMA
EDİRNE	**Model 2040 / M (1975-2010)**	16.1	14.6	14.3	5.8	14.8	4.4	8.2	14.0	4.1	8.1	20.4	15.4	1.5	5.2	5.6	8.8	2.8	7.7	14.7	14.8	10.1
	Model 2040 / İst (1975-2010)	64.5	32.3	22.5	5.1	35.4	4.0	6.7	17.7	2.9	5.1	134.9	44.2	1.3	-1.3	4.1	7.1	3.0	18.6	25.2	35.4	23.4
	Düzeltilmiş M / M (1975-2010)	-13.3	1.3	7.6	6.5	-0.4	4.9	9.6	11.0	5.1	11.0	-28.4	-4.6	1.7	11.7	7.1	10.4	2.6	-1.6	6.3	-0.4	2.4
	Düzeltilmiş M / İst (1975-2010)	22.8	16.9	15.4	5.8	17.5	4.4	8.1	14.5	4.0	7.9	39.8	19.2	1.5	4.8	5.5	8.7	2.8	8.4	16.0	17.5	12.1
KIRKLAR	**Model 2040 / M (1975-2010)**	15.7	14.2	13.8	5.7	14.3	4.3	8.1	13.5	4.1	7.6	53.4	14.9	1.5	5.0	5.5	8.7	2.7	7.4	24.7	14.3	12.0
	Model 2040 / İst (1975-2010)	85.7	45.5	26.1	4.2	49.9	3.2	5.9	19.7	3.3	4.8	135.3	55.7	1.6	3.8	3.4	6.3	0.6	23.4	28.7	49.9	27.9
	Düzeltilmiş M / M (1975-2010)	-22.0	-7.3	4.1	7.1	-9.4	5.4	10.1	8.3	4.7	10.4	18.5	-11.3	1.5	6.1	7.6	10.9	4.8	-5.5	21.6	-9.4	2.8
	Düzeltilmiş M / İst (1975-2010)	25.2	18.1	15.3	5.6	18.8	4.3	7.9	14.3	4.0	7.4	81.9	20.2	1.5	4.9	5.4	8.5	2.7	8.5	25.5	18.8	14.9
TEKİRDA	**Model 2040 / M (1975-2010)**	14.3	12.9	12.8	4.9	13.0	3.7	6.9	12.5	3.8	6.9	21.0	13.7	1.5	4.5	4.7	7.4	2.1	7.0	10.5	13.0	8.9
	Model 2040 / İst (1975-2010)	33.5	27.3	24.0	12.3	29.4	10.6	15.5	20.0	11.3	8.5	63.7	39.4	8.1	3.2	10.5	16.3	7.8	16.4	27.8	29.4	20.7
	Düzeltilmiş M / M (1975-2010)	-0.1	1.6	3.7	-1.7	0.4	-2.5	-0.5	6.3	-3.0	5.4	-5.1	-4.7	-4.6	5.8	-0.5	-0.2	-3.2	-1.2	-3.1	0.4	-0.3
	Düzeltilmiş M / İst (1975-2010)	16.7	14.6	14.1	5.2	14.9	4.0	7.5	13.3	4.0	7.0	28.4	16.8	1.6	4.5	4.9	8.1	2.2	7.6	12.1	14.9	10.1

Çizelge 5.15 : Gelecek dönem (2015-2040) için artış durumları.



5.4 Vaka Analizleri

Çalışma kapsamında buharlaşma verilerinin çalışmada kullanılan veriler olan global radyasyon, maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, bağıl nem, rüzgar hızı veri setlerinden ne ölçüde etkilendiğinin ortaya konması için 1975-2010 arası geçmiş dönem verileri üzerinden vaka analizleri yapılmıştır. Vaka analizleri kapsamında veri setlerinin yıllık toplamının en yüksek olduğu seneler ile en düşük olduğu seneler belirlenmiştir. Belirlenen senelerde buharlaşmanın çalışma kapsamında kullanılan 20 metot kapsamında 1975-2010 dönemi yıllık toplam buharlaşma ortalamasına göre ne oranda artış ve azalış gösterdiği hem istasyon hem de model veri seti çerçevesinde incelenmiştir (Çizelge 5.16).

Çizelge 5.16 : Verilerin maksimum ve minimum olduğu yıllarda evapotranspirasyonun etkilenme derecesi (%).

			Edirne		Kırklareli		Tekirdağ	
			İstasyon	Model	İstasyon	Model	İstasyon	Model
Radyasyon (MJ/m2)	Mak	Yıl	2001	1991	2009	1991	2008	1991
		Ort	10.7	28.9	13.0	30.4	18.0	26.3
		Min	-4.5	3.3	2.8	3.8	3.7	3.7
		Mak	61.4	84.0	58.1	114.9	35.0	110.1
	Min	Yıl	1989	1989	1989	1989	2007	2001
		Ort	-9.6	-14.4	-11.3	-12.1	4.4	-7.3
		Min	-41.9	-29.4	-24.8	-20.4	-13.0	-14.2
		Mak	-1.4	-4.6	0.5	-3.4	29.4	-0.1
RH (%)	Mak	Yıl	1991	1995	1997	1995	2006	1995
		Ort	-5.9	-14.9	-14.5	-13.9	-11.0	-12.1
		Min	-36.3	-53.8	-36.4	-51.3	-16.1	-25.9
		Mak	5.9	3.1	-1.0	2.9	1.3	-2.5
	Min	Yıl	2001	1991	2003	1991	2008	1991
		Ort	10.7	28.9	-1.1	30.4	18.0	26.3
		Min	-4.5	3.3	-19.1	3.8	3.7	3.7
		Mak	61.4	84.0	30.6	114.9	35.0	110.1
Tmak (°C)	Mak	Yıl	2007	1991	1994	1991	2010	1991
		Ort	24.8	28.9	3.0	30.4	17.8	26.3
		Min	-2.1	3.3	-18.6	3.8	7.3	3.7
		Mak	105.2	84.0	40.6	114.9	26.3	110.1
	Min	Yıl	1991	1981	1976	1981	1976	1981
		Ort	-5.9	-7.9	-0.2	-7.8	-0.6	-8.3
		Min	-36.3	-12.4	-13.7	-15.4	-7.4	-12.7
		Mak	5.9	-1.6	30.2	-2.1	10.7	0.3
Tmin (°C)	Mak	Yıl	2010	1991	2010	1991	2010	1991
		Ort	6.8	28.9	11.0	30.4	17.8	26.3
		Min	-0.2	3.3	0.1	3.8	7.3	3.7
		Mak	17.2	84.0	38.1	114.9	26.3	110.1
	Min	Yıl	1993	1981	1991	1982	1987	1982
		Ort	-3.3	-7.9	-11.9	-4.6	-8.1	-2.7
		Min	-14.4	-12.4	-40.0	-17.7	-13.7	-18.4
		Mak	6.7	-1.6	8.5	2.1	-2.3	1.3
Ta (°C)	Mak	Yıl	2010	1991	2010	1991	2010	1991
		Ort	6.8	28.9	11.0	30.4	17.8	26.3
		Min	-0.2	3.3	0.1	3.8	7.3	3.7
		Mak	17.2	84.0	38.1	114.9	26.3	110.1
	Min	Yıl	1987	1981	1976	1981	1976	1981
		Ort	-4.1	-7.9	-0.2	-7.8	-0.6	-8.3
		Min	-11.6	-12.4	-13.7	-15.4	-7.4	-12.7
		Mak	2.2	-1.6	30.2	-2.1	10.7	0.3
Rüzgar (m/sn)	Mak	Yıl	2007	1990	1976	1990	1976	1990
		Ort	24.8	10.3	-0.2	9.6	-0.6	7.1
		Min	-2.1	1.3	-13.7	1.4	-7.4	0.9
		Mak	105.2	29.6	30.2	26.9	10.7	17.0
	Min	Yıl	1999	1976	1993	1976	1991	1976
		Ort	-2.7	-15.3	-8.4	-13.9	-10.9	-10.6
		Min	-29.5	-55.2	-36.4	-48.4	-19.1	-27.5
		Mak	4.7	-3.8	5.9	-3.4	-3.4	-2.5

Çizelge 5.16 incelendiğinde global radyasyon, sıcaklık verileri ve rüzgarın maksimum olduğu senelerde, beklenen sonuç olarak buharlaşma verilerinin 1975-2010 arası dönem ortalamasına göre artış gösterdiği tablodan görülmektedir. Benzer şekilde buharlaşma üzerinde negatif etkisi olan bağıl nemin yüksek olduğu senelerde buharlaşma uzun yıllar ortalamaya göre düşük değerler vermiştir. Bununla birlikte bu sonuçlarla uyumlu olarak minimum değerlerin olduğu senelerde buharlaşma üzerinde tam tersi etkiler görülmektedir. Verilerin vaka analizinin sonucu olarak, verilerin buharlaşmayı azaltma eğiliminde olduğu durumlarda buharlaşma üzerinde genel olarak %10 civarında azalma gerçekleştiği, verilerin buharlaşmaya arttırıcı etki yaptığı yıllarda buharlaşma artışının %30'a kadar çıktığı Çizelge 5.16'dan görülmektedir.

Gelecek dönem için iklim değişikliği senaryoları çerçevesinde sıcaklık ve global radyasyonun artacağı öngörüsü dikkate alındığında vaka analizinin de desteklediği gibi iklim değişikliği çerçevesinde buharlaşmanın artacağı net bir şekilde söylenebilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada ilk bölüm kapsamında buharlaşma ile ilgili bilgiler aktarılmış, buharlaşma ile ilgili bilgilerin aktarılmasından sonra iklim değişikliği ve Trakya bölgesinde beklenen olası etkileri ile ilgili bilgiler, iklim değişikliği bölümü altında sunulmuştur. Çalışma alanı ve çalışmada kullanılan veriler ve çalışma kapsamında kullanılan metotlar, materyal ve metot bölümünde aktarılmıştır. Materyal ve metot hakkında bilgiler verildikten sonra ise çalışma kapsamında yapılan analizler hazırlanan tablolar ve grafikler ile bunlara ait değerlendirmeler verilmiştir. Bu bölümde, yapılan analiz çalışmalarının ve elde edilen bulguların genel değerlendirmesi, çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar, çalışmanın yapılması sırasında karşılaşılan zorluklar, çalışma konusu kapsamında çalışmanın katma değerinin arttırılması ve bundan sonrası için çalışmanın geliştirilmesi ile ilgili öneriler sunulacaklardır.

Çalışmada Trakya bölgesinde bulunan üç il için buharlaşmalar, referans evapotranspirasyon ve potansiyel evapotranspirasyon olarak incelenmiştir.

Çalışma kapsamında ilk olarak buharlaşma hesaplama metotlarının birbiri ile karşılaştırılması yapılmıştır. Karşılaştırma kriteri olarak FAO tarafından önerilen standart metot olan Penman Monteith metodu kullanılmış ve determinasyon katsayısı tüm metotlarda yüksek değerler göstermiştir. En iyi ilişkiler genel olarak McGuinness ve Bordnne, Hargreaves ve Jensen Haise metotları ile çıkmış, en düşük determinasyon katsayıları Turc metodunda görülmüştür.

Analizler sonucunda metotların birbirinden çok farklı değerler gösterdiği tespit edilmiştir. Bu kapsamda metotlar arasındaki bu farklılıkların değerlendirilmesi ve farkın büyüklüğünün derecesinin ortaya konması için Penman Monteith metoduna göre RMSE ve MBE hata değerleri hesaplanmıştır. Hata hesaplamalarının sonucunda düşük hata değerleri genel olarak RMSE sonuçlarına göre Hargreaves ve Samani, MBE sonuçlarına göre WMO ile Hargreaves ve Samani metodunda, en yüksek hata değerleri ise hem RMSE hem de MBE sonuçlarına göre Turc metodunda elde edilmiştir. Turc metodunda hata değerlerinin yüksek çıkmasının sebebi diğer metotlara göre aşırı düşük değerler göstermesi olarak belirlenmiştir. Hata

hesaplamaları dışında metotların karşılaştırılması uzun dönemli aylık ortalamalar bazında da yapılmıştır. Karşılaştırma sırasında ETp olarak Albrect ve Brockamp ve Wenner metodunun aşırı yüksek değerler gösterdiği uzun yıllar ortalama aylık toplam buharlaşma grafiklerine yansımıştır. En düşük değerler ise Turc metodunda gözlemlenmiştir. Diğer düşük değerler ise McGuinness ve Bordne, Thornthwaite ve Makkink metotları olmuştur. ETo için bakıldığında ise de Bruin metodu genel olarak en yüksek değerleri göstermiş olup, en düşük değerler genel olarak Irmak metodunda görülmüştür. PM metoduna en yakın değerleri gösteren metot ise Jensen Haise metodu olmuştur.

Uzun yıllar aylık ortalama evapotranpirasyonlara bakıldığında 2015-2040 model sonuçlarının tüm metotlarda 1975-2010 dönemi istasyon ve model sonuçlarına göre yüksek değerler gösterdiği açıkça ortaya konmuştur. Ayrıca evapotranspirasyon miktarlarının 1975-2010 arası döneme göre artacağı sıcaklık ve radyasyon artışı yapılan senaryolarla da ortaya konmuş ve bunlar grafiklere yansımıştır.

2015-2040 dönemi için model verileri ile hesaplanan yıllık toplam buharlaşma değerlerinin 1975-2010 arası dönem için elde edilen uzun yıllar ortalama yıllık toplam buharlaşma miktarına göre farkı gösterilmiş ve 2015-2040 arası dönemde geçmiş döneme göre buharlaşmanın artacağı bu ilişkilerde açıkça ortaya konmuştur.

2015-2040 dönemi için model verilerine göre Trakya bölgesinde bulunan üç ilde buharlaşma miktarlarının artış oranları hesaplanmış, buharlaşmanın %10 ile %15 arasında artacağı belirlenmiştir.

Vaka analizleri yapılmış ve çalışmaları destekler nitelikte olan sonuçlar ortaya konmuştur.

Türkiye gibi ekonomisi tarıma dayalı ve su ihtiyacının % 70-75'i tarım sektöründe kullanılan bir ülkede buharlaşmadan kaynaklanan kayıpların bugün ve gelecek için bilinmesi sürdürülebilir su yönetimi için önem arz etmektedir. Özellikle iklim değişikliği ile sıcaklık ve radyasyon miktarının artacak olması ve bu kapsamda bitki su tüketimlerinde gerçekleşecek artışlar dikkate alındığında buharlaşma ile ilgili çalışmalar yaygınlaştırılmalı ve desteklenmelidir.

İklim değişikliğine sebep olan etmenler ve iklim değişikliğinin etkileri git gide artmaktadır. Bu kapsamda bölgemiz için artan bu etkileri ve etmenleri göz önüne alan yeni senaryolardan olan RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryoları çerçevesinde de benzer

çalışma/çalışmaların Türkiye'nin belli bölgeleri veya ülkenin tamamı için uygulanması, gelecek hakkında net bir öngörü sahibi olmak adına önem arz etmektedir.

Çalışma kapsamında karşılaşılan en önemli sorun veri sorunudur. Gözlem ağları, buharlaşma çalışmaları yapmaya uygun olarak geliştirilmeli, dizayn edilmeli ve gözlem ağlarının sıklığı bu çerçevede arttırılmalıdır. Ayrıca gözlem ağlarından elde edilen verilerin kalite kontrolü yapılmalı hatalı veriler ayıklanmalı, güvenilir zaman serileri elde edilmelidir.

Çalışma çerçevesinde de ortaya konduğu gibi metotlar kapsamında hesaplanan buharlaşma değerlerinde, metottan metoda önemli derecede farklılıklar bulunmaktadır. Bu kapsamda, buharlaşmanın net olarak hesaplanabilmesi için arazide ölçümler yapılmalı, arazi ölçümleri ile buharlaşma metotları karşılaştırılmalı ve ülkemiz bölgelerine uygun buharlaşma hesaplama metotları belirlenmeli veya geliştirilmelidir.

Ülkemiz etki olarak iklim değişikliğinden önemli derecede etkilenecek ülkeler arasındadır. Bu kapsamda, insani, sosyal, ekolojik, stratejik ve politik önemi olan suyun sürdürülebilir bir şekilde planlanması için su ile ilgili girdi ve kayıpların gelecek dönemde ne olacağının net olarak bilinmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, iklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi ile ilgili çalışmalar özellikle ülkemizde önemli ölçüde eksiği bulunan buharlaşma ile ilgili çalışmalar iklim değişikliği çerçevesinde ele alınmalı ve yürütülmelidir.

KAYNAKLAR

Albrecht, F., (1950). DieMethoden zur Bestimmung Verdunstung der naturlichen Erdoberfla¨che. *Arch Meteor Geoph Biokl Ser B2:* s1–38.

Allen, R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith, M., (1998). (2006 revised version). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage. Paper no. 56.* FAO, Rome.

Al-Darir, A.N. ve AlDoubiat, M., (2005) The optimizing model of potential evapotranspiration in North Syria, *Ninth International Water Technology Conference, IWTC9 2005, Sharm El-Sheikh, Egypt,* s41-50.

Badawy H. A., (2009). Effect Of Expected Climate Changes On Evaporation Losses From Aswan High Dam Reservoir (AHDR),*Thirteenth International Water Technology Conference, IWTC 13.*

Bayazıt, M., (2013). Hidroloji, *978-975-511-364-9*, İstanbul, s36-48.

Blaney, H.F. ve Criddle, W.D., (1950). Determining Water Requirements in Irrigated Areas from Climatological Irrigation Data. *US Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Technical Paper No. 96* Washington, D.C., s48.

Bormann, H., (2011). Sensivity analysis of 18 different potential evapotranspiration models to observed climatic change at German climate stations. DOI 10.1007/s10584-010-9869-7, *Climatic Change 104*: s729-753.

Calanca, P., Roesch, A., Jasper, K. ve Wild, M., (2006). Global warming and the summertime evapotranspiration regime of the Alpine region, *DOI 10.1007/s10584-006-9103-9, Climatic Change 79:* s 65-78.

Chapas, L.C. Ve Rees, A.R., (1963). Evaporation and evapotranspiration in Southern Nigeria, *J.W. Afric. Inst. Oil Palm Res., 551.573:* s314-319.

Chattopadhyay, N. ve Hulme, M., (1996). Evaporation and potential evapotranspiration in India underconditions of recent and future climate change, *Agricultural and Forest Meteorology 87 (1997):* s55-73.

Dalton, J., (1802). Experimental essays on the constitution of mixed gases; on the force of steam of vapour from waters and other liquids in different temperatures, both in a torricellian vacuum and in air on evaporation and on the expansion of gases by heat., *Mem Manch Lit Philos Soc 5:* s535-602.

de Bruin, H.A.R. ve Keijman, J.Q., (1979). Priestley-Taylor evaporation model applied to a large, shallow lake in the Netherlands. *Journal of Applied Meteorology, 18:* s898-903.

Demir, Ö., (2013). RCP4.5 Senaryosuna göre Türkiye'de sıcaklık ve yağış projeksiyonları, *III İklim değişikliği Kongresi*, s63-71.

Doorenbos, J. ve Pruitt, W.O., (1977). Crop Water Requirements. *Irrigation and Drainage Paper 24, Food and Agriculture Organization of the United Nations:* Rome, Italy; s144.

Federer, C.A., (1996). Intercomparison of methods for calculating potential evaporation in regional and global water balance models. *Water Resour. Res. 32*, s2315–2321.

Guitjens, J.C., (1982). Models of alfalfa yield and evapotranspiration, J. *Irrig. Drain. Div. Proc. Am. Soc. Civ. Eng., 108(IR3):* s212-222.

Harbeck, G.E., (1962) A practical field technique for measuring reservoir evaporation utilizing mass-transfer theory, *Geological Survey Professional Paper 272-E, US Government Printing Ofice*, Washington, D.C. s101-105.

Hargreaves G.H., (1975). Moisture availability and crop production. *Transactions of the ASAE 18*: s980-984.

Hargreaves G.H. ve Samani Z.A., (1982). Estimation of potential evapotranspiration. *Journal of Irrigation and Drainage Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers 108*: s223-230.

Hargreaves G.H. ve Samani Z.A., (1985) Reference crop evapotranspiration from temperature. *Appl Eng Agric 1(2):* s96–99.

Helfrich, K.R., Adams, E.E., Godbey, G.E. ve Harleman, D.R.F., (1982). Evaluation of the models for predicting evaporative waterloss in cooling impoundments, *Interim report no. CS-2325. Electric Power Research Institute*, Palo Alto, CA.

IPCC, (2001). AR3 Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 3. Değerlendirme Raporu, Annex B, Glossary of Terms.

Irmak, S., (2003b). Solar and net radiation-based equations to estimate reference evapotranspiration in humid climates. *J Irrig Drain Eng ASCE 129(5)*: s336–347.

Jensen, M.E., Burman, R.D., Allen, R.G., (1990). Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. *American Society of Civil Engineers:* New York.

Jensen, M.E. ve Haise, H.R., (1963). Estimation of evapotranspiration from solar radiation. *Journal of Irrigation and Drainage Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers 89*: s15-41.

Johnson, F. ve Sharma, A., (2009). Measurement of GCM Skill in Predicting Variables Relevant for Hydroclimatological Assessments, *Journal of Climate, sayı 22, no: 16,* s4373 – 4382.

Karabay, S., (2013). İklim değişikliğine uyumun uyumu, *III İklim Değişikliği Kongresi*, s505-511.

Kashyap, P.S. ve Panda, R.K., (2001). Evaluation of evapotranspiration estimation methods and development of crop-coefficients for potato crop in sub-humid region., *Agricultural Water Manage 50*: s9–25.

Kay, A.L., (2013). A hydrological perspective on evaporation: historical trends and future projections in Britain, *Journal of Water and Climate Change*, s193-207.

Kisi, Ö., (2013). Comparison of different empirical methods for estimating daily reference evapotranspiration in Mediterranean climate, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering, DOI:10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000664.*

Linsley, R.K., Jr Kohler M.A., Paulhus J.L.H., (1982). Hydrology for Engineers. McGraw-Hill: New York.

Lu, J., Sun, G., Mc Nulty, S.G. ve Amatya, D.M. (2005). A comparison of six potential evapotranspiration methods for regional use in the Southeastern United States. *Journal of The American Water Resources Association (JAWRA);* s621-633.

Makkink, G.F., (1957). Testing the Penman formula by means of lysimeters. *Journal of the Institution of Water Engineers 11*: s277-288.

McGuinness, J.L. ve Bordne E.F., 1972. A Comparison of Lysimeter-derived Potential Evapotranspiration with Computed Values., *Technical Bulletin 1452, Agricultural Research Service, US Department of Agriculture:* Washington, DC; s71.

Meyer, A. (1926) U¨ ber einige Zusammenha¨nge zwischen Klima und Boden in Europa. *Chemie der Erde 2*: s209-347.

Morton, F. I. (1990). Studies in evaporation and their lessons for the environmental sciences, *Can. Wat. Resour. J. 15(3):* s261-285.

Morton, F. I. (1994). Evaporation research - A critical review and its lessons for the environmental sciences, *Crit. Rev. Environ. Sci. Tech., 24(3):* s237-280.

Panu, U.S. ve Nguyen, T., (1994). Estimation of mean areal evaporation in Northwestern Ontario, *Can. Wat. Resour. J., 19(1):* s69-82.

Penman, H.L., (1948). Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings of the Royal Society of London 193:* s120-145.

Pierluigi, C., (2006). Global warming and the summertime evapotranspiration regime of the Alpine region, *Climatic Change 79*: s65–78.

Priestley, C.H.B. ve Taylor, R.J., 1972. On the assessment of the surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly Weather Review 100*: s81-92.

Ritchie, J.T., (1972). Model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. *Water Resour Res 8*: s1204-1213.

Rivas, R. ve Caselles V., (2004). A simplified equation to estimate spatial reference evaporation from remote sensing-based surface temperature and local meteorological data, *Remote Sensing of Environment 93:* s68-76.

Singh, V.P., (1989). Hydrologic Systems, Vol. II, *Watershed Modelling. Prentice-Hall: Englewood Cliffs*, New Jersey.

Singh, V.P. ve Xu, C-Y. (1997a). Evaluation and generalization of 13 equations for determining free water evaporation. *Hydrological Processes 11:* s311-323.

Subramanya, K., (1994). Engineering Hydrology, 2. Baskı, s69-70.

Şaylan, L., (2011). Tarımsal Meteoroloji Ders Notu.

Şaylan, L., Özgür, E., Semizoğlu, E., Çaylak, O., Özkoca, Y., Karayusufoğlu, S. ve Çaldağ, B., (2011). Evapotranspirasyonun farklı yöntemlerle hesaplanması ve karşılaştırılması, *"5th Atmospheric Science Symposium"*, Türkiye, s359-367.

Tabari, H., Grimser, M.E. ve Trajkovic, S., (2011). Comparative analysis of 31 reference evapotranspirastion methods under humid conditions, *Irrig Sci (2013) 31: DOI 10.1007/s00271-011-0295-z*, s107-117.

Tercan, T., (2013) Gaziantep iklim eylem planı ve uygulamaları, *III İklim Değişikliği Kongresi:* s489-495.

Thornthwaite, C. W. ve Holzman, B. (1939). `The determination of land and water surfaces', *Month. Weather Rev. 67:* s4-11.

Thornthwaite, C.W. ve Mather, J.R. 1955. The water budget and its use in irrigation. In Water, *The Yearbook of Agriculture. US Department of Agriculture:* Washington DC; s346-358.

Toprak, Z.F., (2013). Climate Identity Assessment of The Climate Change, *Int J. Global Warming*, 5(1) s30-45.

Trabert, W. (1896). Neue Beobachtungen u¨ber Verdampfungsgeschwindigkeiten. *Meteorol Z 13:* s261-263.

Turc, L., (1961). Estimation of irrigation water requirements, potential evapotranspiration: a simple climatic formula evolved up to date. *Annals of Agronomy 12:* s13-49.

Url-1 <*http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/acik-yuzey-buharlasma.aspx*>, alındığı tarih: 12.11.2014.

Valipour, M., (2014) Assessment of different equations to estimate potential evapotranspiration versus FAO Penman Monteith method, *Acta Advances in Agricultural Sciences 02:* ISSN: 2345-6817, s14-27.

Valiantzas, J.D., (2013a). Simple ETo Forms of Penman's Equation without Wind and/or Humidity Data. I: Theoretical Development, *J. of Irrg. and Drain. Eng., 139(1):* s1-8.

Varni, M., (1999). The groundwater recharge in the Azul aquifer, central Buenos Aires Province, Argentina, *Physics and Chemistry of the Earth, 24(4):* s349– 352.

WMO, (1966). Measurements and Estimation of Evaporation and Evapotranspiration. World Meteorological Organization, Geneva, *Tech. note 83:* s121.

Xu, C-Y. ve Singh, V.P., (2000). Evaluation and generalization of radiation-based methods for calculating evaporation. *Hydrological Processes 14:* s339–349.

Xu, C-Y. ve Singh V.P., (2002). Cross comparison of empirical equationsfor calculating potential evapotranspiration with data from S witzerland. *Water Resour Manage 16:* s197-219.

Xu, C-Y. ve Singh V.P., (2001). Evaluation and generalization of temperature-based methods for calculating evaporation, *Hydrological Processes 15:* s305-319.

EKLER

EK A : Verilerin Zaman Serileri (1975-2010)

EK B : Verilerin Zaman Serileri (2015-2040)

EK C : Evapotranspirasyon Zaman Serileri (1975-2010)

EK D : Evapotranspirasyon Zaman Serileri (2015-2040)

EK E : Penman Monteith ile İlişkiler

EK F : Uzun Yıllar Yıllık Ortalama ET'den Sapmalar (1975-2010)

EK G : Uzun Yıllar Yıllık Ortalama ET'den Sapmalar (2015-2040)

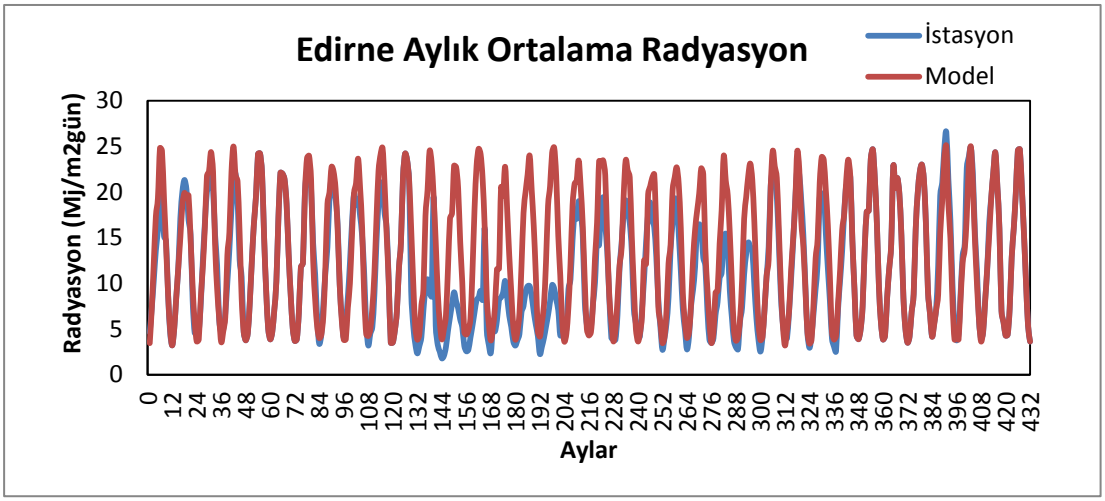
EK H : Uzun Yıllar Aylık Ortalama ET

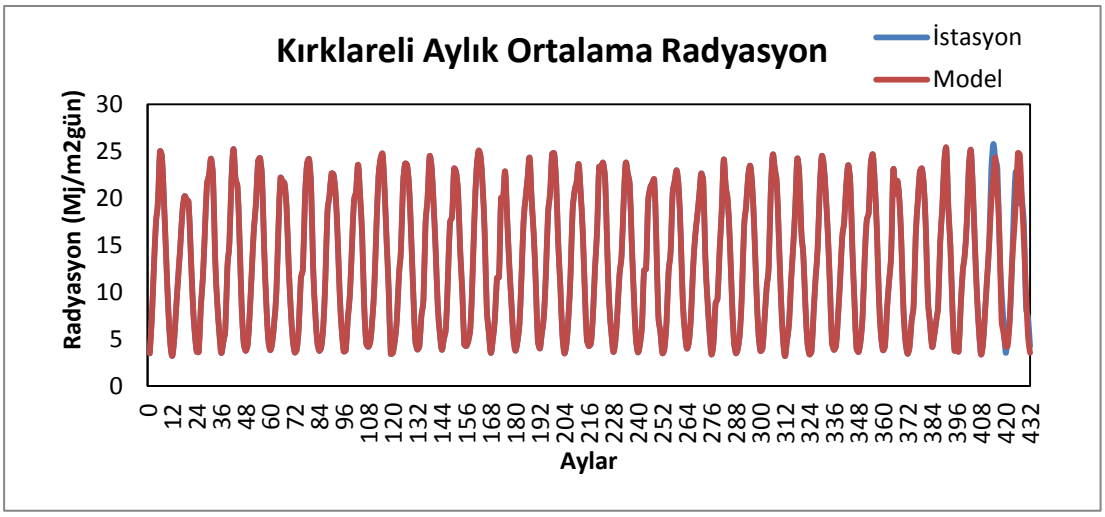
EK I : Düzeltilmiş ET Model Verileri Uzun Yıllar Aylık Ortalaması

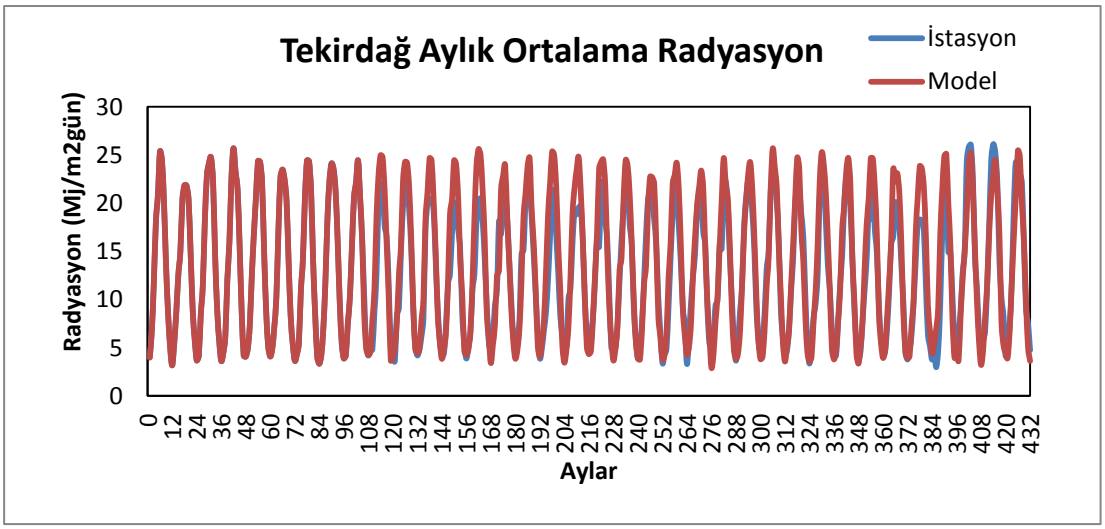
EK İ : ETp ve ETo Metotlarının Aylık Toplamının Uzun Yıllar Ortalaması

EK J : Hata Hesaplama Denklemleri

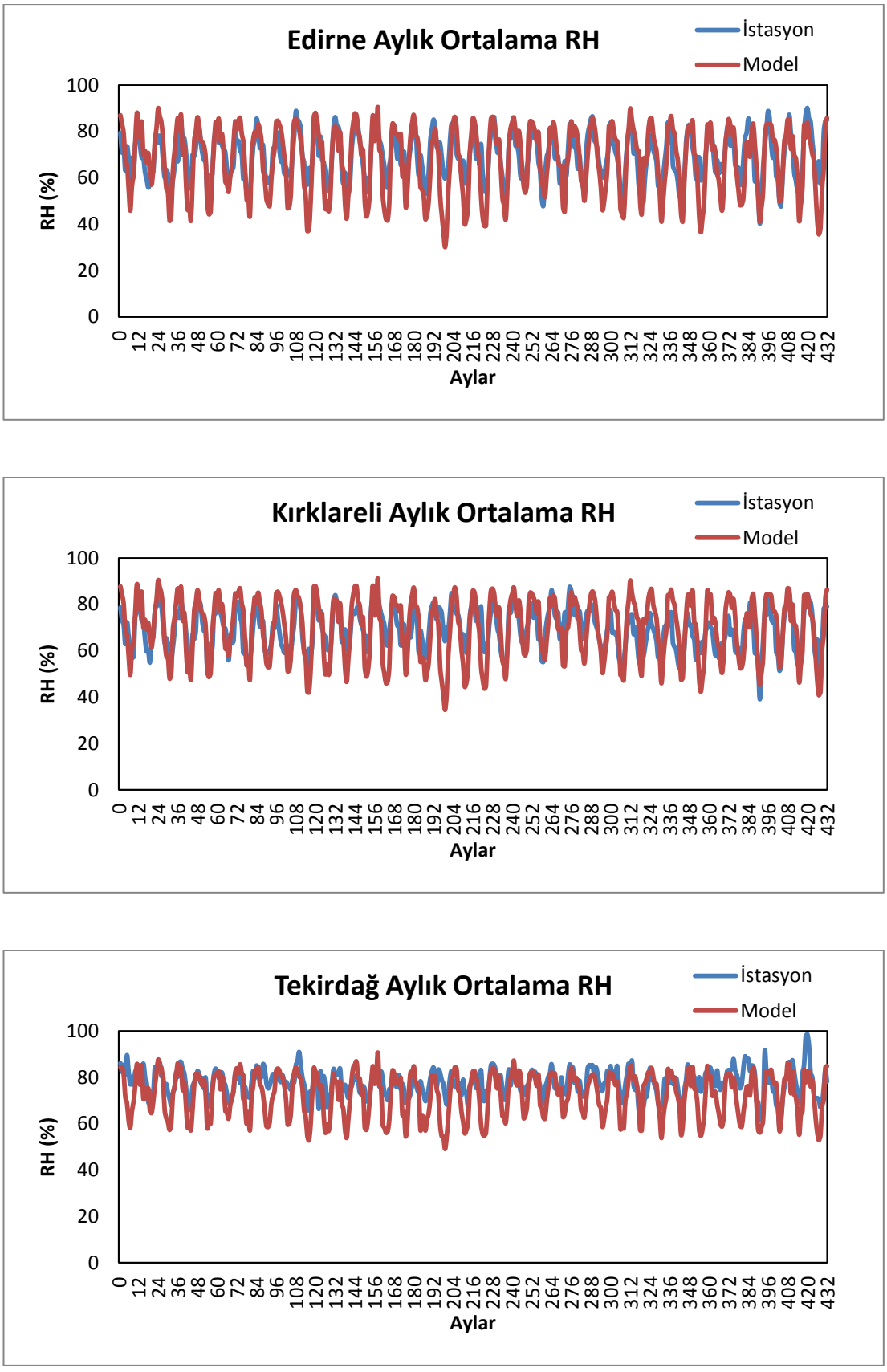
EK A Verilerin Zaman Serileri (1975-2010)



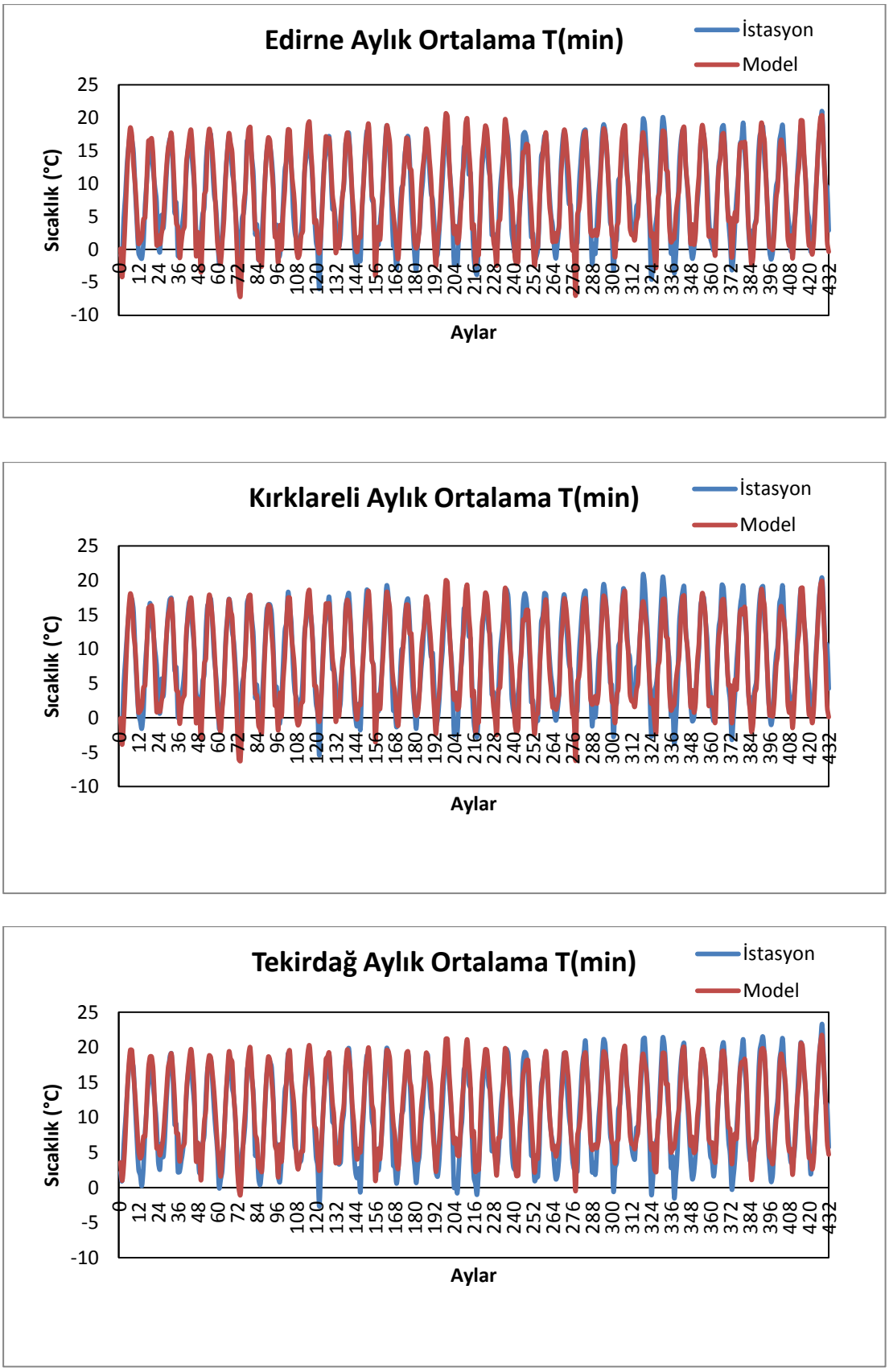




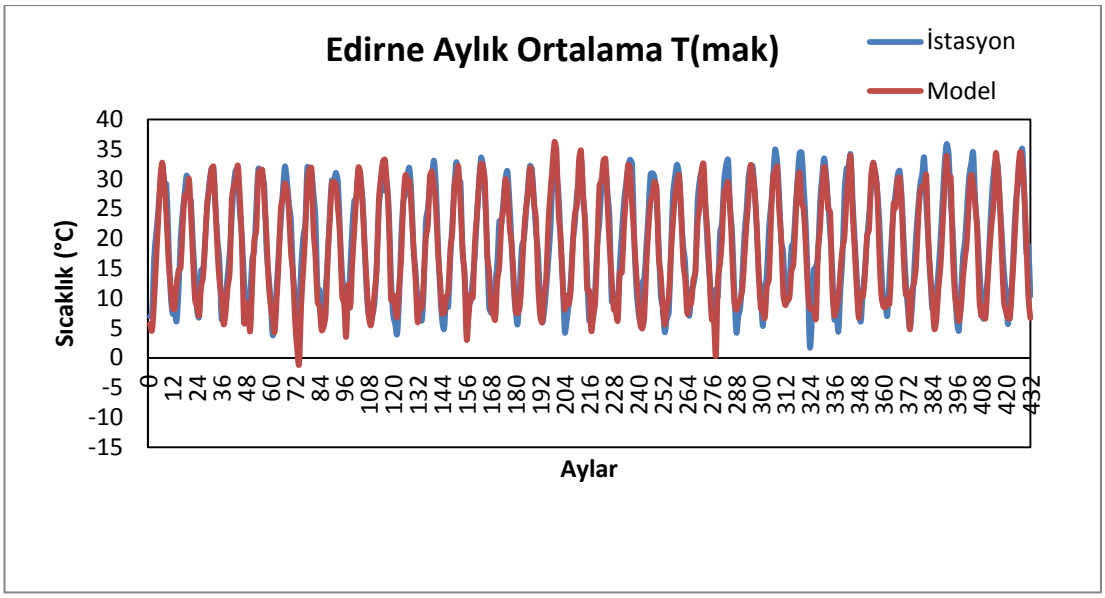
Şekil A.1 : Verilerin zaman serileri (1975-2010): radyasyon.

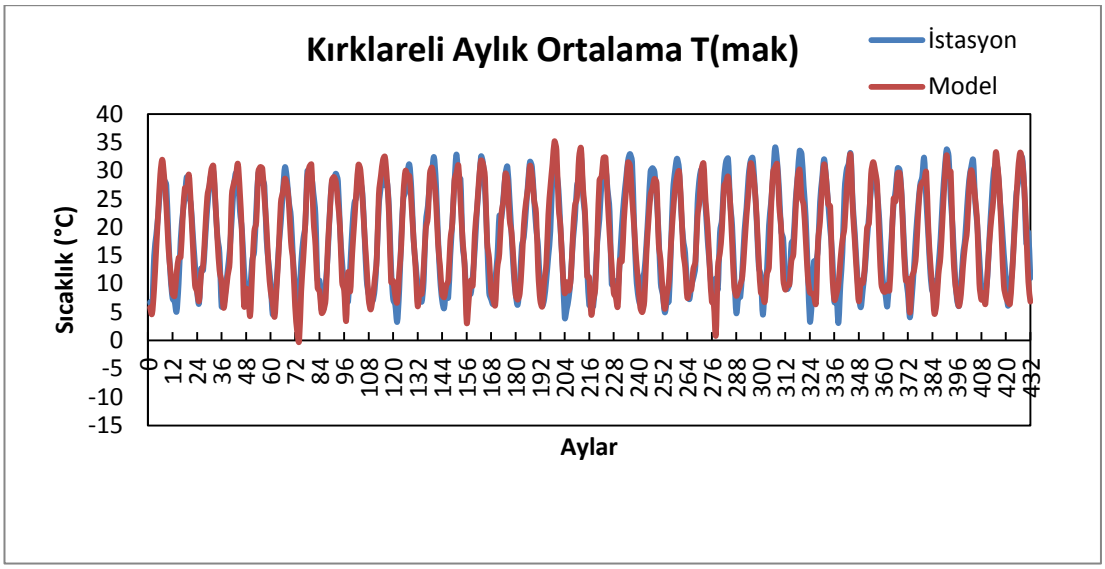


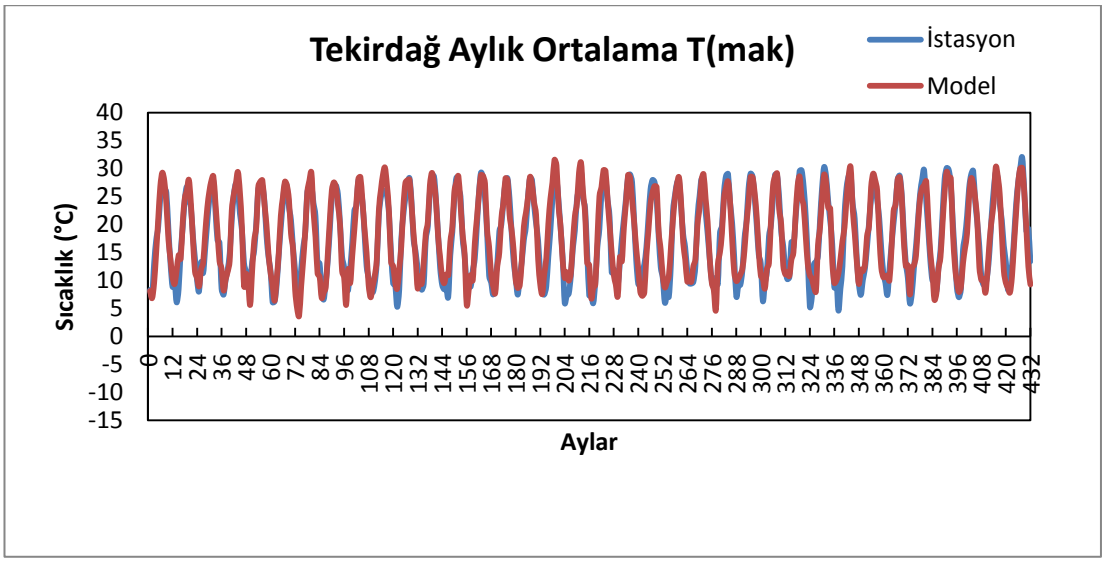
Şekil A.2 : Verilerin zaman serileri (1975-2010): bağıl nem.



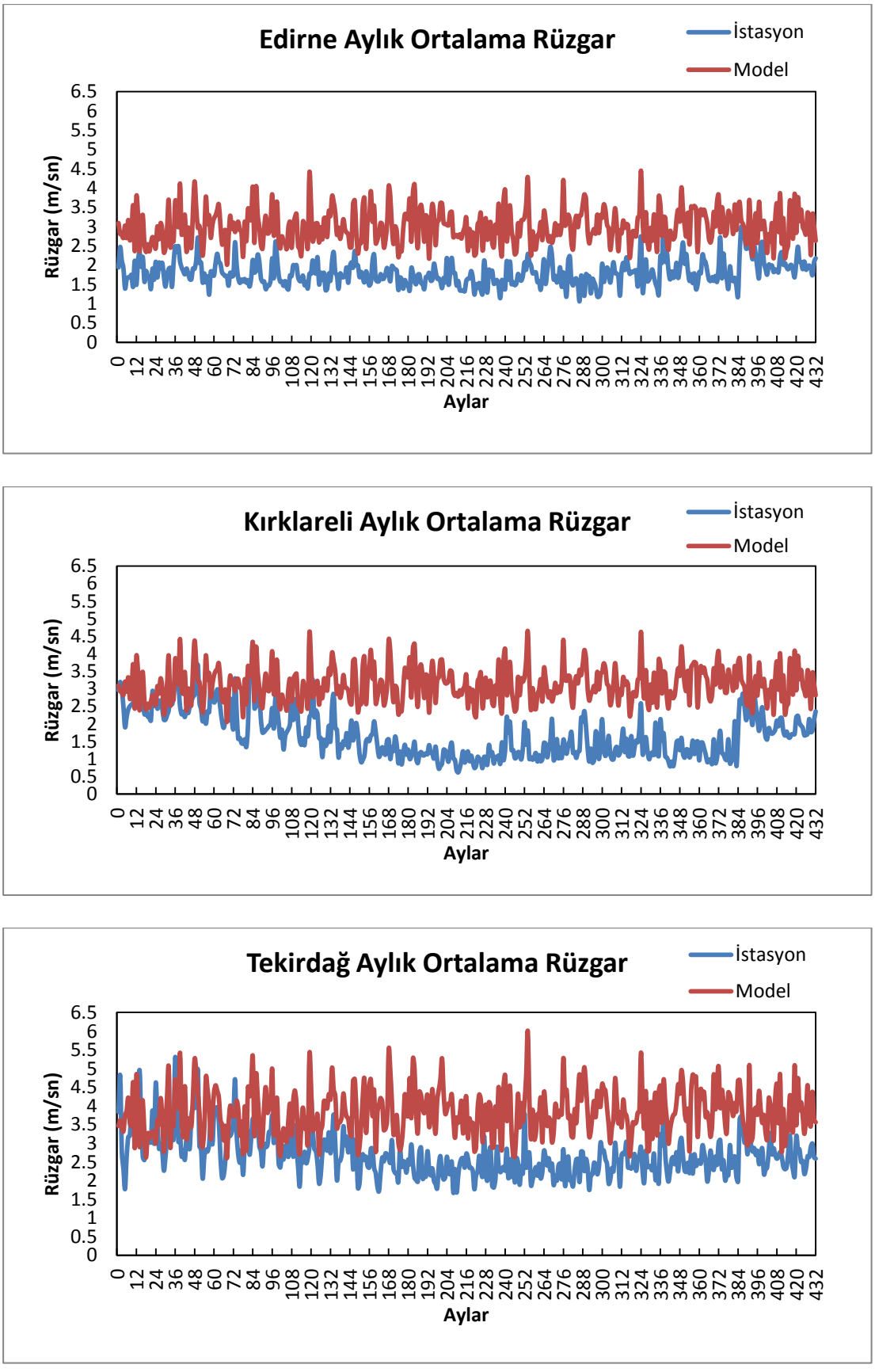
Şekil A.3 : Verilerin zaman serileri (1975-2010): minimum sıcaklık.





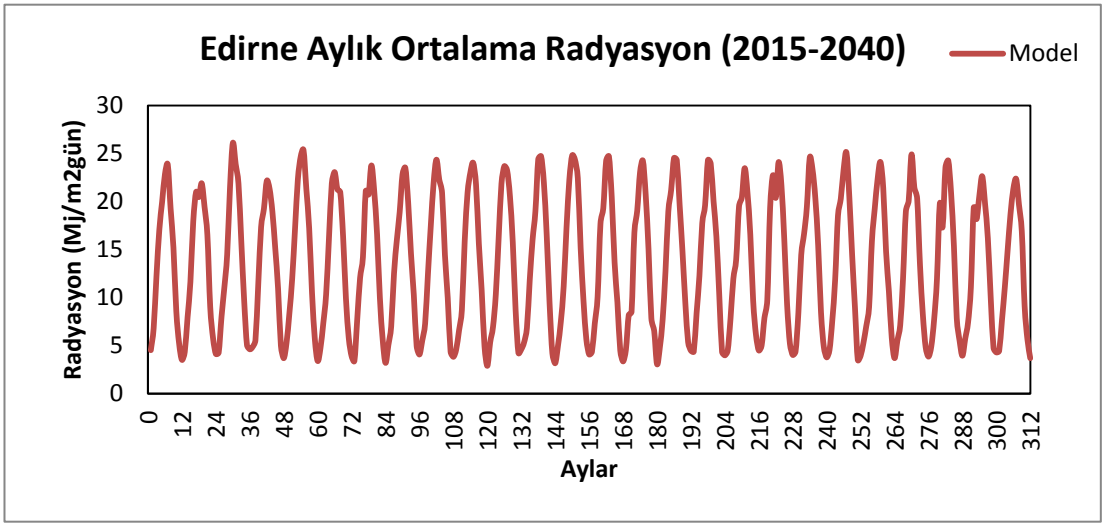


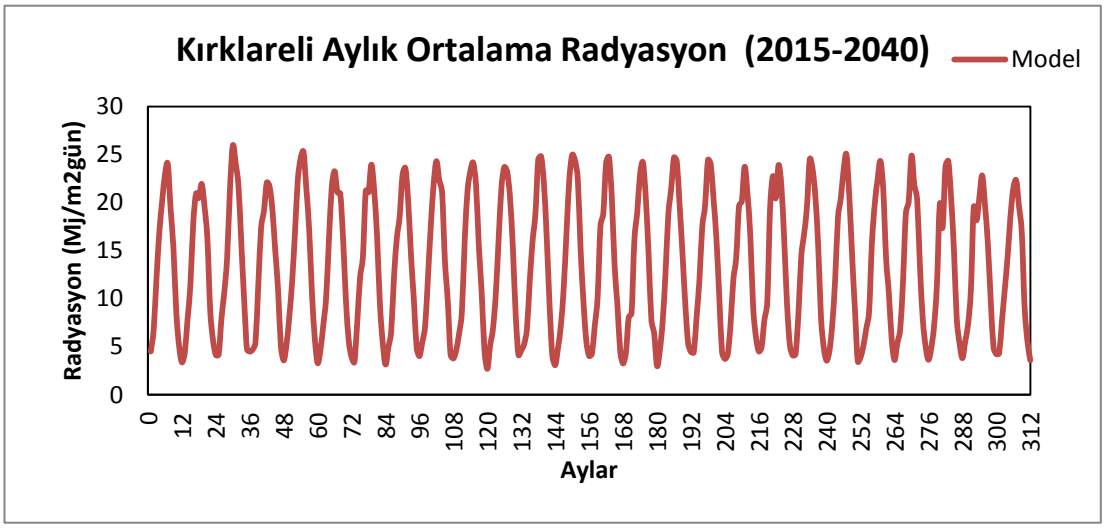
Şekil A.4 : Verilerin zaman serileri (1975-2010): maksimum sıcaklık.

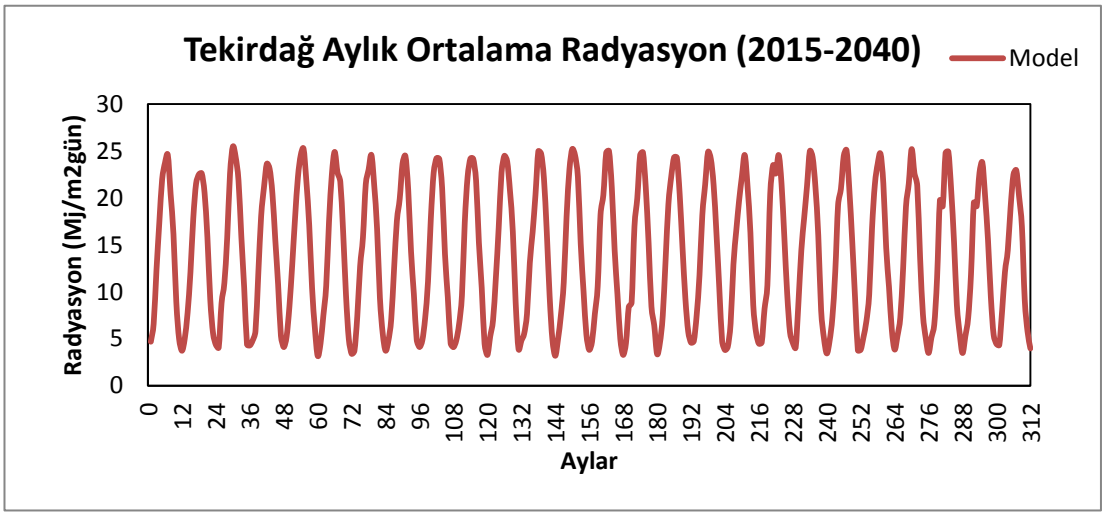


Şekil A.5 : Verilerin zaman serileri (1975-2010): rüzgar hızı.

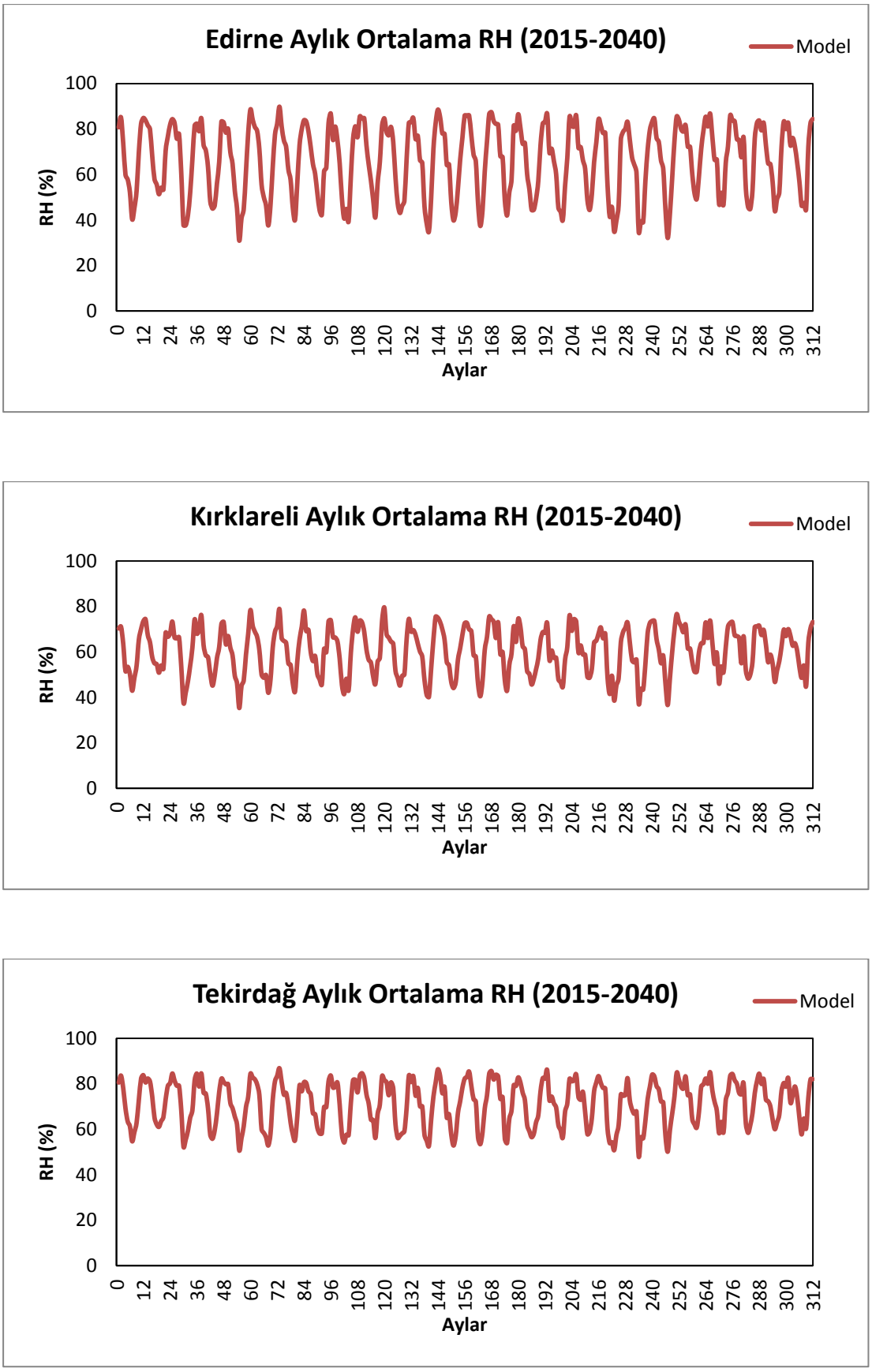
EK B Verilerin Zaman Serileri (2015-2040)



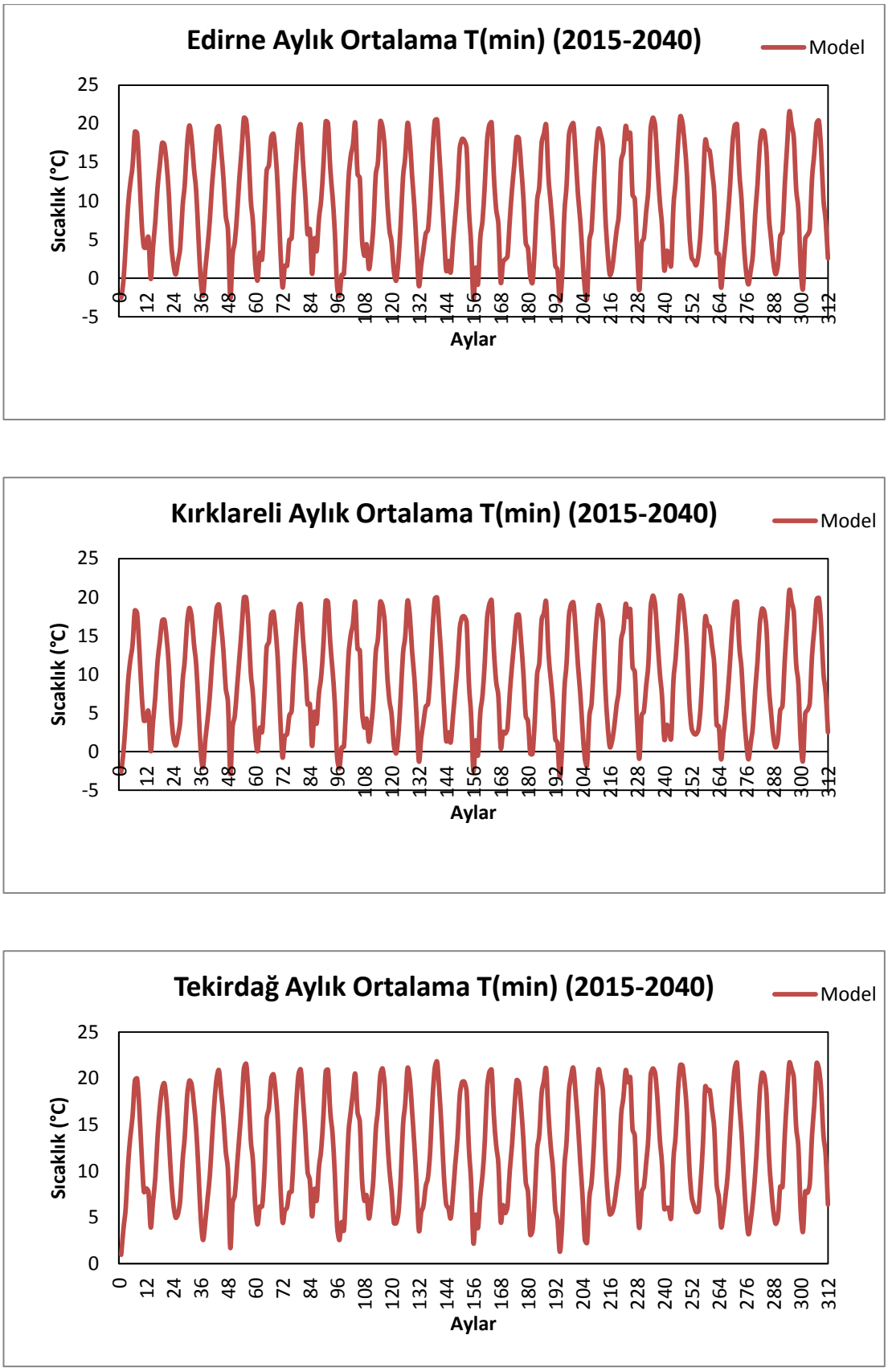




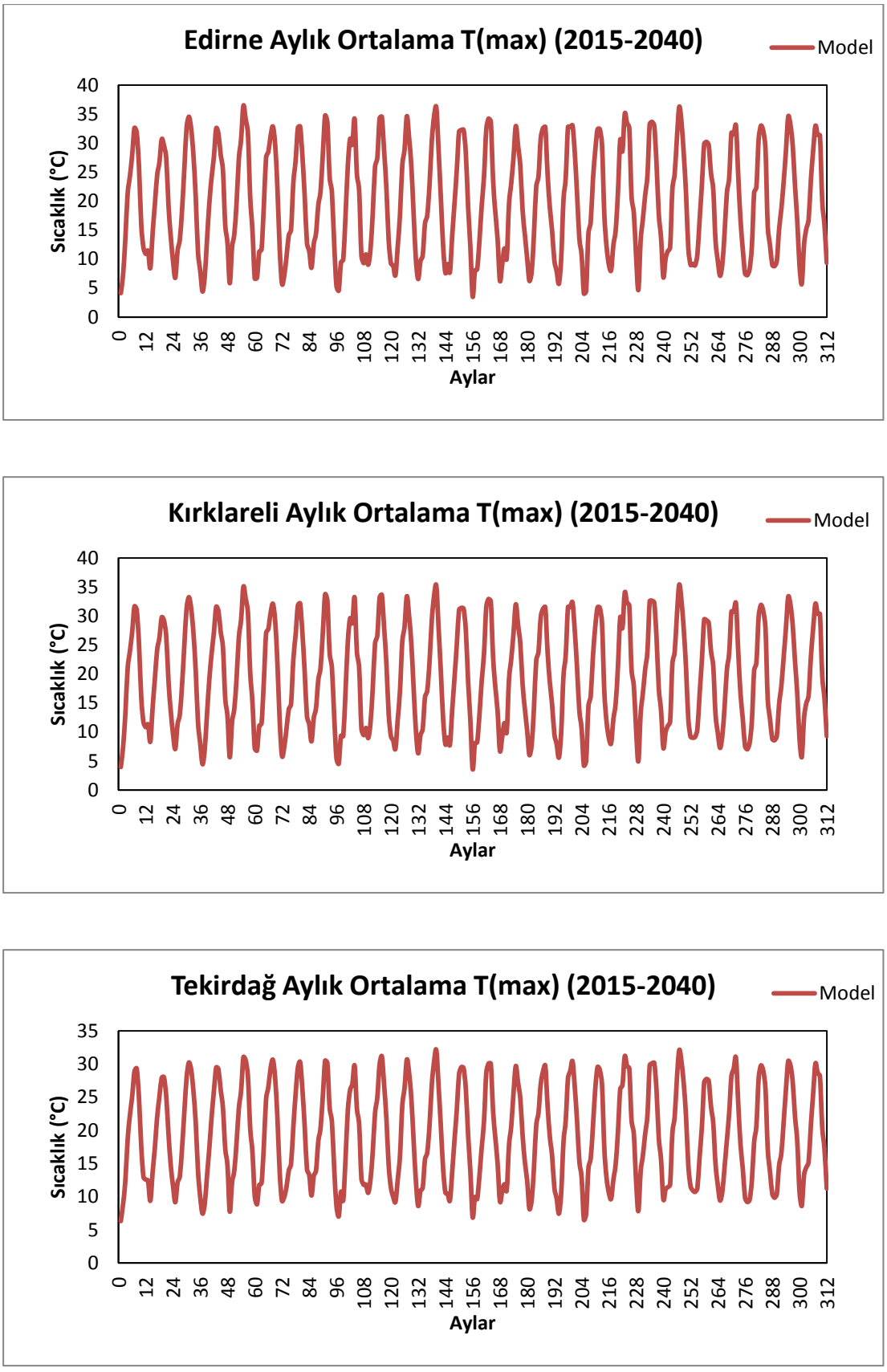
Şekil B.1 : Verilerin zaman serileri (2015-2040): radyasyon.



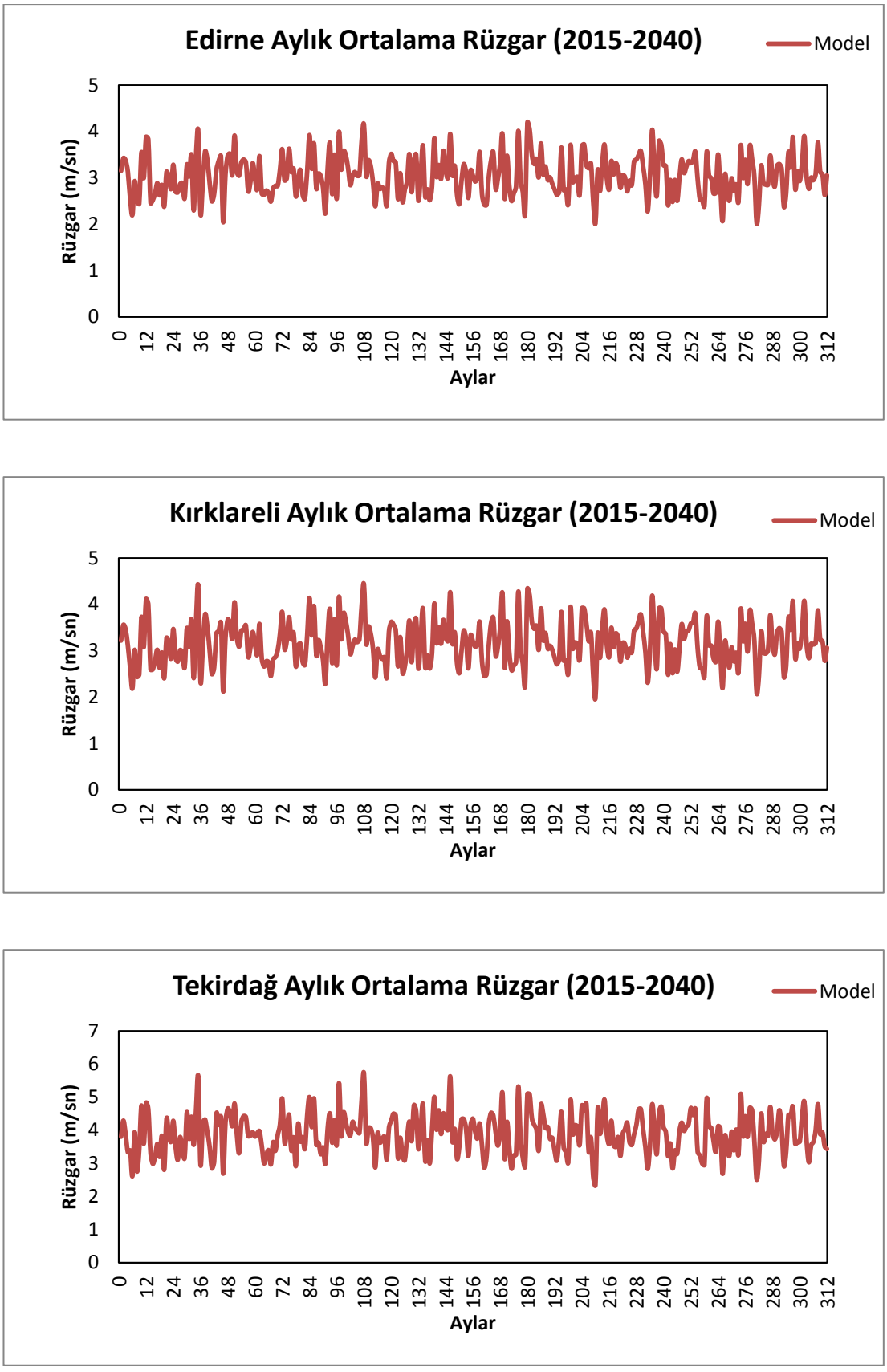
Şekil B.2 : Verilerin zaman serileri (2015-2040): bağıl nem.



Şekil B.3 : Verilerin zaman serileri (2015-2040): minimum sıcaklık.

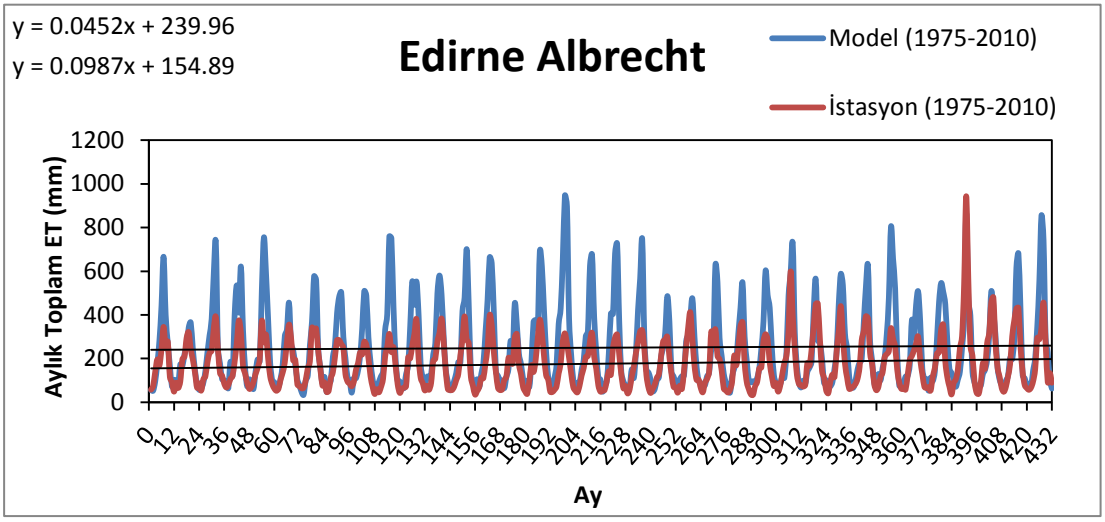


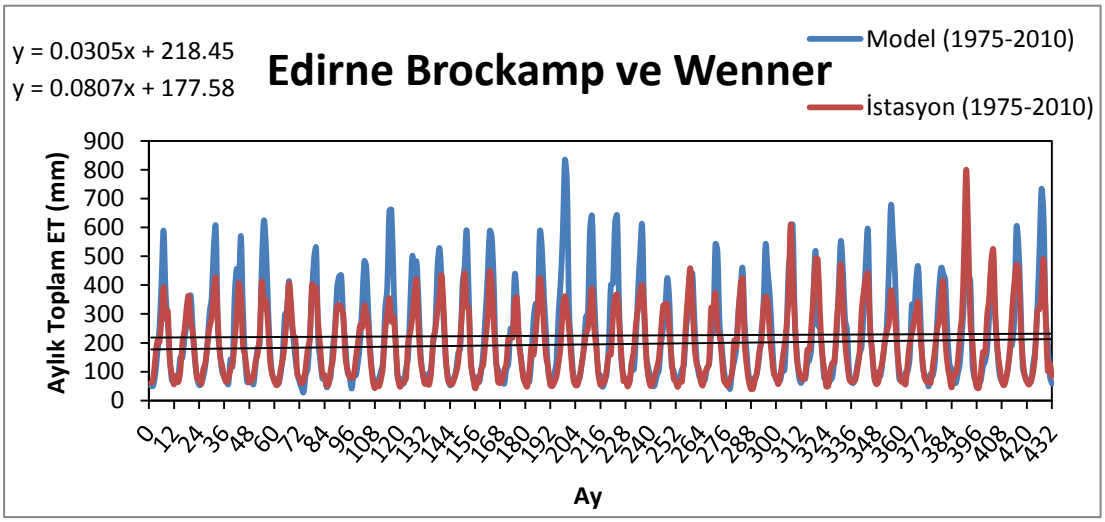
Şekil B.4 : Verilerin zaman serileri (2015-2040): maksimum sıcaklık.

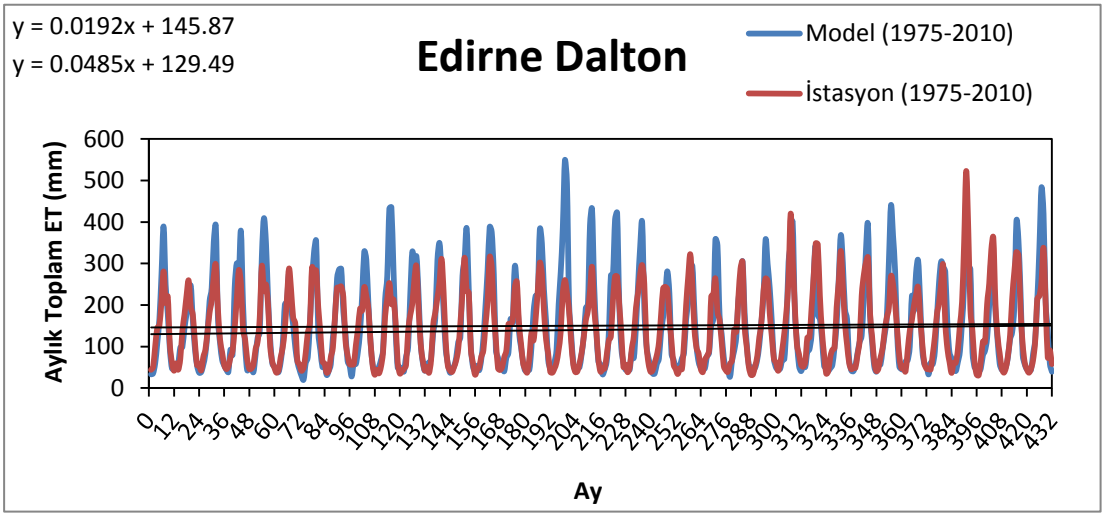


Şekil B.5 : Verilerin zaman serileri (2015-2040): rüzgar hızı.

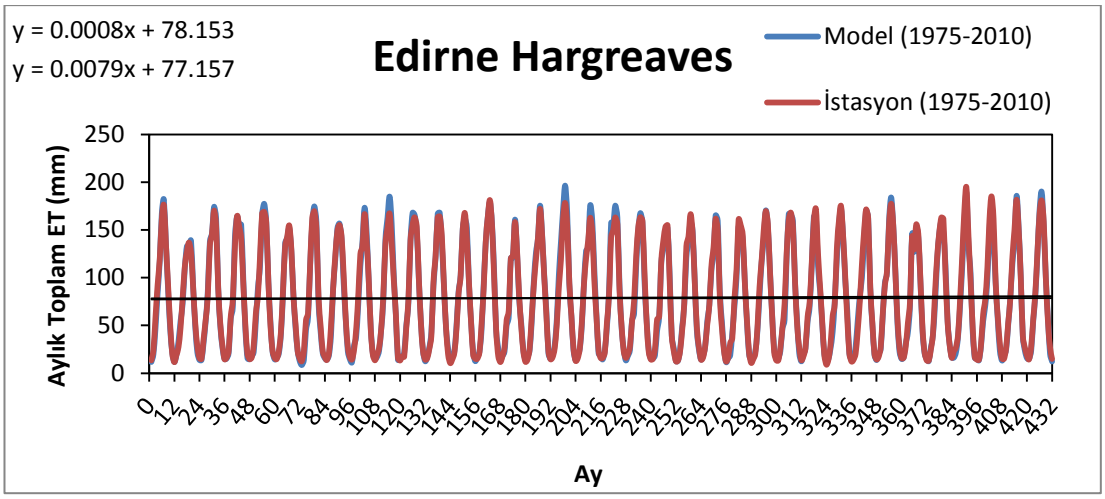
EK C Evapotranspirasyon Zaman Serileri (1975-2010)

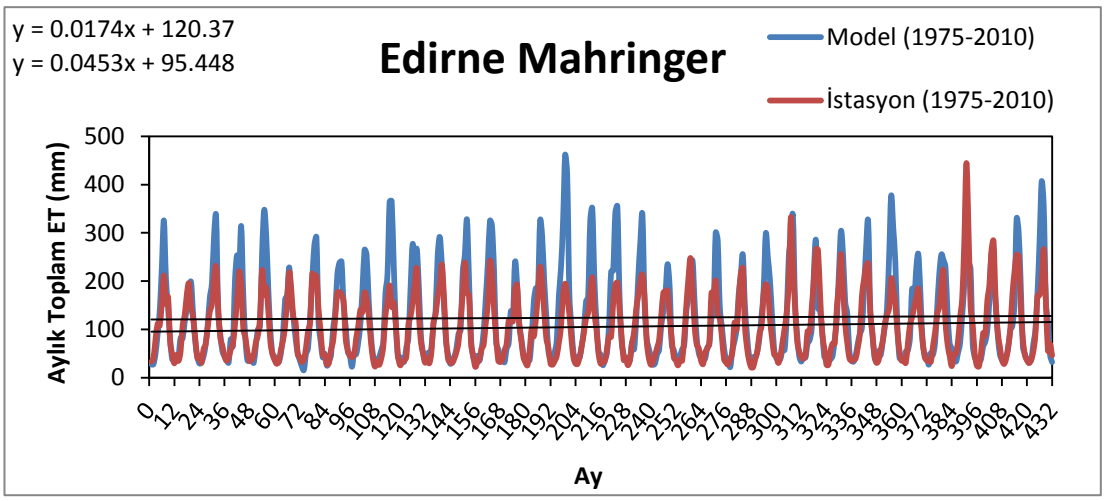


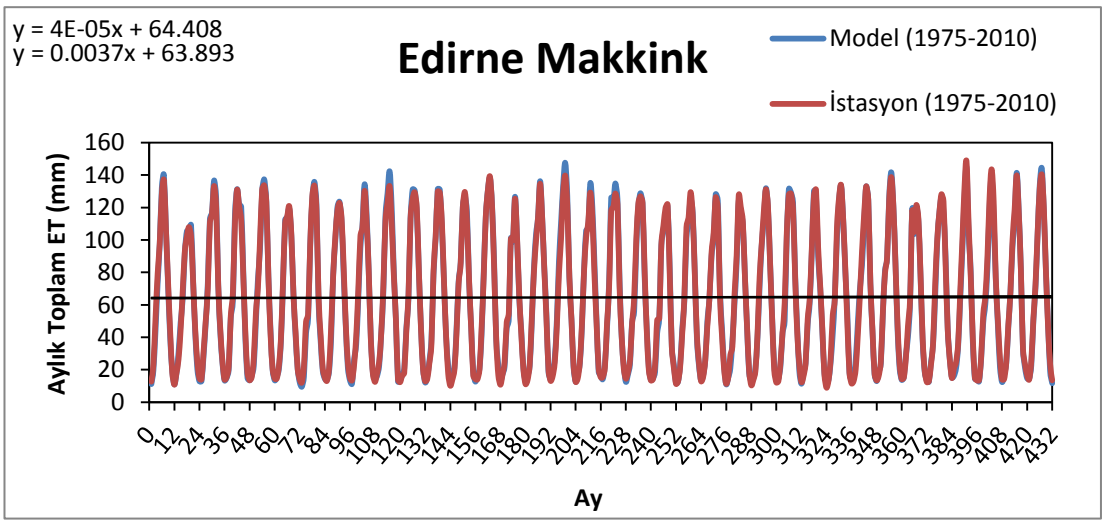




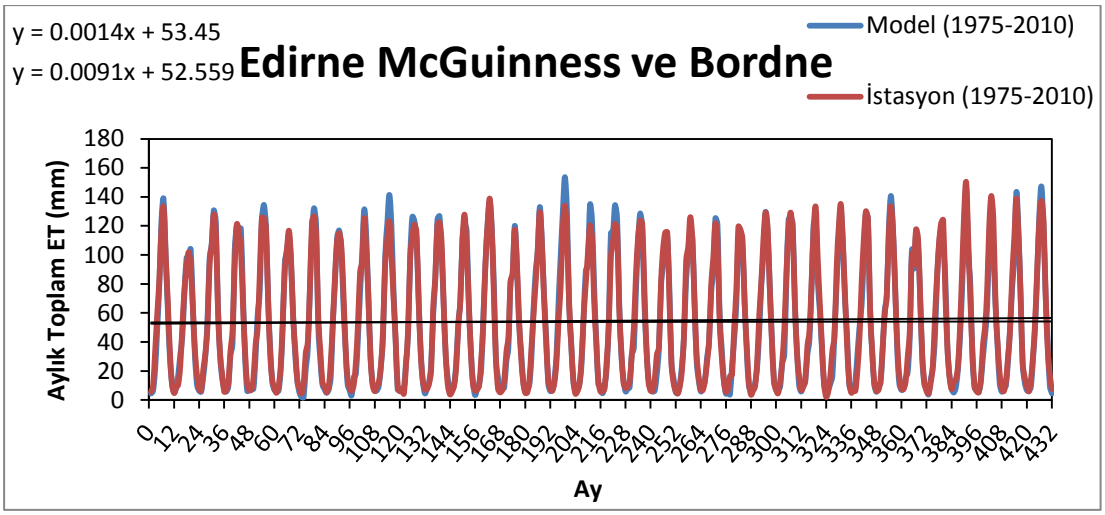
Şekil C.1 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Edirne.

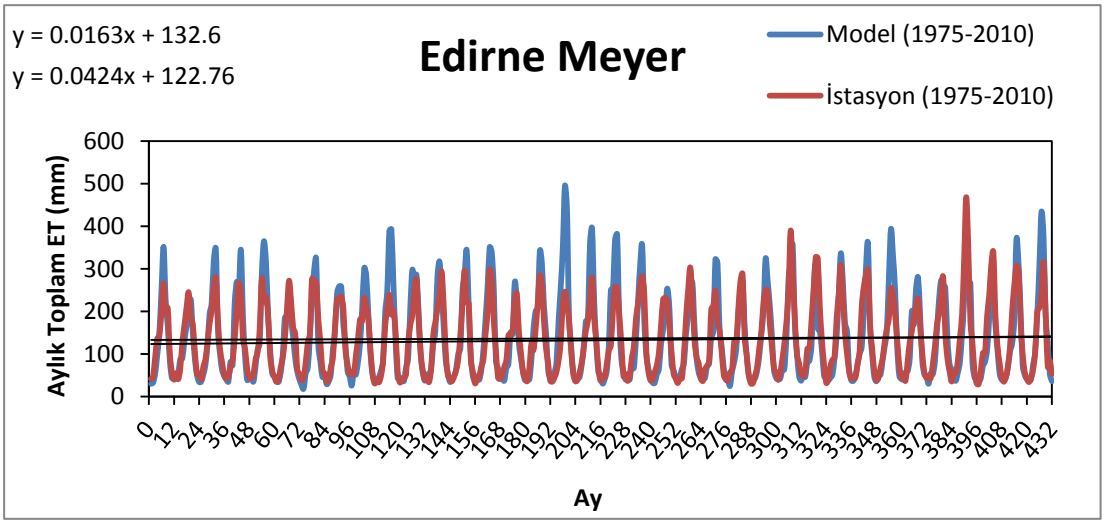


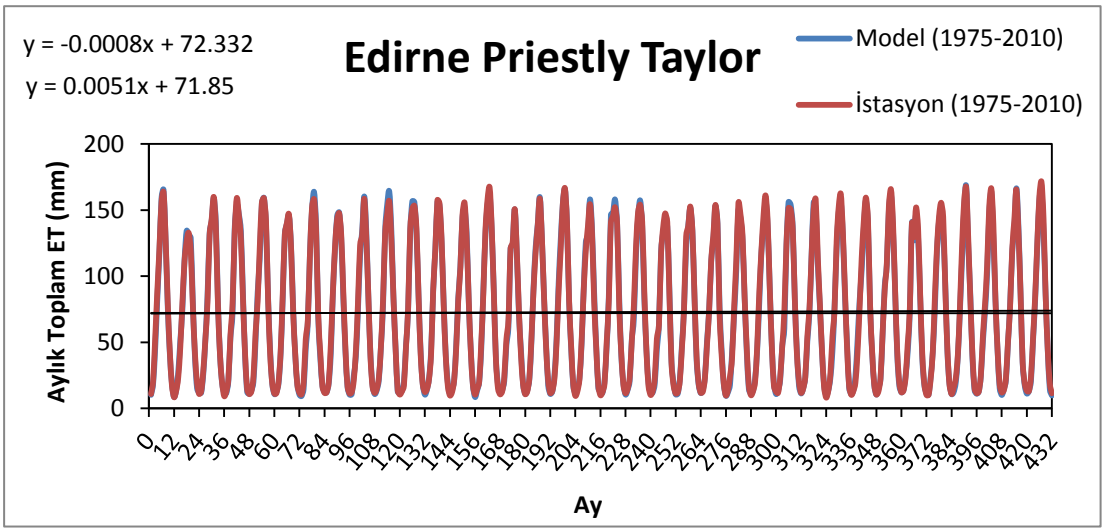




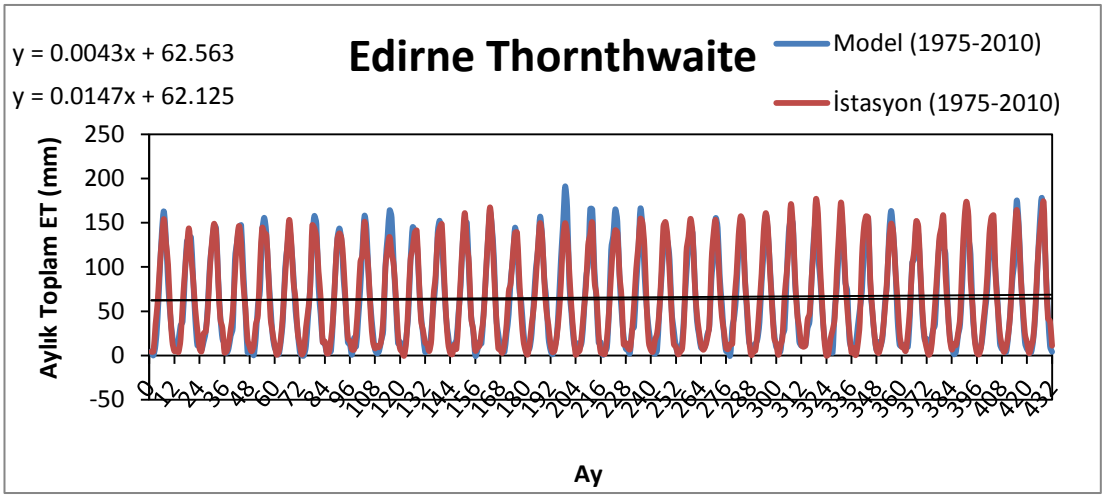
Şekil C.1 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Edirne.

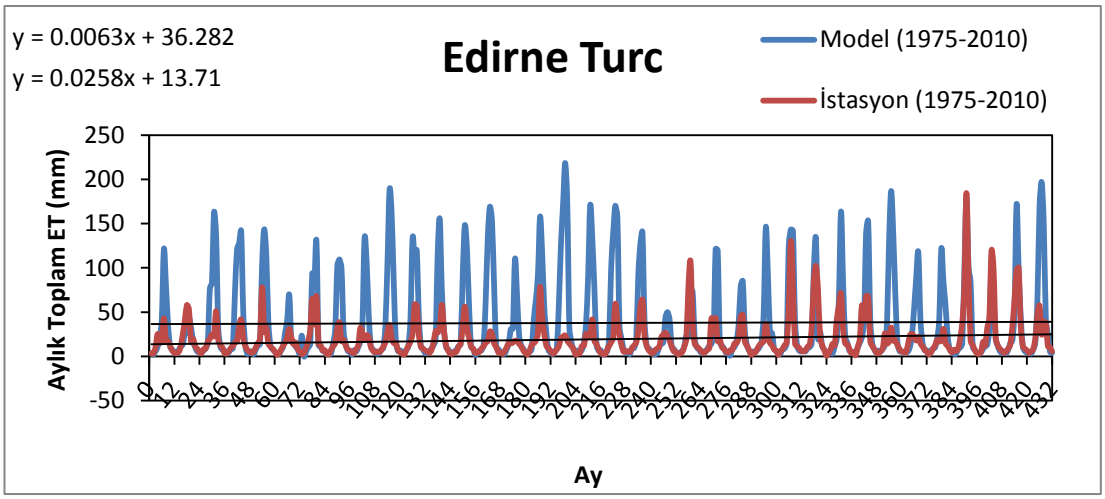


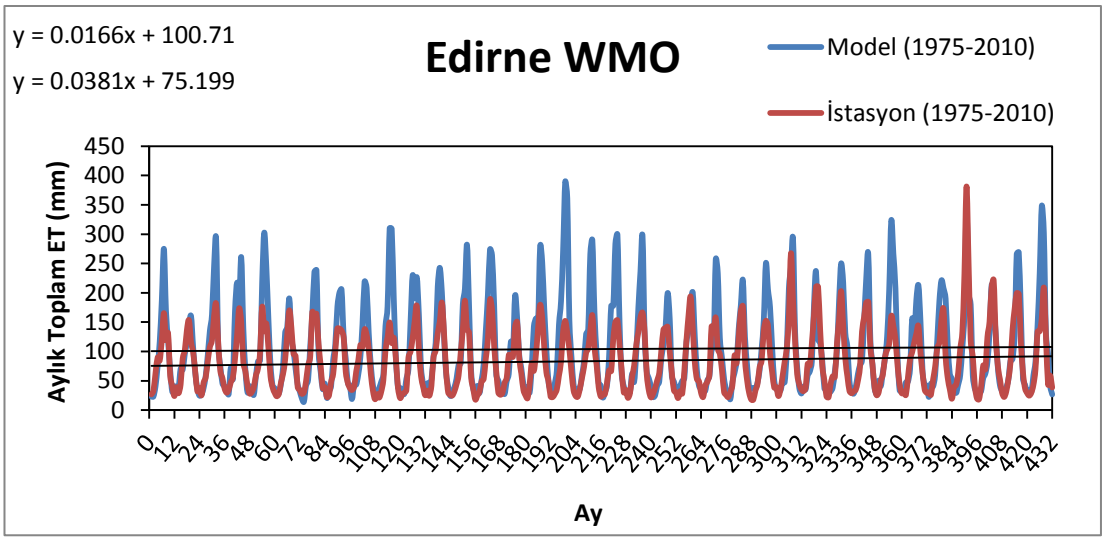




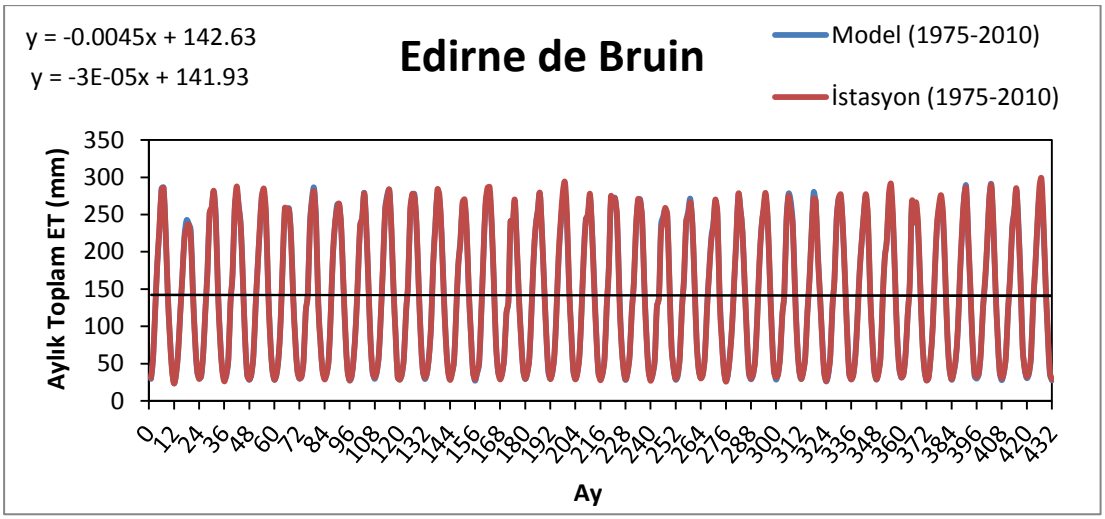
Şekil C.1 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Edirne.

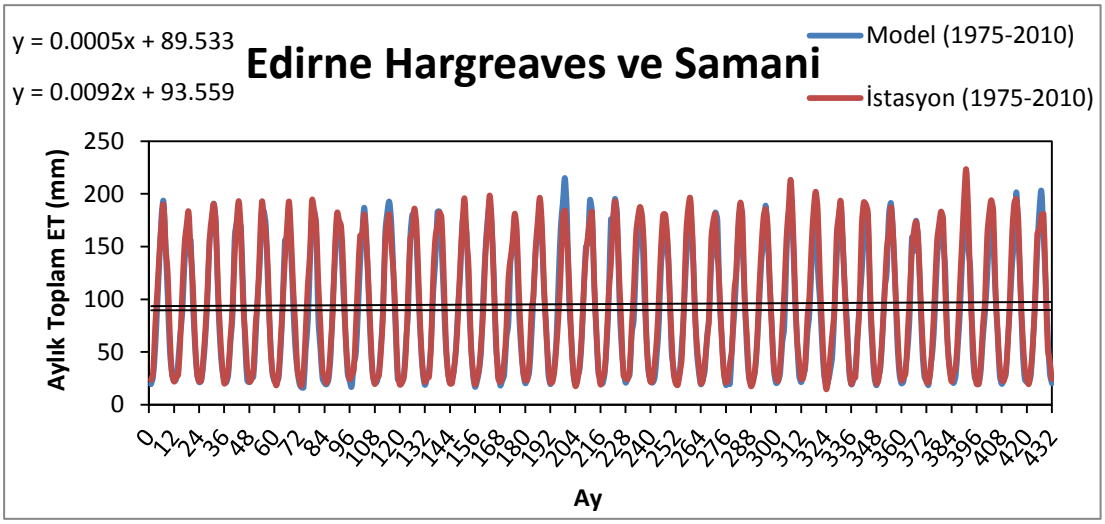


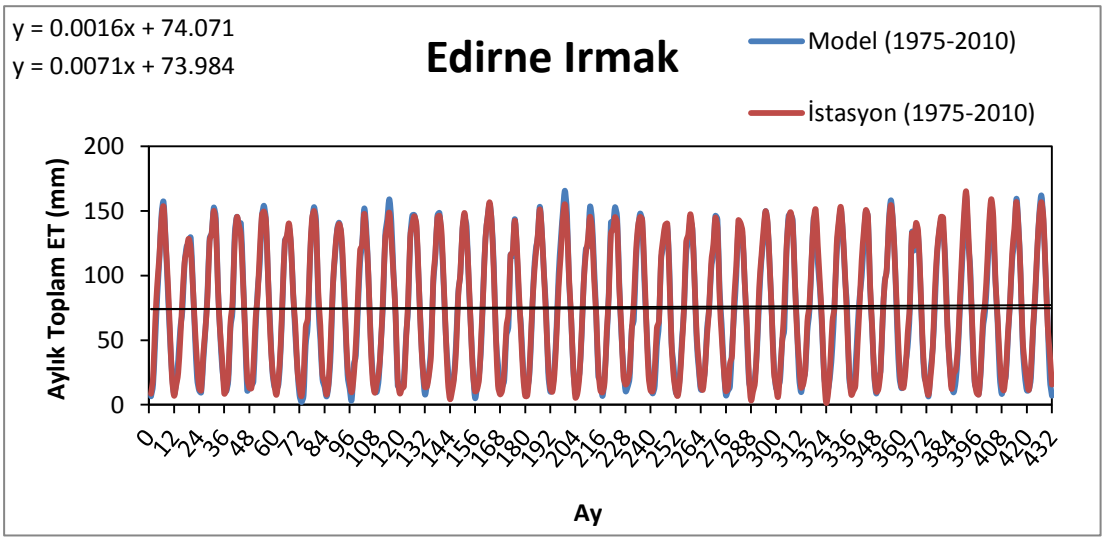




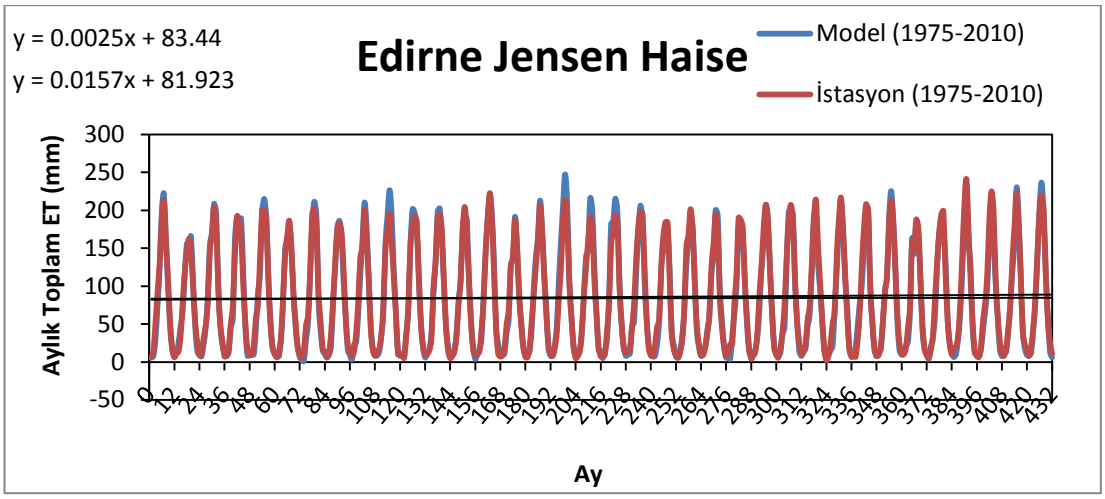
Şekil C.1 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Edirne.

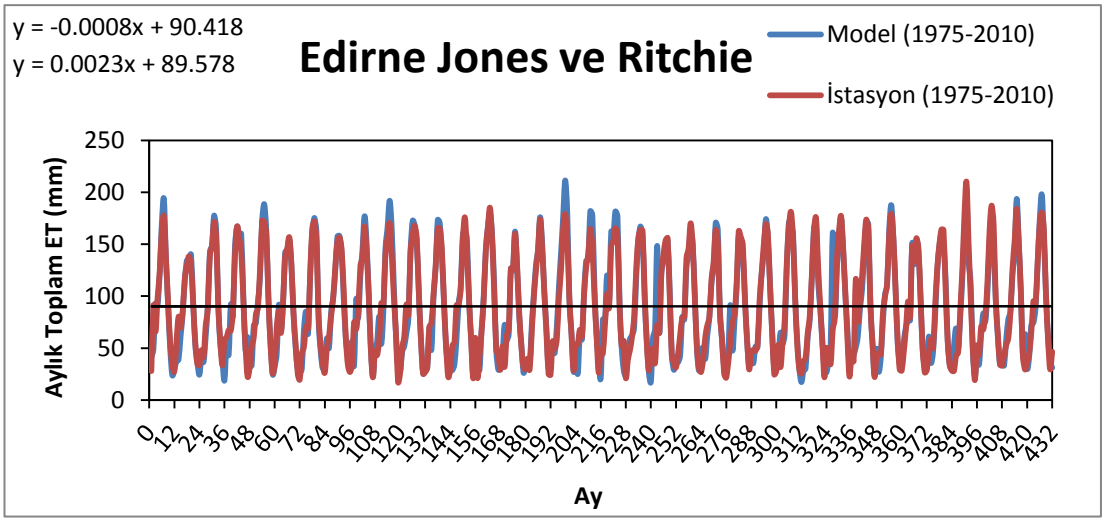


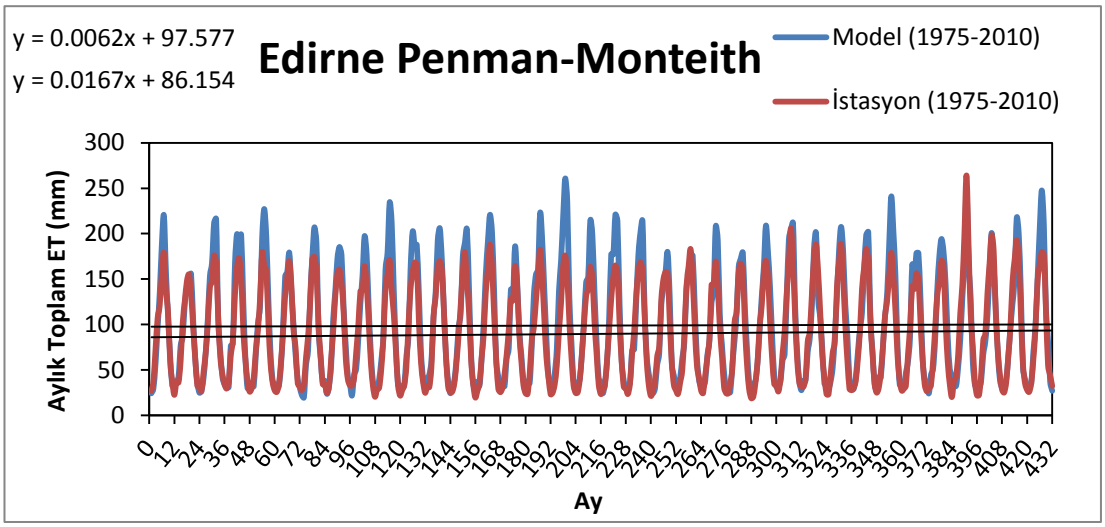




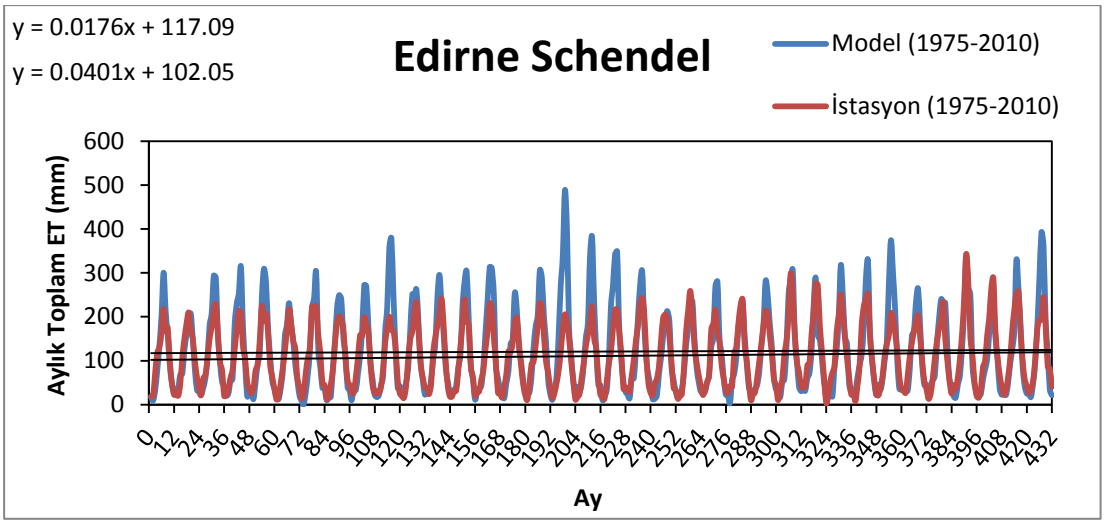
Şekil C.1 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Edirne.

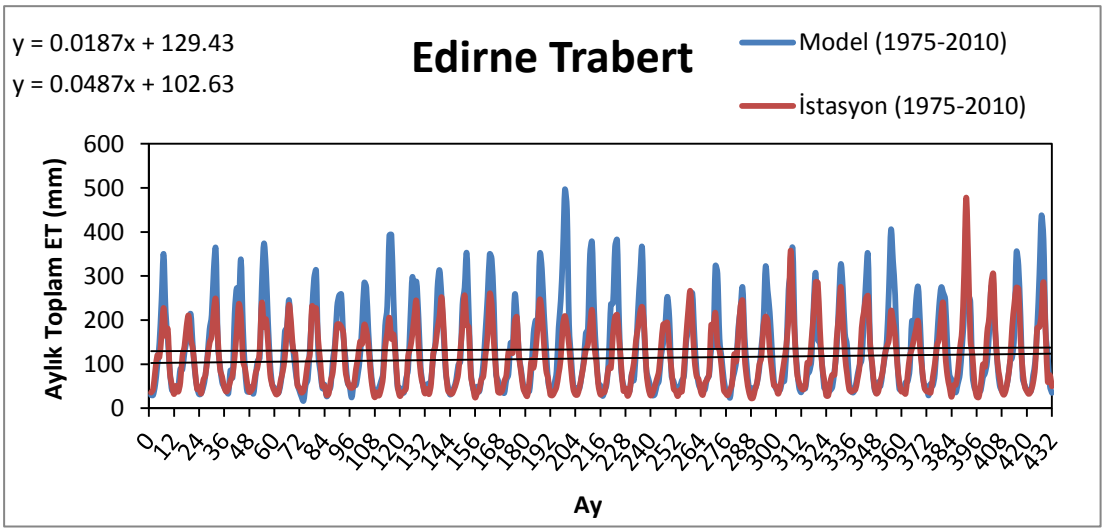




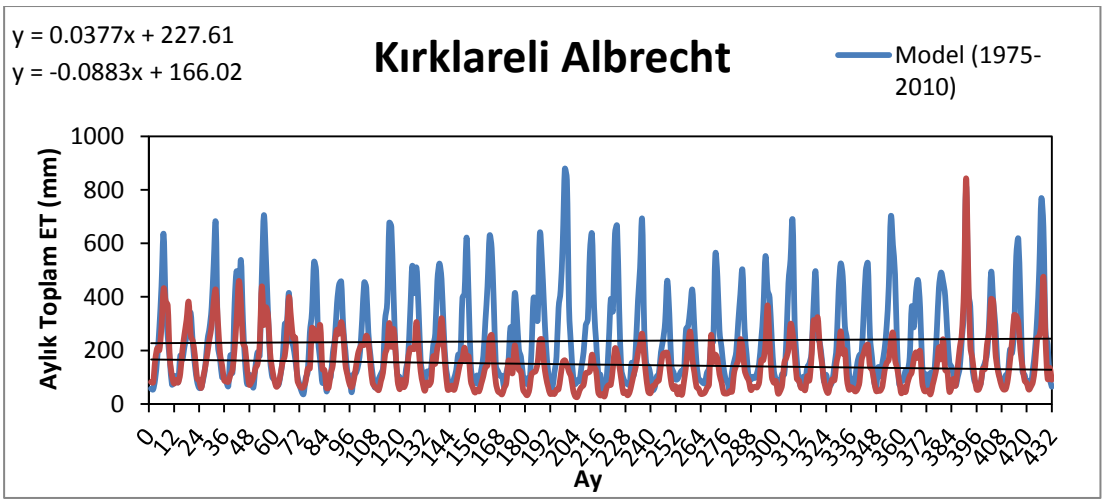


Şekil C.1 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Edirne.

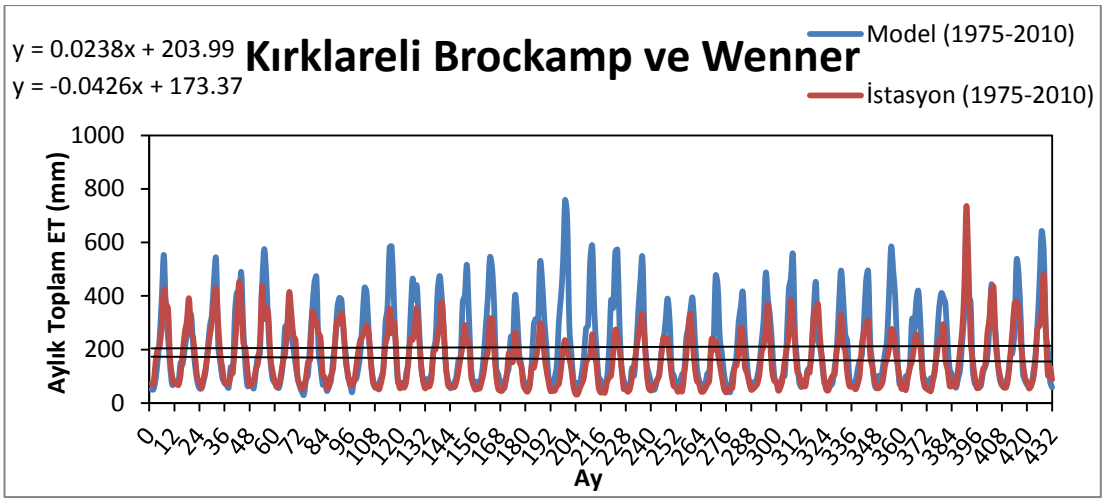


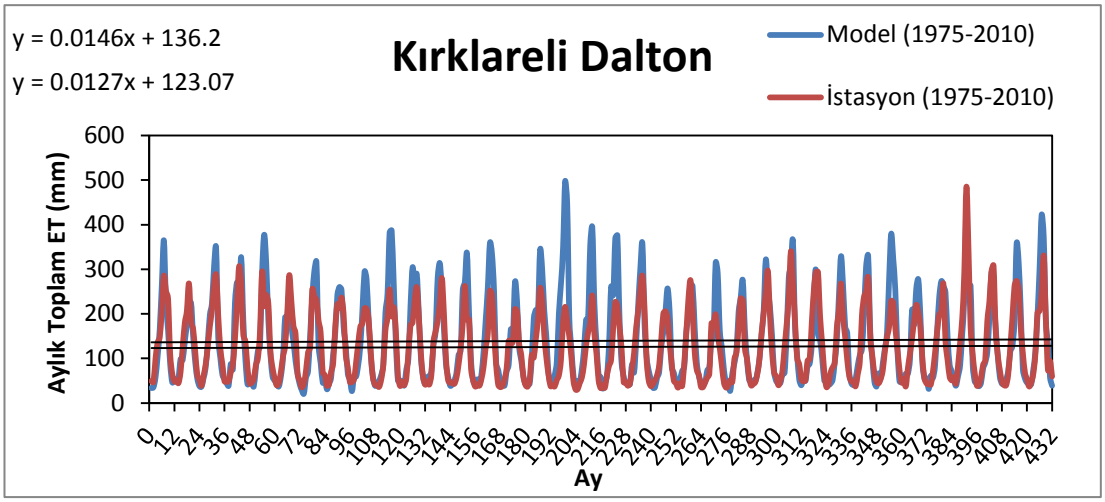


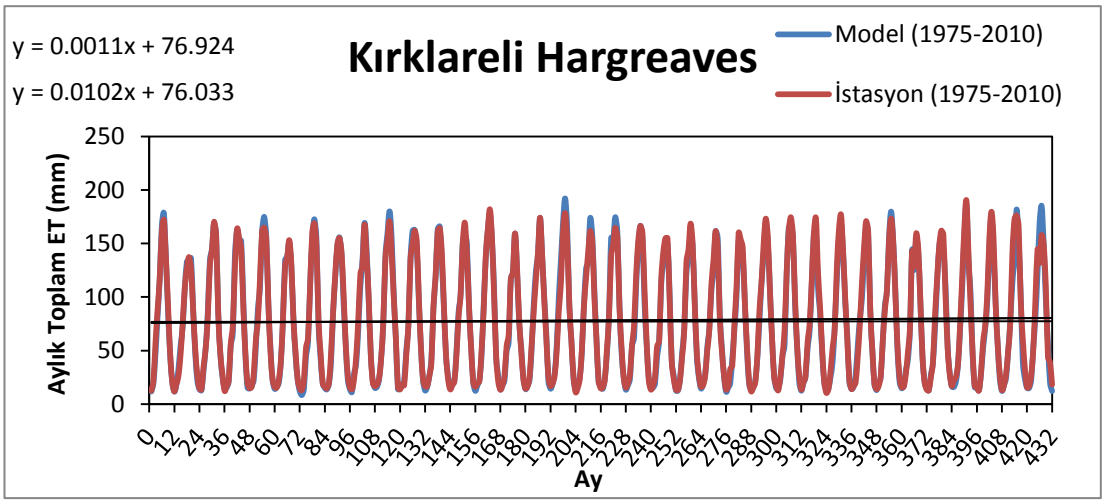
Şekil C.1 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Edirne.



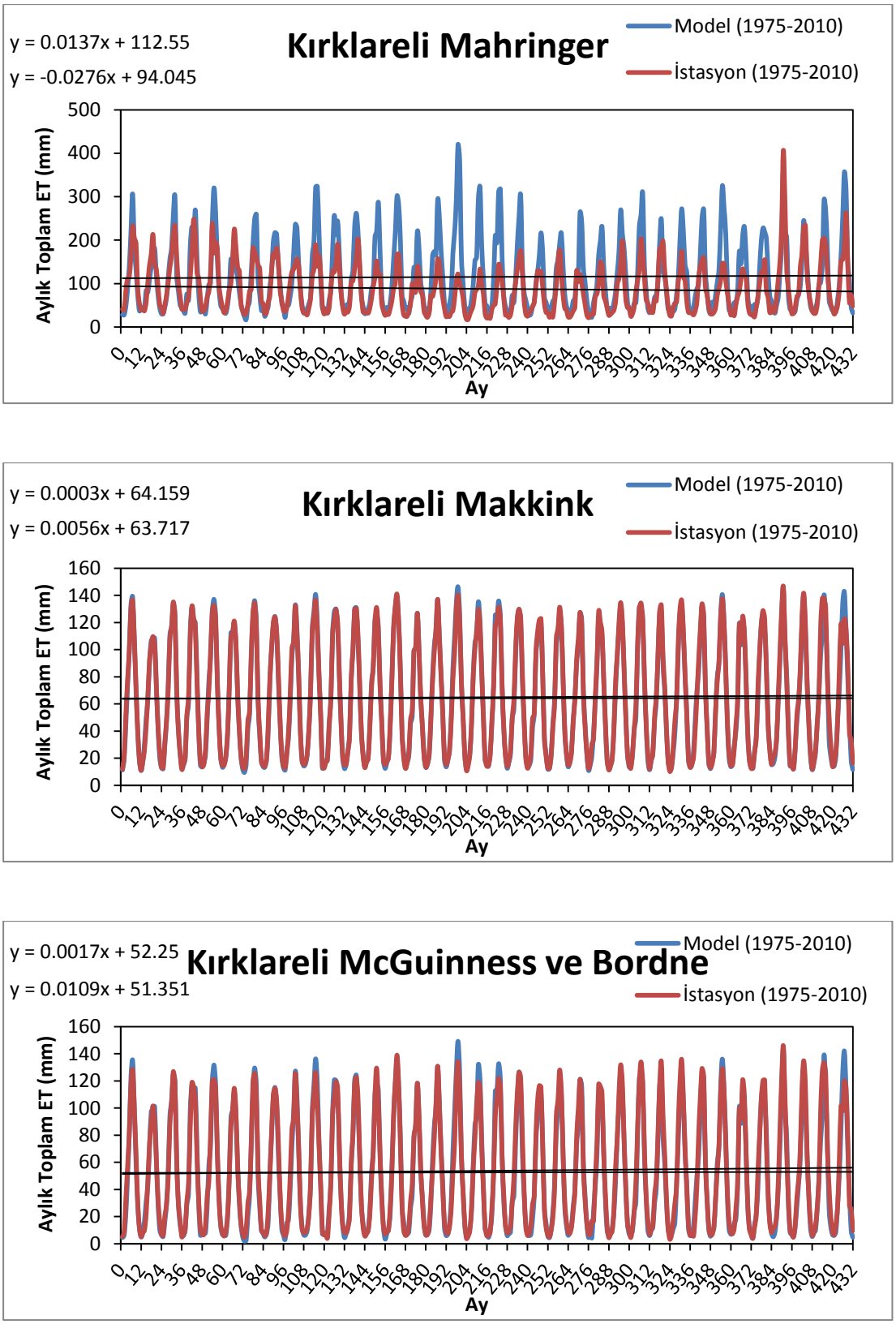
Şekil C.2 : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Kırklareli.



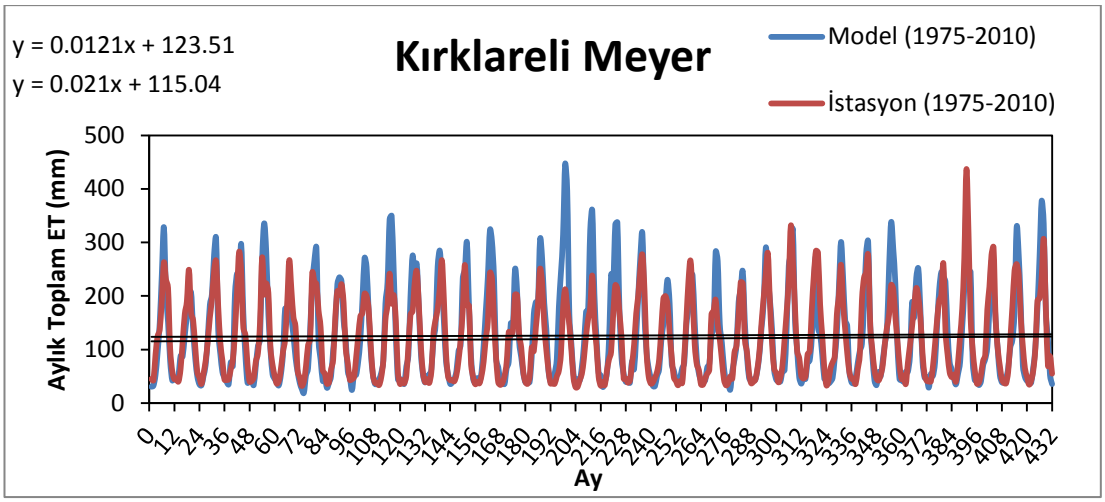


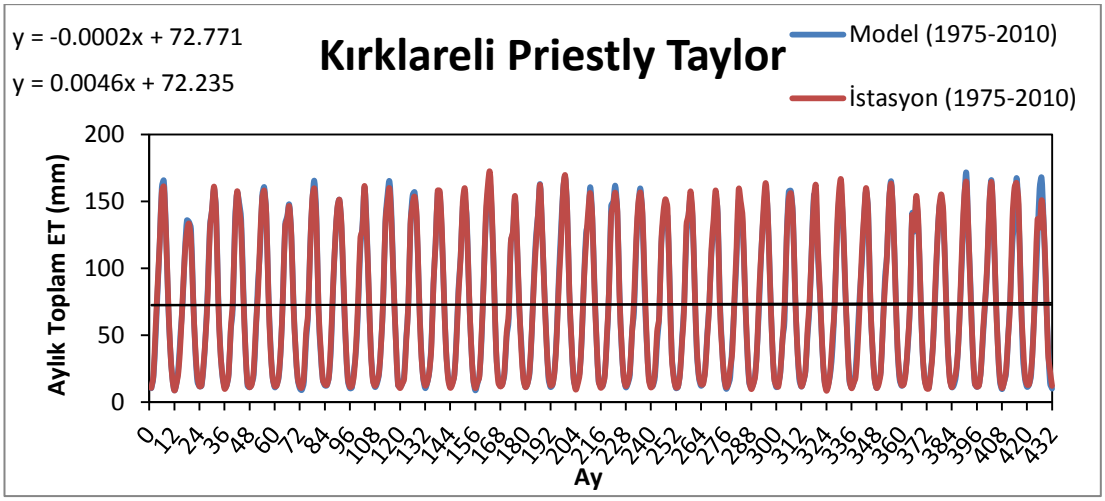


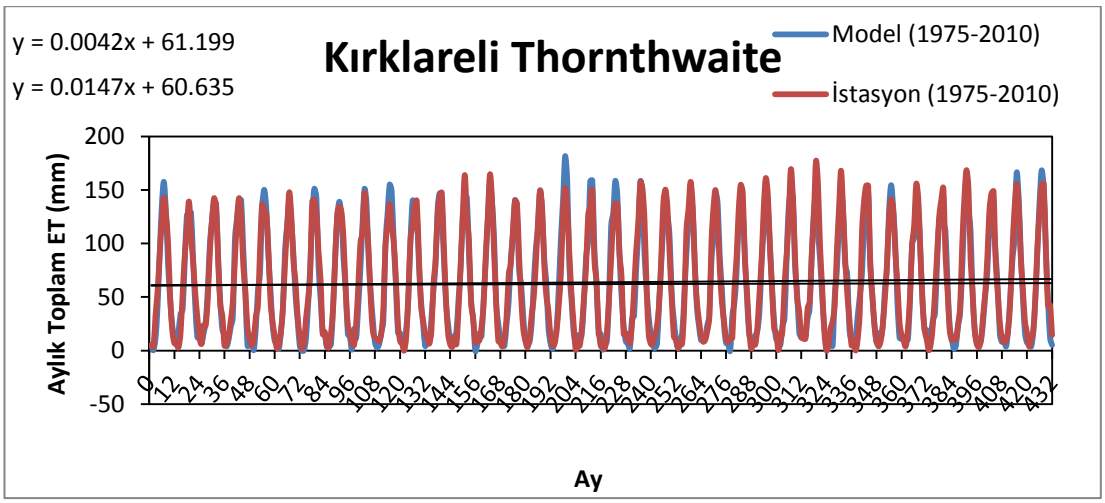
Şekil C.2 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Kırklareli.



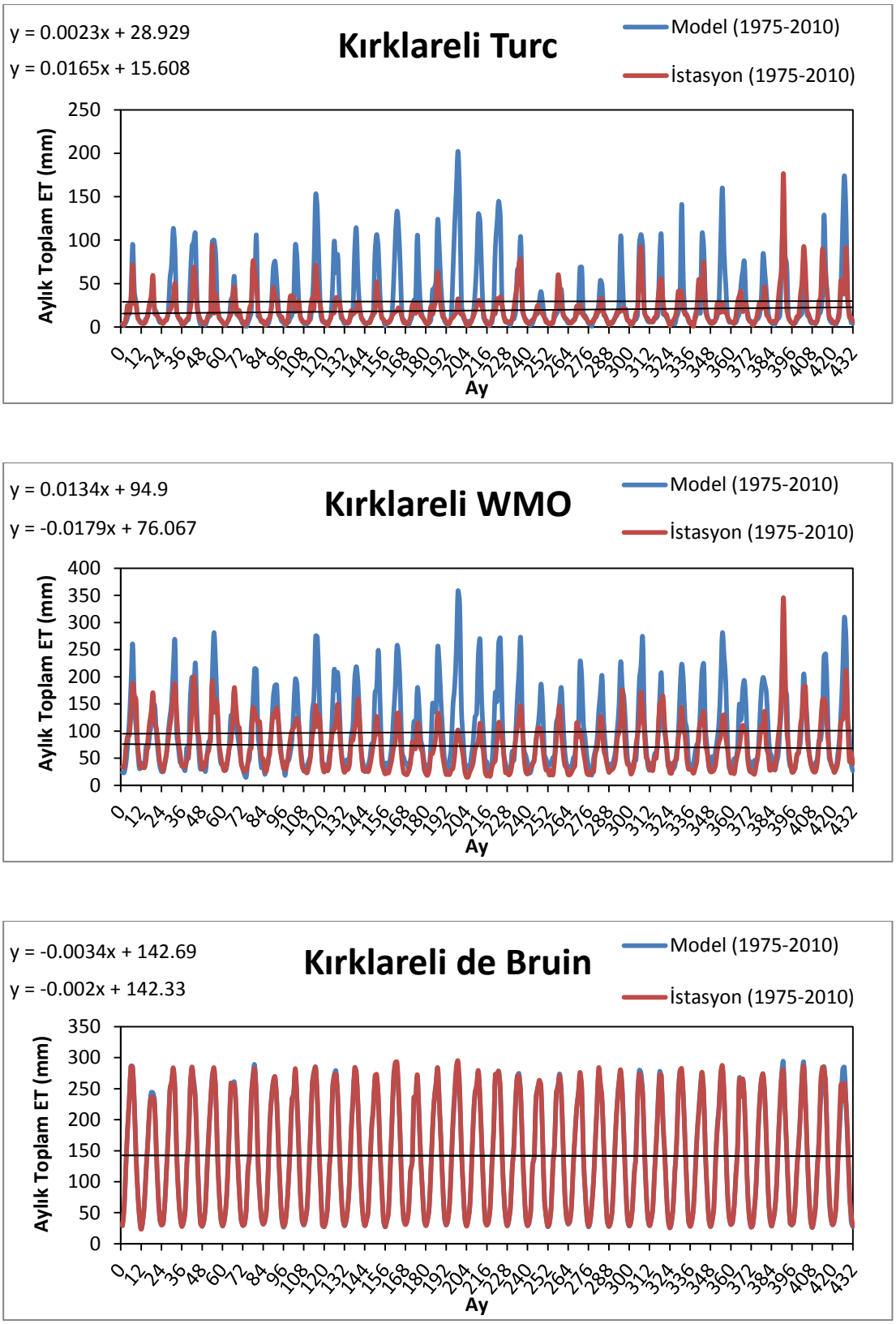
Şekil C.2 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Kırklareli.



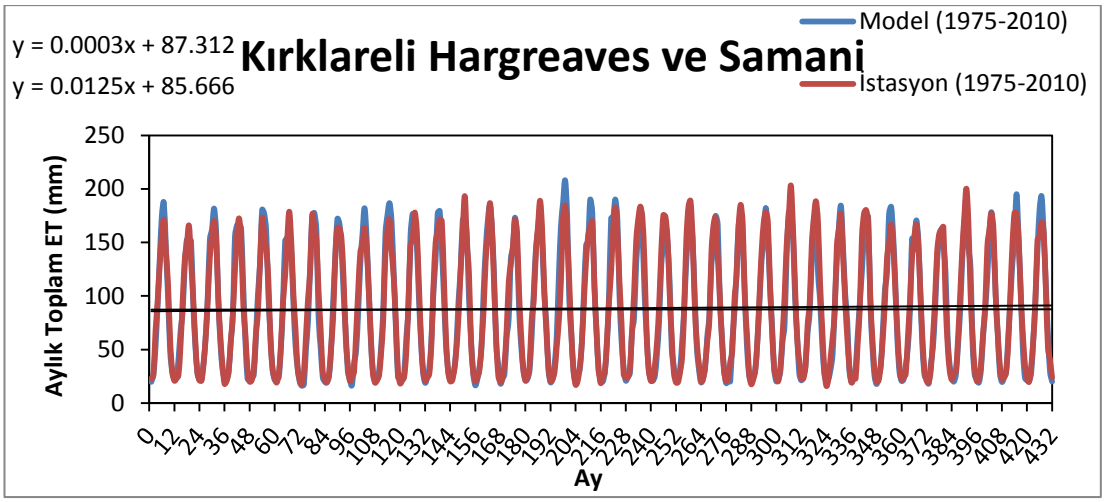


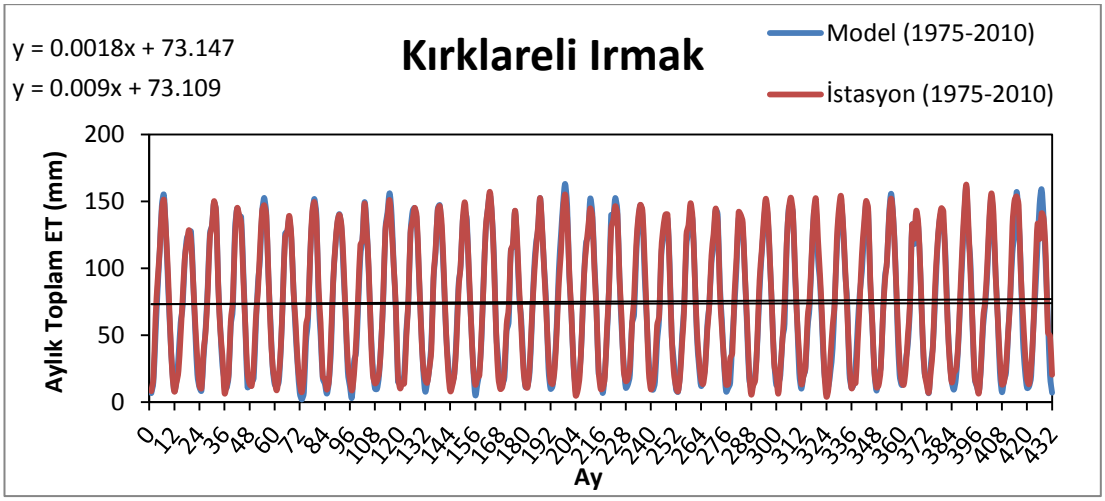


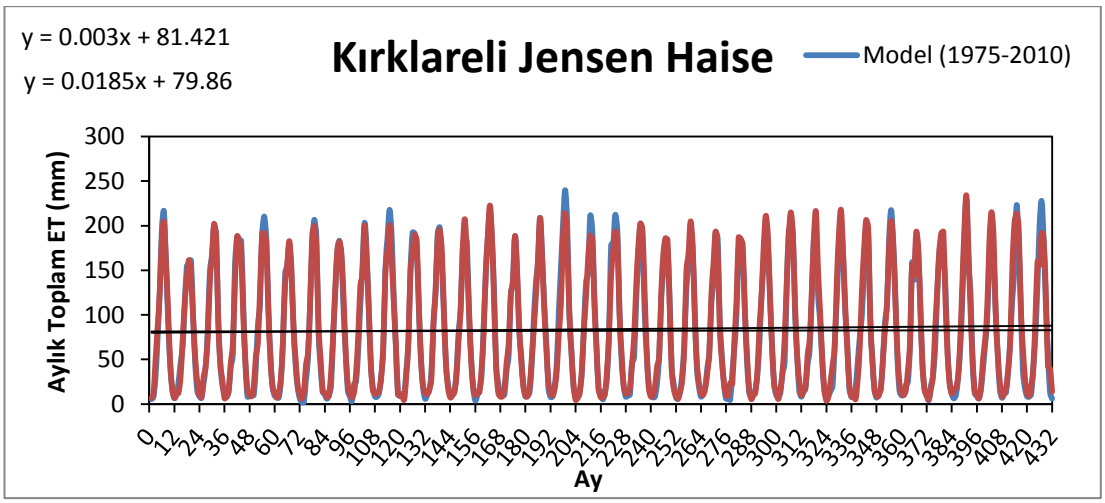
Şekil C.2 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Kırklareli.



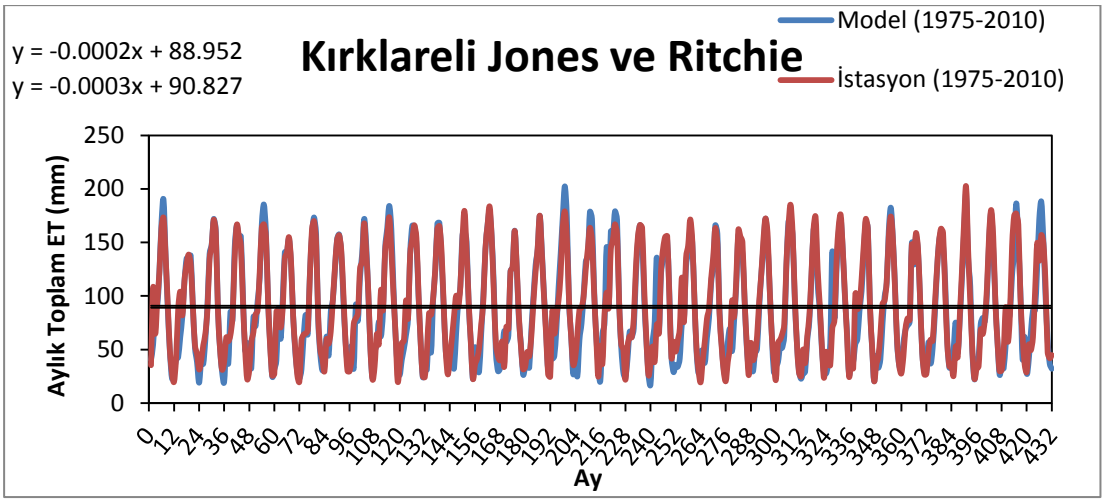
Şekil C.2 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Kırklareli.

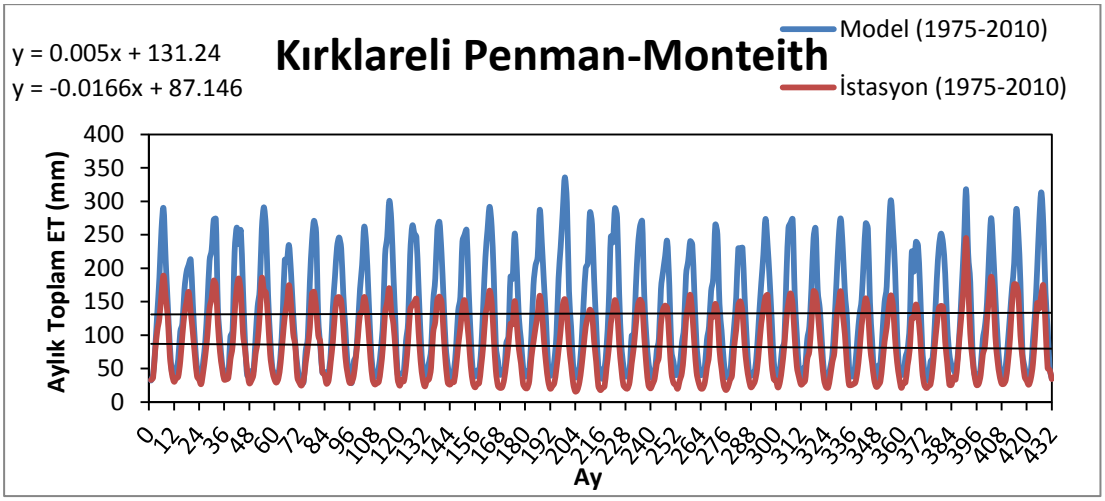


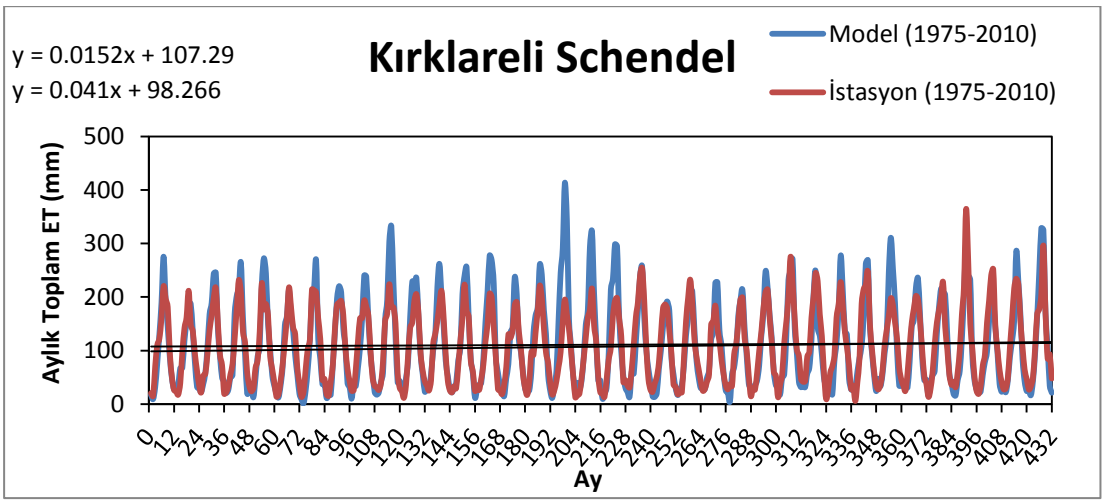




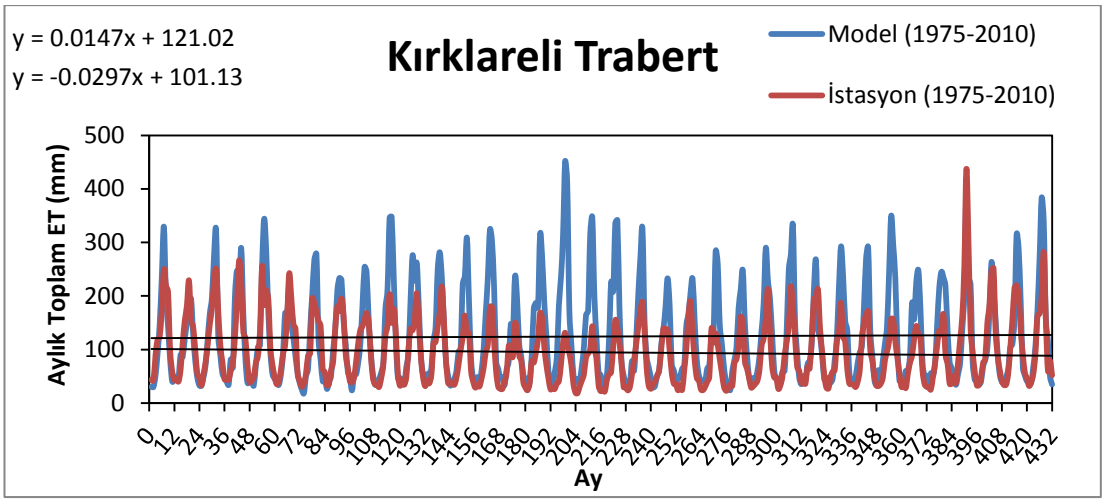
Şekil C.2 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Kırklareli.



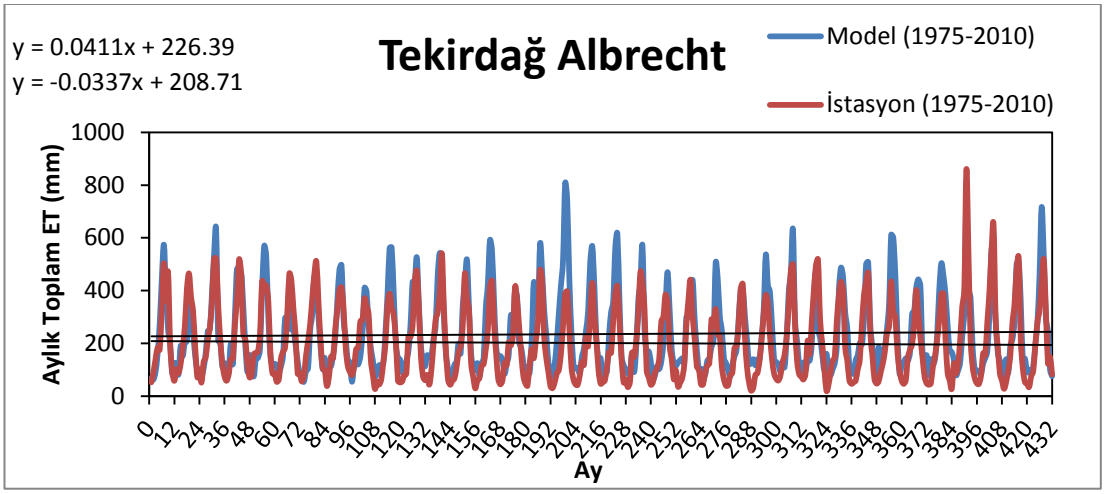


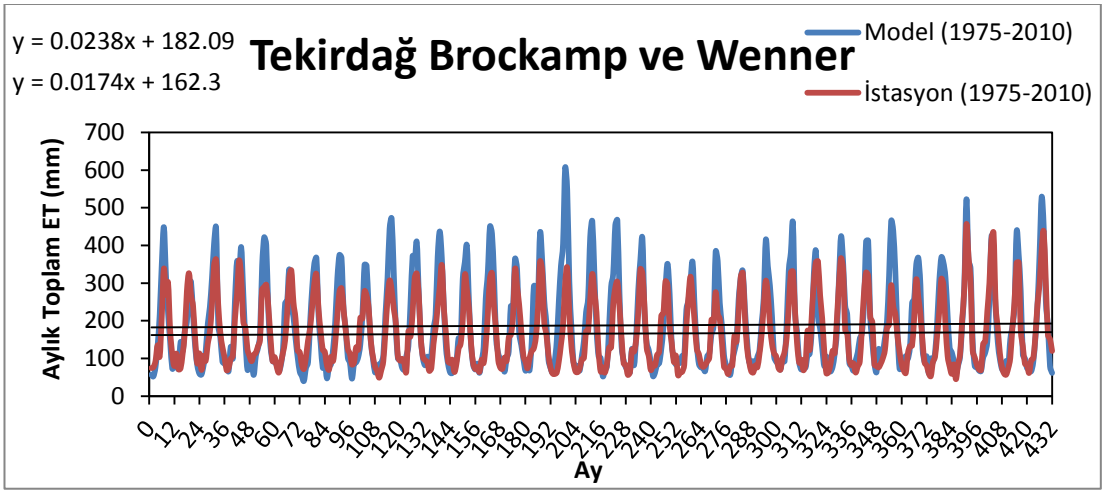


Şekil C.2 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Kırklareli.

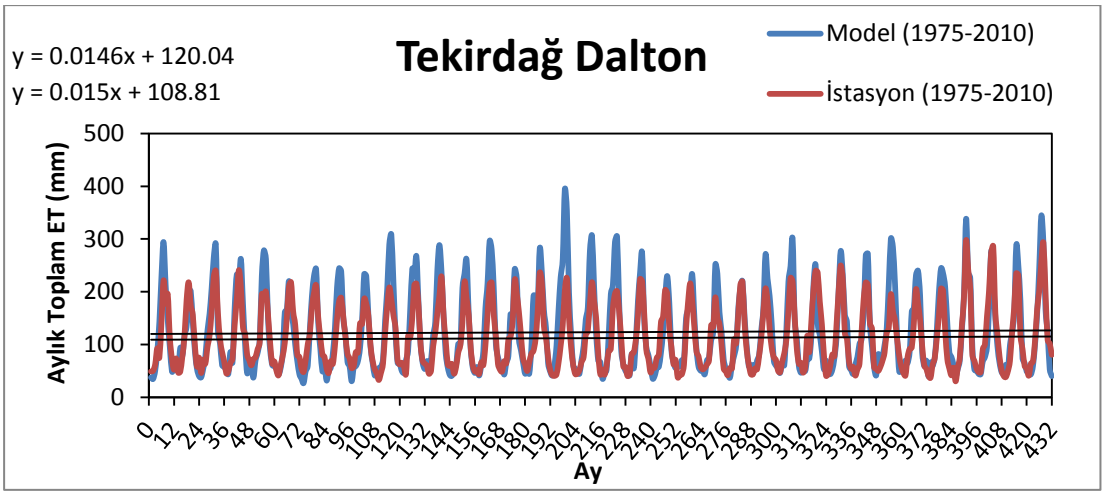


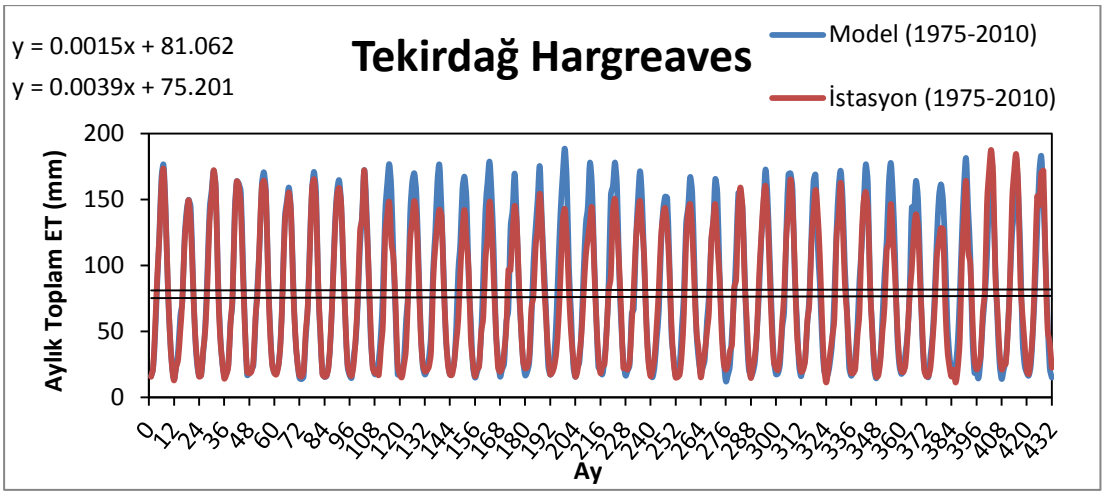
Şekil C.2 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Kırklareli.

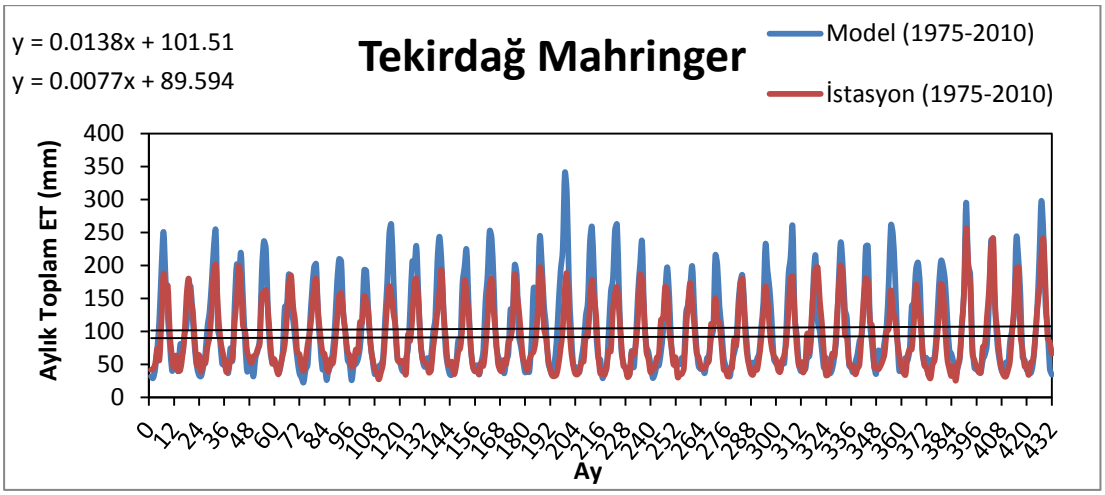




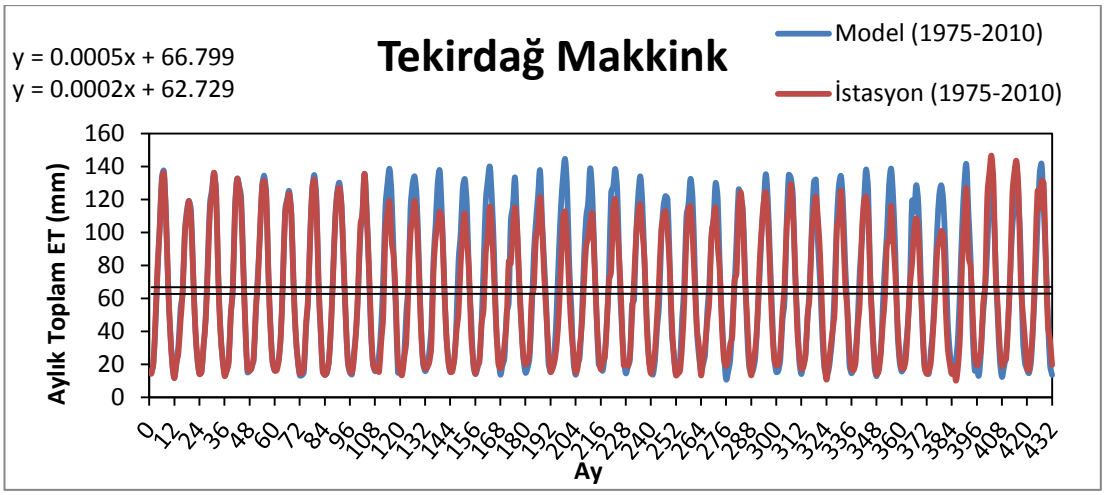
Şekil C.3 : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Tekirdağ.

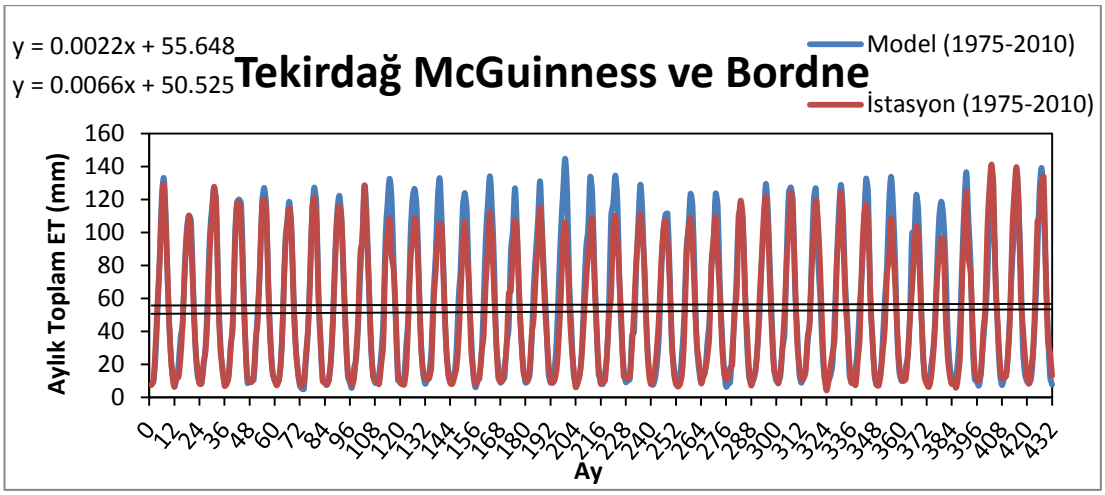


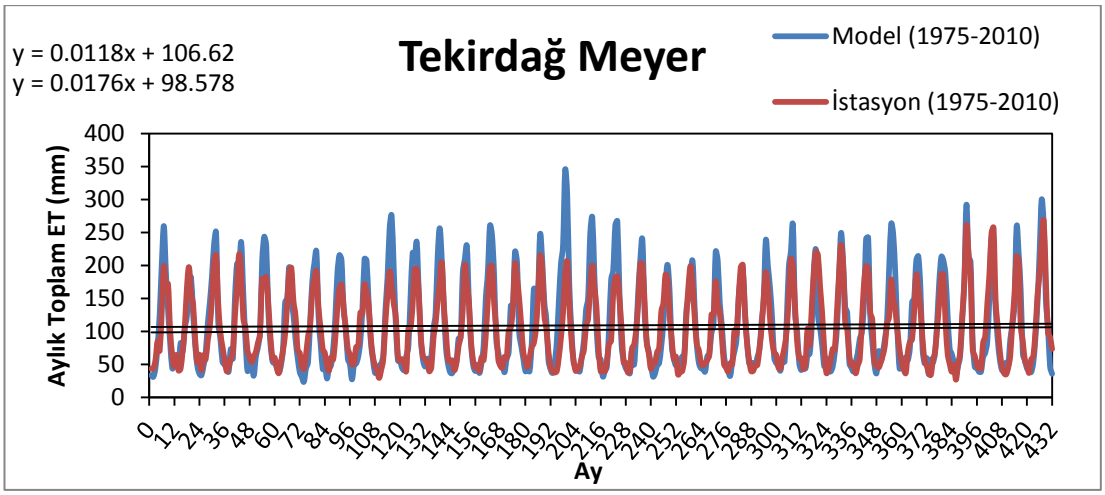




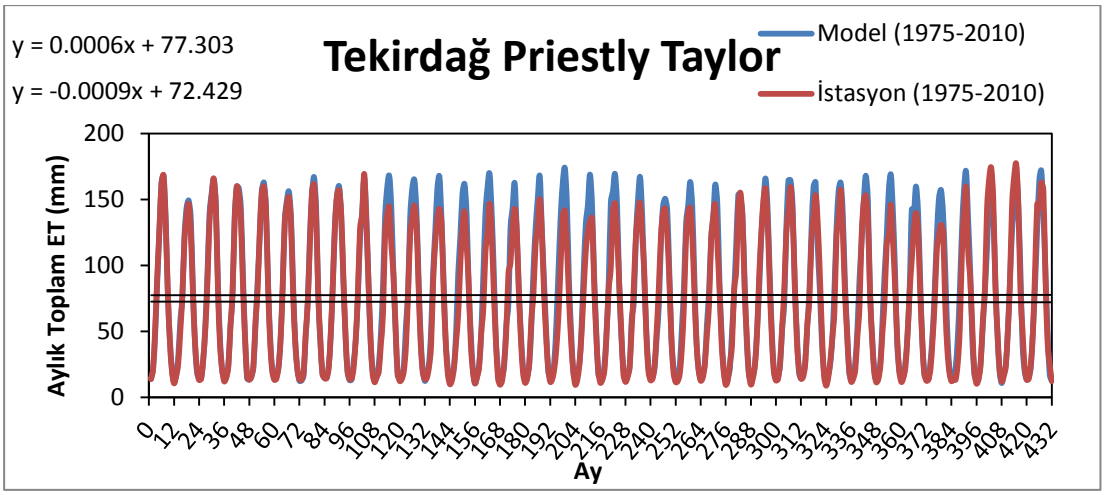
Şekil C.3 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Tekirdağ.

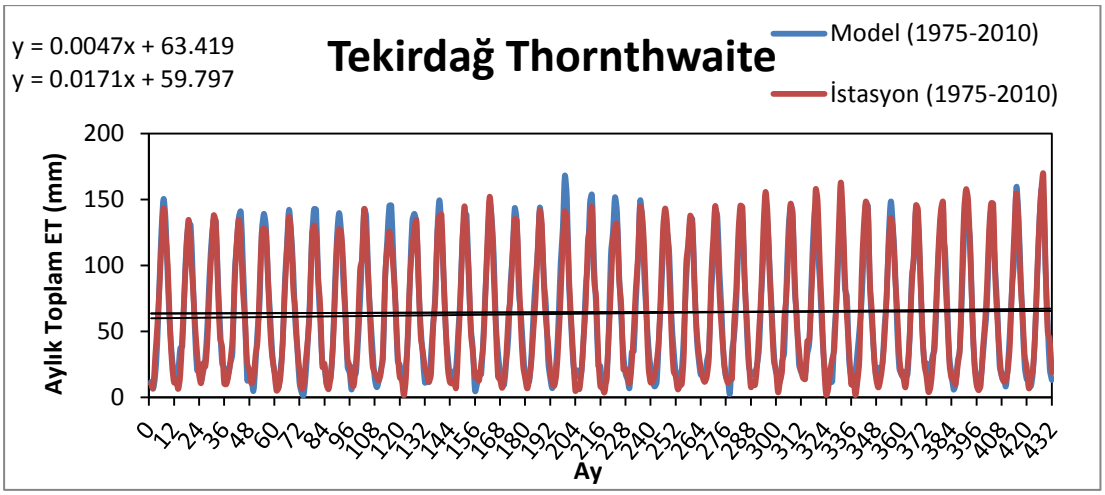


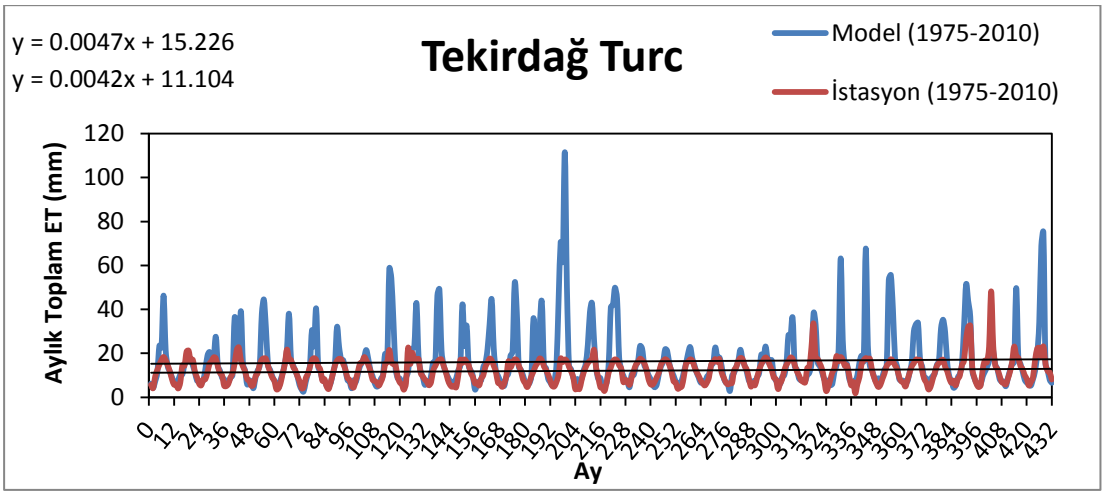




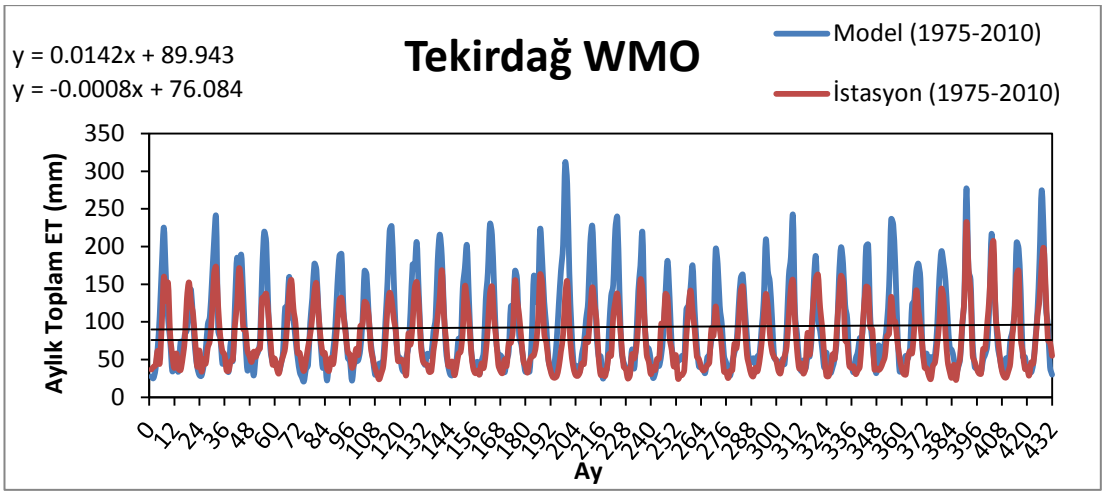
Şekil C.3 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Tekirdağ.

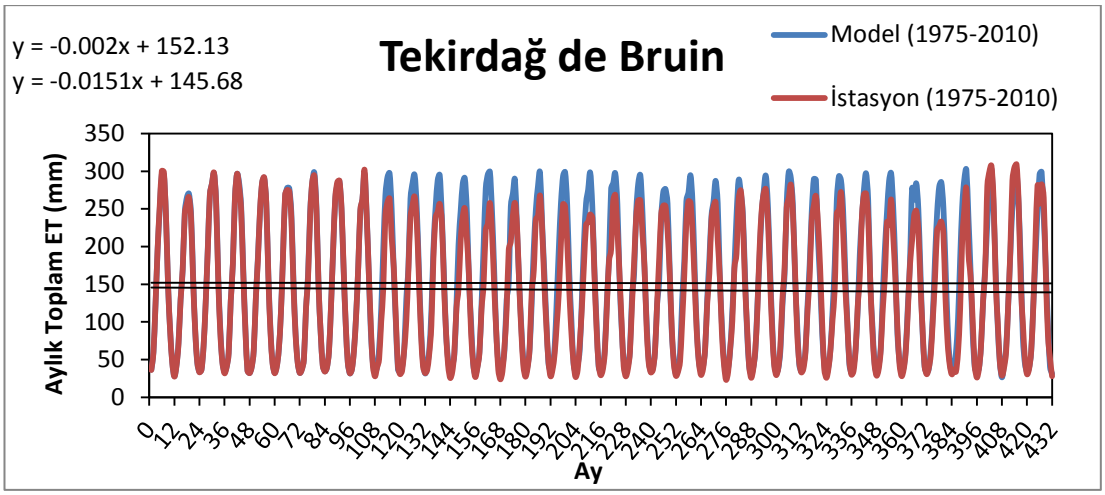


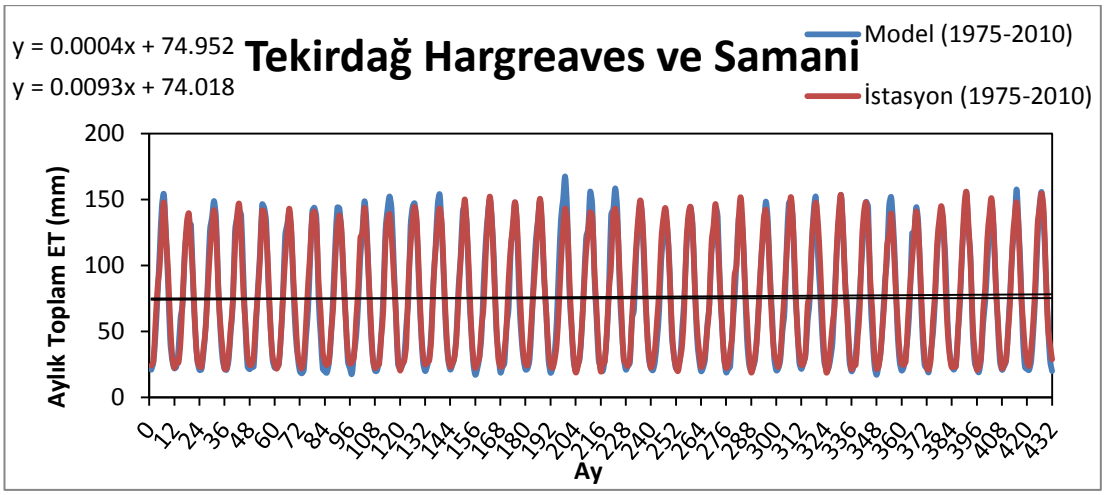




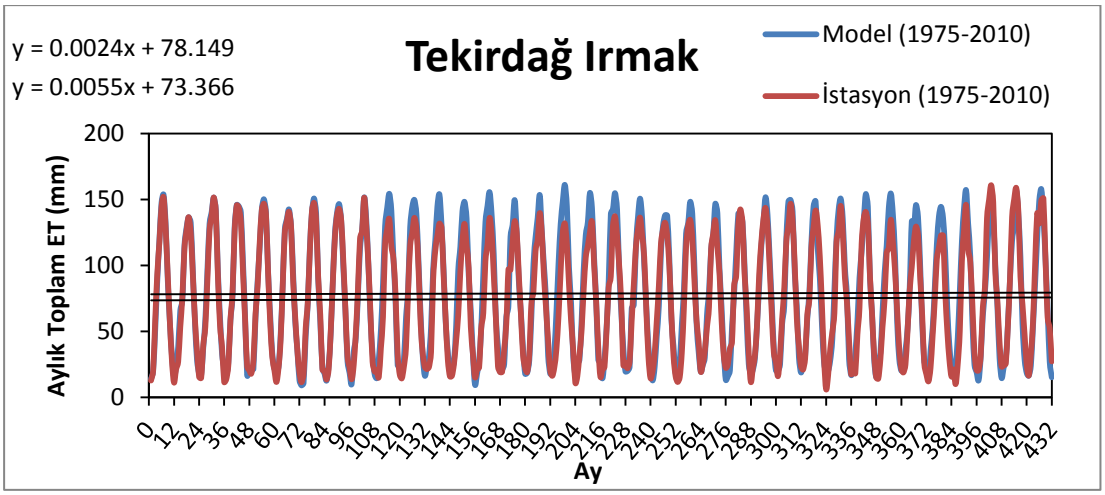
Şekil C.3 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Tekirdağ.

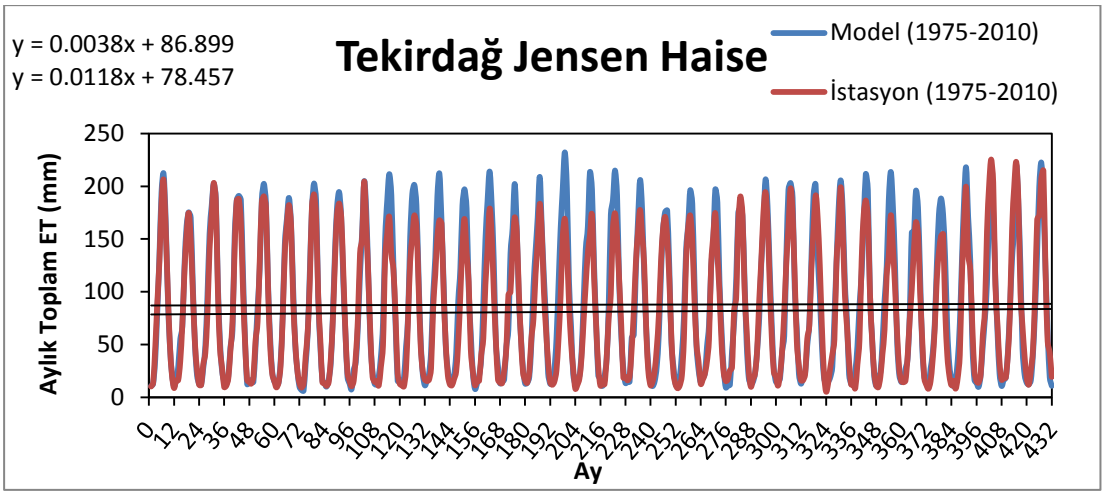


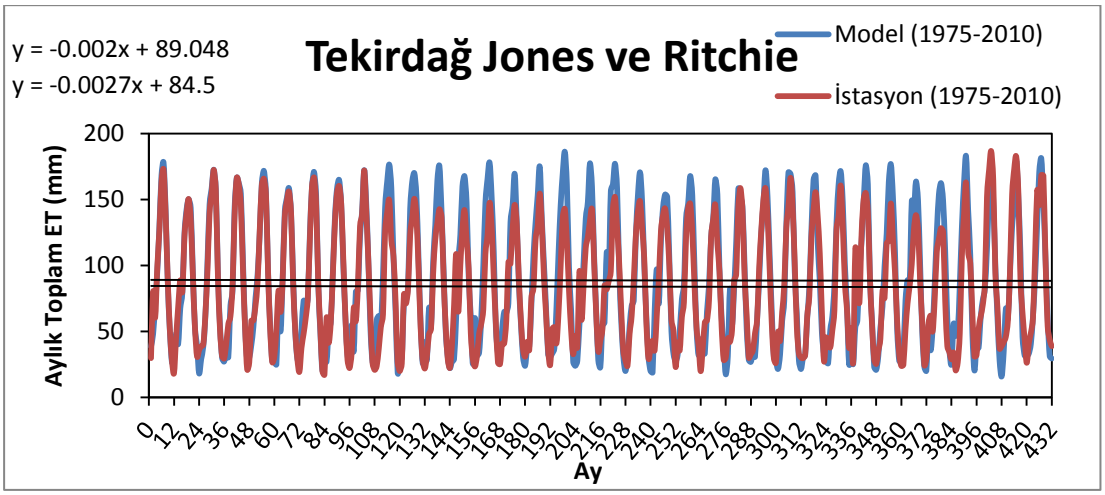




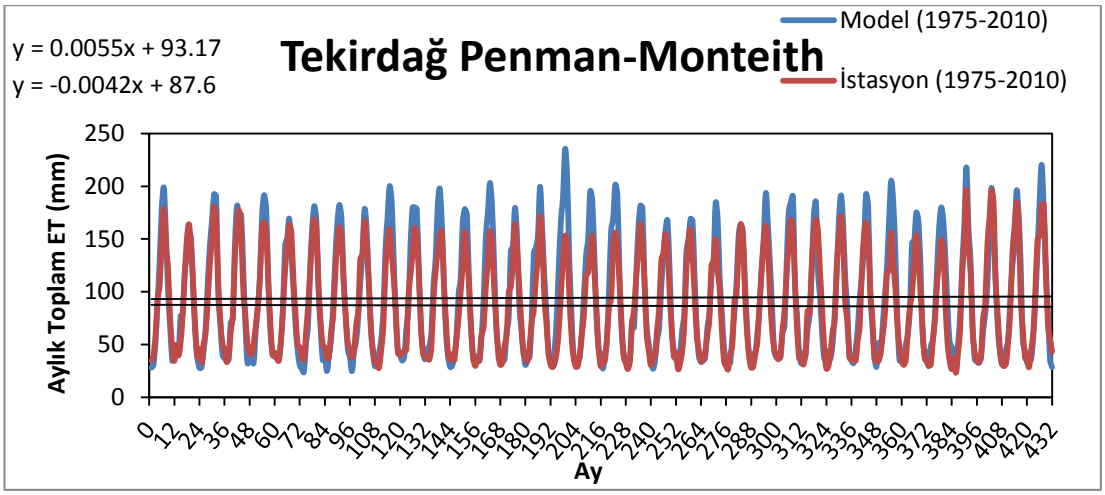
Şekil C.3 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Tekirdağ.

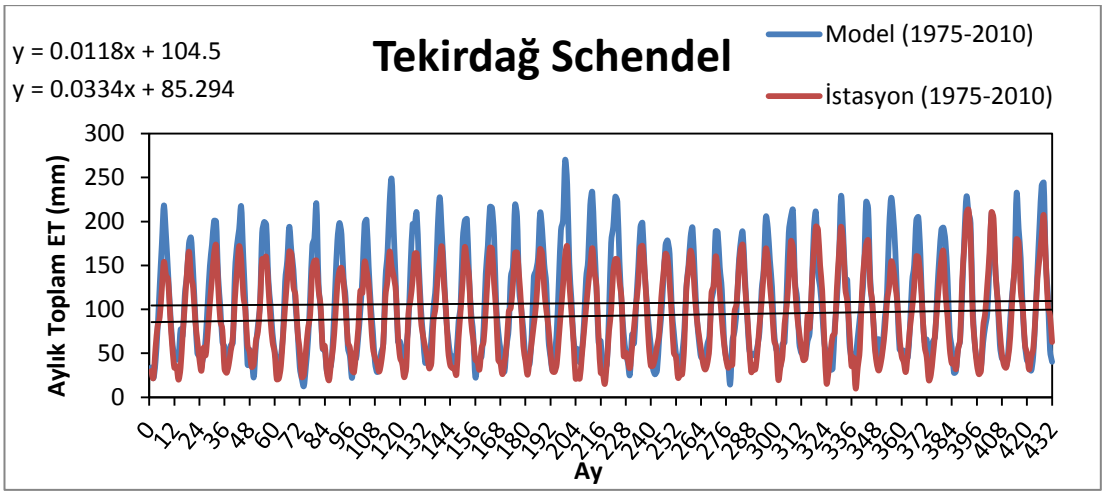


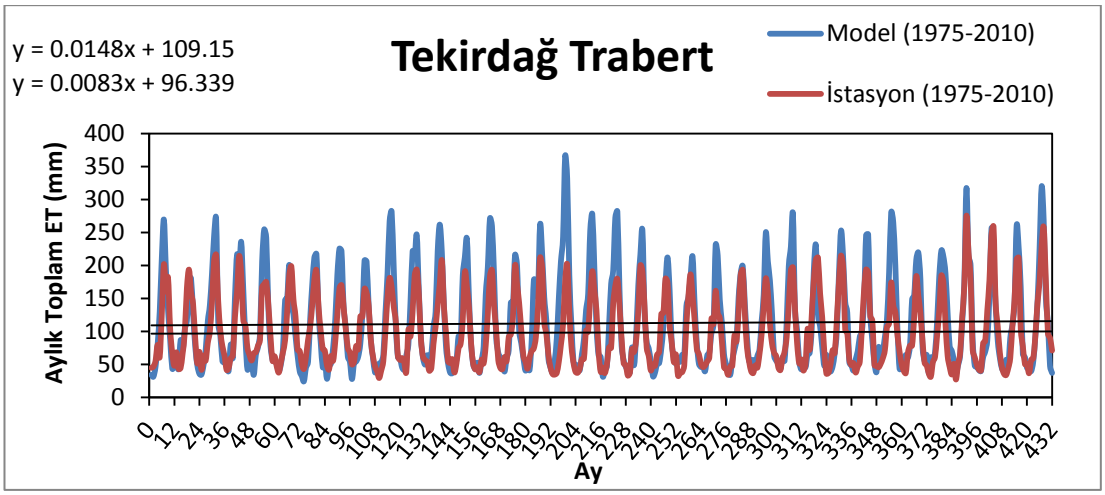




Şekil C.3 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Tekirdağ.

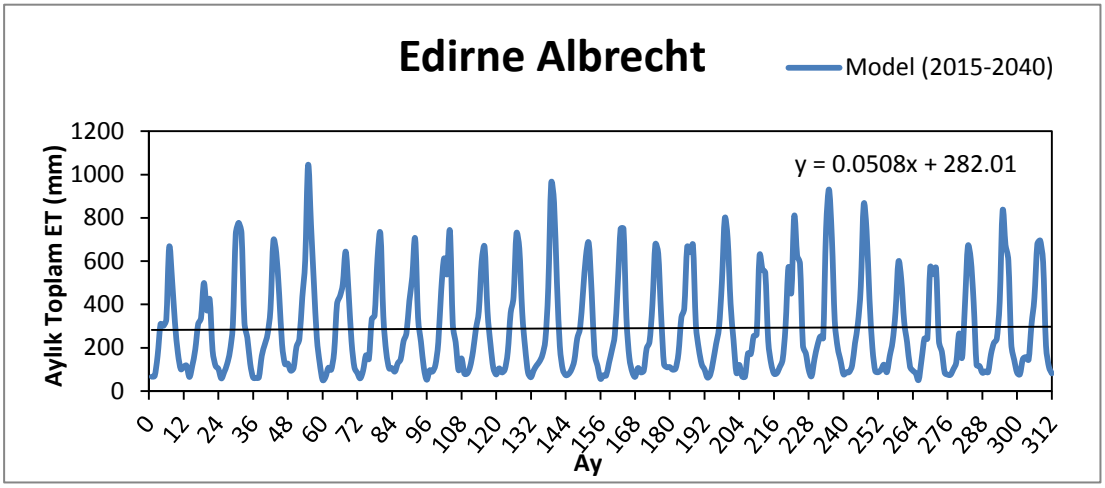


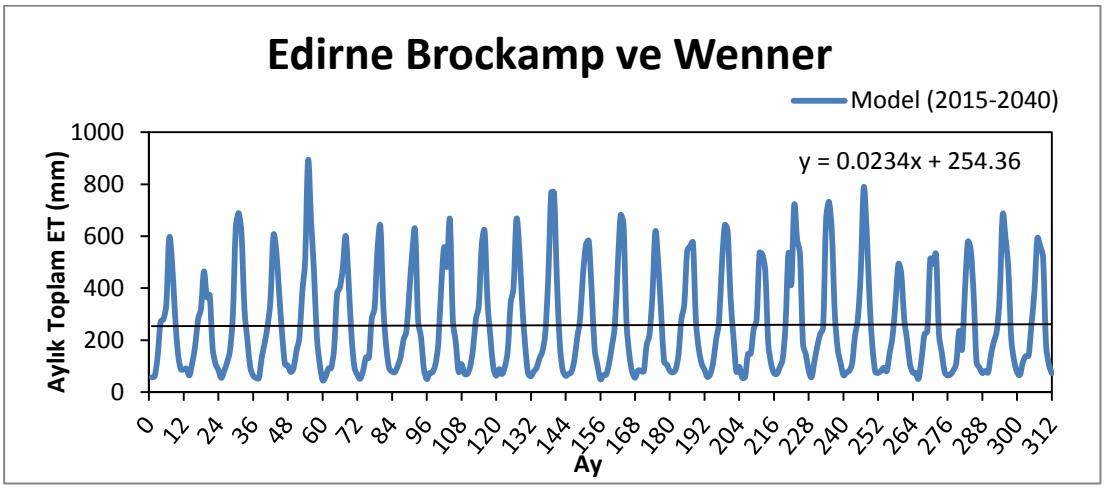


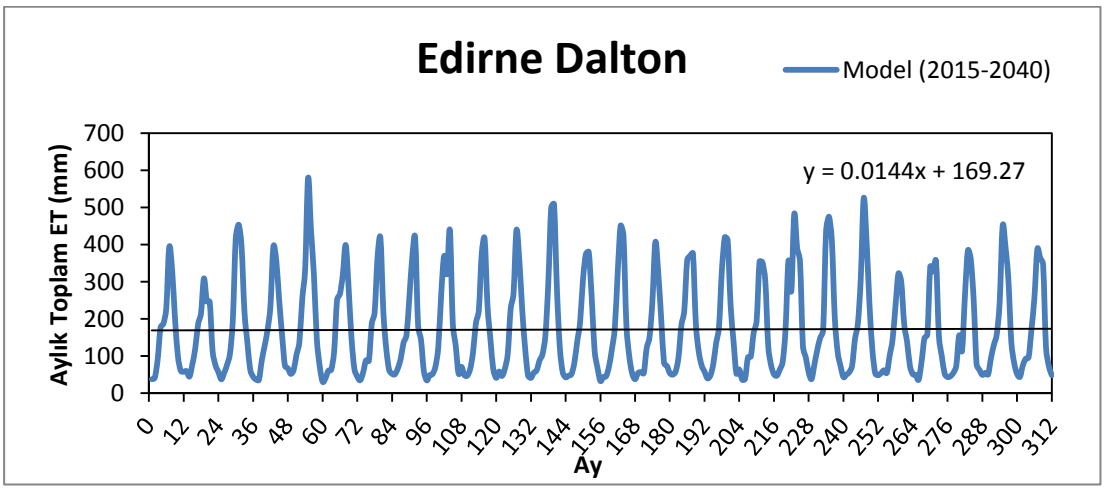


Şekil C.3 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (1975-2010): Tekirdağ.

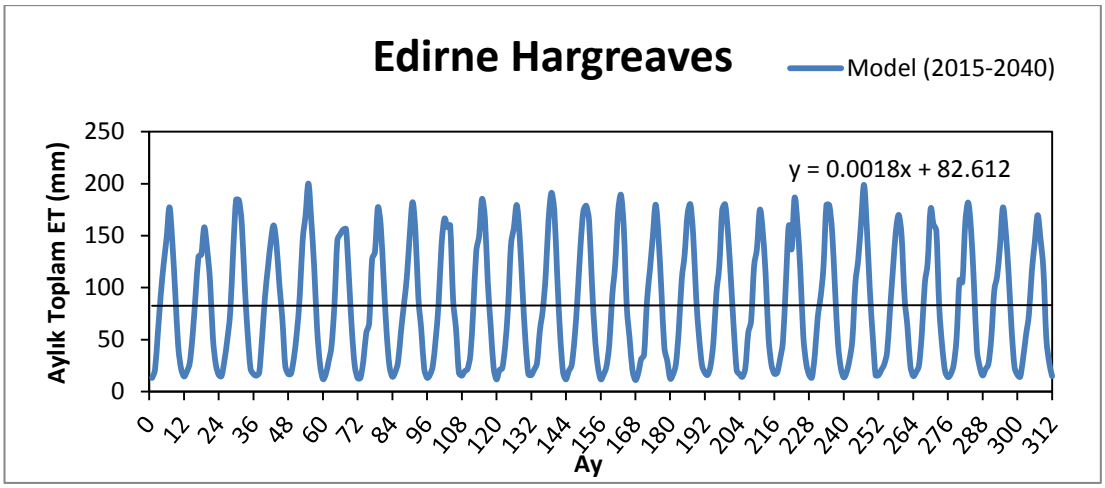
EK D Evapotranspirasyon Zaman Serileri (2015-2040)

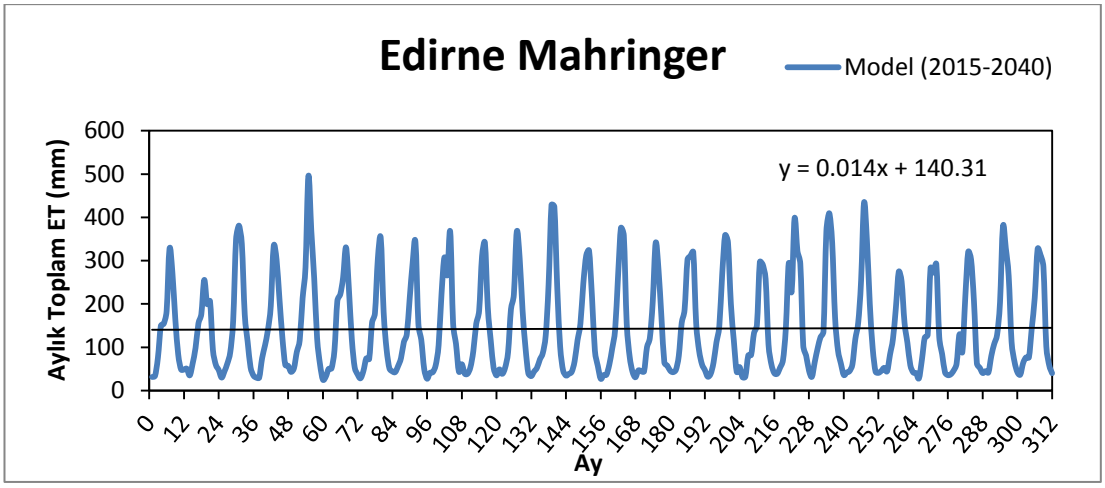


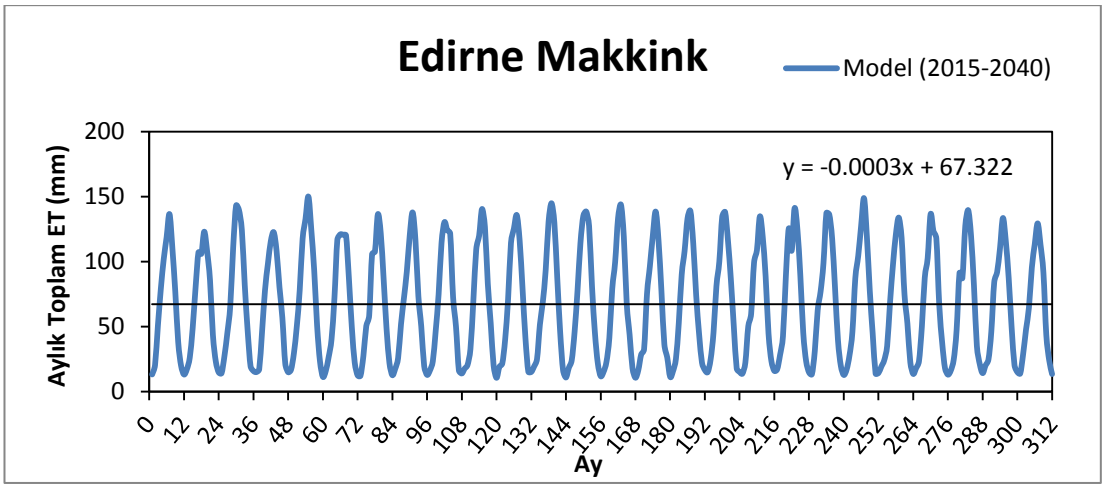




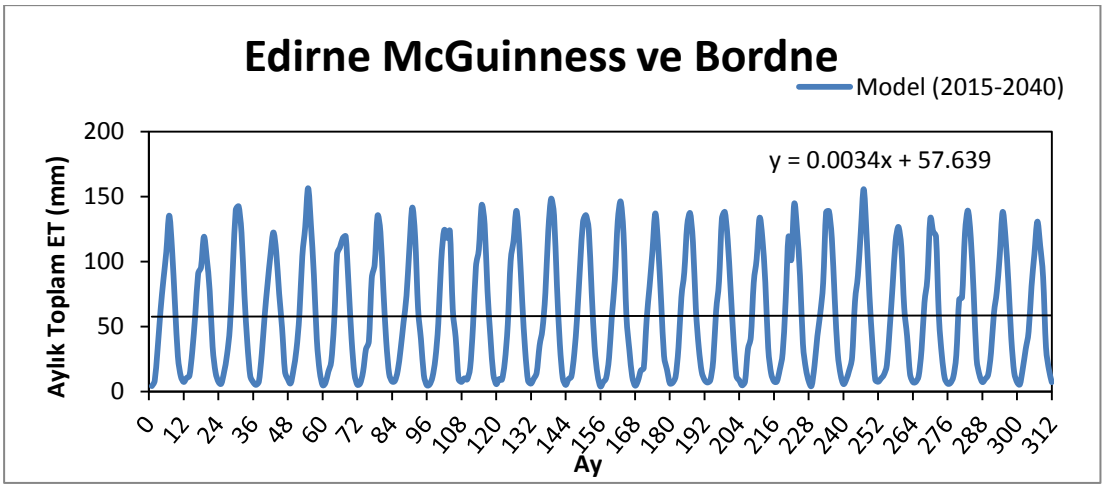
Şekil D.1 : Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Edirne.

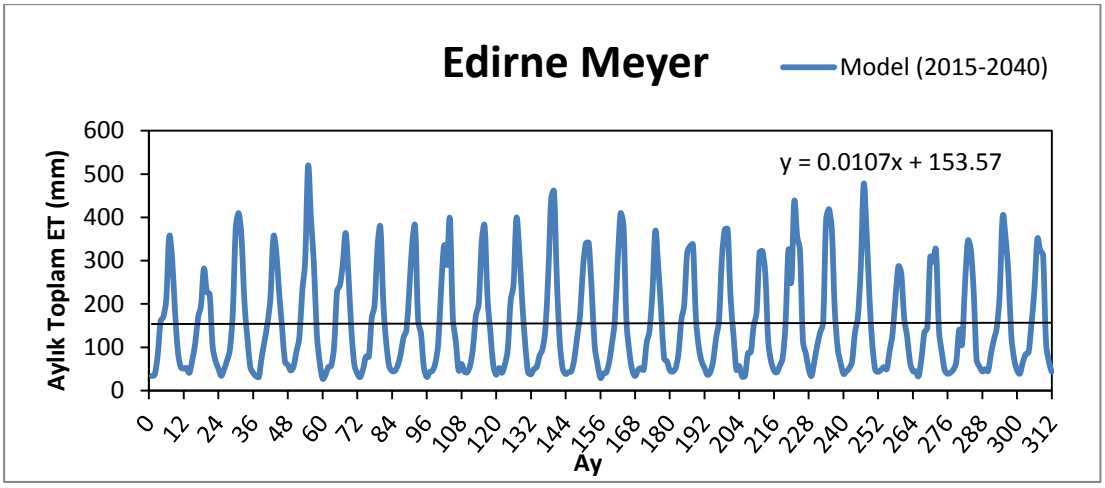


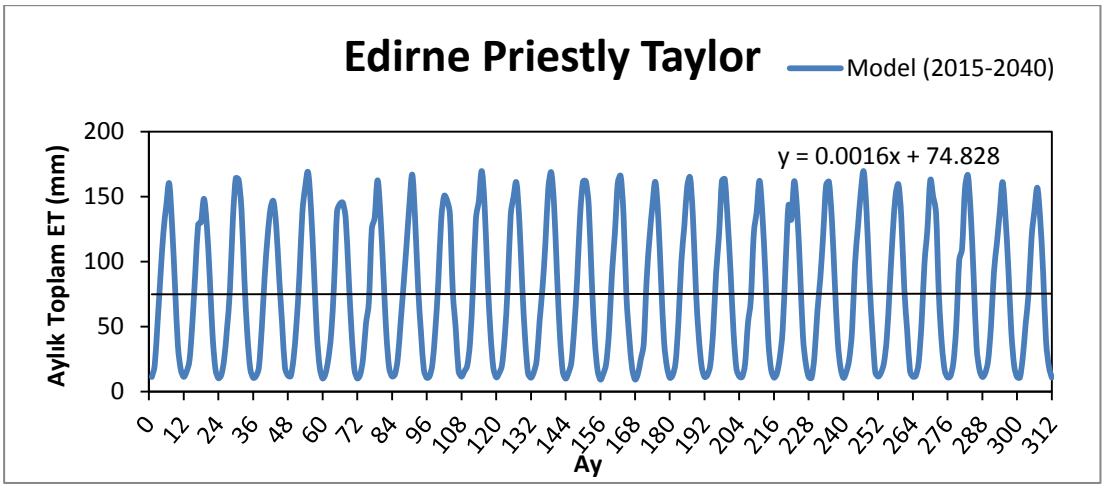




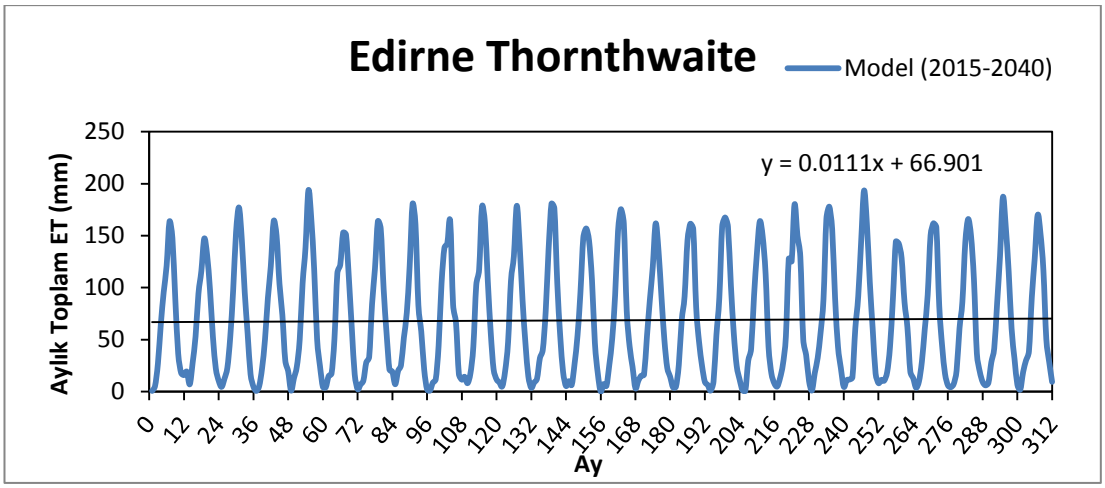
Şekil D.1 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Edirne.

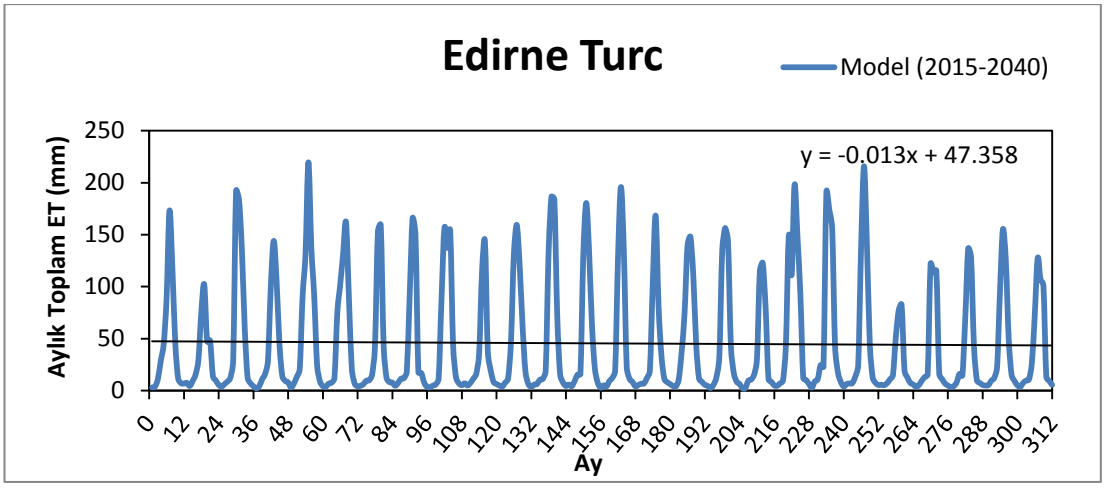


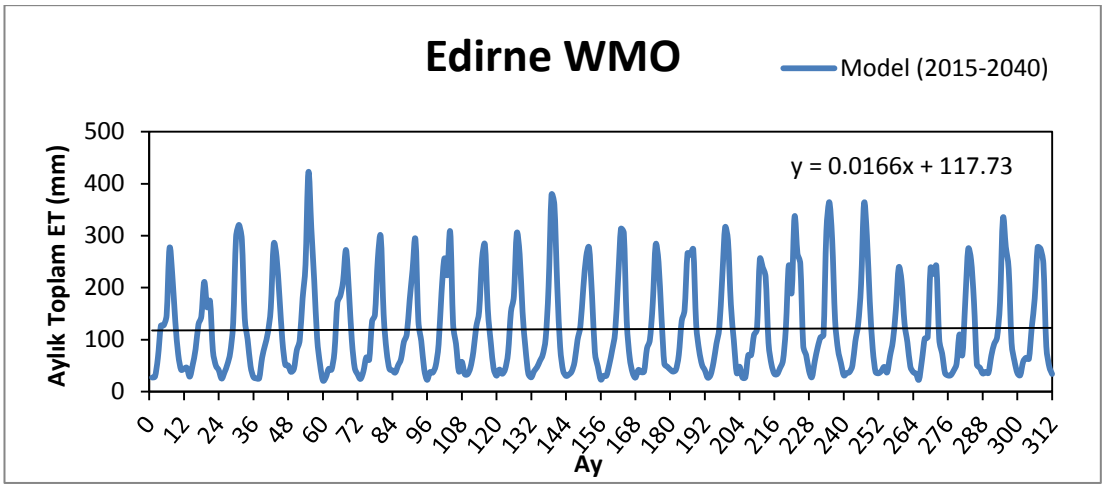




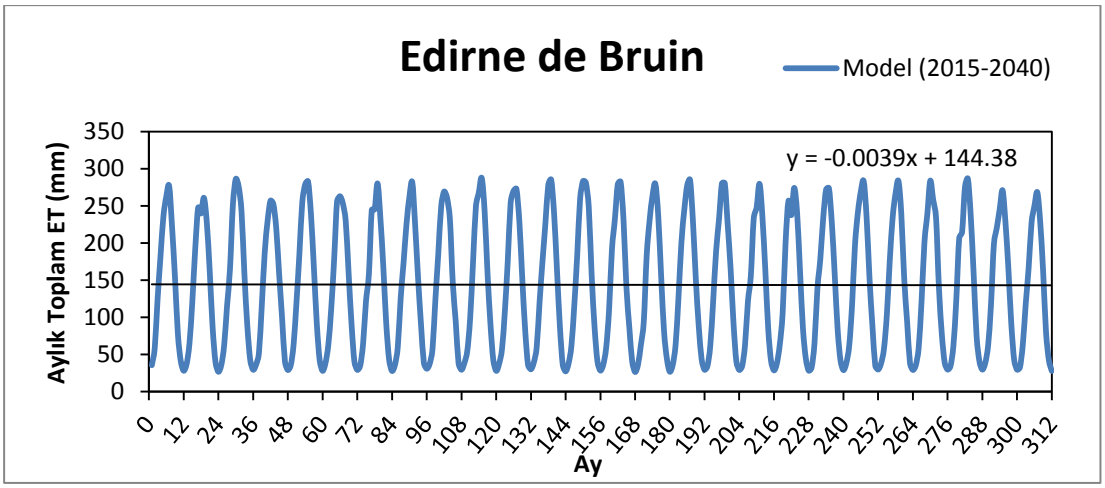
Şekil D.1 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Edirne.

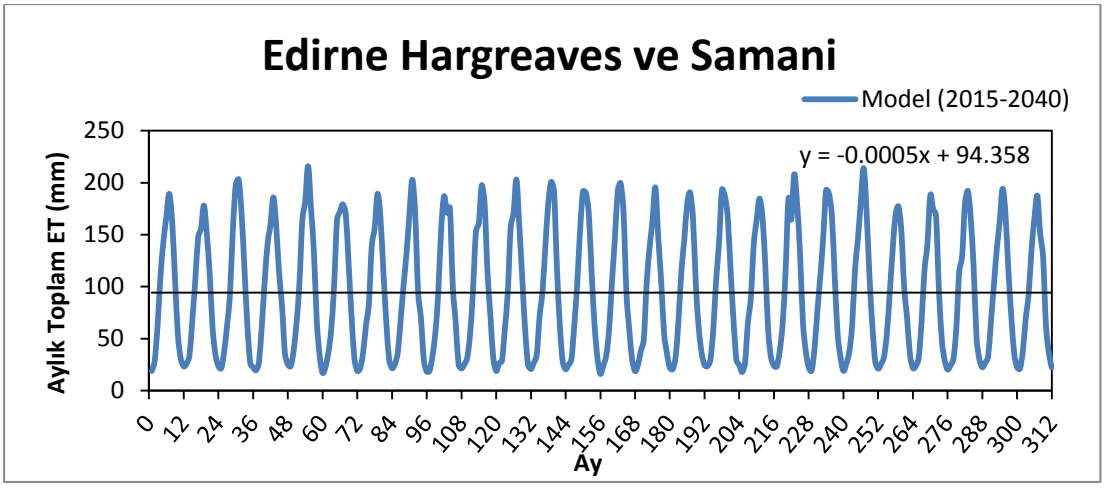


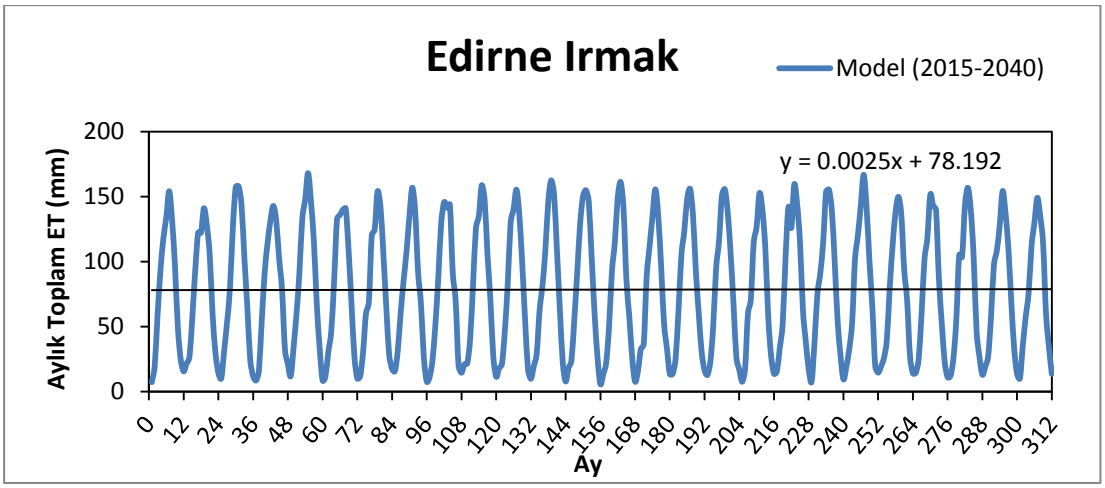




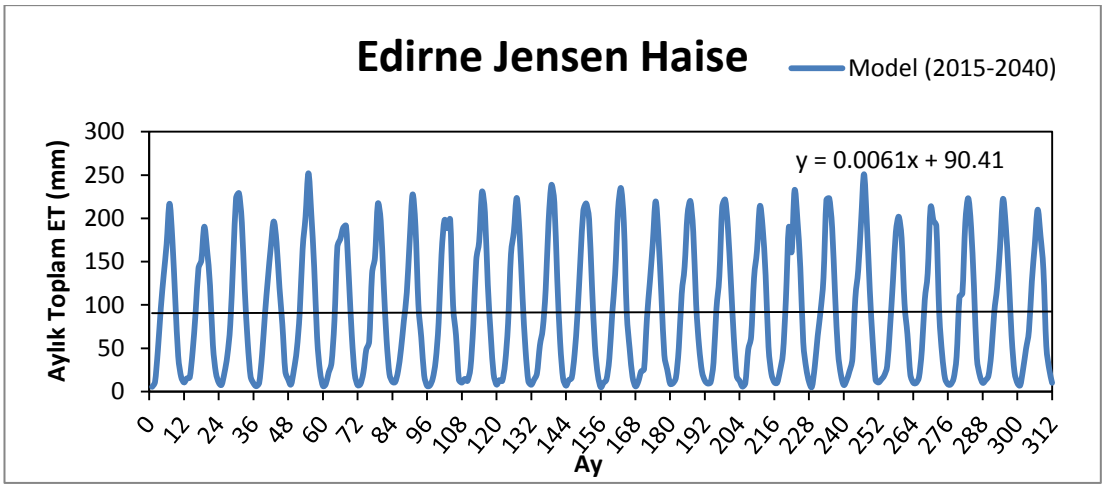
Şekil D.1 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Edirne.

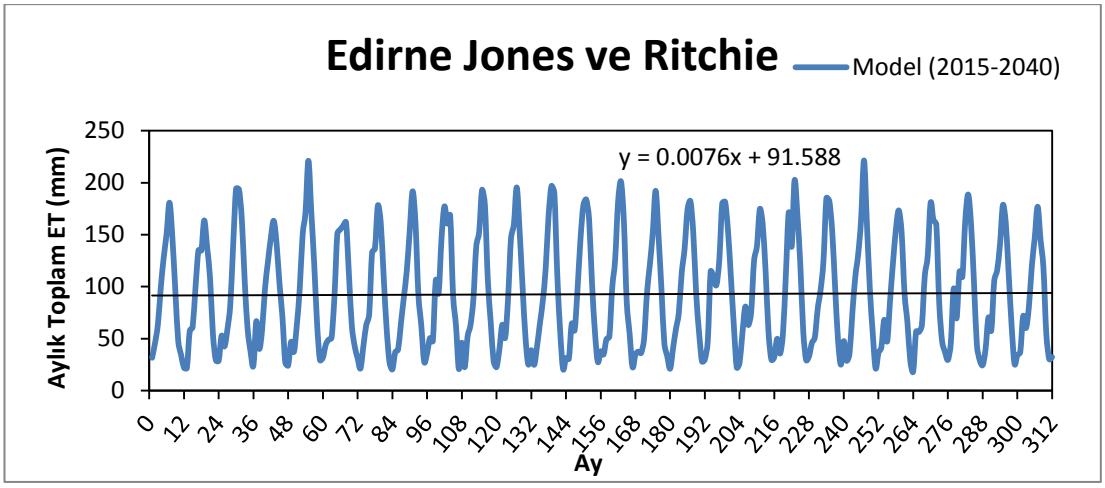


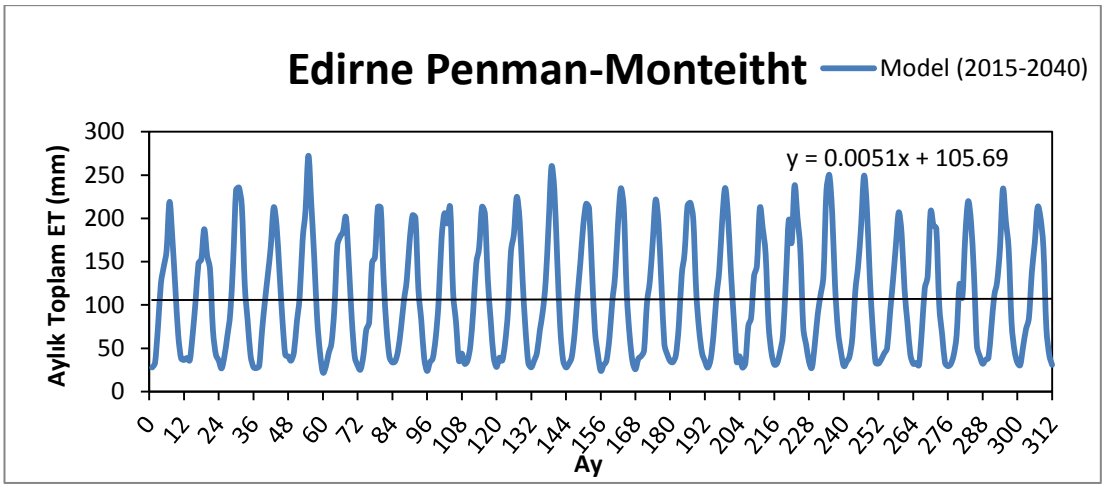




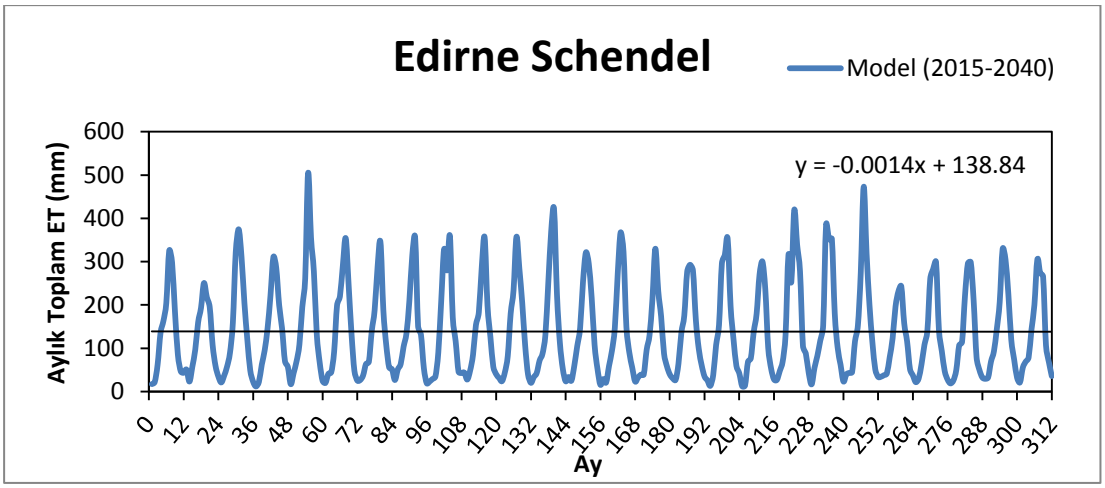
Şekil D.1 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Edirne.

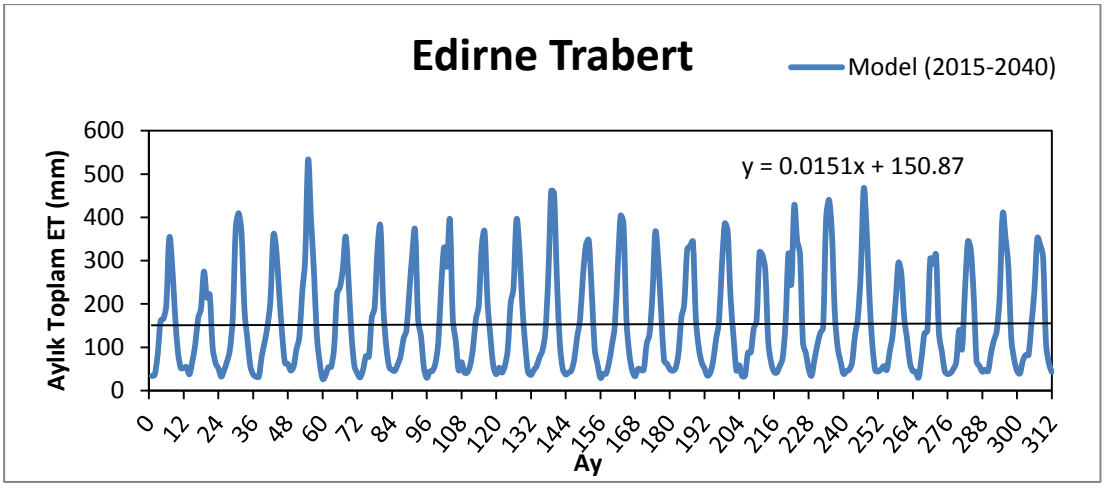




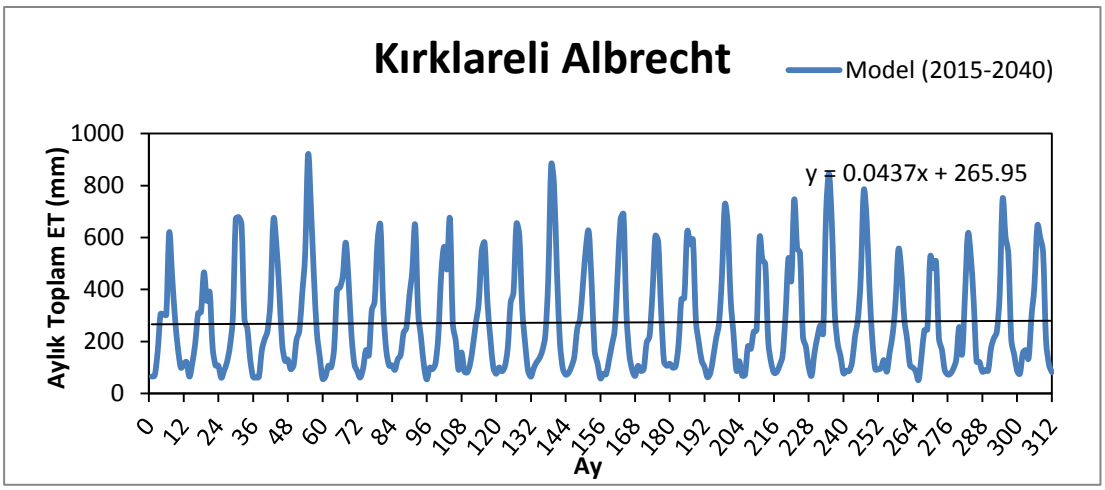


Şekil D.1 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Edirne.

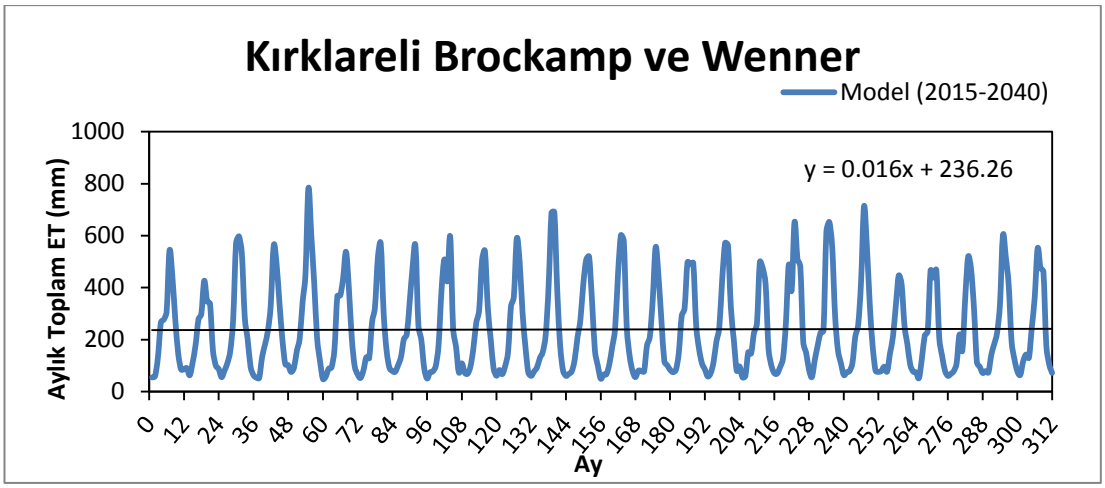


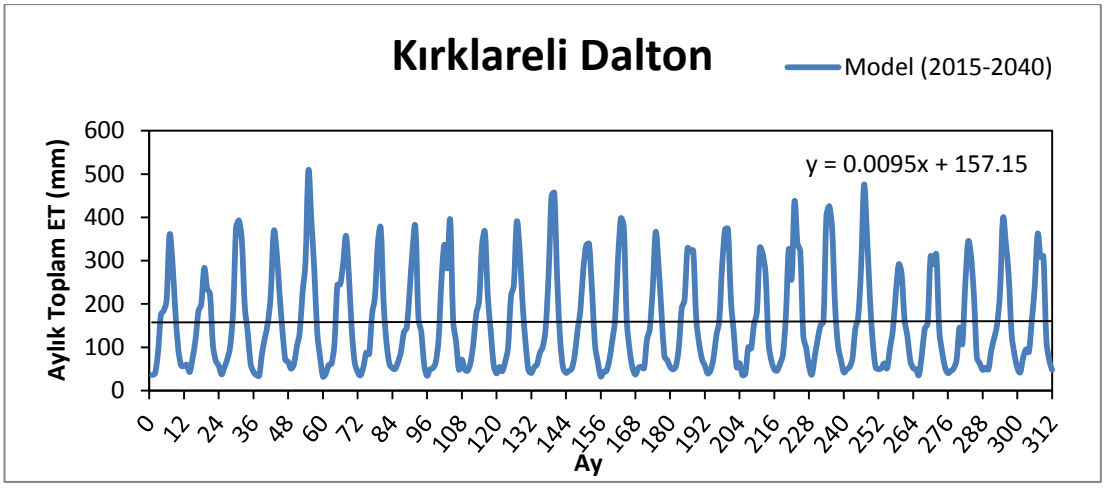


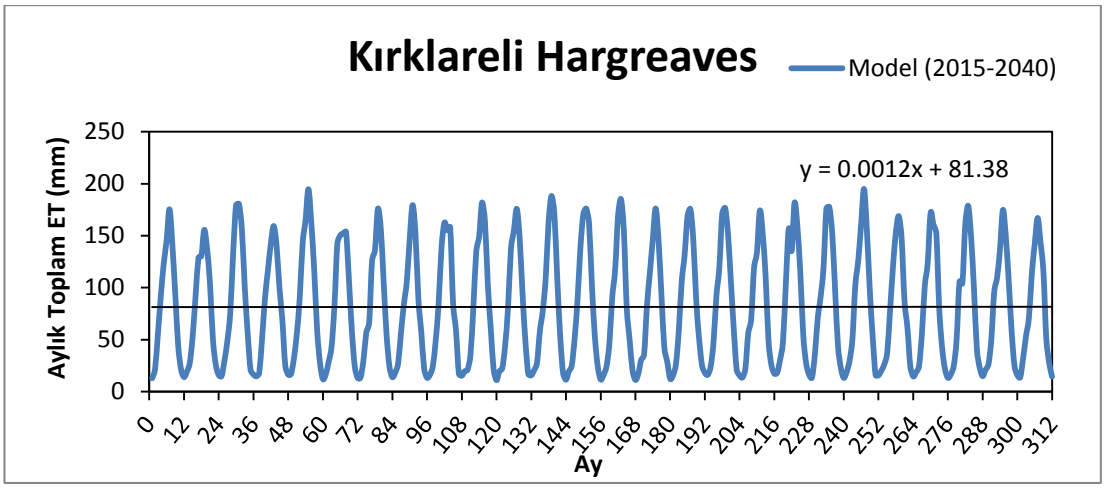
Şekil D.1 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Edirne.



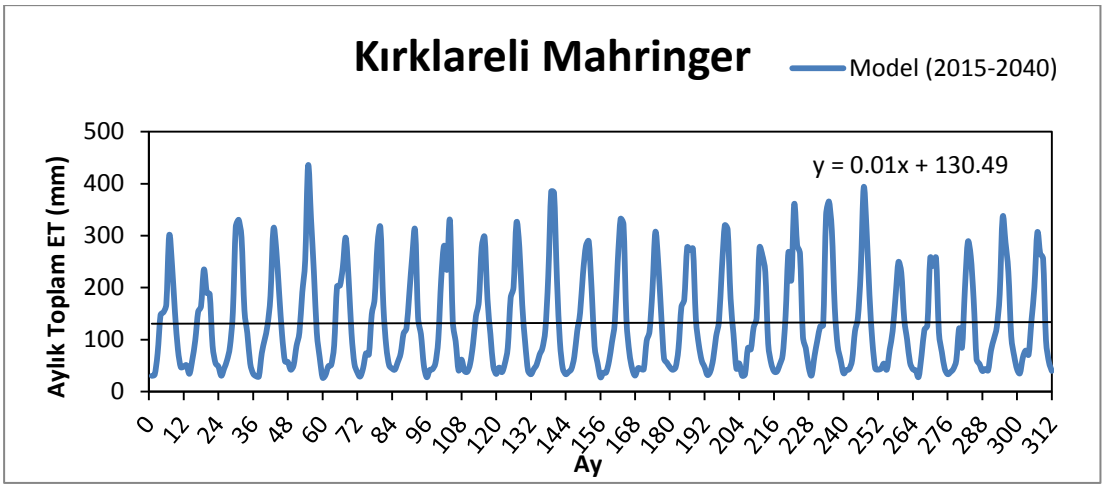
Şekil D.2 : Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Kırklareli.

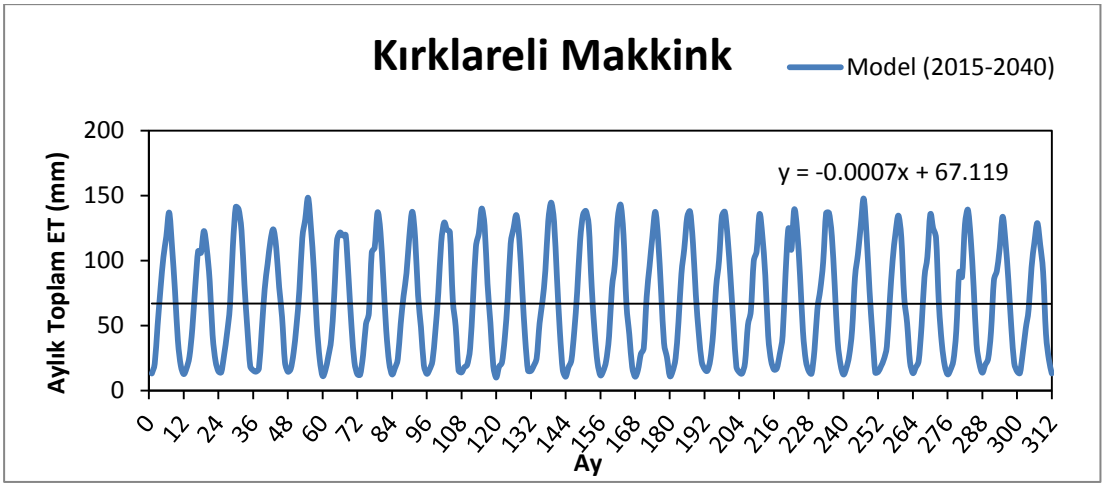


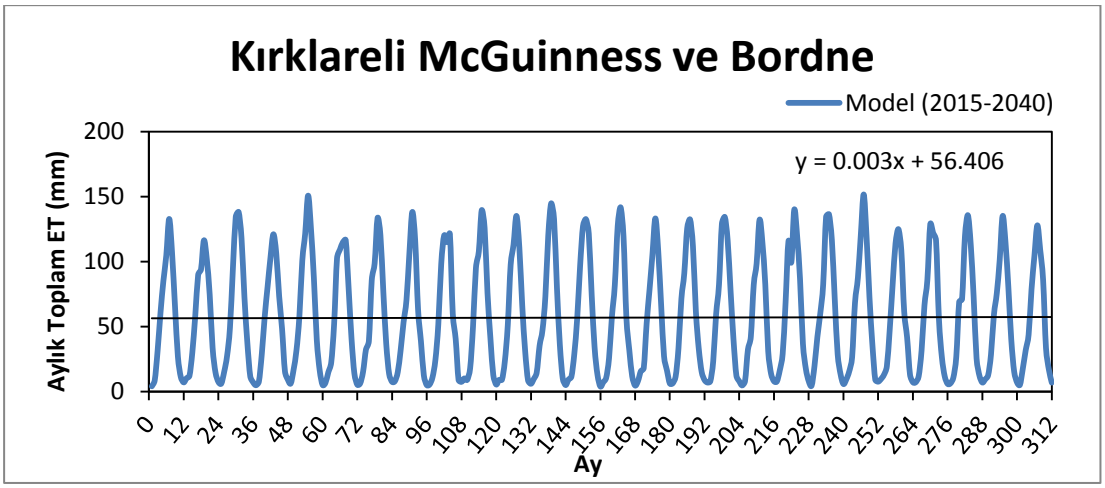




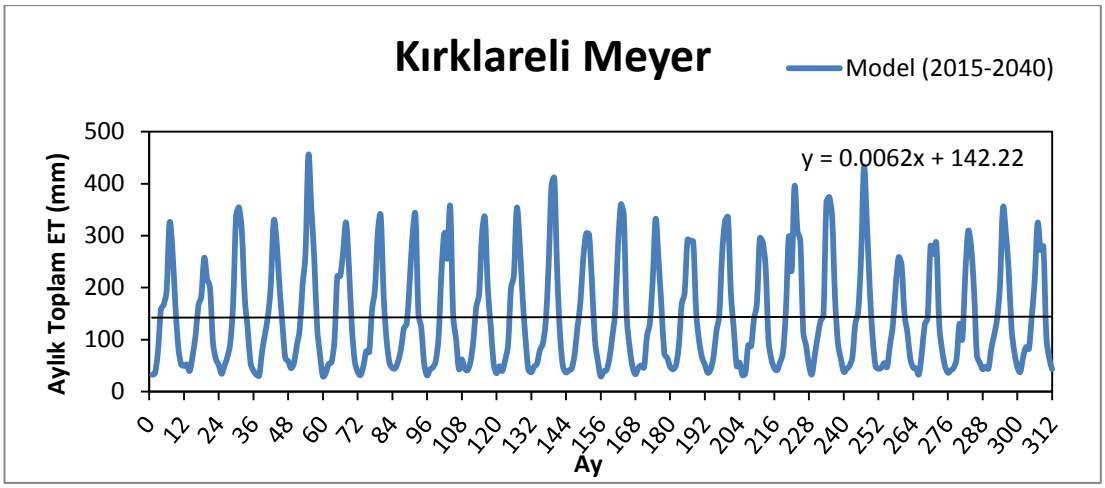
Şekil D.2 (devam): Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Kırklareli.

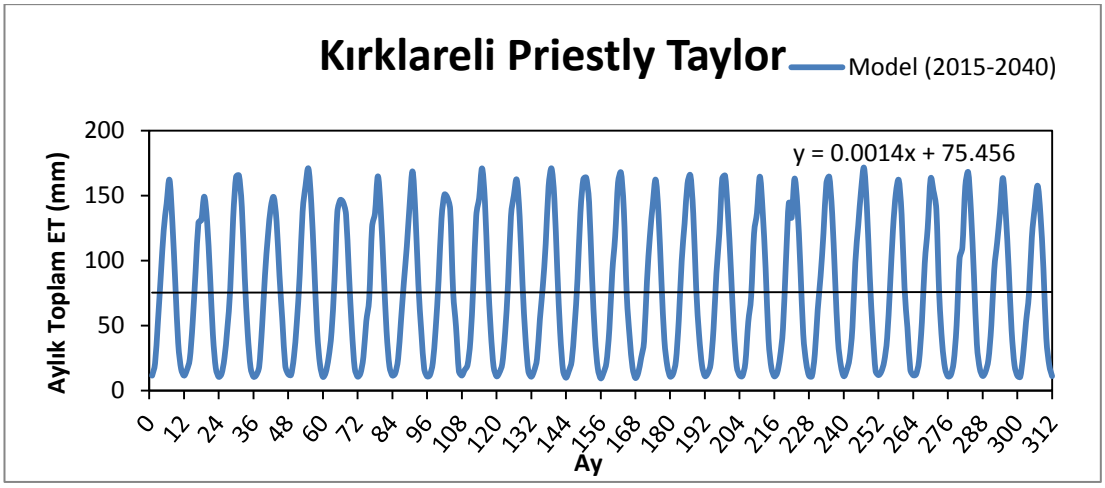


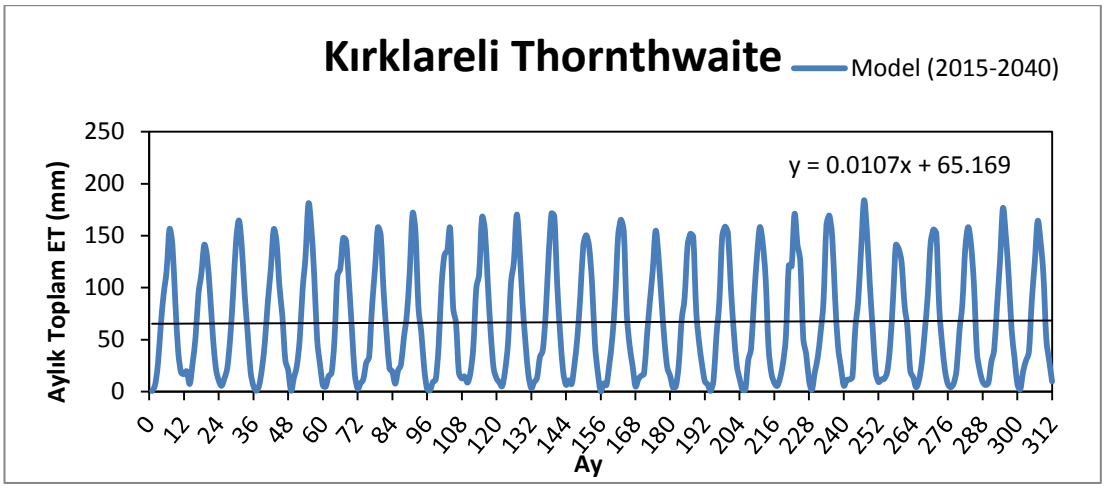




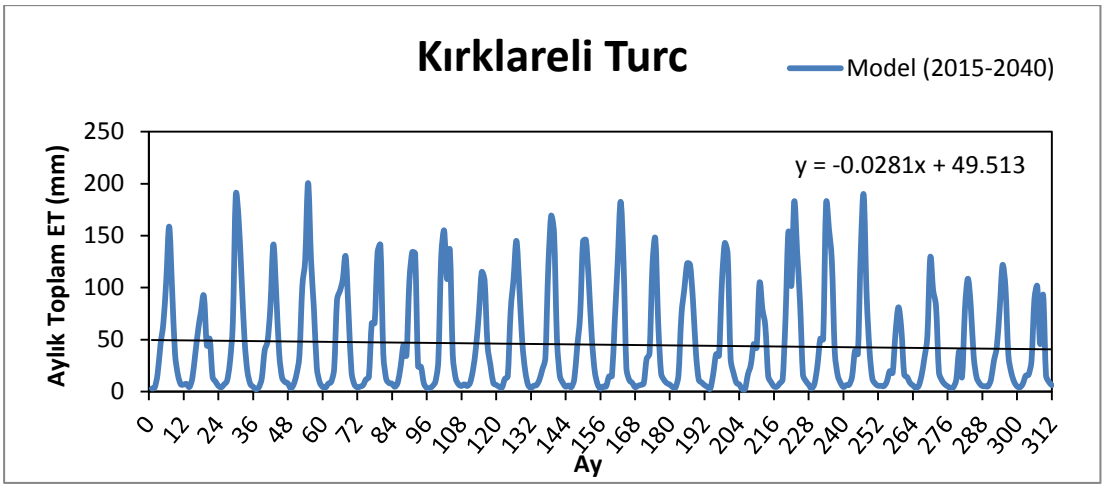
Şekil D.2 (devam): Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Kırklareli.

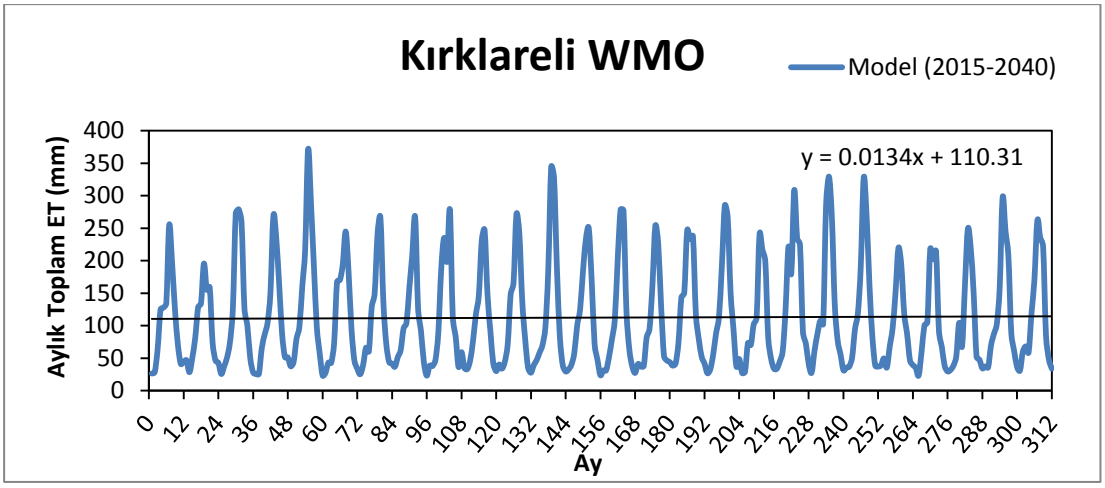


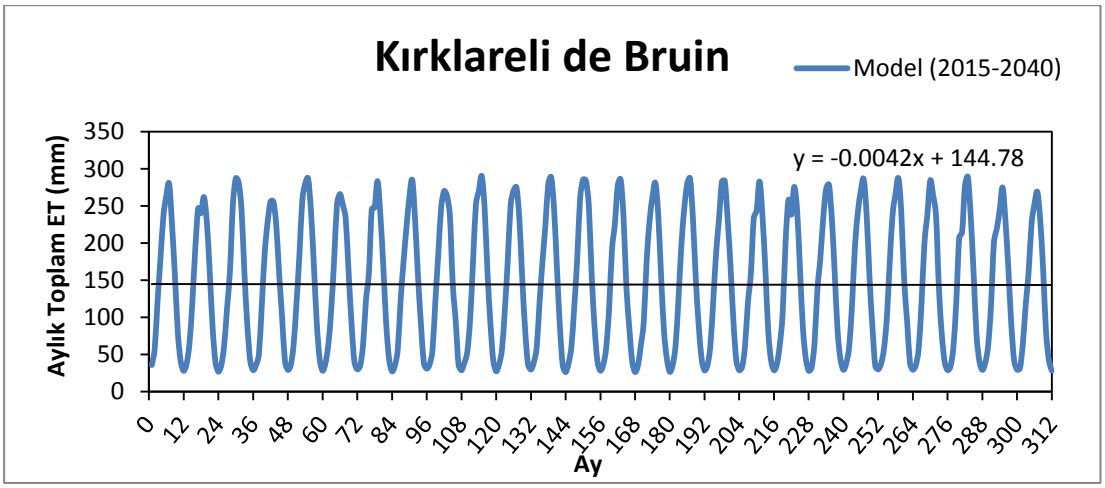




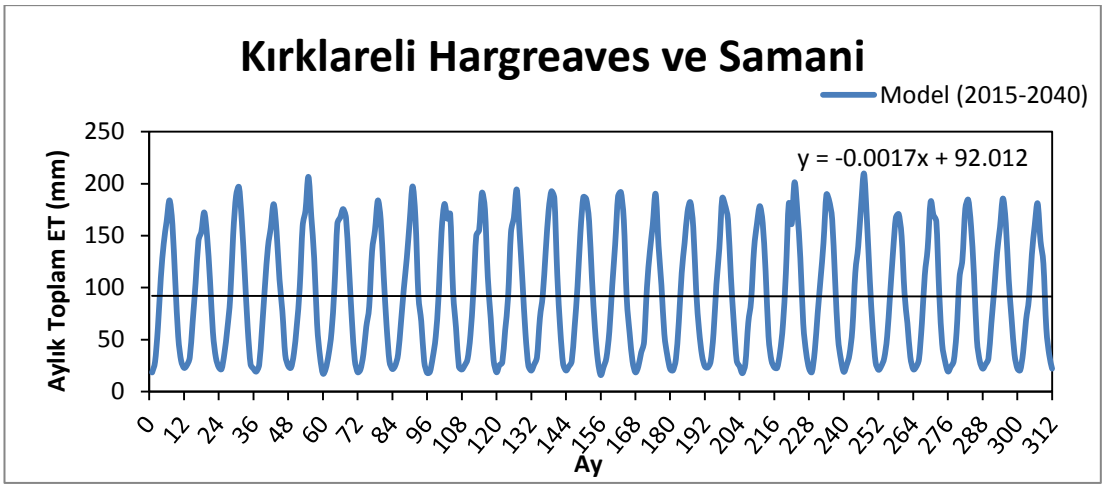
Şekil D.2 (devam): Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Kırklareli.

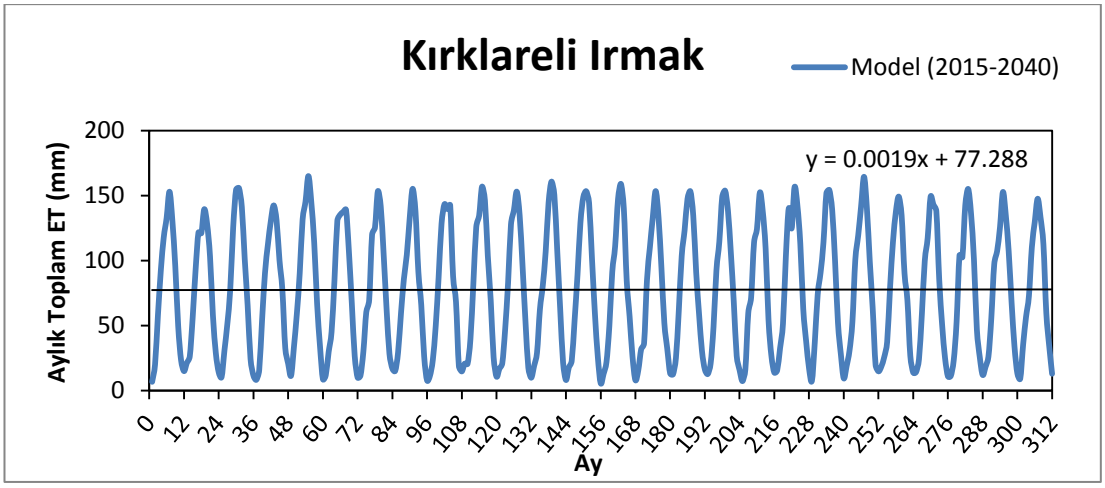


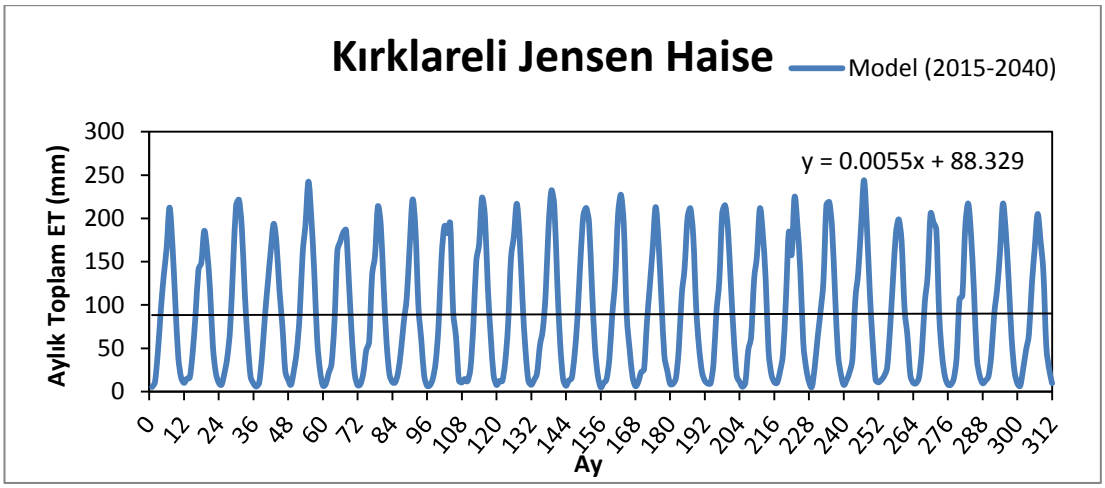




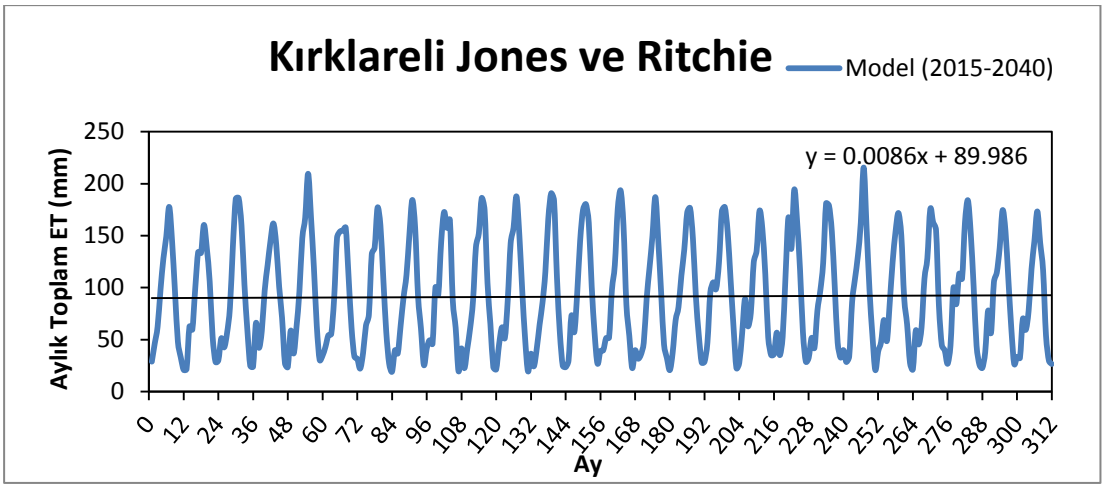
Şekil D.2 (devam): Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Kırklareli.

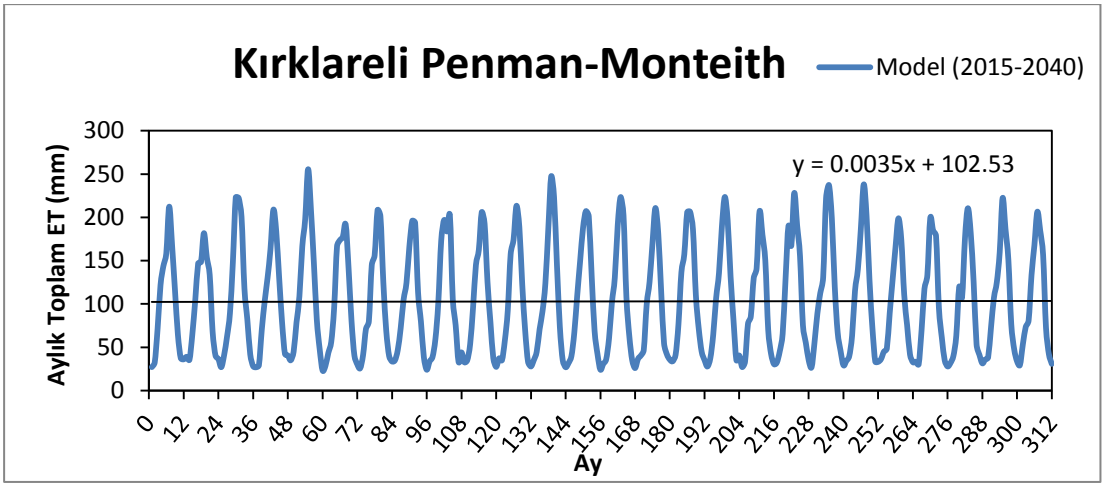


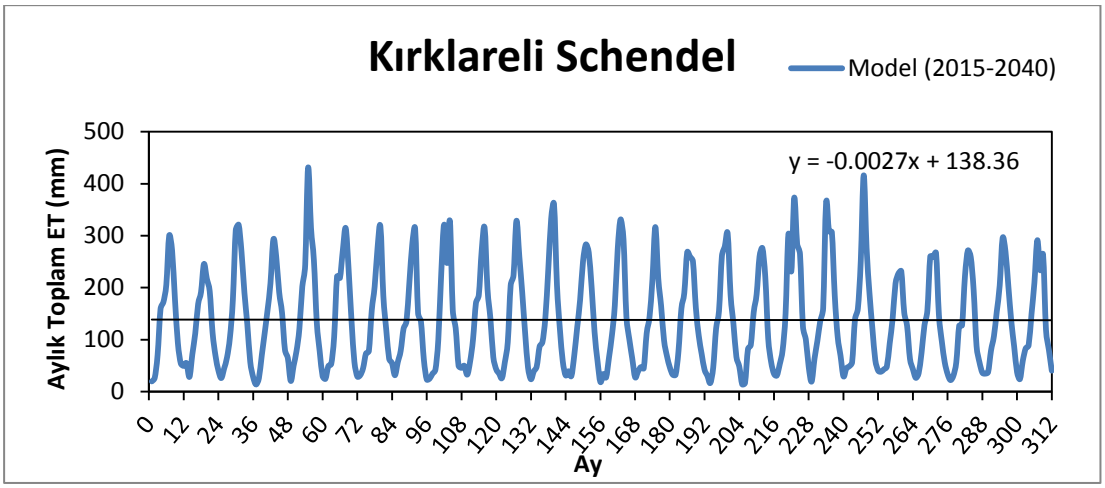




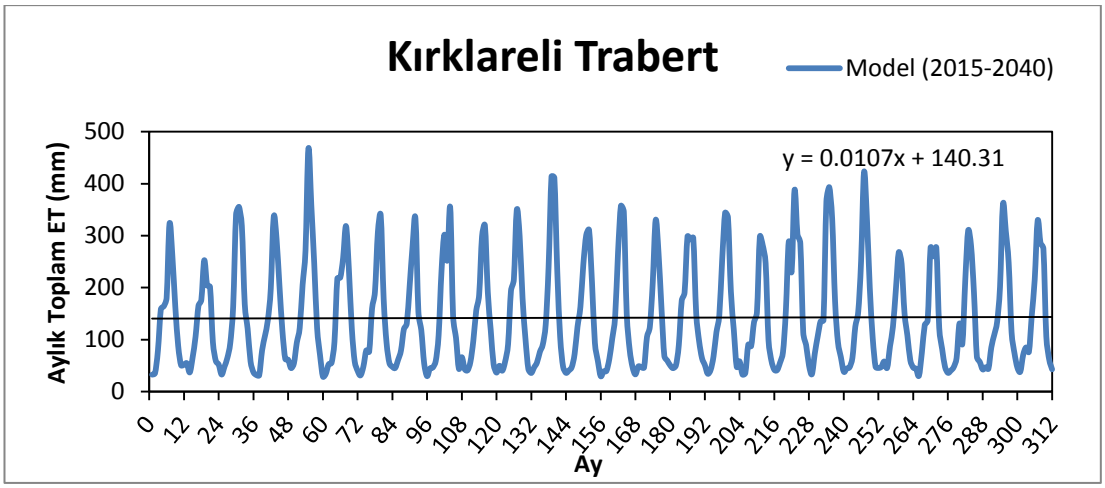
Şekil D.2 (devam): Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Kırklareli.



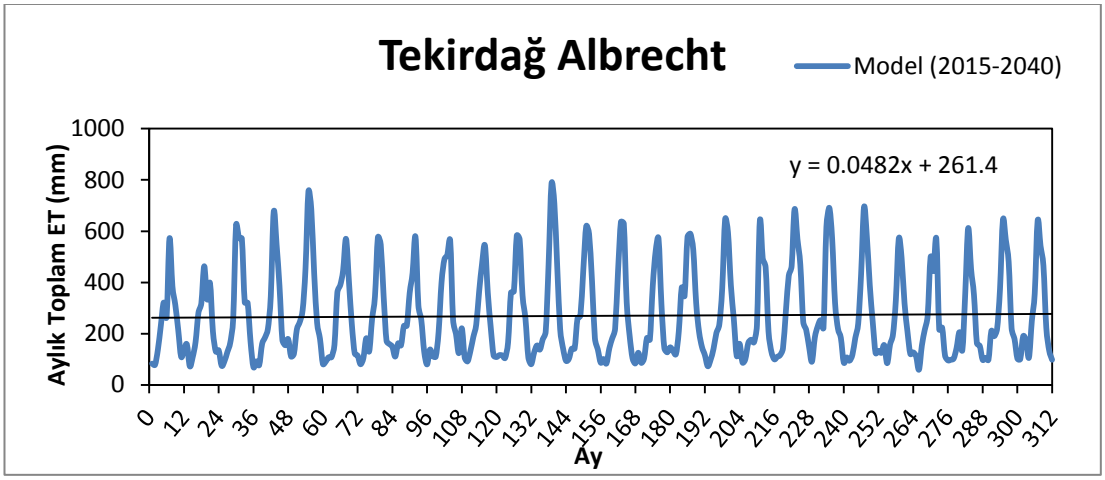


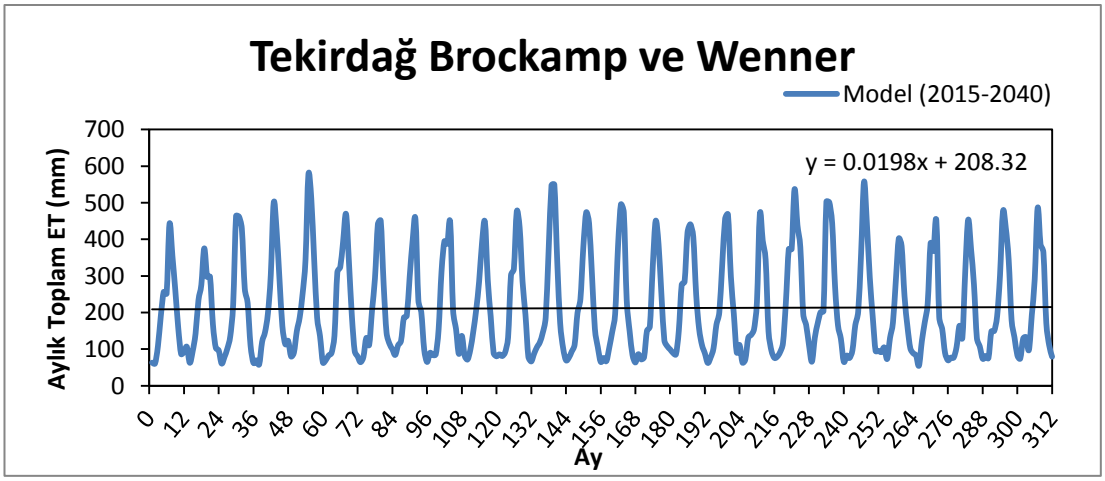


Şekil D.2 (devam): Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Kırklareli.

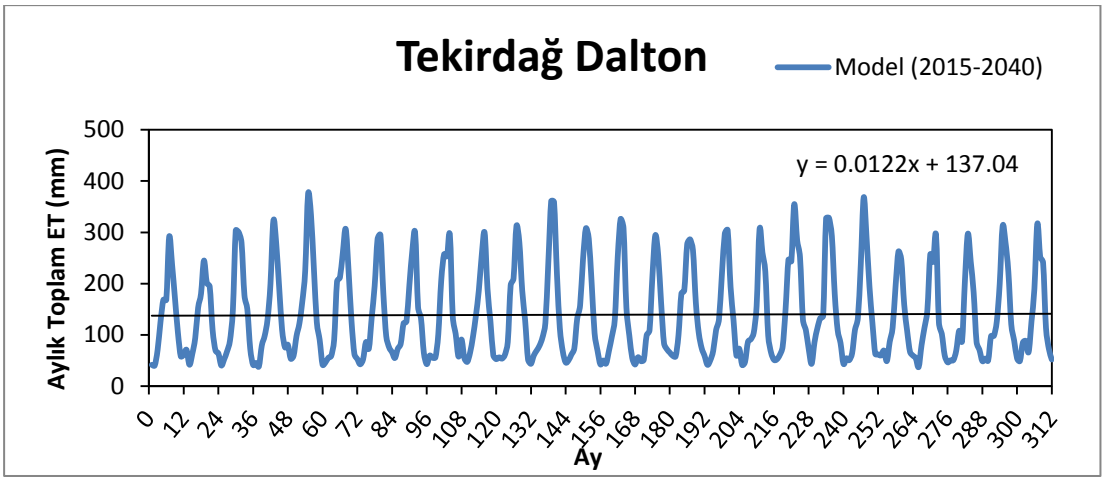


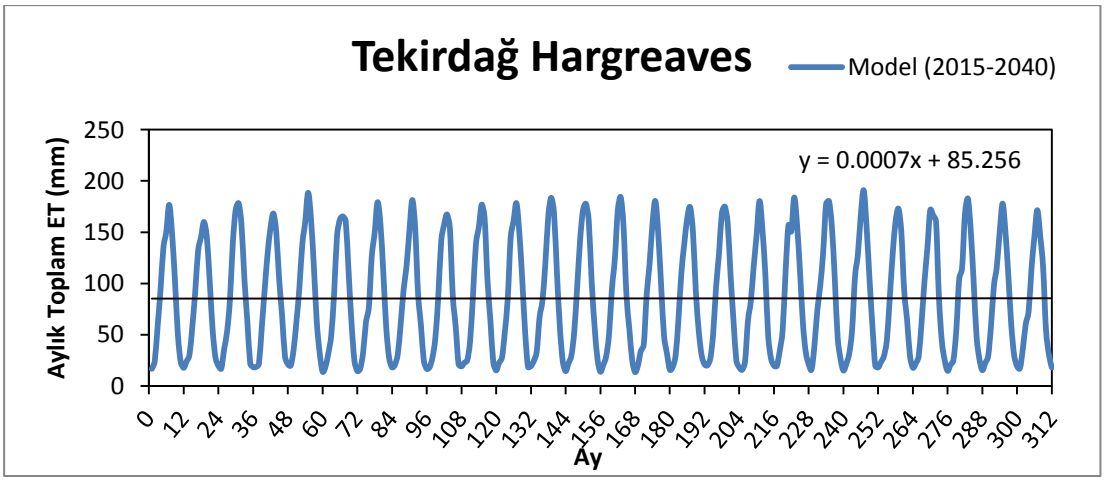
Şekil D.2 (devam): Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Kırklareli.

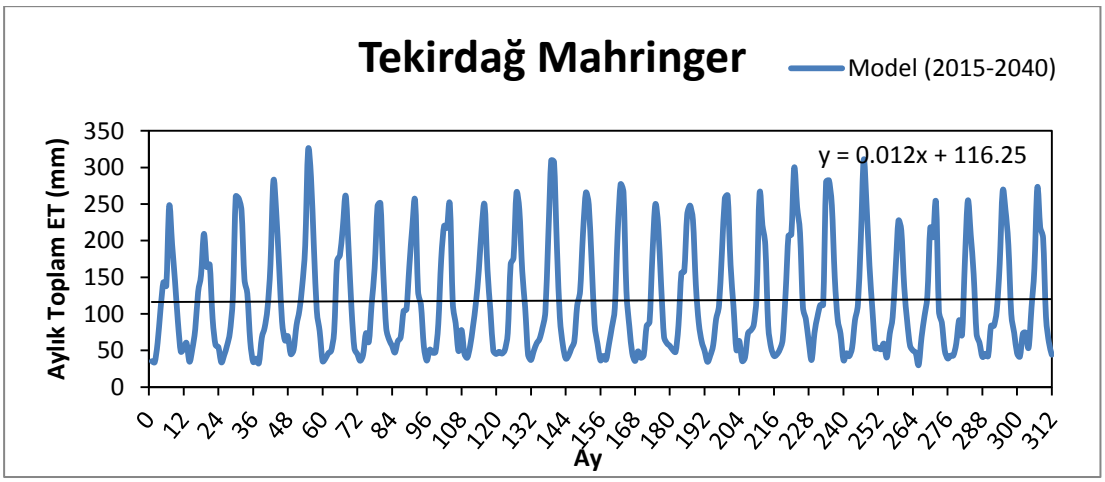




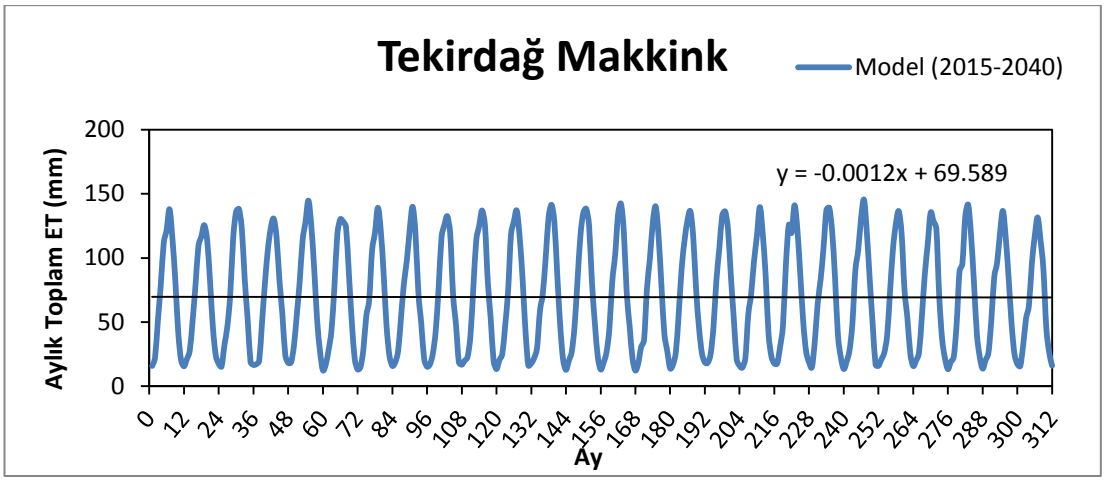
Şekil D.3 : Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Tekirdağ.

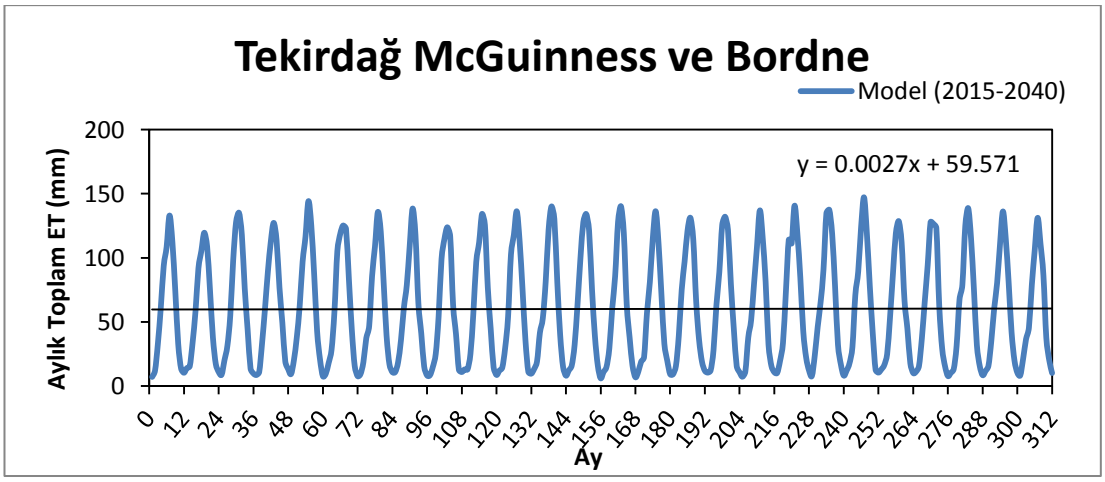


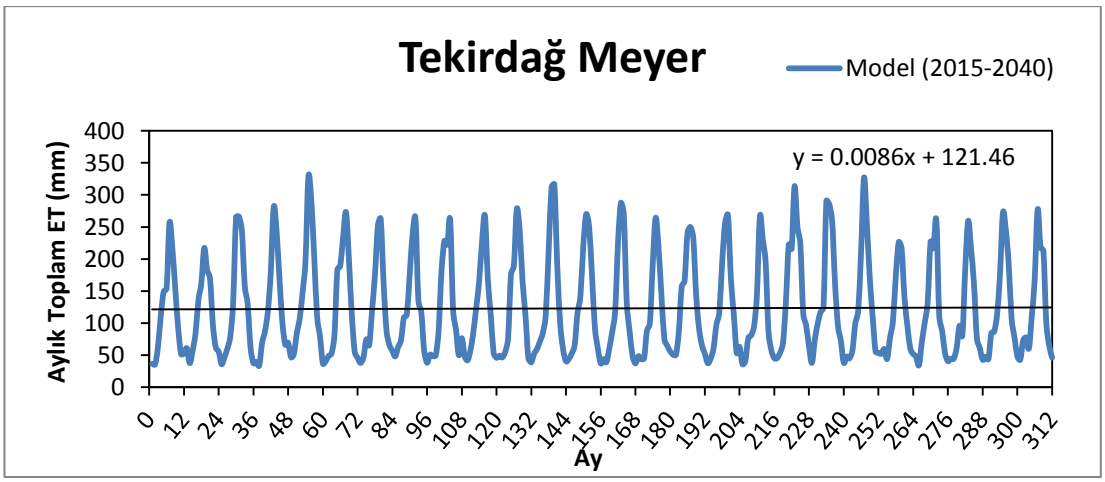




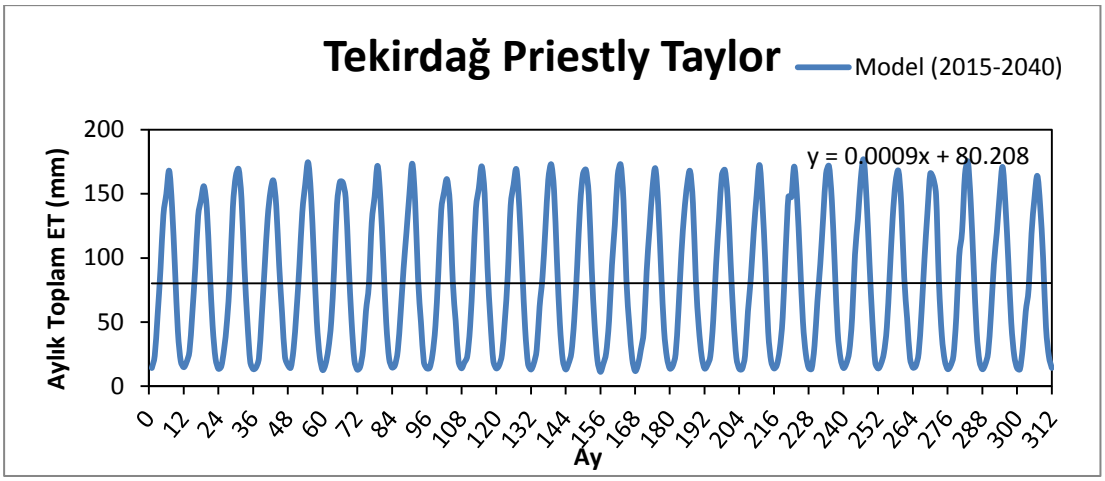
Şekil D.3 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Tekirdağ.

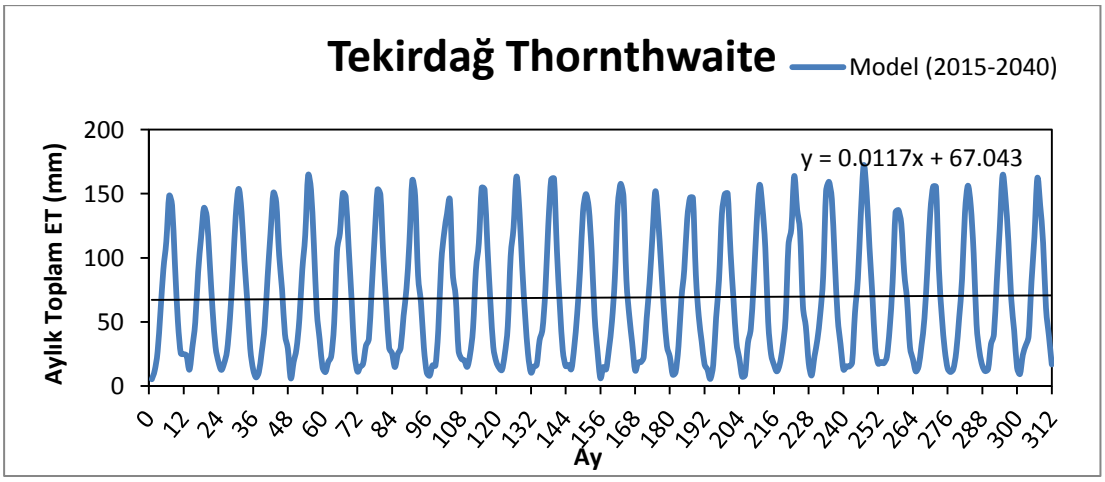


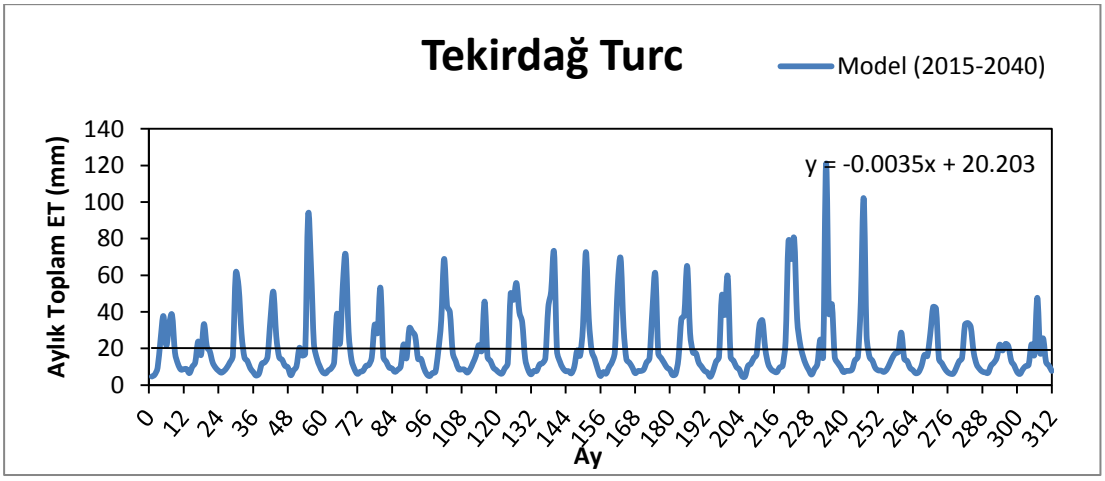




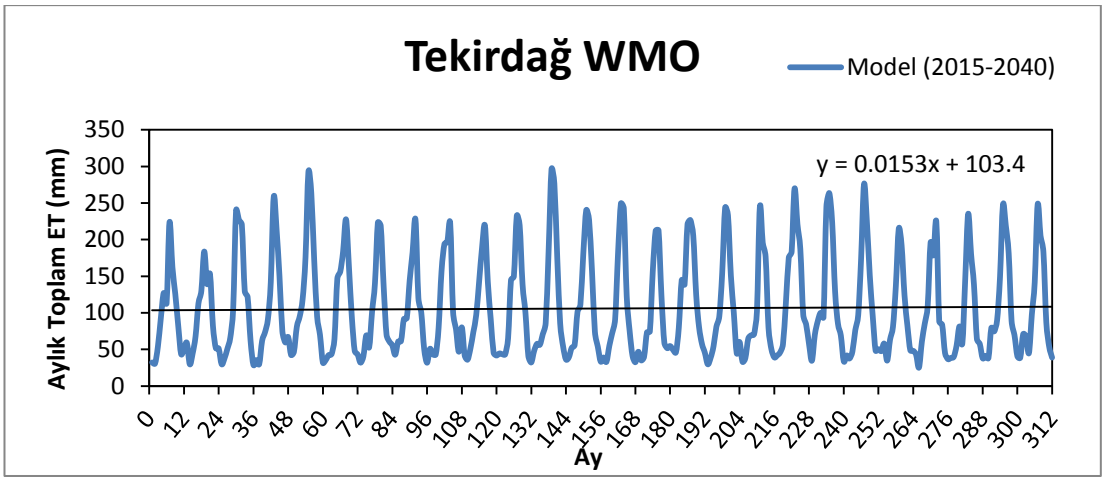
Şekil D.3 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Tekirdağ.

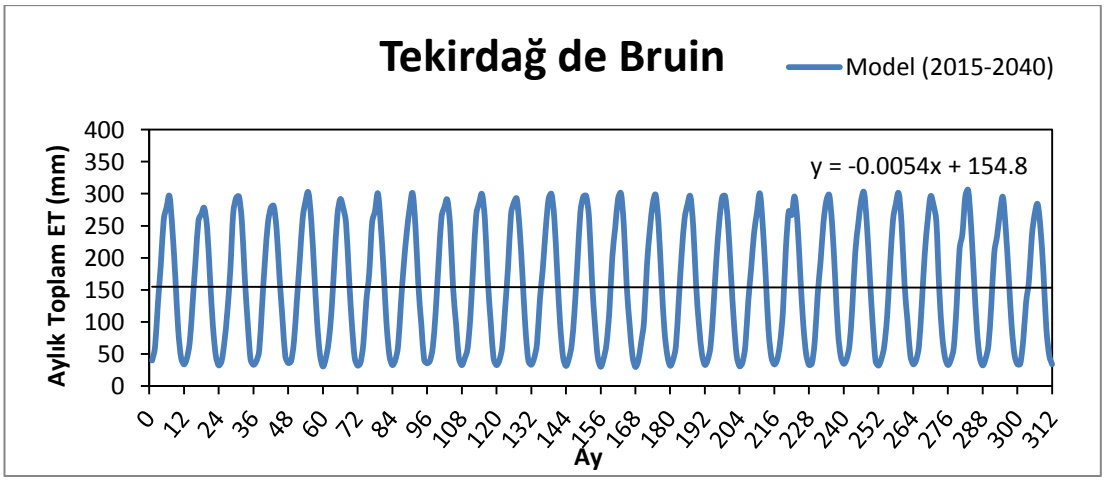


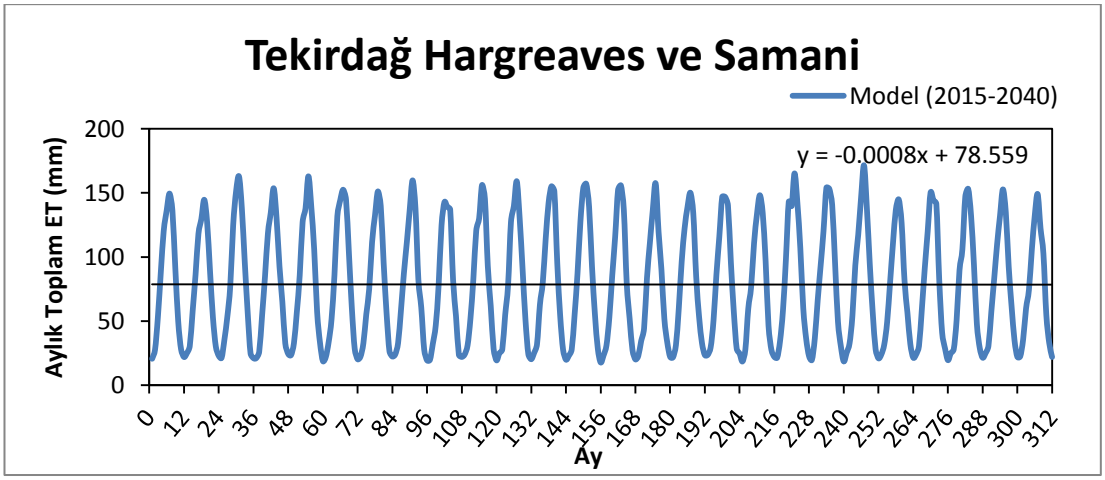




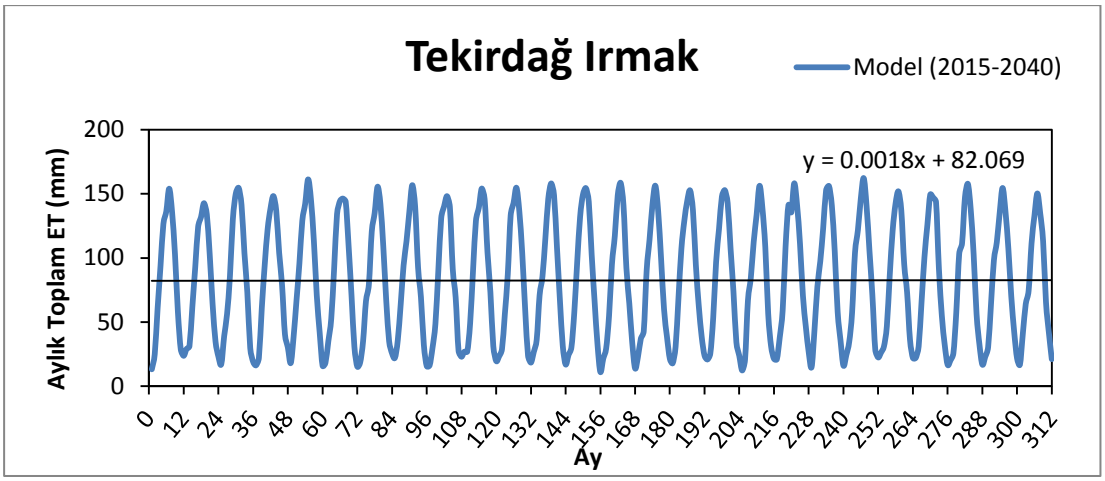
Şekil D.3 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Tekirdağ.

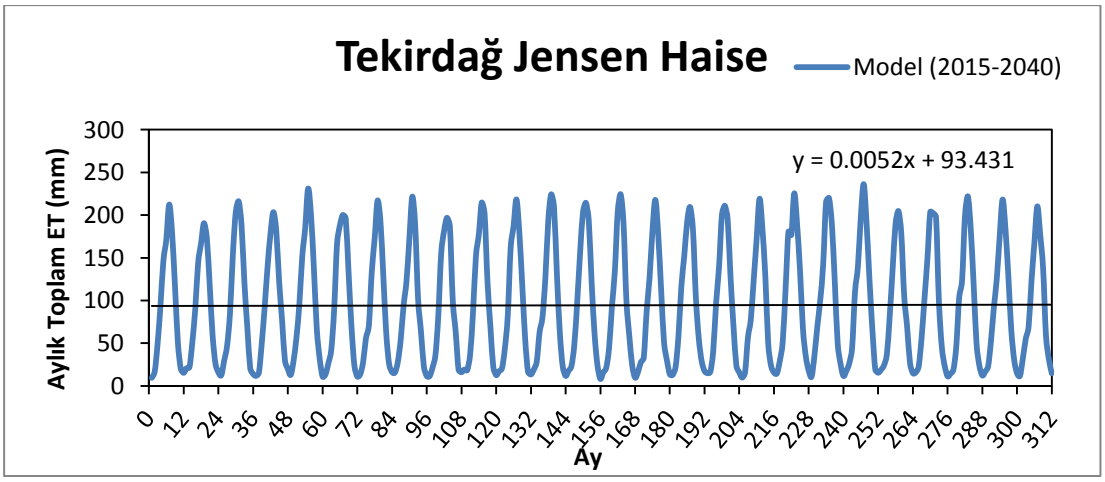


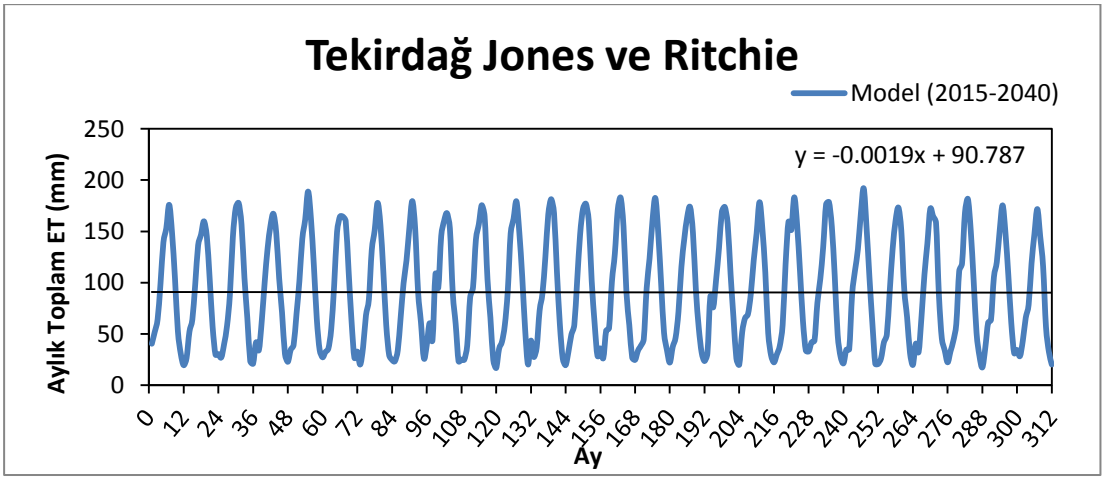




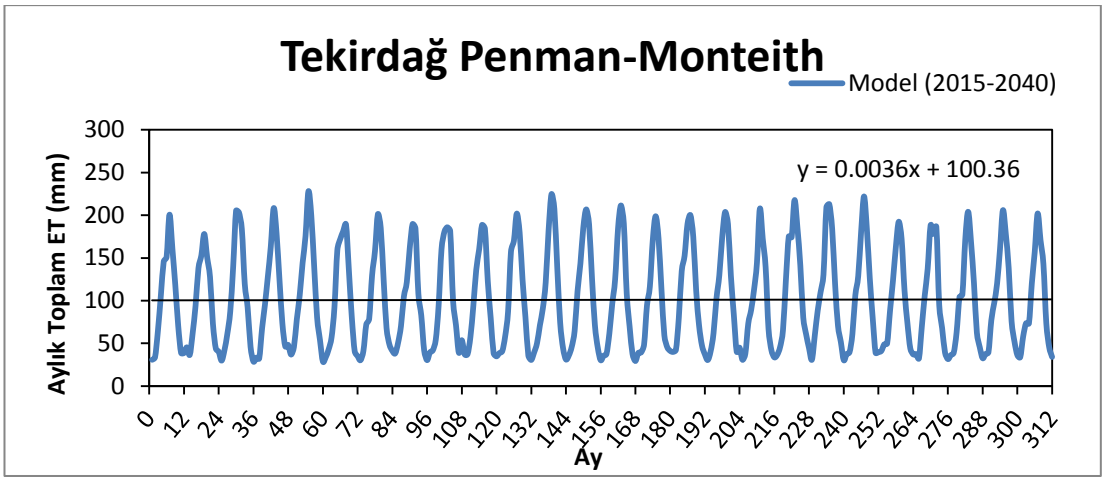
Şekil D.3 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Tekirdağ.

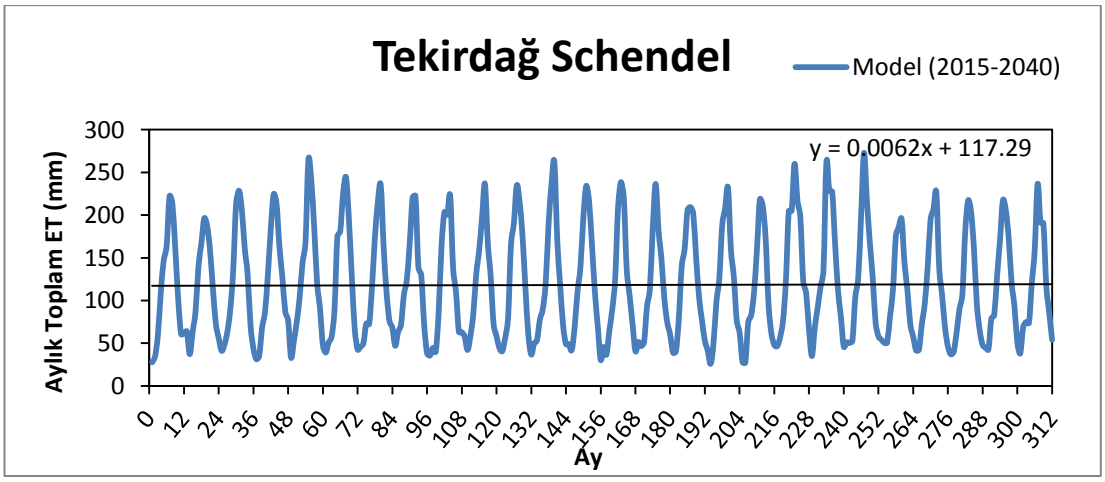


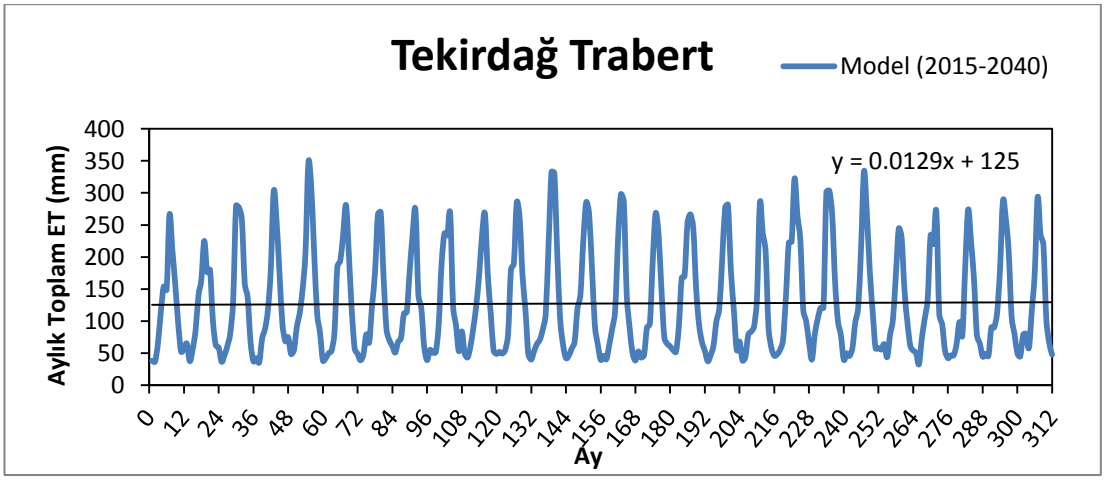




Şekil D.3 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Tekirdağ.

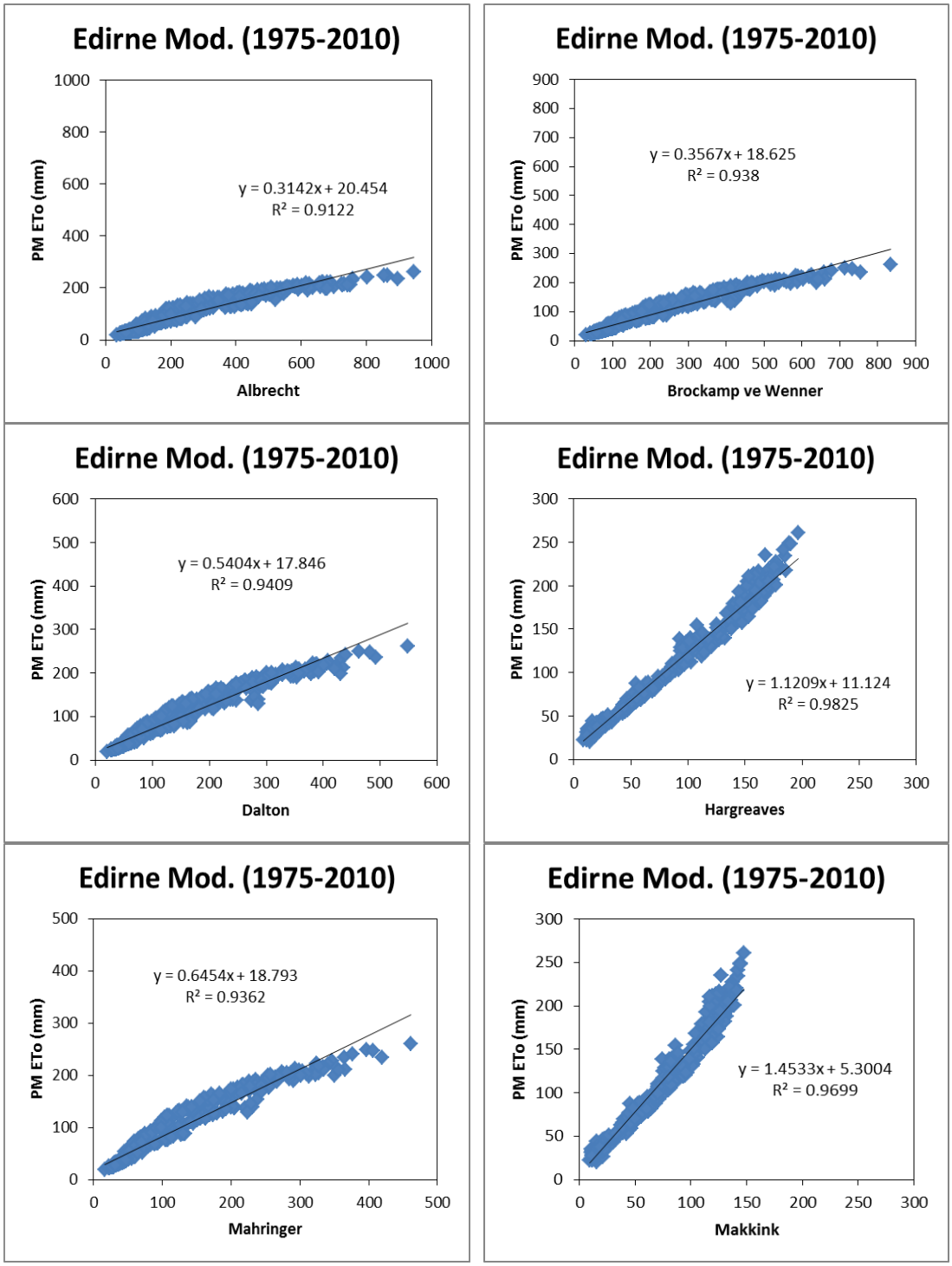




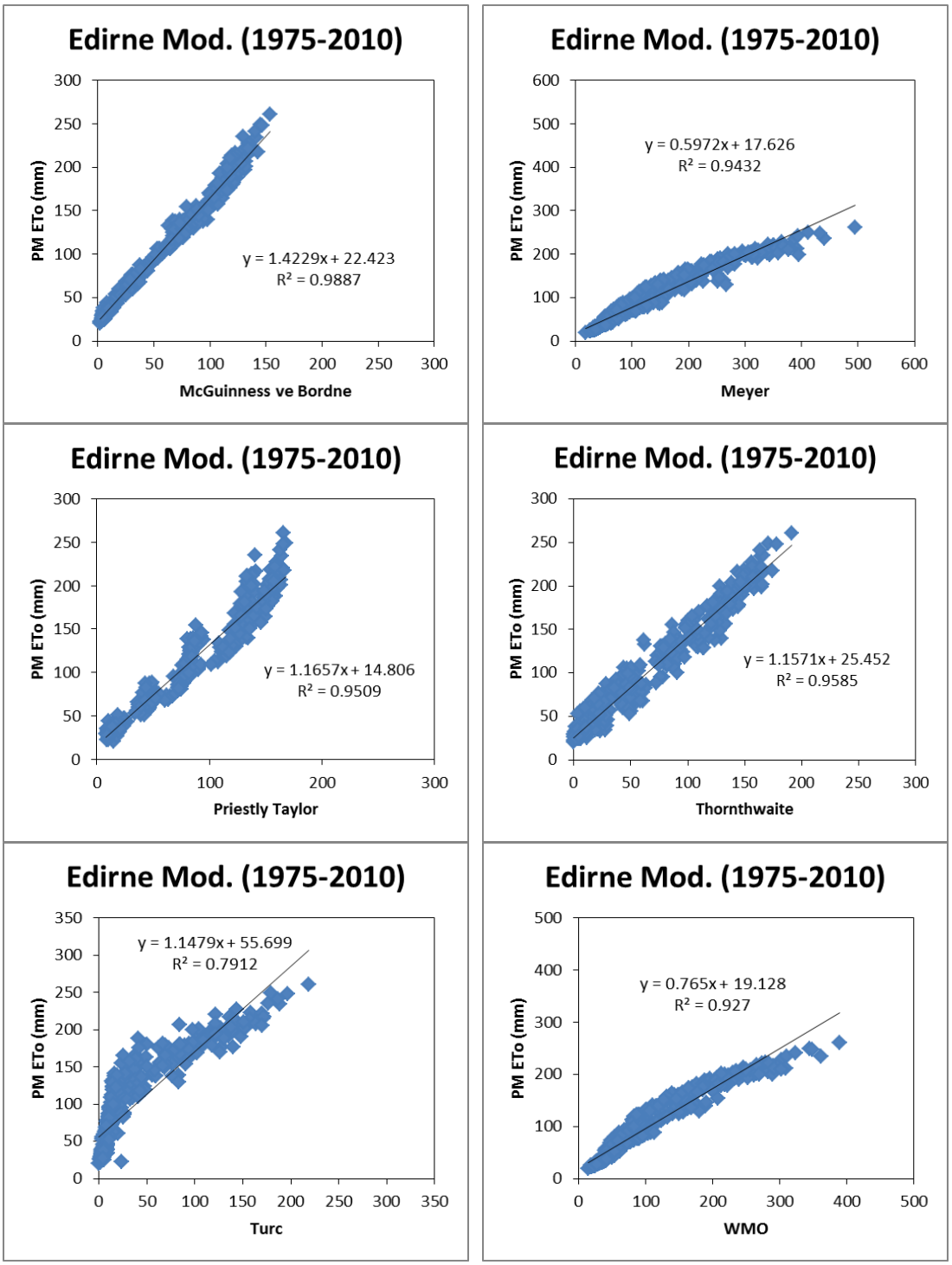


Şekil D.3 (devam) : Evapotranspirasyon zaman serileri (2015-2040): Tekirdağ.

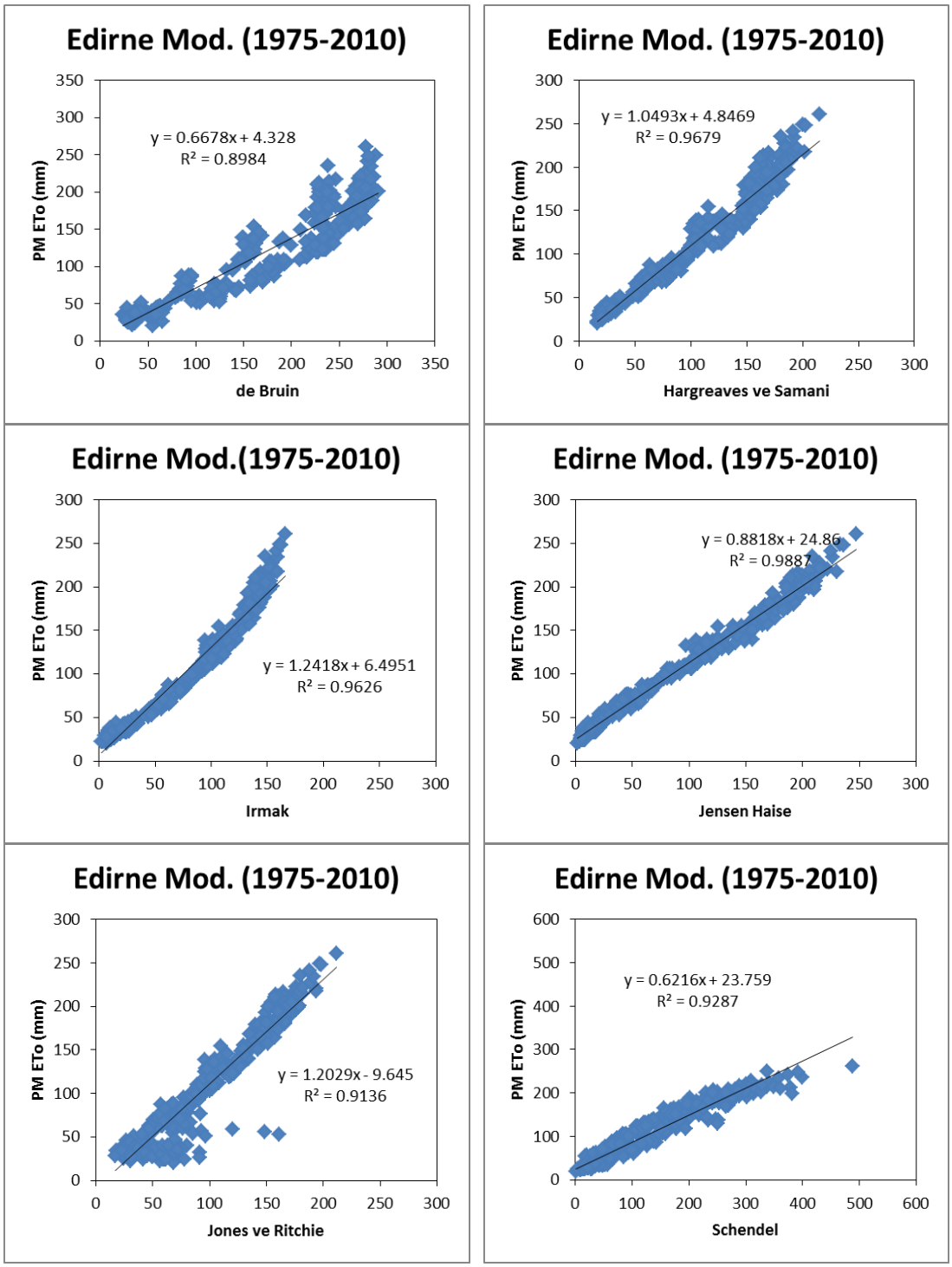
EK E Penman Monteith ile İlişkiler



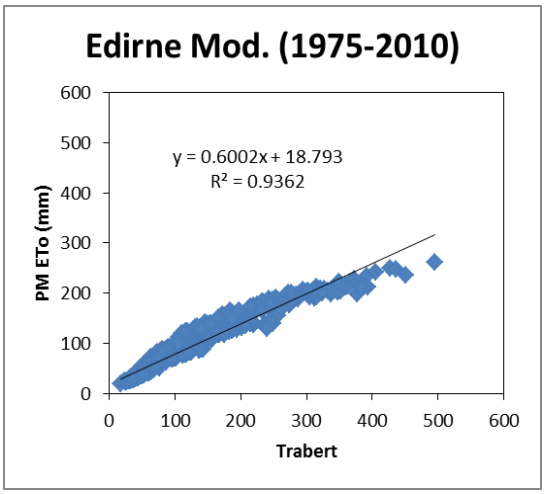
Şekil E.1 : Penman Monteith ile ilişkiler: Edirne model (1975-2010).



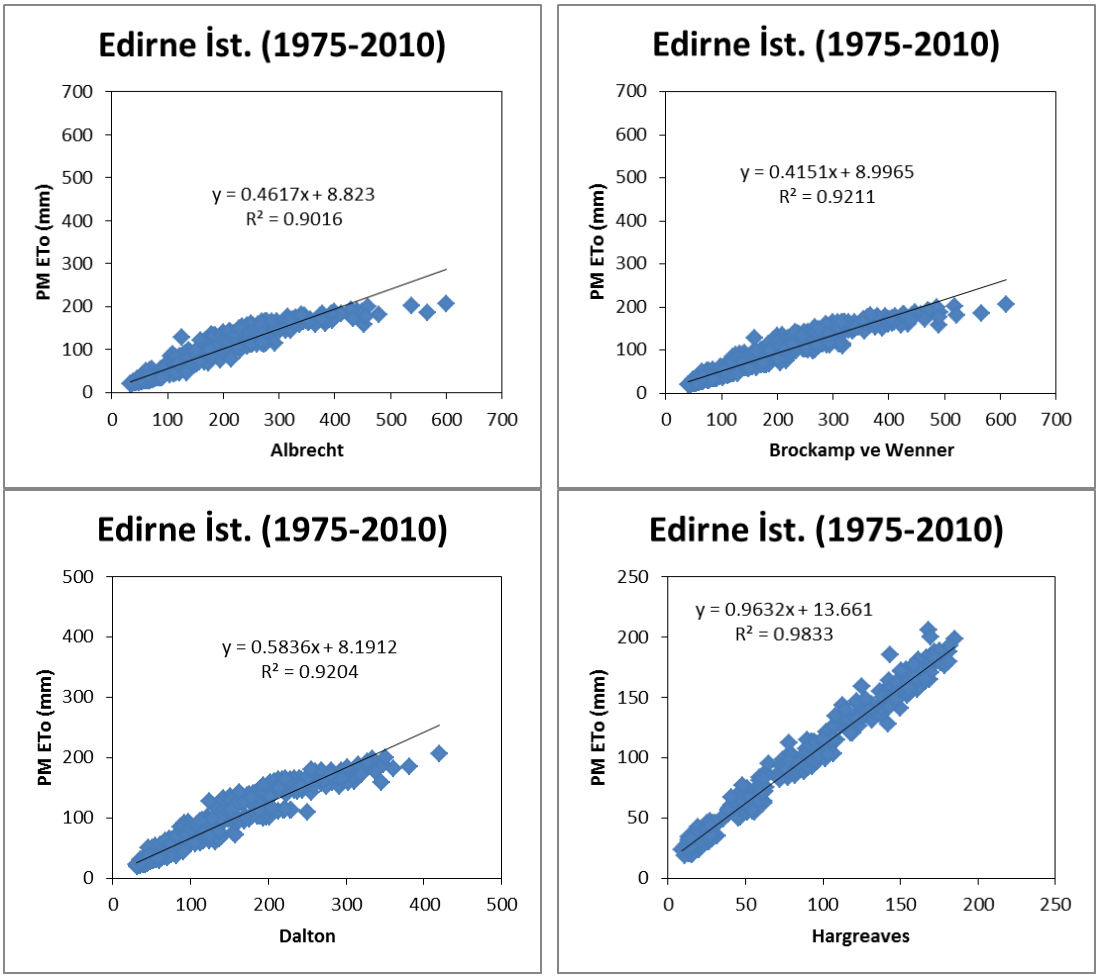
Şekil E.1 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Edirne model (1975-2010).



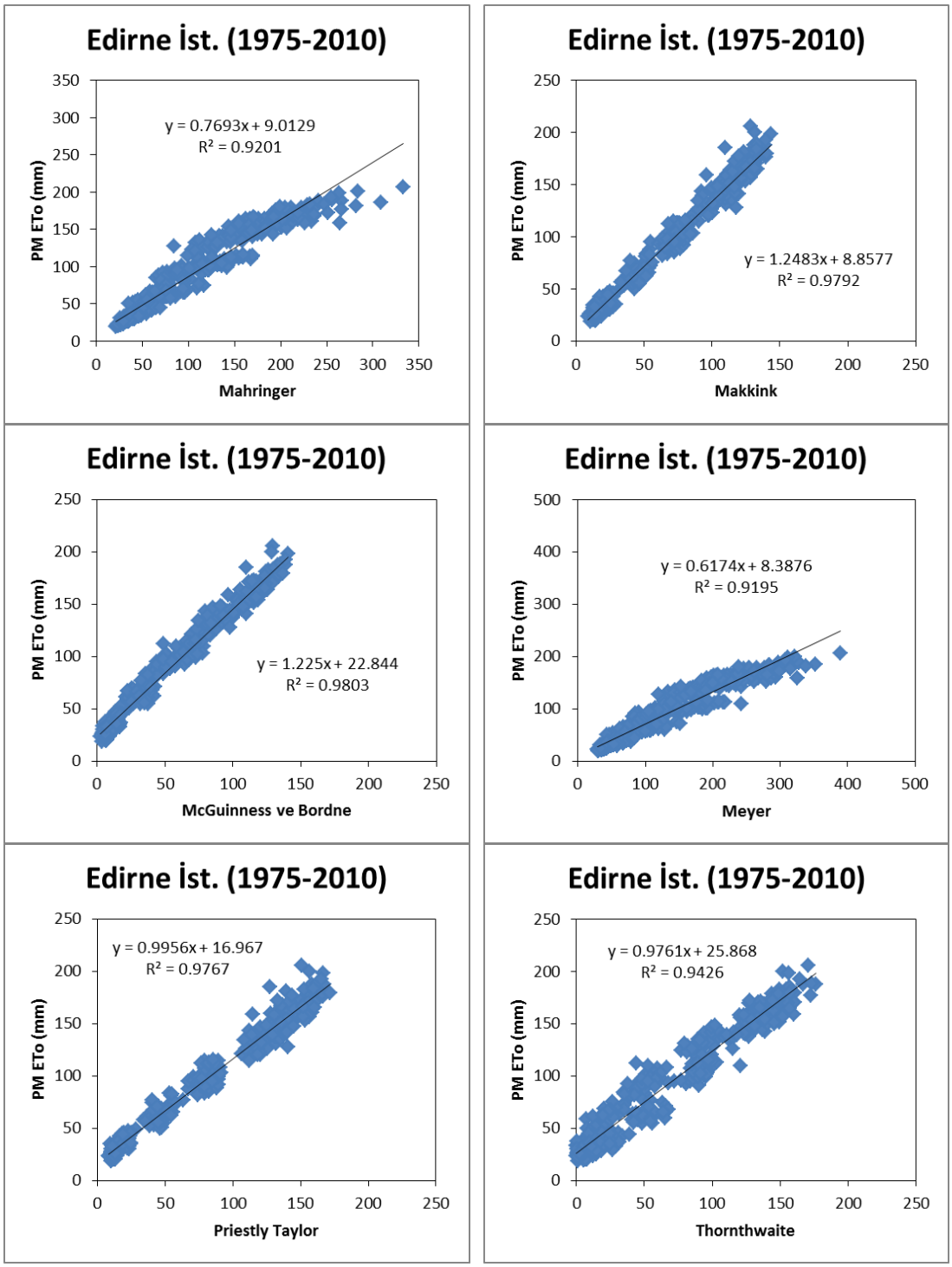
Şekil E.1 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Edirne model (1975-2010).



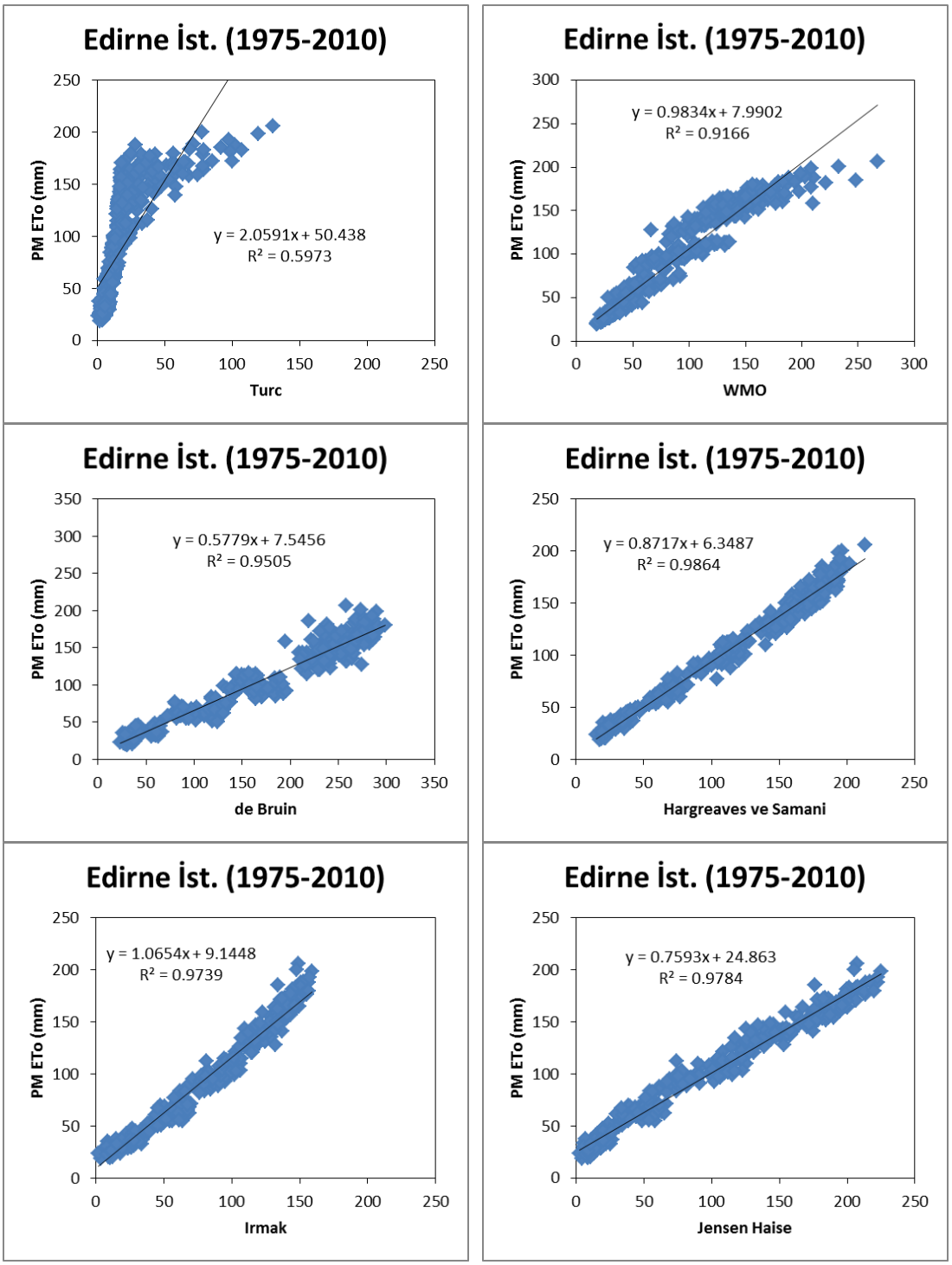
Şekil E.1 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Edirne model (1975-2010).



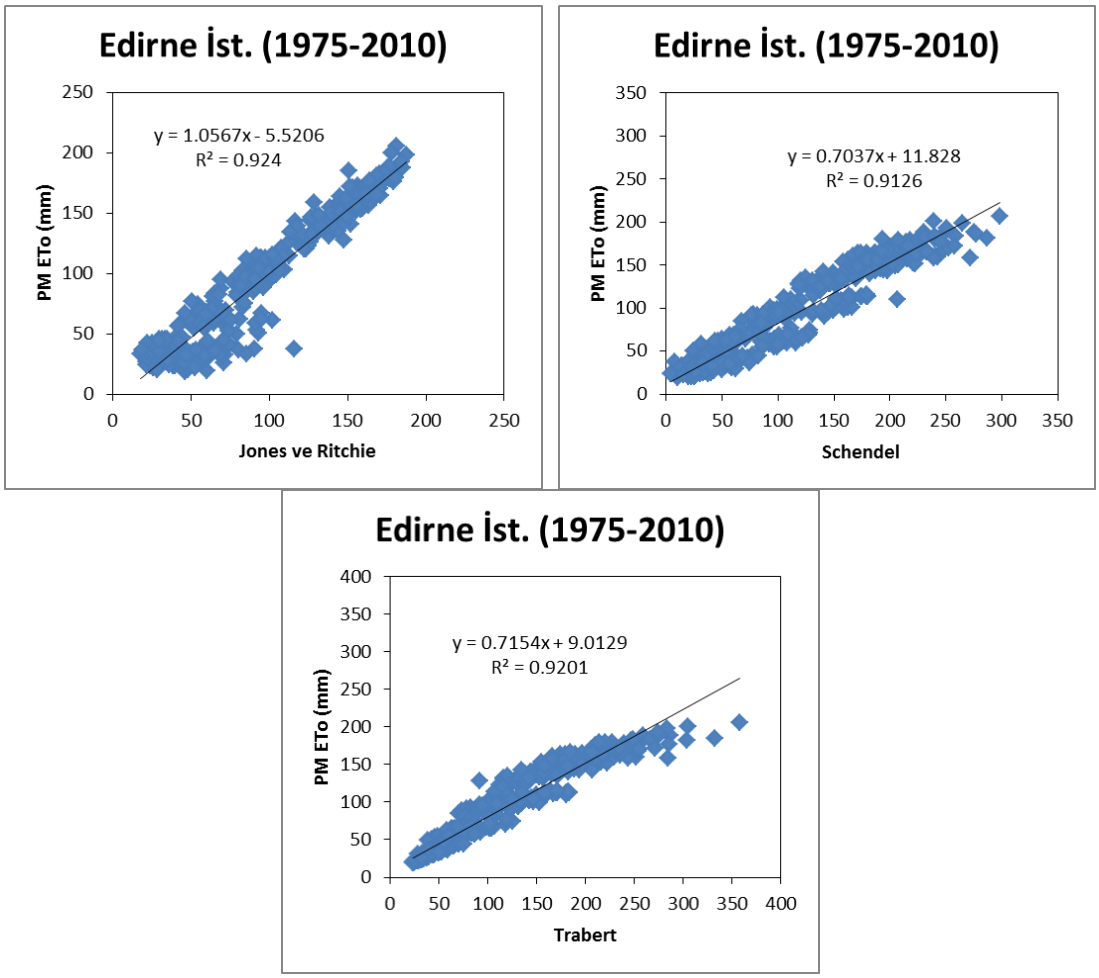
Şekil E.2 : Penman Monteith ile ilişkiler: Edirne istasyon (1975-2010).



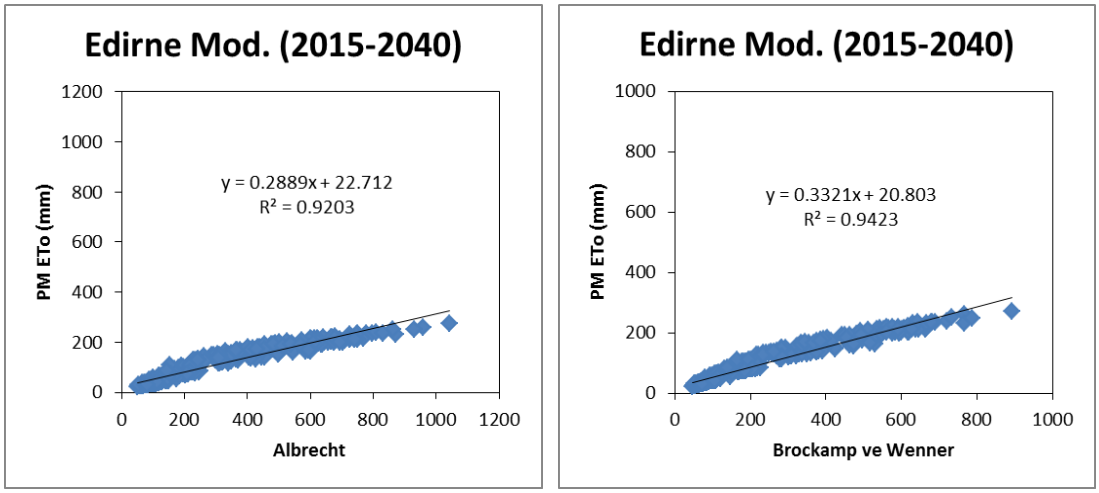
Şekil E.2 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Edirne istasyon (1975-2010).



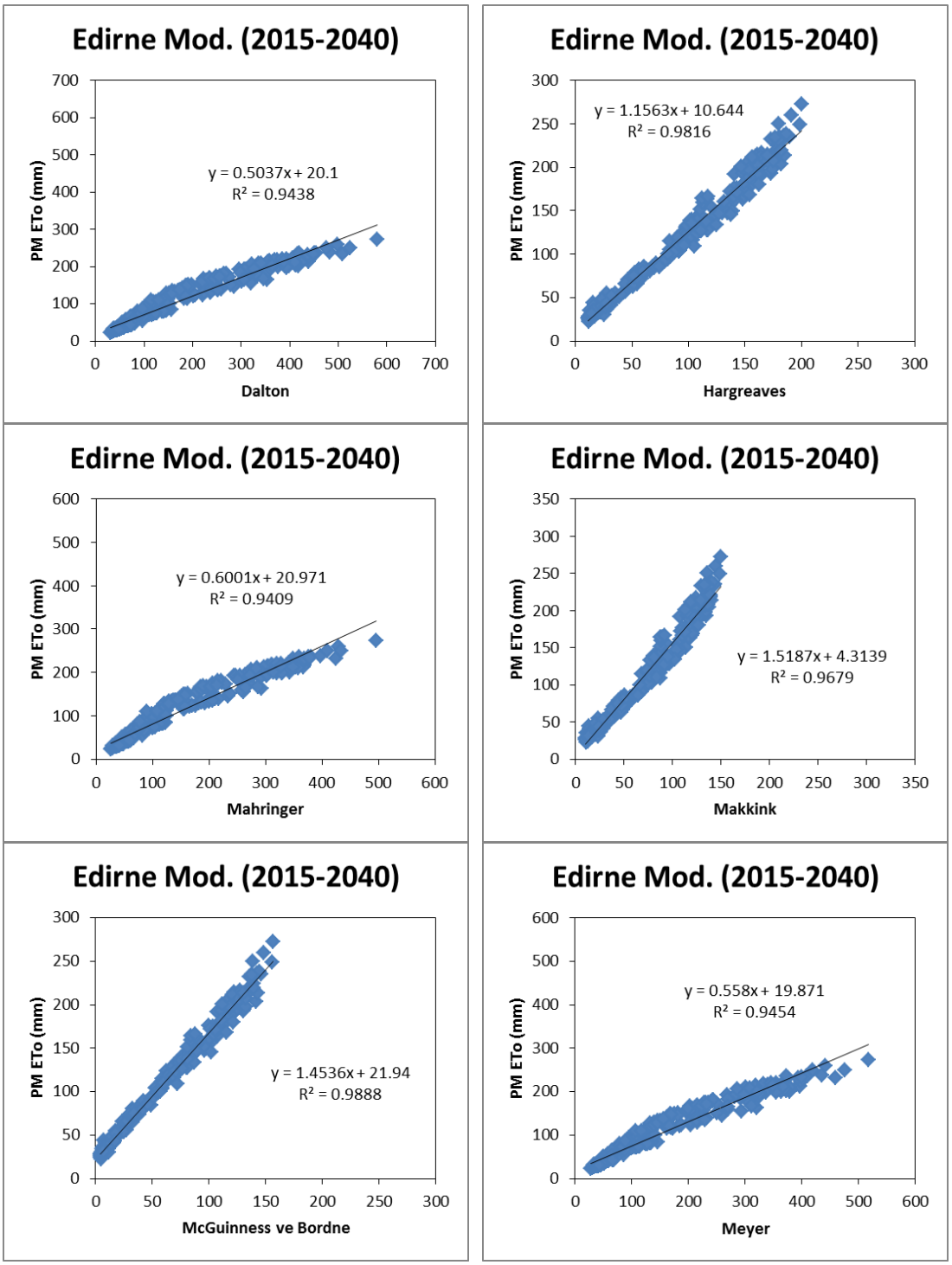
Şekil E.2 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Edirne istasyon (1975-2010).



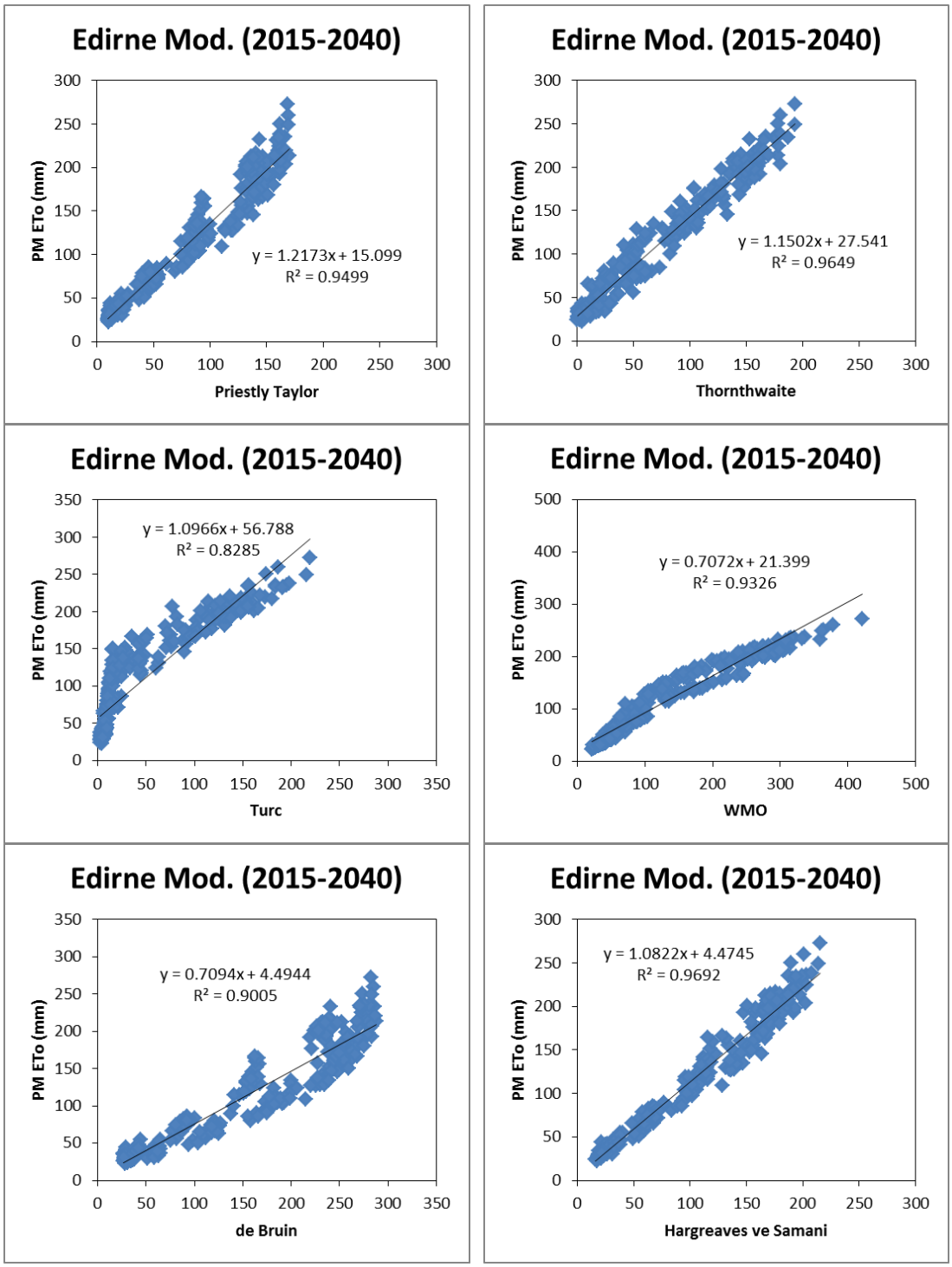
Şekil E.2 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Edirne istasyon (1975-2010).



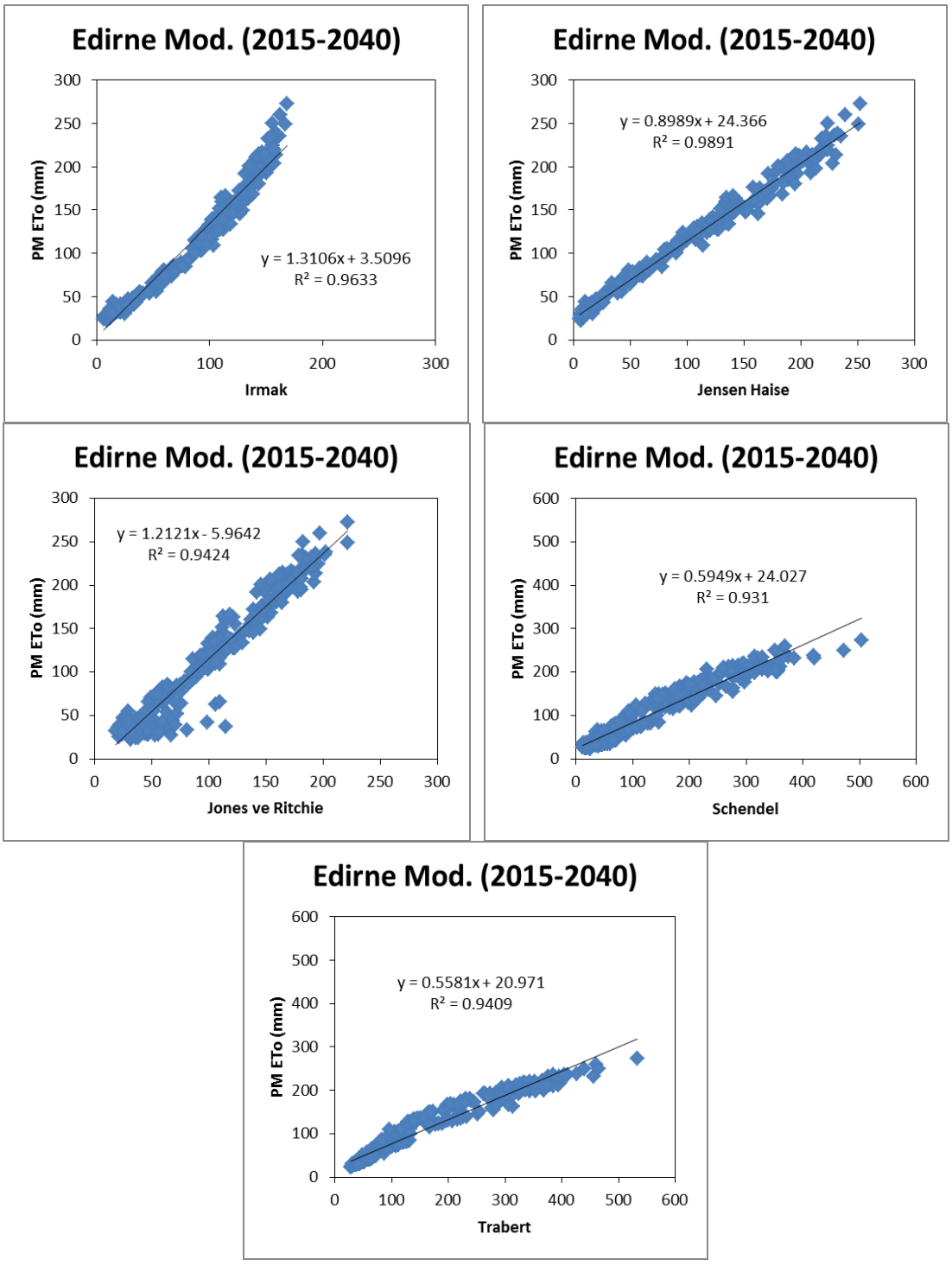
Şekil E.3 : Penman Monteith ile ilişkiler: Edirne model (2015-2040).



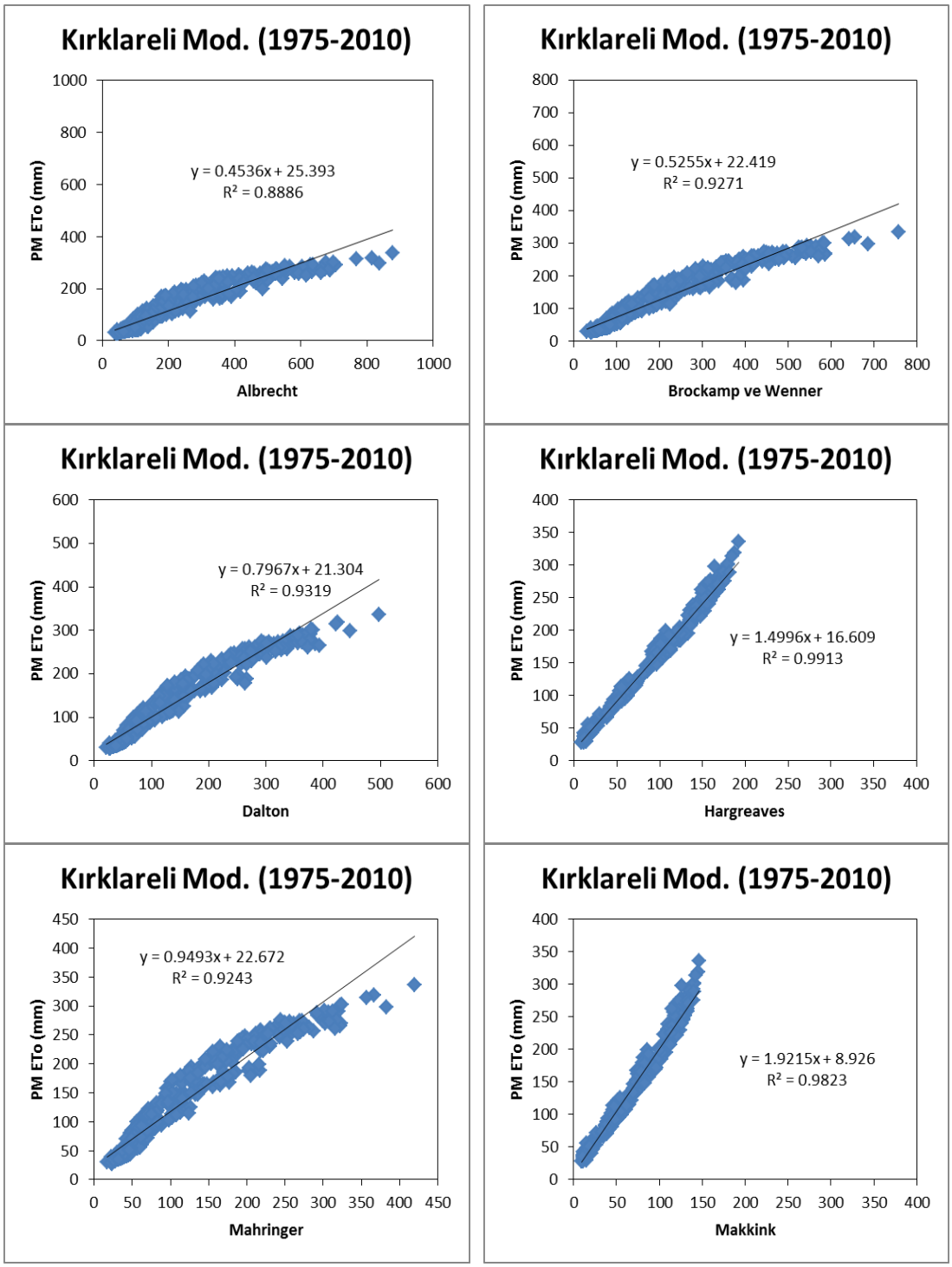
Şekil E.3 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Edirne model (2015-2040).



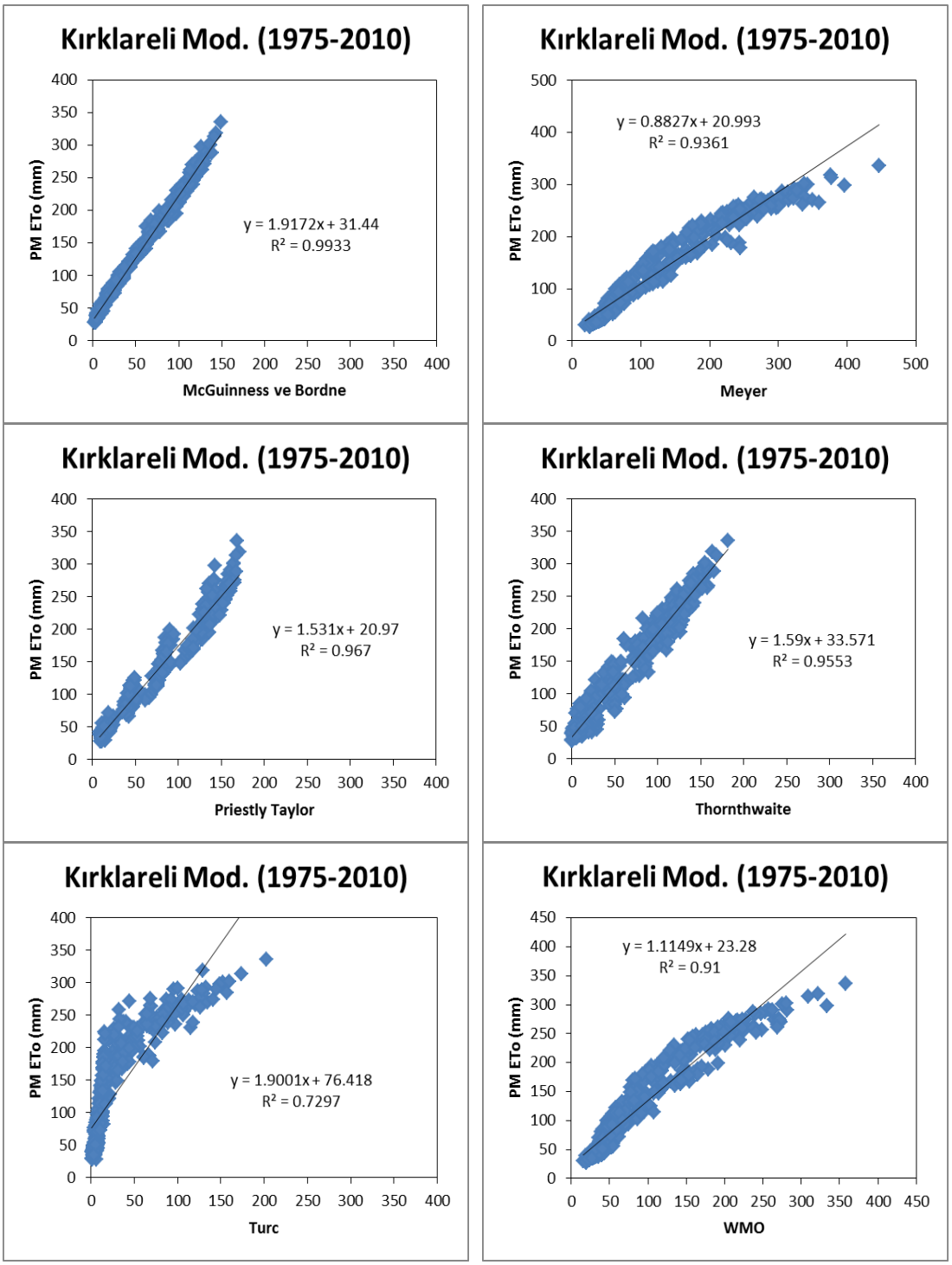
Şekil E.3 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Edirne model (2015-2040).



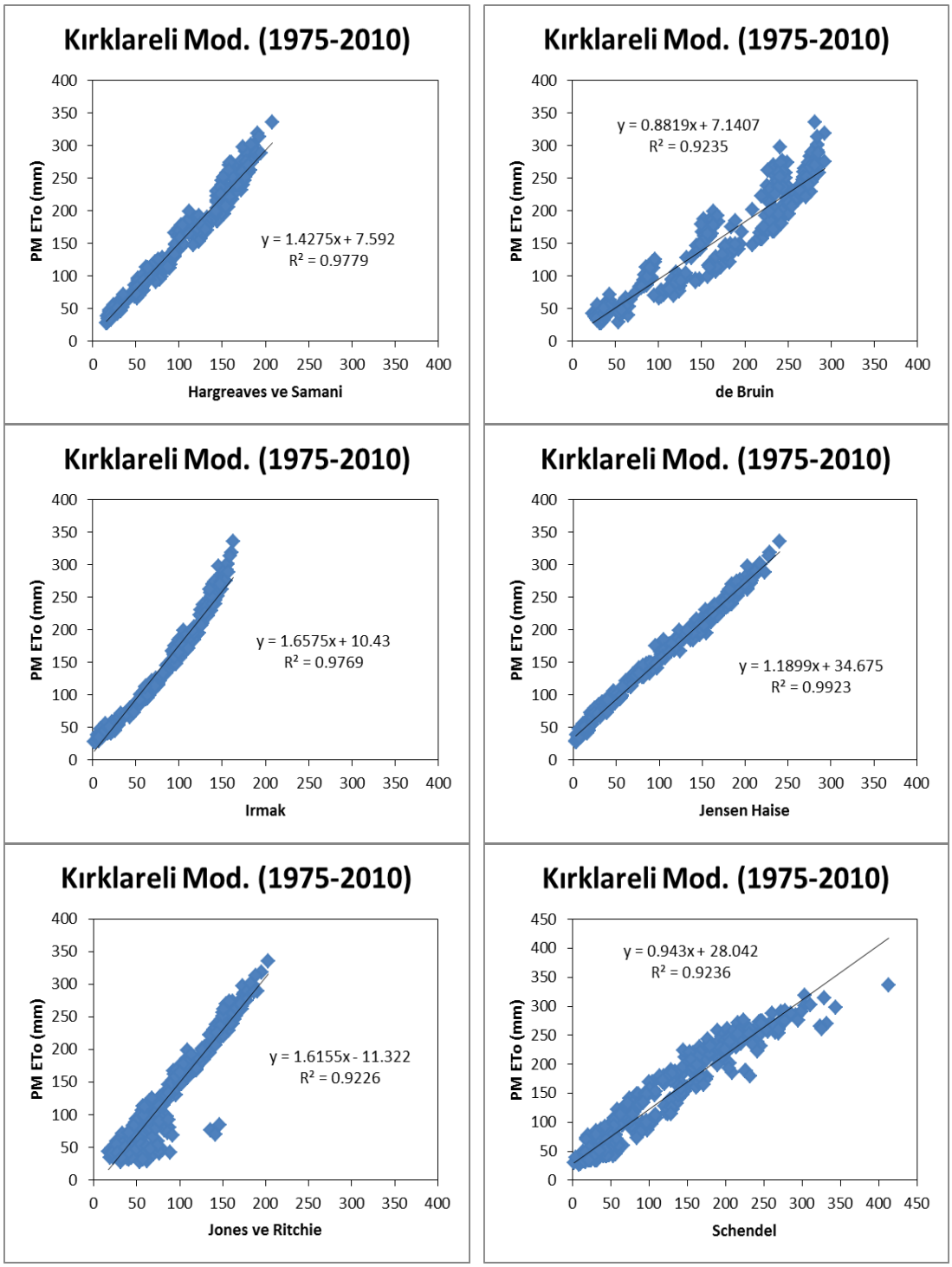
Şekil E.3 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Edirne model (2015-2040).



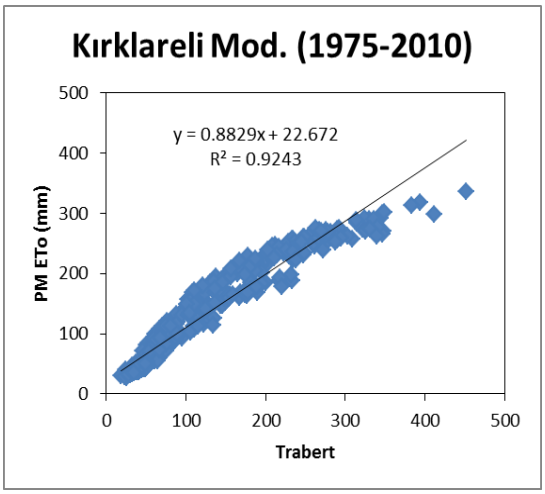
Şekil E.4 : Penman Monteith ile ilişkiler: Kırklareli model (1975-2010).



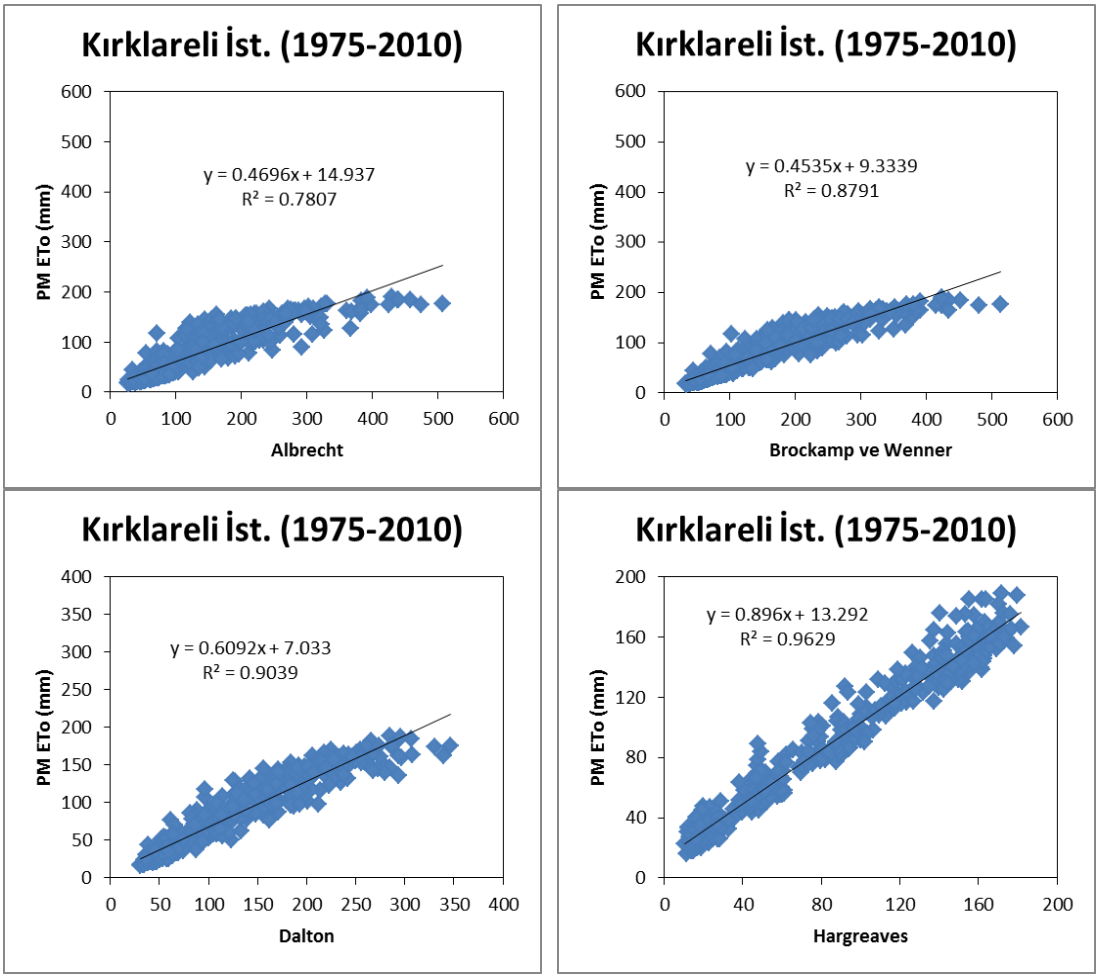
Şekil E.4 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Kırklareli model (1975-2010).



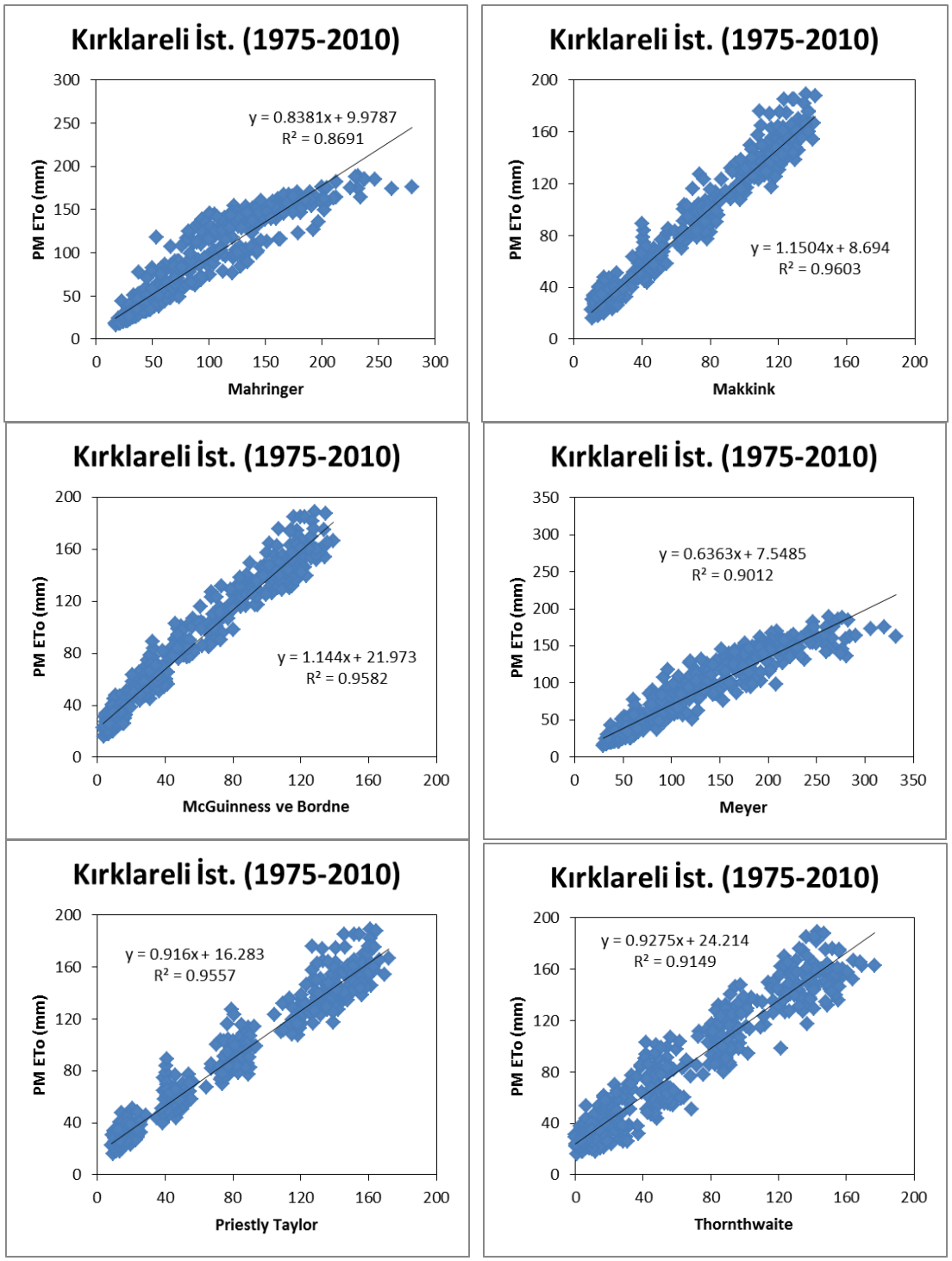
Şekil E.4 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Kırklareli model (1975-2010).



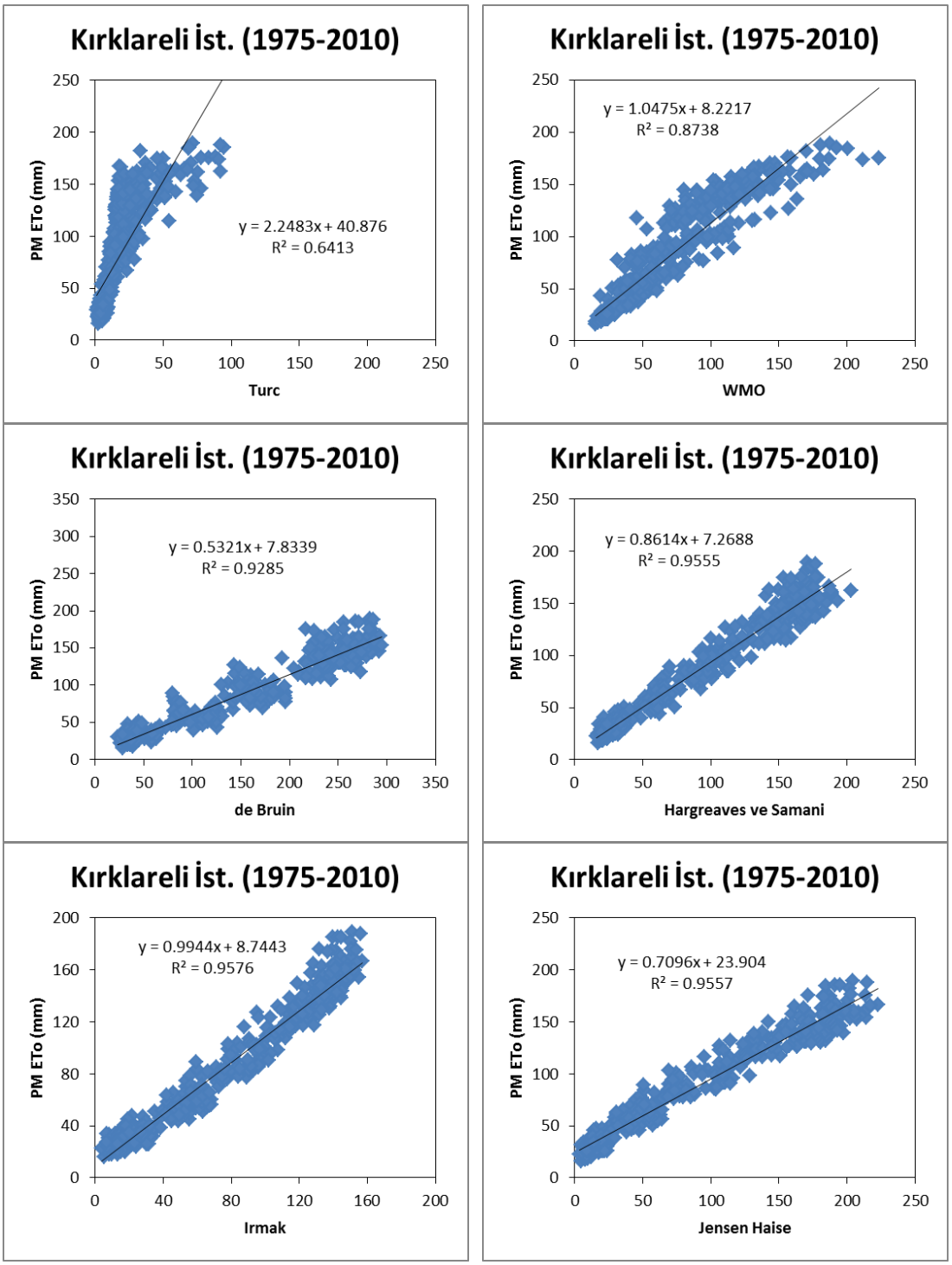
Şekil E.4 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Kırklareli model (1975-2010).



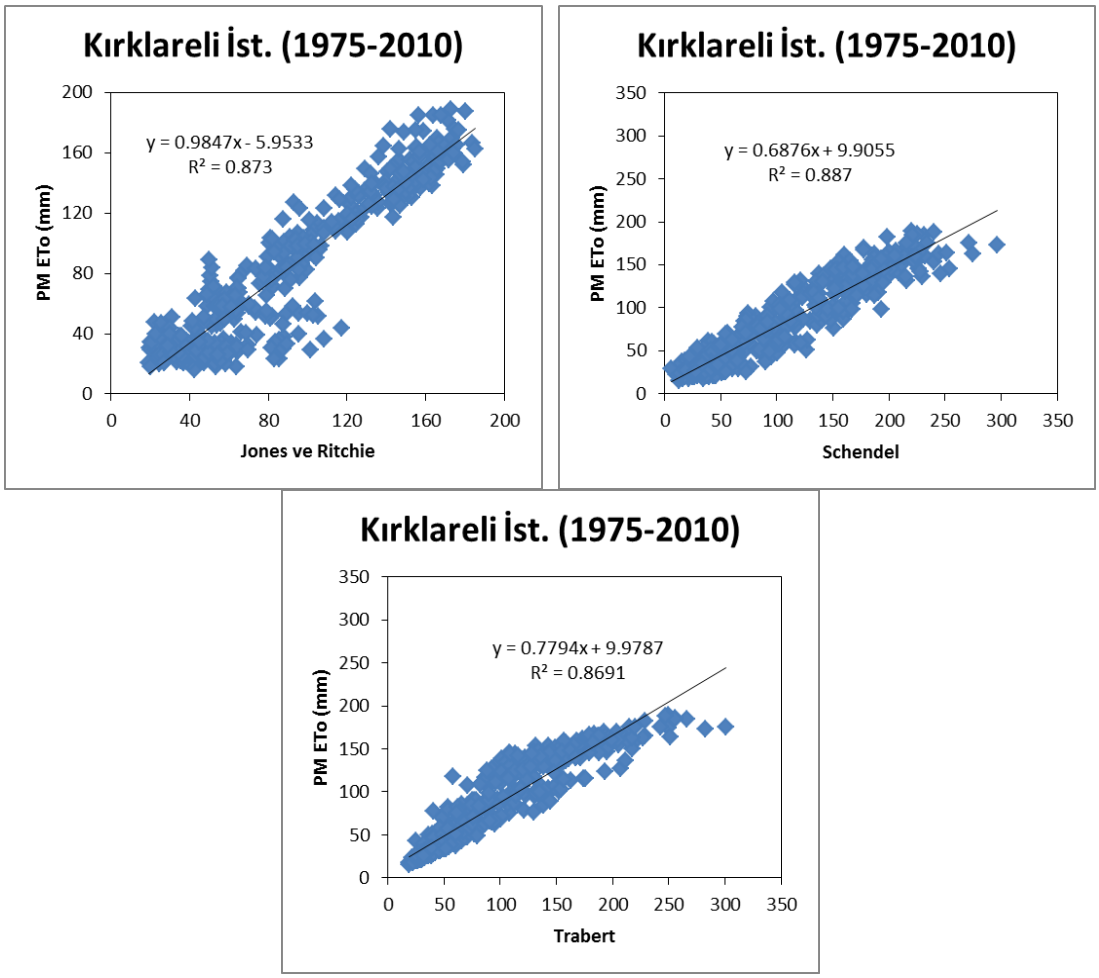
Şekil E.5 : Penman Monteith ile ilişkiler: Kırklareli istasyon (1975-2010).



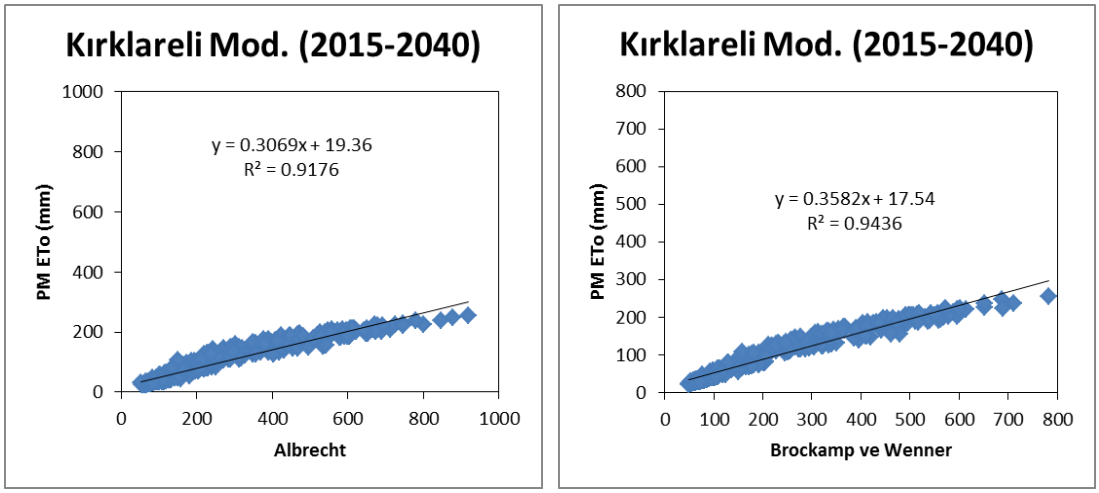
Şekil E.5 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Kırklareli istasyon (1975-2010).



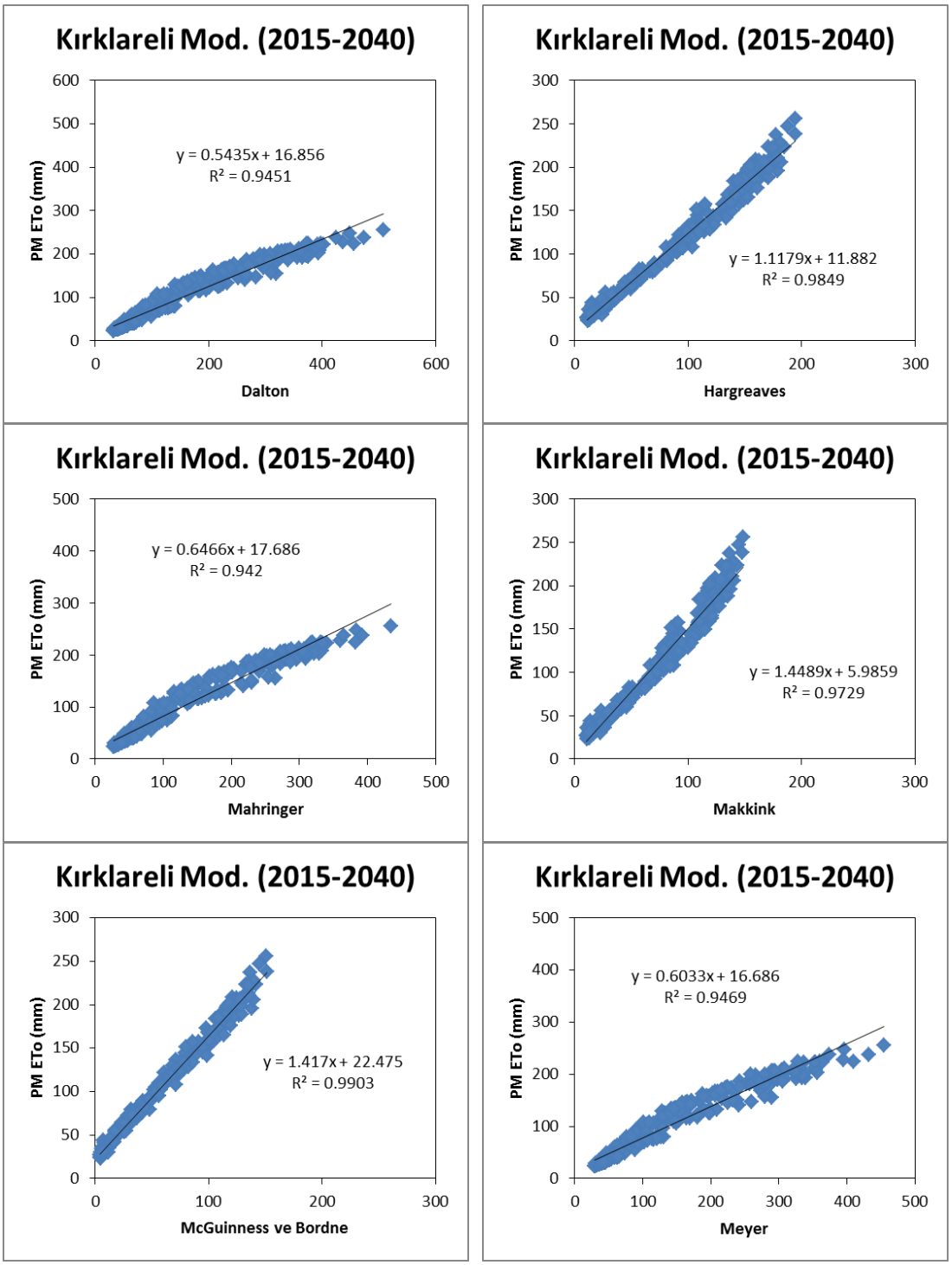
Şekil E.5 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Kırklareli istasyon (1975-2010).



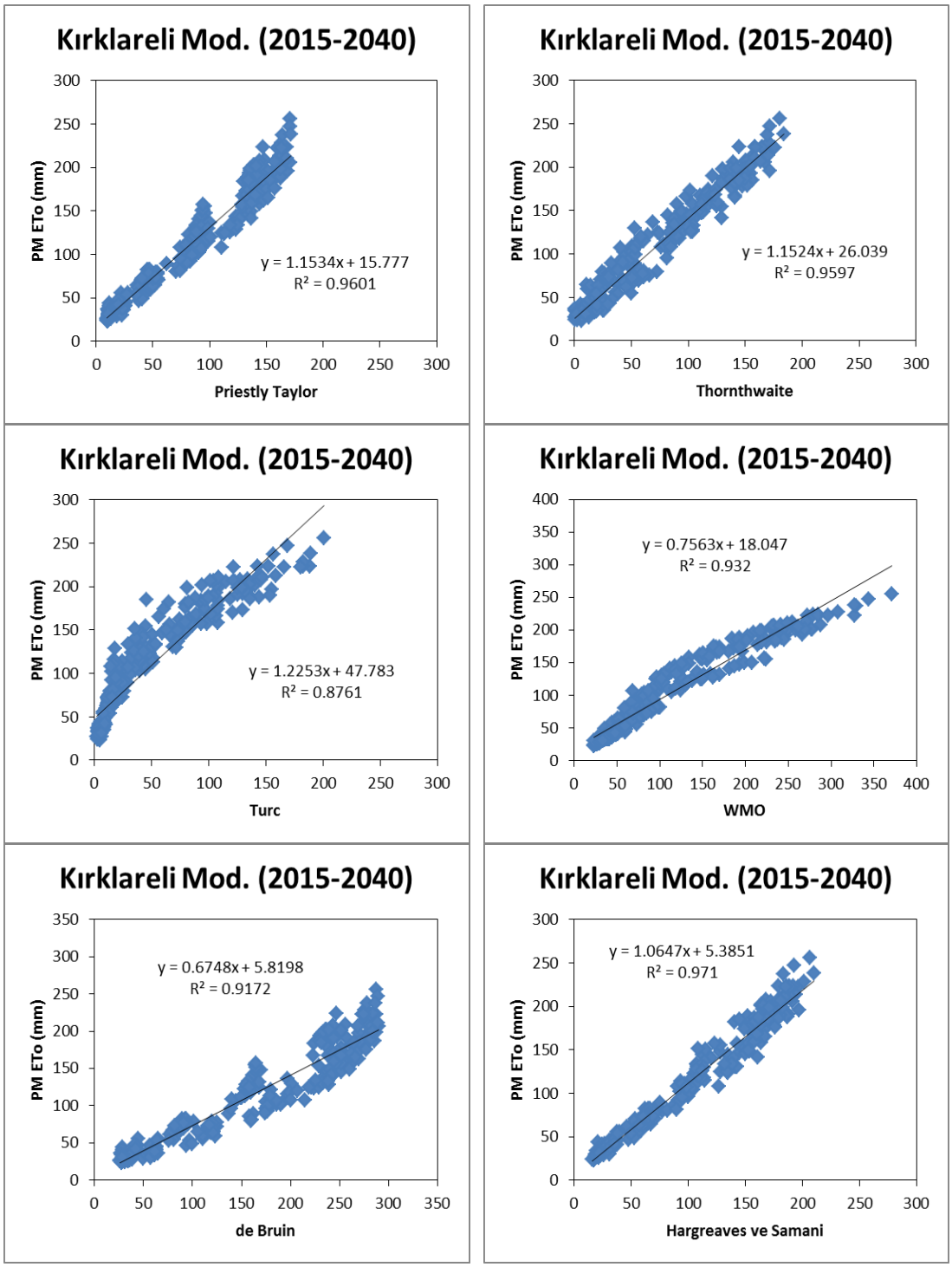
Şekil E.5 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Kırklareli istasyon (1975-2010).



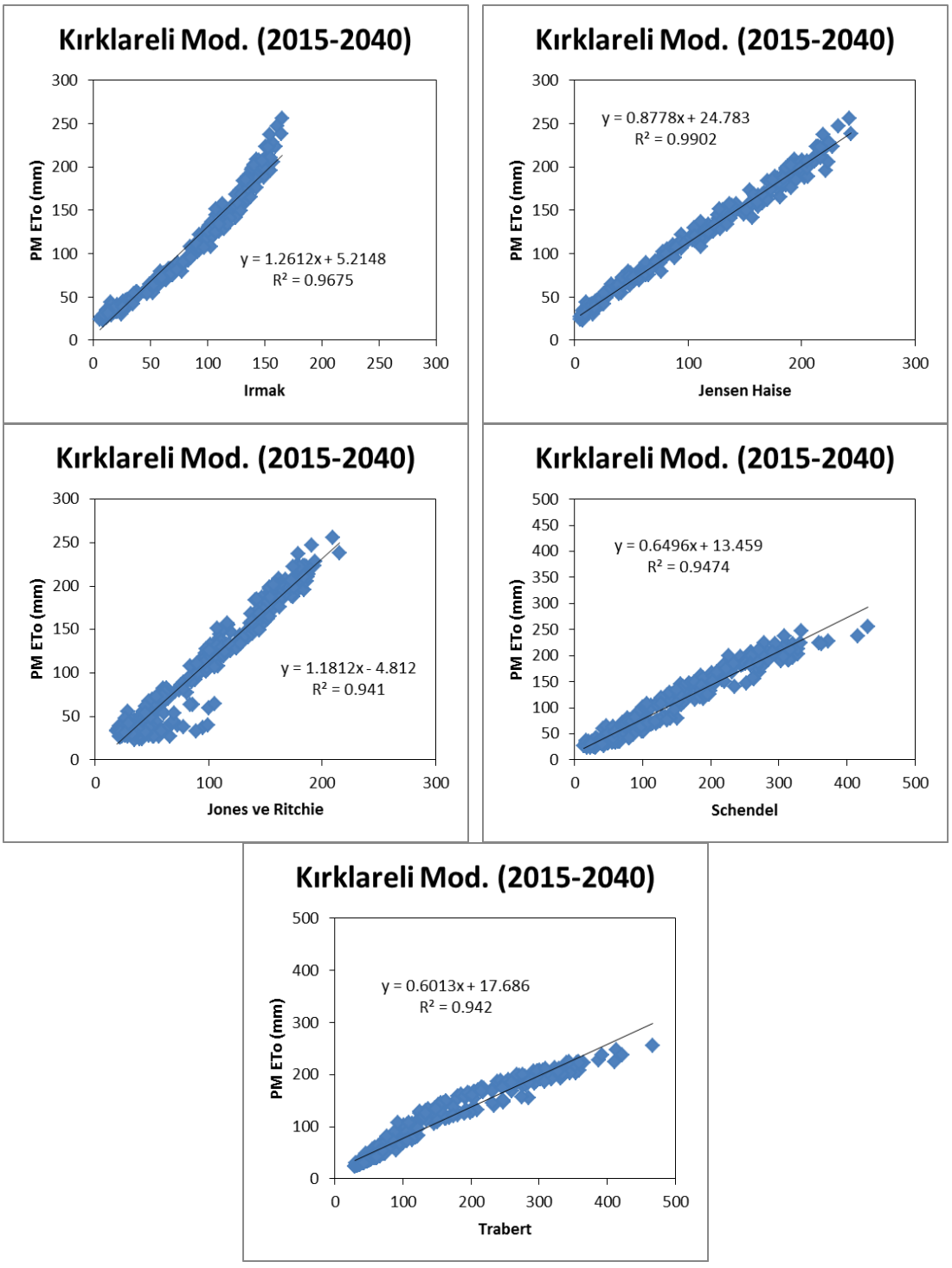
Şekil E.6 : Penman Monteith ile ilişkiler: Kırklareli model (2015-2040).



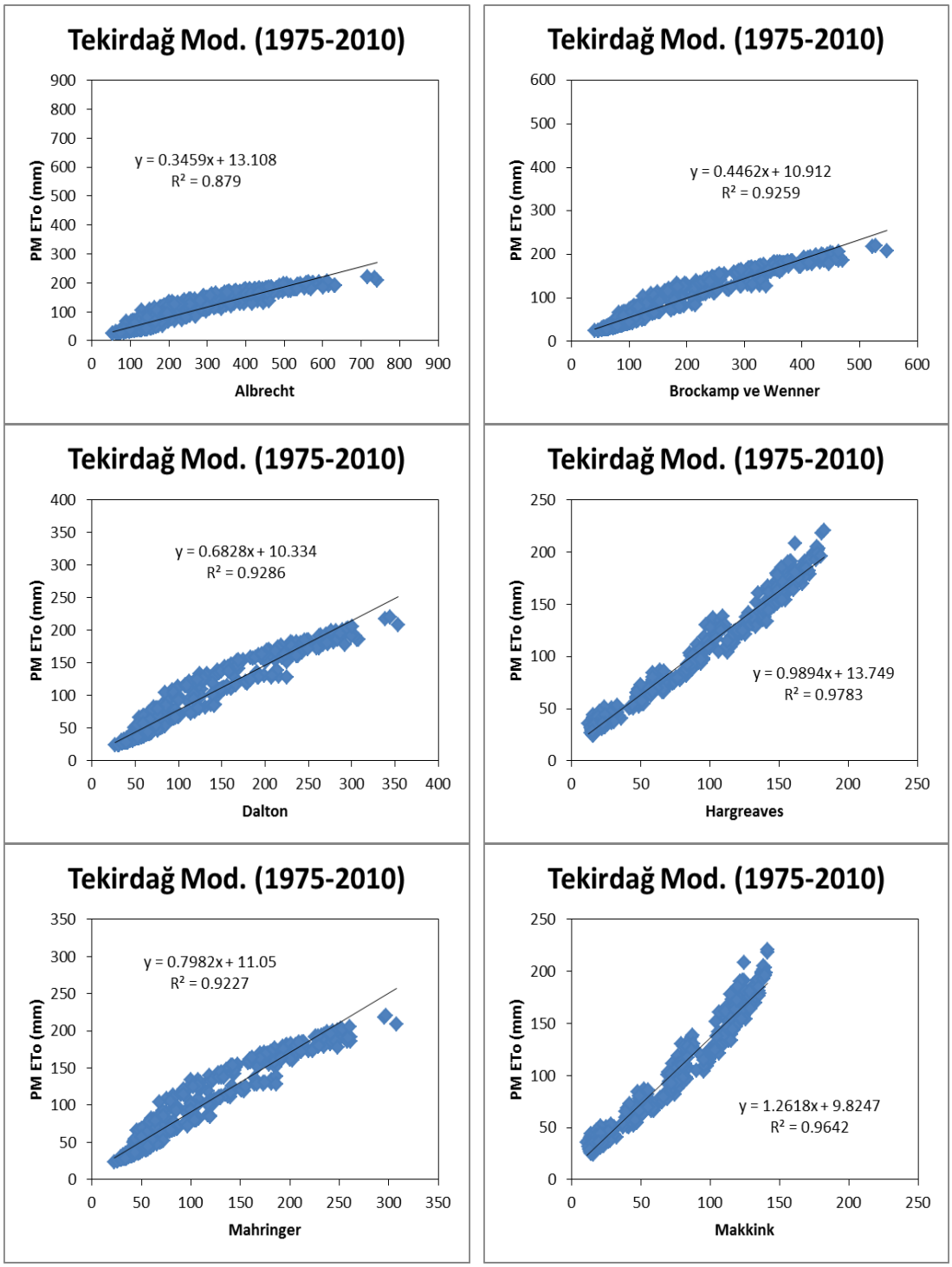
Şekil E.6 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Kırklareli model (2015-2040).



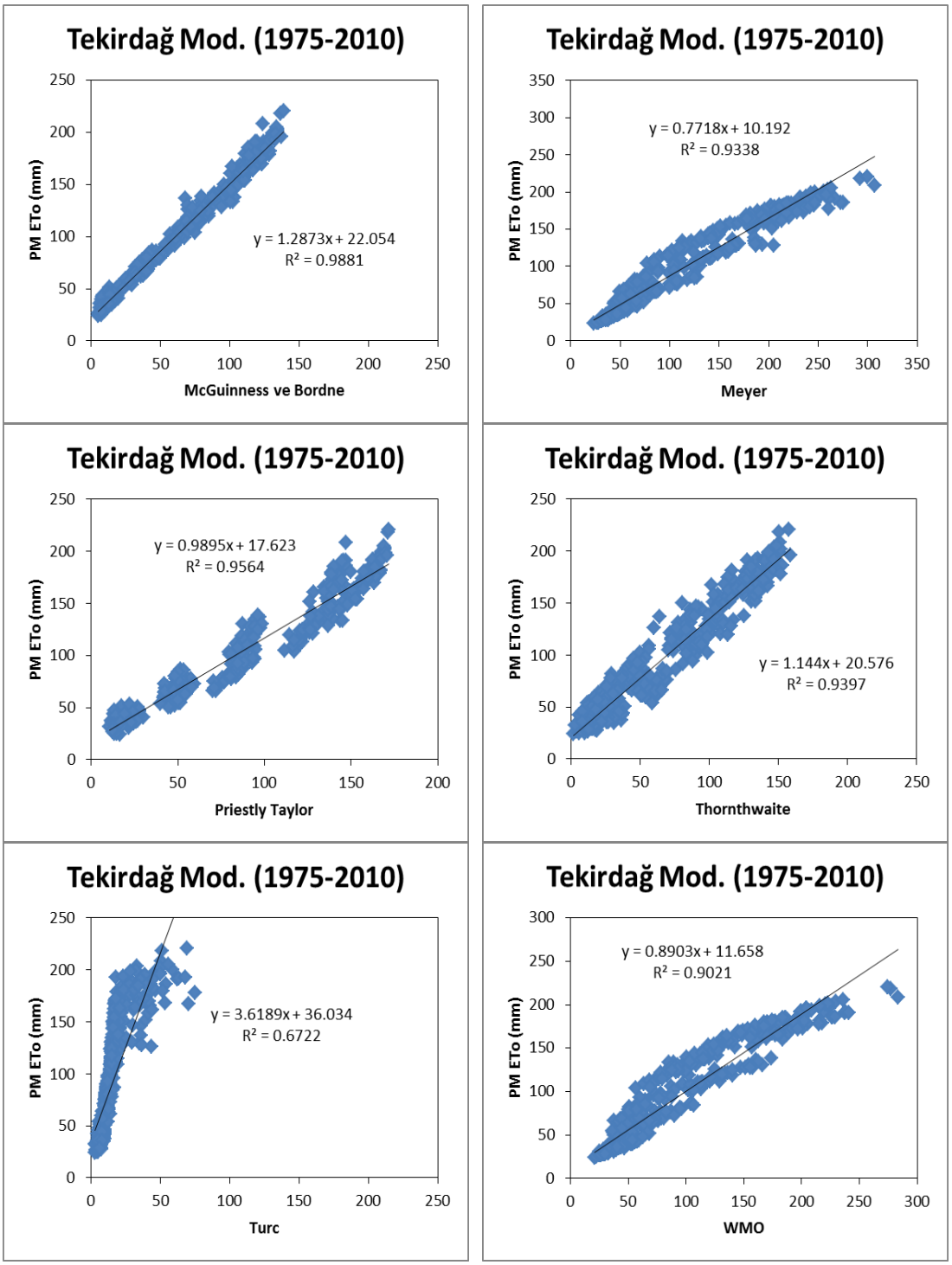
Şekil E.6 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Kırklareli model (2015-2040).



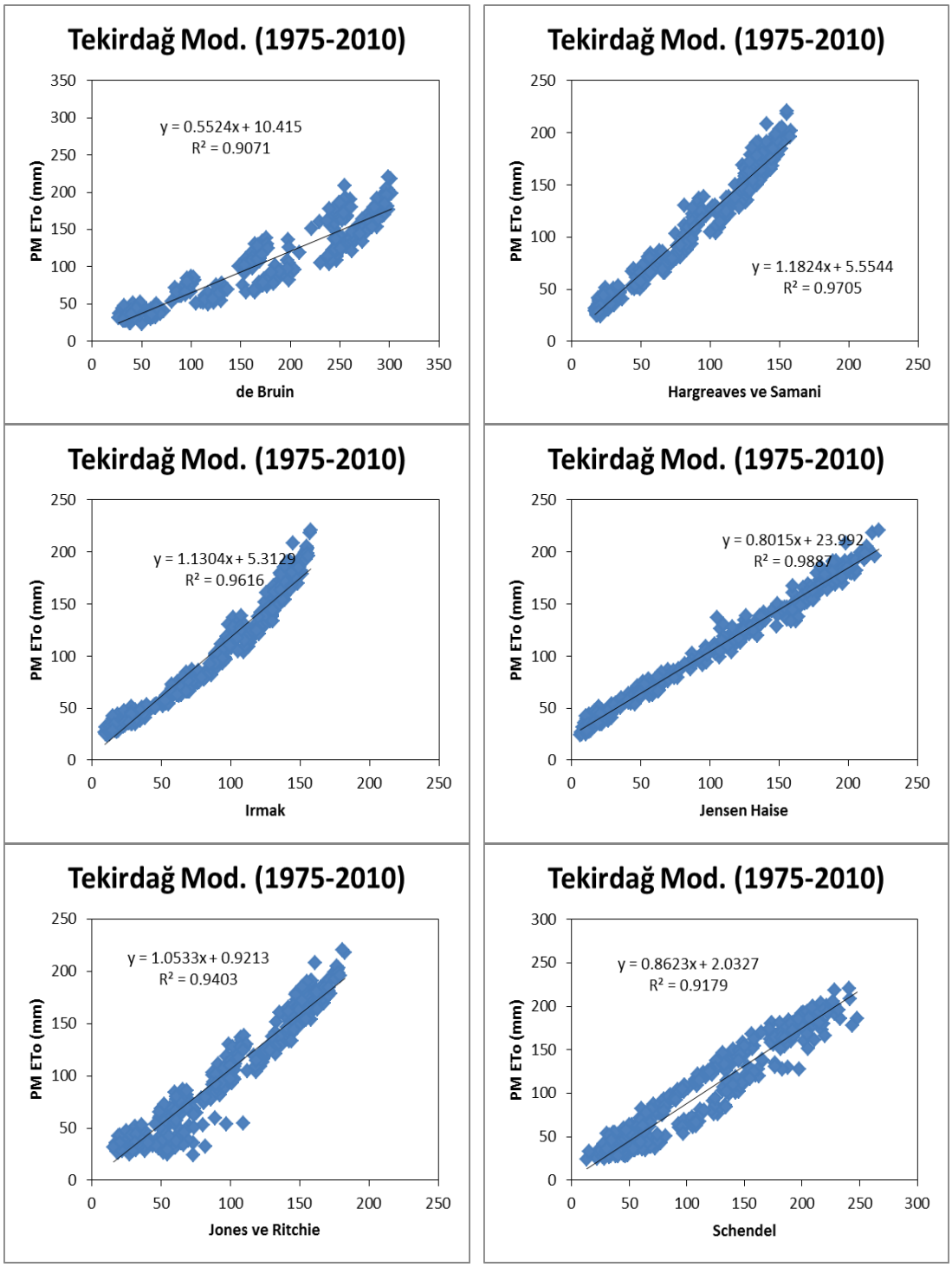
Şekil E.6 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Kırklareli model (2015-2040).



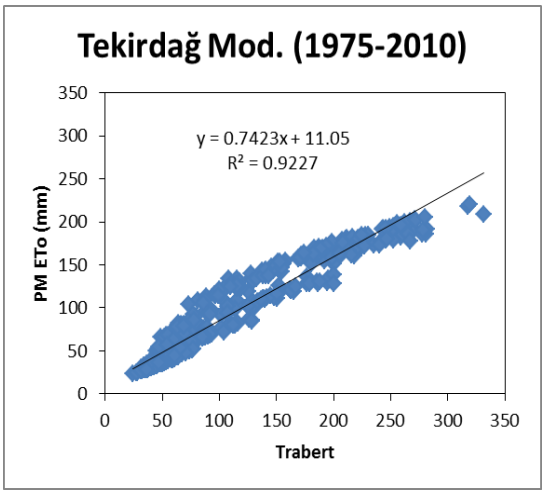
Şekil E.7 : Penman Monteith ile ilişkiler: Tekirdağ model (1975-2010).



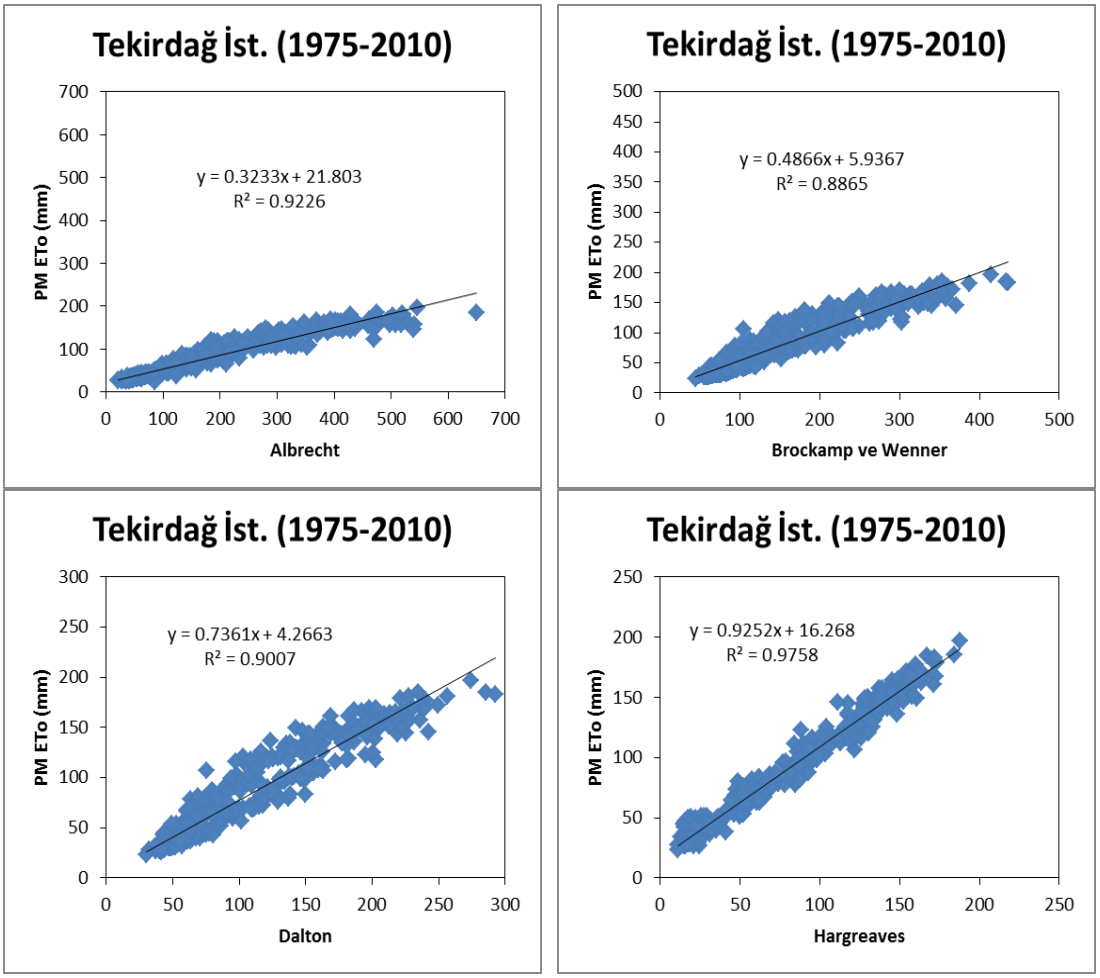
Şekil E.7 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Tekirdağ model (1975-2010).



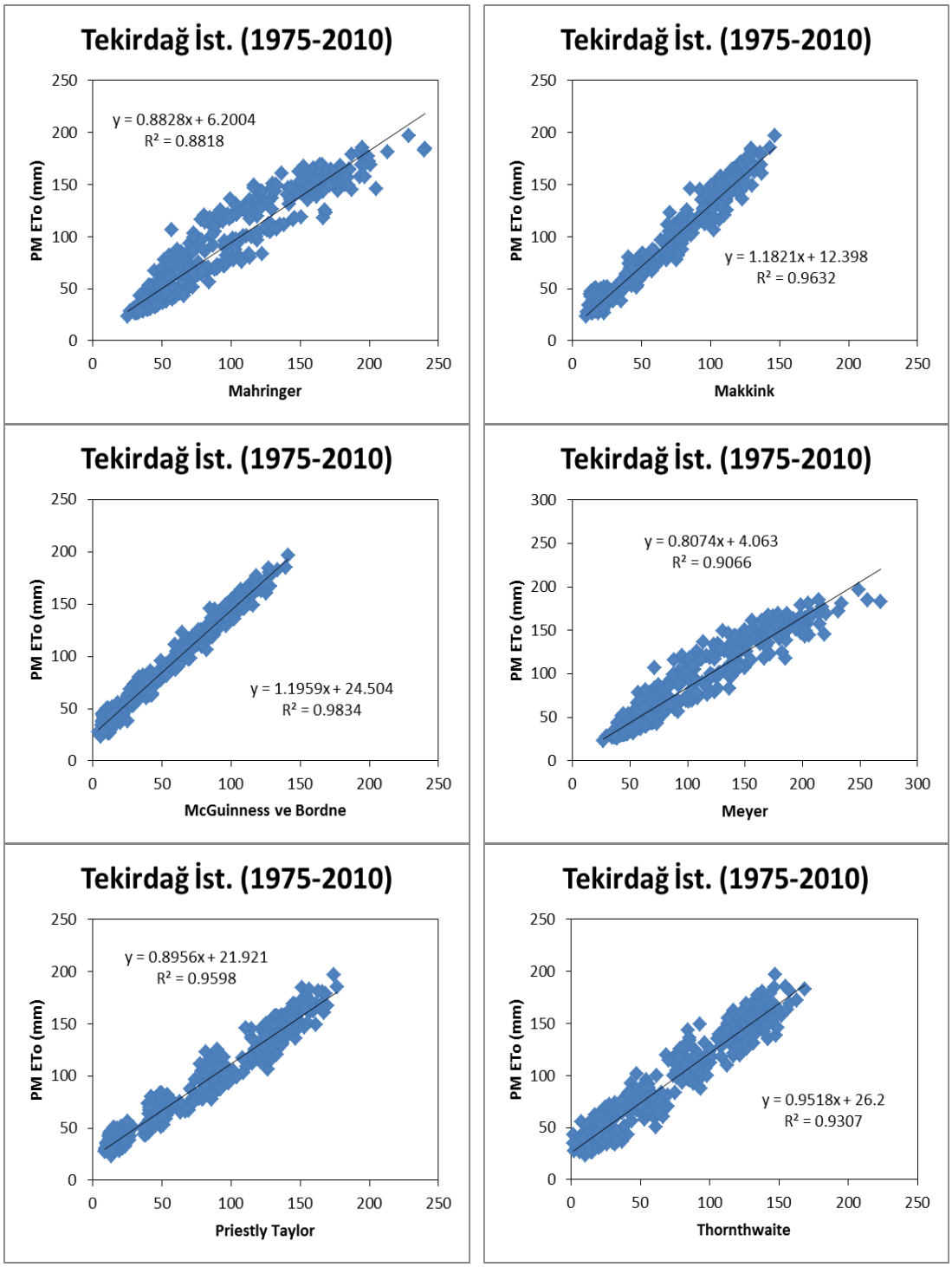
Şekil E.7 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Tekirdağ model (1975-2010).



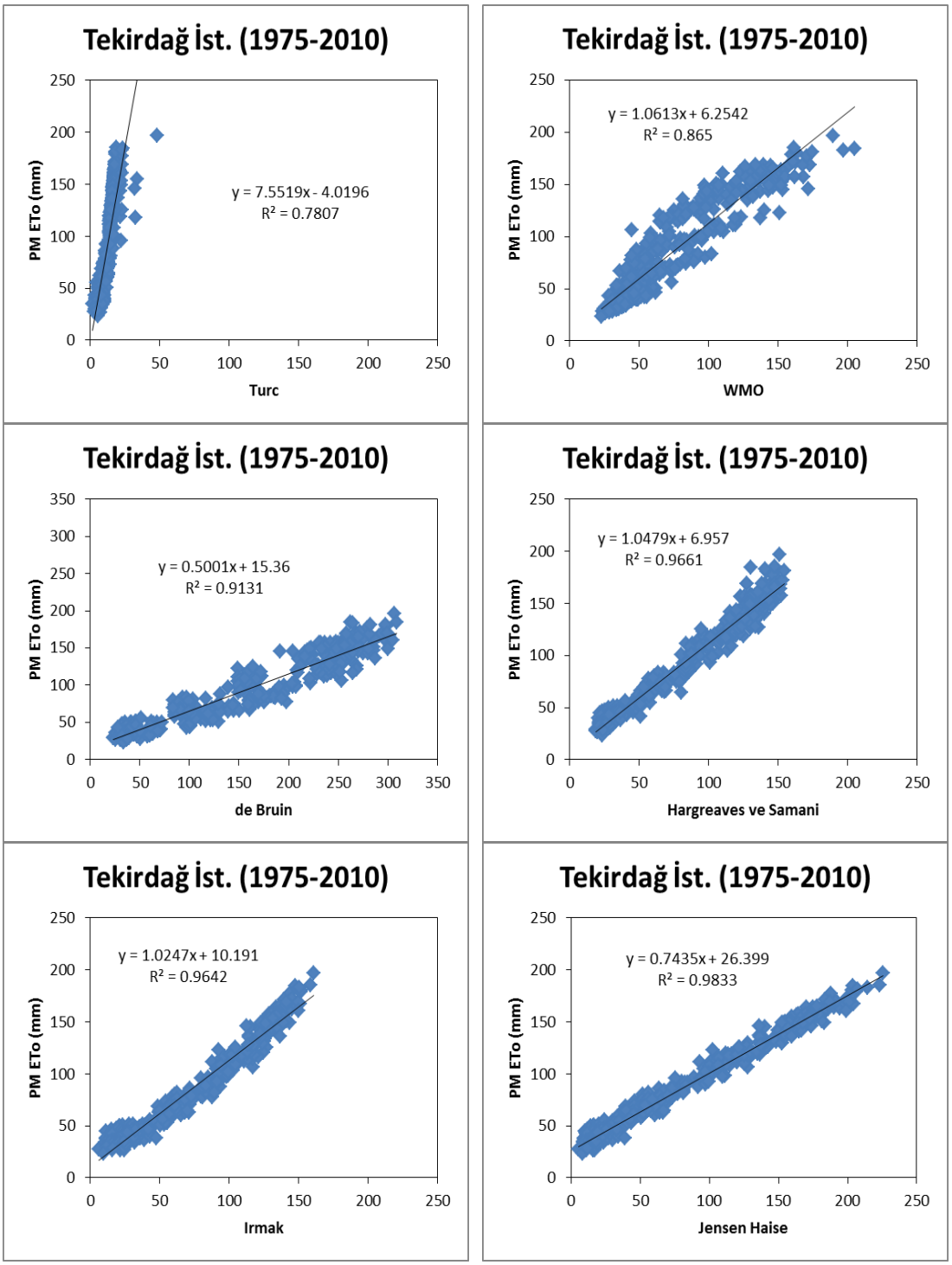
Şekil E.7 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Tekirdağ model (1975-2010).



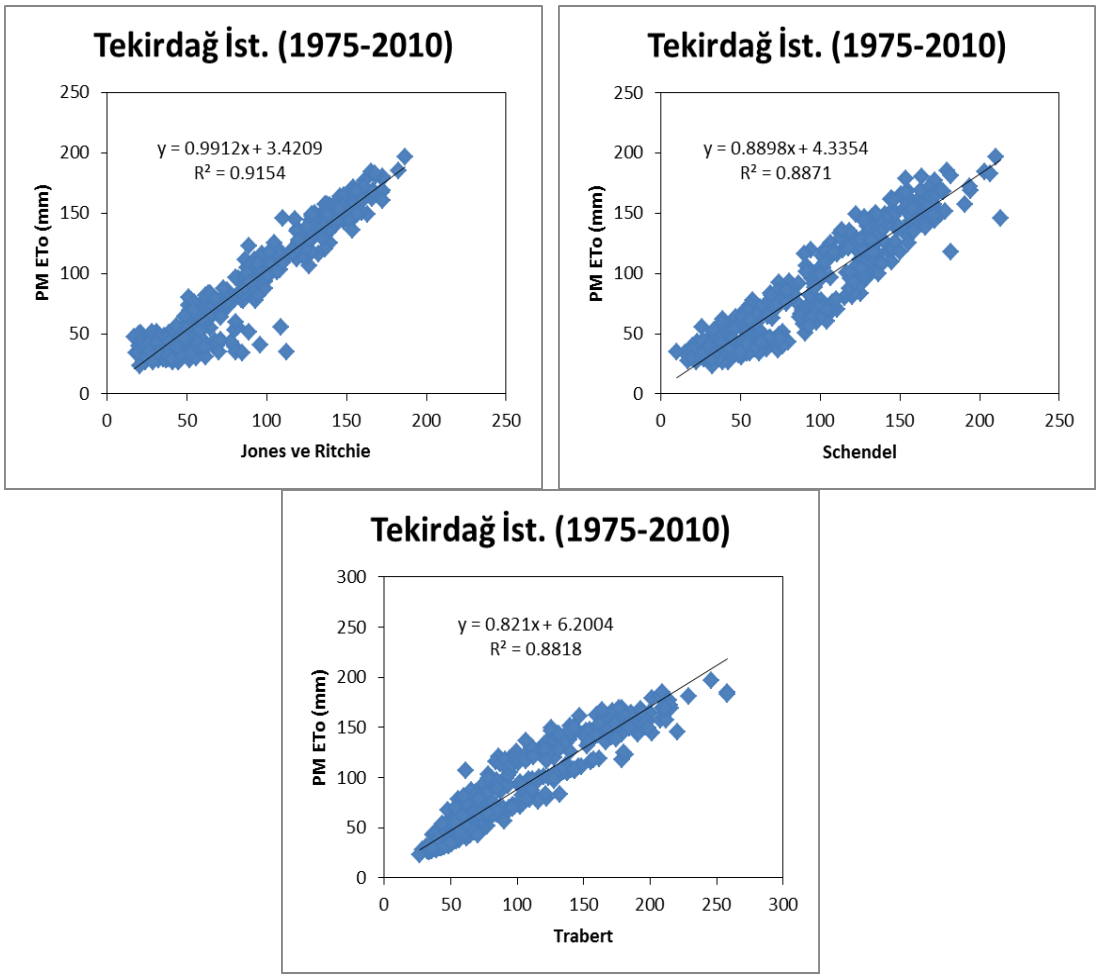
Şekil E.8 : Penman Monteith ile ilişkiler: Tekirdağ istasyon (1975-2010).



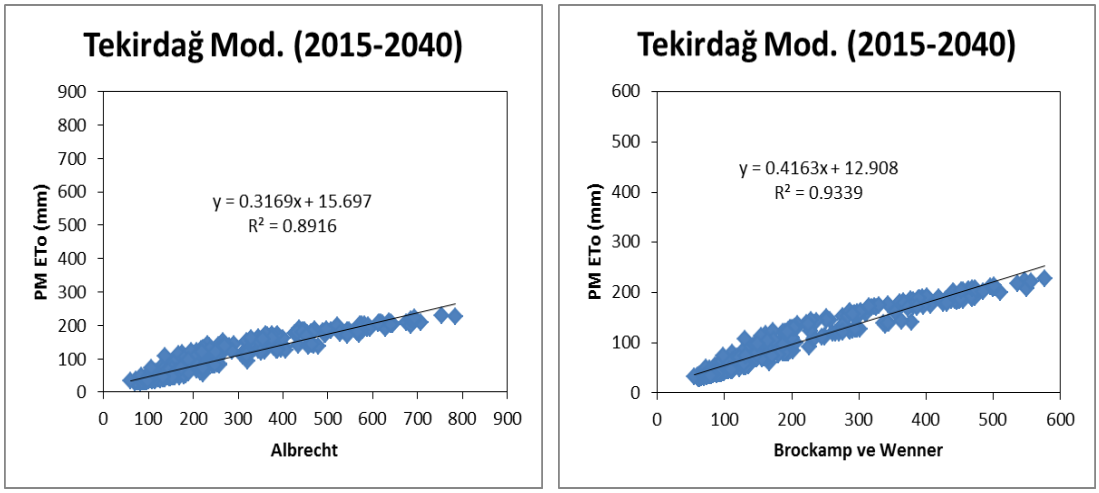
Şekil E.8 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Tekirdağ istasyon (1975-2010).



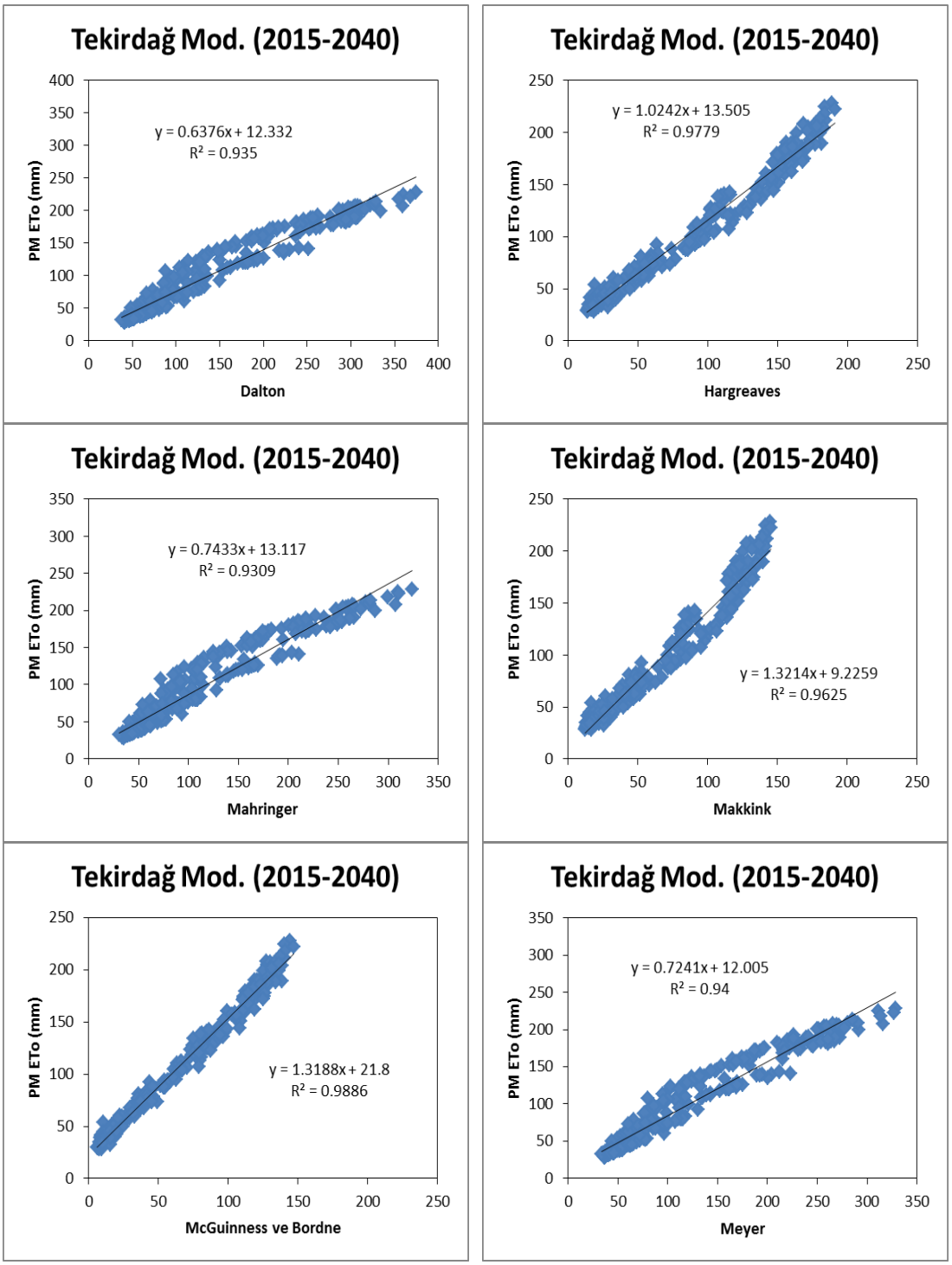
Şekil E.8 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Tekirdağ istasyon (1975-2010).



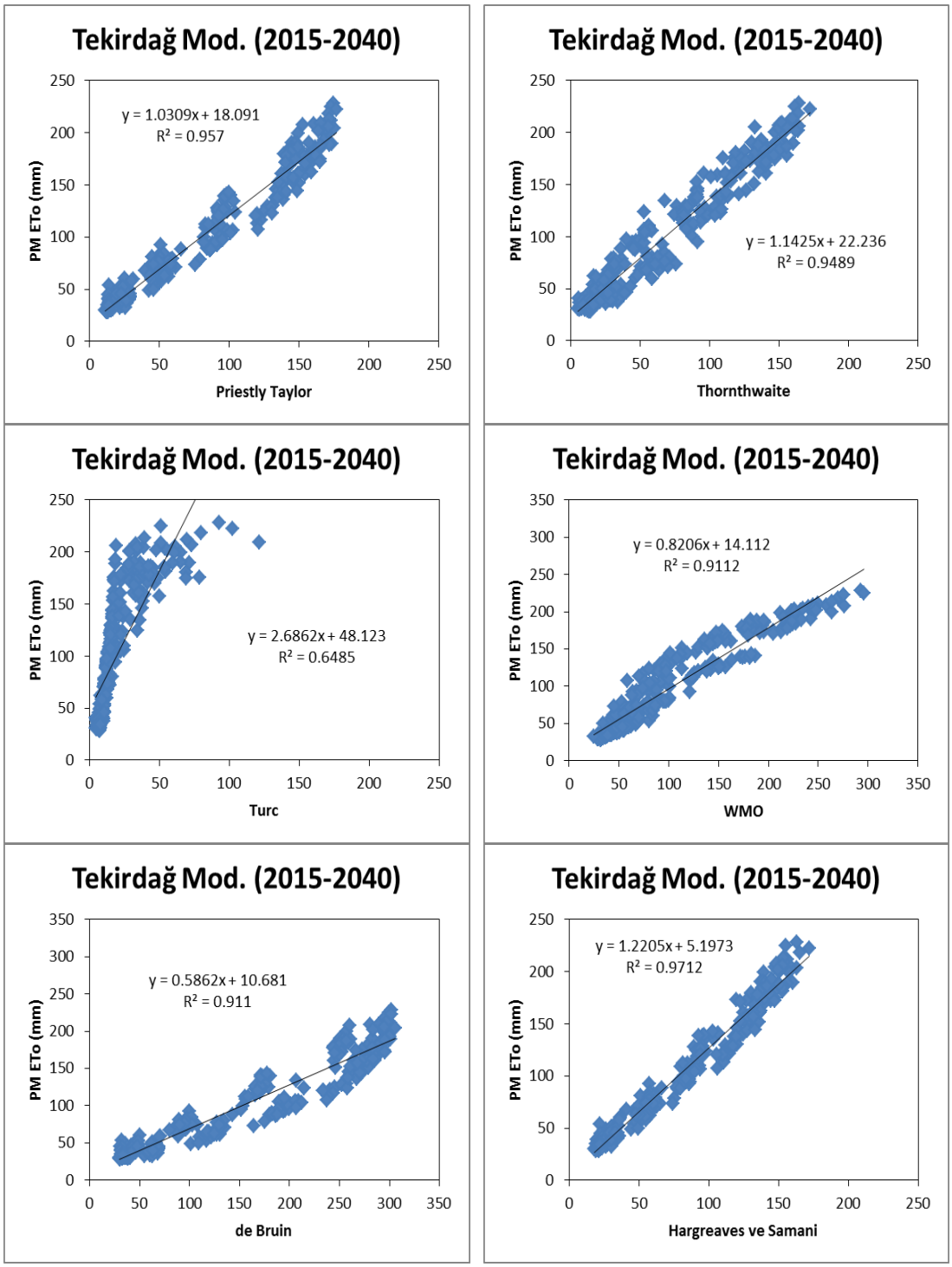
Şekil E.8 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Tekirdağ istasyon (1975-2010).



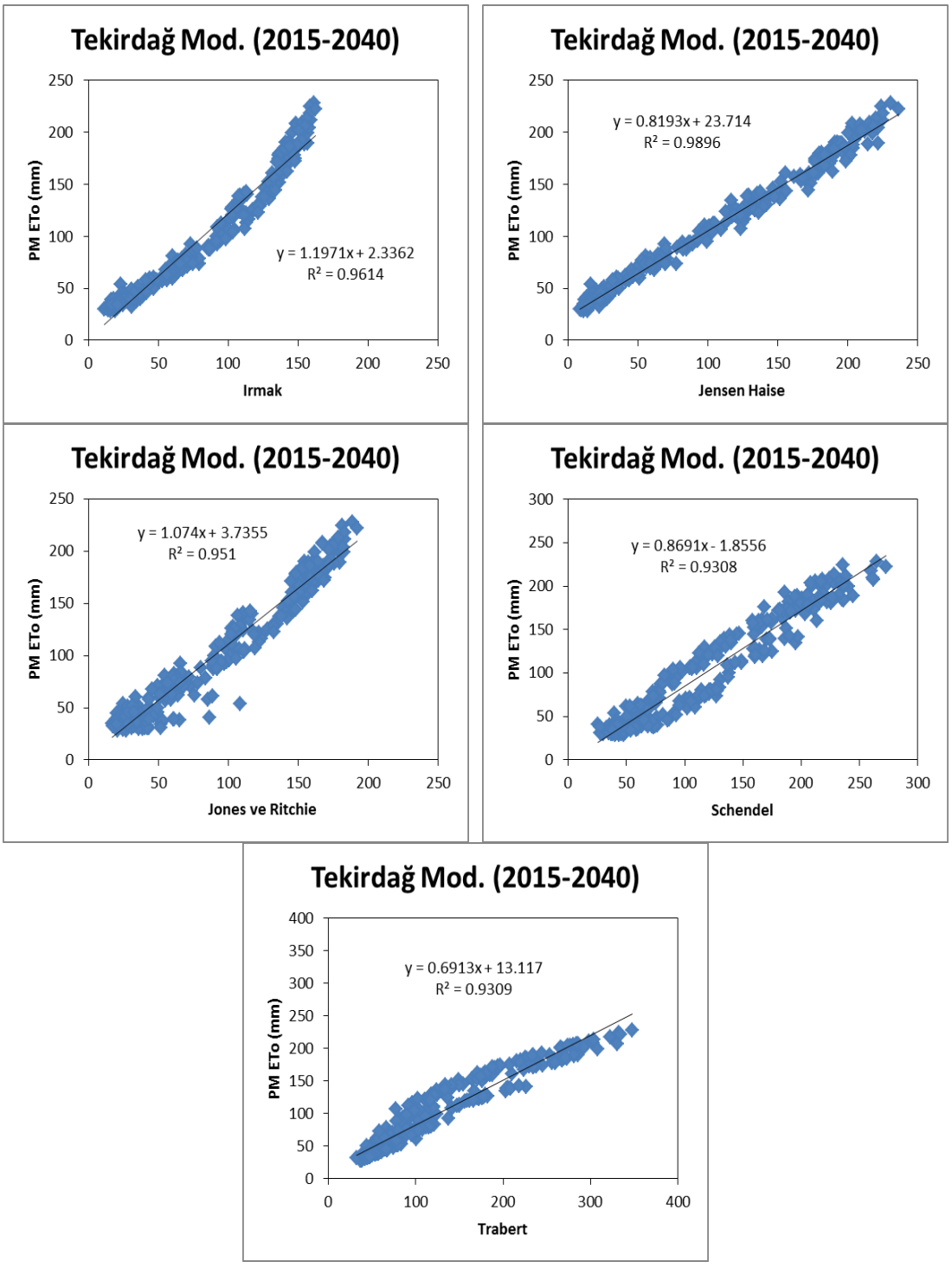
Şekil E.9 : Penman Monteith ile ilişkiler: Tekirdağ model (2015-2040).



Şekil E.9 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Tekirdağ model (2015-2040).



Şekil E.9 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Tekirdağ model (2015-2040).



Şekil E.9 (devam) : Penman Monteith ile ilişkiler: Tekirdağ model (2015-2040).

Çizelge E.1 : Determinasyon katsayısı: Edirne model (1975-2010).

Edirne Model (1975-2010)	Albrecht (ETp)	Brockamp ve Wenner (ETp)	Dalton (ETp)	Hargreaves (ETp)	Mahringer (ETp)	Makkink (ETp)	McGuinness ve Bordne (ETp)	Meyer (ETp)	Priestly Taylor (ETp)	Thornthwaite (mm) (ETp)	Turc (ETp)	WMO (ETp)	de Bruin (ETo)	Hargreaves ve Samani (ETo)	Irmak (ETo)	Jensen Haise (ETo)	Jones ve Ritchie (ETo)	Penman-Monteith (ETo)	Schendel (ETo)	Trabert (ETp)
Albrecht (ETp)	1.00	0.99	0.99	0.83	0.99	0.79	0.86	0.98	0.75	0.88	0.88	1.00	0.67	0.79	0.79	0.87	0.78	0.91	0.96	0.99
Brockamp ve Wenner (ETp)	0.99	1.00	1.00	0.87	1.00	0.84	0.90	1.00	0.80	0.92	0.89	1.00	0.71	0.84	0.83	0.91	0.81	0.94	0.98	1.00
Dalton (ETp)	0.99	1.00	1.00	0.88	1.00	0.84	0.91	1.00	0.80	0.93	0.89	1.00	0.72	0.85	0.84	0.91	0.82	0.94	0.98	1.00
Hargreaves (ETp)	0.83	0.87	0.88	1.00	0.87	1.00	0.99	0.88	0.99	0.95	0.72	0.85	0.95	0.99	0.99	0.99	0.93	0.98	0.87	0.87
Mahringer (ETp)	0.99	1.00	1.00	0.87	1.00	0.83	0.90	1.00	0.79	0.92	0.89	1.00	0.71	0.84	0.83	0.90	0.81	0.94	0.98	1.00
Makkink (ETp)	0.79	0.84	0.84	1.00	0.83	1.00	0.98	0.85	0.99	0.92	0.68	0.82	0.97	0.99	0.99	0.98	0.93	0.97	0.84	0.83
McGuinness ve Bordne (ETp)	0.86	0.90	0.91	0.99	0.90	0.98	1.00	0.91	0.97	0.97	0.76	0.88	0.92	0.98	0.97	1.00	0.92	0.99	0.91	0.90
Meyer (ETp)	0.98	1.00	1.00	0.88	1.00	0.85	0.91	1.00	0.81	0.93	0.89	0.99	0.72	0.85	0.85	0.92	0.82	0.94	0.99	1.00
Priestly Taylor (ETp)	0.75	0.80	0.80	0.99	0.79	0.99	0.97	0.81	1.00	0.91	0.65	0.78	0.98	0.99	0.98	0.97	0.93	0.95	0.80	0.79
Tronthwaite (mm) (ETp)	0.88	0.92	0.93	0.95	0.92	0.92	0.97	0.93	0.91	1.00	0.76	0.90	0.83	0.94	0.93	0.97	0.84	0.96	0.94	0.92
Turc (ETp)	0.88	0.89	0.89	0.72	0.89	0.68	0.76	0.89	0.65	0.76	1.00	0.89	0.56	0.69	0.65	0.76	0.70	0.79	0.88	0.89
WMO (ETp)	1.00	1.00	1.00	0.85	1.00	0.82	0.88	0.99	0.78	0.90	0.89	1.00	0.69	0.82	0.81	0.89	0.80	0.93	0.97	1.00
de Bruin (ETo)	0.67	0.71	0.72	0.95	0.71	0.97	0.92	0.72	0.98	0.83	0.56	0.69	1.00	0.96	0.96	0.91	0.91	0.90	0.71	0.71
Hargreaves ve Samani (ETo)	0.79	0.84	0.85	0.99	0.84	0.99	0.98	0.85	0.99	0.94	0.69	0.82	0.96	1.00	0.99	0.98	0.92	0.97	0.85	0.84
Irmak (ETo)	0.79	0.83	0.84	0.99	0.83	0.99	0.97	0.85	0.98	0.93	0.65	0.81	0.96	0.99	1.00	0.97	0.89	0.96	0.85	0.83
Jensen Haise (ETo)	0.87	0.91	0.91	0.99	0.90	0.98	1.00	0.92	0.97	0.97	0.76	0.89	0.91	0.98	0.97	1.00	0.92	0.99	0.91	0.90
Jones ve Ritchie (ETo)	0.78	0.81	0.82	0.93	0.81	0.93	0.92	0.82	0.93	0.84	0.70	0.80	0.91	0.92	0.89	0.92	1.00	0.91	0.79	0.81
Penman-Monteith (ETo)	0.91	0.94	0.94	0.98	0.94	0.97	0.99	0.94	0.95	0.96	0.79	0.93	0.90	0.97	0.96	0.99	0.91	1.00	0.93	0.94
Schendel (ETo)	0.96	0.98	0.98	0.87	0.98	0.84	0.91	0.99	0.80	0.94	0.88	0.97	0.71	0.85	0.85	0.91	0.79	0.93	1.00	0.98
Trabert (ETp)	0.99	1.00	1.00	0.87	1.00	0.83	0.90	1.00	0.79	0.92	0.89	1.00	0.71	0.84	0.83	0.90	0.81	0.94	0.98	1.00

Çizelge E.2 : Determinasyon katsayısı: Edirne istasyon (1975-2010).

Edirne İst (1975-2010)	Albrecht (ETp)	Brockamp ve Wenner (ETp)	Dalton (ETp)	Hargreaves (ETp)	Mahringer (ETp)	Makkink (ETp)	McGuinness ve Bordne (ETp)	Meyer (ETp)	Priestly Taylor (ETp)	Thornthwaite (mm) (ETp)	Turc (ETp)	WMO (ETp)	de Bruin (ETo)	Hargreaves ve Samani (ETo)	Irmak (ETo)	Jensen Haise (ETo)	Jones ve Ritchie (ETo)	Penman-Monteith (ETo)	Schendel (ETo)	Trabert (ETp)
Albrecht (ETp)	1.00	0.98	0.96	0.80	0.98	0.78	0.82	0.95	0.76	0.85	0.77	0.99	0.70	0.83	0.78	0.83	0.75	0.88	0.91	0.98
Brockamp ve Wenner (ETp)	0.98	1.00	1.00	0.86	1.00	0.84	0.88	0.99	0.82	0.92	0.73	1.00	0.75	0.89	0.85	0.89	0.80	0.92	0.96	1.00
Dalton (ETp)	0.96	1.00	1.00	0.87	0.99	0.85	0.90	1.00	0.83	0.94	0.70	0.99	0.76	0.90	0.86	0.90	0.80	0.92	0.98	0.99
Hargreaves (ETp)	0.80	0.86	0.87	1.00	0.86	1.00	1.00	0.88	0.99	0.94	0.51	0.84	0.97	0.97	0.99	0.99	0.95	0.98	0.89	0.86
Mahringer (ETp)	0.98	1.00	0.99	0.86	1.00	0.83	0.88	0.99	0.81	0.92	0.73	1.00	0.75	0.88	0.84	0.88	0.79	0.92	0.96	1.00
Makkink (ETp)	0.78	0.84	0.85	1.00	0.83	1.00	0.99	0.85	0.99	0.92	0.49	0.82	0.98	0.97	0.99	0.98	0.94	0.98	0.86	0.83
McGuinness ve Bordne (ETp)	0.82	0.88	0.90	1.00	0.88	0.99	1.00	0.90	0.98	0.96	0.53	0.87	0.94	0.97	0.97	1.00	0.93	0.98	0.91	0.88
Meyer (ETp)	0.95	0.99	1.00	0.88	0.99	0.85	0.90	1.00	0.83	0.95	0.69	0.98	0.77	0.90	0.87	0.91	0.80	0.92	0.98	0.99
Priestly Taylor (ETp)	0.76	0.82	0.83	0.99	0.81	0.99	0.98	0.83	1.00	0.91	0.47	0.80	0.99	0.97	0.98	0.98	0.94	0.97	0.84	0.81
Tronthwaite (mm) (ETp)	0.85	0.92	0.94	0.94	0.92	0.92	0.96	0.95	0.91	1.00	0.55	0.90	0.85	0.94	0.93	0.97	0.85	0.94	0.97	0.92
Turc (ETp)	0.77	0.73	0.70	0.51	0.73	0.49	0.53	0.69	0.47	0.55	1.00	0.75	0.43	0.53	0.48	0.54	0.50	0.59	0.65	0.73
WMO (ETp)	0.99	1.00	0.99	0.84	1.00	0.82	0.87	0.98	0.80	0.90	0.75	1.00	0.74	0.87	0.83	0.87	0.78	0.91	0.95	1.00
de Bruin (ETo)	0.70	0.75	0.76	0.97	0.75	0.98	0.94	0.77	0.99	0.85	0.43	0.74	1.00	0.95	0.96	0.93	0.93	0.95	0.78	0.75
Hargreaves ve Samani (ETo)	0.83	0.89	0.90	0.97	0.88	0.97	0.97	0.90	0.97	0.94	0.53	0.87	0.95	1.00	0.97	0.97	0.90	0.98	0.91	0.88
Irmak (ETo)	0.78	0.85	0.86	0.99	0.84	0.99	0.97	0.87	0.98	0.93	0.48	0.83	0.96	0.97	1.00	0.97	0.90	0.97	0.90	0.84
Jensen Haise (ETo)	0.83	0.89	0.90	0.99	0.88	0.98	1.00	0.91	0.98	0.97	0.54	0.87	0.93	0.97	0.97	1.00	0.93	0.98	0.91	0.88
Jones ve Ritchie (ETo)	0.75	0.80	0.80	0.95	0.79	0.94	0.93	0.80	0.94	0.85	0.50	0.78	0.93	0.90	0.90	0.93	1.00	0.92	0.78	0.79
Penman-Monteith (ETo)	0.88	0.92	0.92	0.98	0.92	0.98	0.98	0.92	0.97	0.94	0.59	0.91	0.95	0.98	0.97	0.98	0.92	1.00	0.91	0.92
Schendel (ETo)	0.91	0.96	0.98	0.89	0.96	0.86	0.91	0.98	0.84	0.97	0.65	0.95	0.78	0.91	0.90	0.91	0.78	0.91	1.00	0.96
Trabert (ETp)	0.98	1.00	0.99	0.86	1.00	0.83	0.88	0.99	0.81	0.92	0.73	1.00	0.75	0.88	0.84	0.88	0.79	0.92	0.96	1.00

Çizelge E.3 : Determinasyon katsayısı: Edirne model (2015-2040).

Edirne Model (2015-2040)	Albrecht (ETp)	Brockamp ve Wenner (ETp)	Dalton (ETp)	Hargreaves (ETp)	Mahringer (ETp)	Makkink (ETp)	McGuinness ve Bordne (ETp)	Meyer (ETp)	Priestly Taylor (ETp)	Thornthwaite (mm) (ETp)	Turc (ETp)	WMO (ETp)	de Bruin (ETo)	Hargreaves ve Samani (ETo)	Irmak (ETo)	Jensen Haise (ETo)	Jones ve Ritchie (ETo)	Penman-Monteith (ETo)	Schendel (ETo)	Trabert (ETp)
Albrecht (ETp)	1.00	0.99	0.99	0.84	0.99	0.80	0.87	0.98	0.77	0.91	0.90	1.00	0.68	0.81	0.80	0.88	0.81	0.92	0.96	0.99
Brockamp ve Wenner (ETp)	0.99	1.00	1.00	0.87	1.00	0.84	0.91	1.00	0.80	0.94	0.91	1.00	0.72	0.85	0.84	0.91	0.85	0.94	0.98	1.00
Dalton (ETp)	0.99	1.00	1.00	0.88	1.00	0.84	0.91	1.00	0.81	0.95	0.91	1.00	0.73	0.86	0.85	0.92	0.85	0.94	0.99	1.00
Hargreaves (ETp)	0.84	0.87	0.88	1.00	0.87	1.00	1.00	0.88	0.99	0.94	0.76	0.86	0.96	0.99	0.99	0.99	0.96	0.98	0.87	0.87
Mahringer (ETp)	0.99	1.00	1.00	0.87	1.00	0.84	0.90	1.00	0.80	0.94	0.91	1.00	0.72	0.85	0.84	0.91	0.85	0.94	0.98	1.00
Makkink (ETp)	0.80	0.84	0.84	1.00	0.84	1.00	0.98	0.85	0.99	0.92	0.72	0.82	0.98	0.99	0.99	0.98	0.95	0.97	0.84	0.84
McGuinness ve Bordne (ETp)	0.87	0.91	0.91	1.00	0.90	0.98	1.00	0.91	0.97	0.97	0.80	0.89	0.93	0.99	0.98	1.00	0.95	0.99	0.91	0.90
Meyer (ETp)	0.98	1.00	1.00	0.88	1.00	0.85	0.91	1.00	0.81	0.95	0.92	0.99	0.73	0.86	0.85	0.92	0.86	0.95	0.99	1.00
Priestly Taylor (ETp)	0.77	0.80	0.81	0.99	0.80	0.99	0.97	0.81	1.00	0.90	0.69	0.78	0.99	0.99	0.98	0.97	0.95	0.95	0.80	0.80
Tronthwaite (mm) (ETp)	0.91	0.94	0.95	0.94	0.94	0.92	0.97	0.95	0.90	1.00	0.83	0.93	0.83	0.93	0.93	0.97	0.89	0.96	0.95	0.94
Turc (ETp)	0.90	0.91	0.91	0.76	0.91	0.72	0.80	0.92	0.69	0.83	1.00	0.91	0.61	0.74	0.69	0.81	0.77	0.83	0.91	0.91
WMO (ETp)	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00	0.82	0.89	0.99	0.78	0.93	0.91	1.00	0.70	0.83	0.82	0.89	0.83	0.93	0.97	1.00
de Bruin (ETo)	0.68	0.72	0.73	0.96	0.72	0.98	0.93	0.73	0.99	0.83	0.61	0.70	1.00	0.97	0.96	0.92	0.92	0.90	0.72	0.72
Hargreaves ve Samani (ETo)	0.81	0.85	0.86	0.99	0.85	0.99	0.99	0.86	0.99	0.93	0.74	0.83	0.97	1.00	0.99	0.98	0.95	0.97	0.86	0.85
Irmak (ETo)	0.80	0.84	0.85	0.99	0.84	0.99	0.98	0.85	0.98	0.93	0.69	0.82	0.96	0.99	1.00	0.97	0.92	0.96	0.85	0.84
Jensen Haise (ETo)	0.88	0.91	0.92	0.99	0.91	0.98	1.00	0.92	0.97	0.97	0.81	0.89	0.92	0.98	0.97	1.00	0.95	0.99	0.91	0.91
Jones ve Ritchie (ETo)	0.81	0.85	0.85	0.96	0.85	0.95	0.95	0.86	0.95	0.89	0.77	0.83	0.92	0.95	0.92	0.95	1.00	0.94	0.83	0.85
Penman-Monteith (ETo)	0.92	0.94	0.94	0.98	0.94	0.97	0.99	0.95	0.95	0.96	0.83	0.93	0.90	0.97	0.96	0.99	0.94	1.00	0.93	0.94
Schendel (ETo)	0.96	0.98	0.99	0.87	0.98	0.84	0.91	0.99	0.80	0.95	0.91	0.97	0.72	0.86	0.85	0.91	0.83	0.93	1.00	0.98
Trabert (ETp)	0.99	1.00	1.00	0.87	1.00	0.84	0.90	1.00	0.80	0.94	0.91	1.00	0.72	0.85	0.84	0.91	0.85	0.94	0.98	1.00

Çizelge E.4 : Determinasyon katsayısı: Kırklareli model (1975-2010).

Kırklareli Model (1975-2010)	Albrecht (ETp)	Brockamp ve Wenner (ETp)	Dalton (ETp)	Hargreaves (ETp)	Mahringer (ETp)	Makkink (ETp)	McGuinness ve Bordne (ETp)	Meyer (ETp)	Priestly Taylor (ETp)	Thornthwaite (mm) (ETp)	Turc (ETp)	WMO (ETp)	de Bruin (ETo)	Hargreaves ve Samani (ETo)	Irmak (ETo)	Jensen Haise (ETo)	Jones ve Ritchie (ETo)	Penman-Monteith (ETo)	Schendel (ETo)	Trabert (ETp)
Albrecht (ETp)	1.00	0.99	0.98	0.83	0.99	0.80	0.86	0.98	0.76	0.87	0.84	1.00	0.69	0.79	0.80	0.87	0.77	0.89	0.94	0.99
Brockamp ve Wenner (ETp)	0.99	1.00	1.00	0.88	1.00	0.85	0.91	1.00	0.81	0.92	0.85	1.00	0.73	0.85	0.84	0.91	0.82	0.93	0.98	1.00
Dalton (ETp)	0.98	1.00	1.00	0.88	1.00	0.85	0.91	1.00	0.82	0.93	0.85	0.99	0.74	0.85	0.85	0.92	0.82	0.93	0.98	1.00
Hargreaves (ETp)	0.83	0.88	0.88	1.00	0.87	1.00	0.99	0.89	0.99	0.94	0.68	0.85	0.96	0.99	0.99	0.99	0.94	0.99	0.88	0.87
Mahringer (ETp)	0.99	1.00	1.00	0.87	1.00	0.84	0.90	1.00	0.81	0.91	0.85	1.00	0.73	0.84	0.84	0.91	0.81	0.92	0.97	1.00
Makkink (ETp)	0.80	0.85	0.85	1.00	0.84	1.00	0.98	0.86	0.99	0.92	0.64	0.82	0.98	0.99	0.99	0.98	0.93	0.98	0.85	0.84
McGuinness ve Bordne (ETp)	0.86	0.91	0.91	0.99	0.90	0.98	1.00	0.92	0.97	0.97	0.71	0.89	0.93	0.98	0.98	1.00	0.92	0.99	0.92	0.90
Meyer (ETp)	0.98	1.00	1.00	0.89	1.00	0.86	0.92	1.00	0.83	0.93	0.85	0.99	0.75	0.86	0.86	0.93	0.83	0.94	0.98	1.00
Priestly Taylor (ETp)	0.76	0.81	0.82	0.99	0.81	0.99	0.97	0.83	1.00	0.91	0.62	0.79	0.99	0.99	0.98	0.97	0.93	0.97	0.82	0.81
Tronthwaite (mm) (ETp)	0.87	0.92	0.93	0.94	0.91	0.92	0.97	0.93	0.91	1.00	0.71	0.90	0.83	0.93	0.93	0.97	0.84	0.96	0.95	0.91
Turc (ETp)	0.84	0.85	0.85	0.68	0.85	0.64	0.71	0.85	0.62	0.71	1.00	0.85	0.54	0.65	0.62	0.72	0.66	0.73	0.84	0.85
WMO (ETp)	1.00	1.00	0.99	0.85	1.00	0.82	0.89	0.99	0.79	0.90	0.85	1.00	0.71	0.82	0.82	0.89	0.80	0.91	0.96	1.00
de Bruin (ETo)	0.69	0.73	0.74	0.96	0.73	0.98	0.93	0.75	0.99	0.83	0.54	0.71	1.00	0.97	0.96	0.92	0.92	0.92	0.74	0.73
Hargreaves ve Samani (ETo)	0.79	0.85	0.85	0.99	0.84	0.99	0.98	0.86	0.99	0.93	0.65	0.82	0.97	1.00	0.99	0.98	0.92	0.98	0.86	0.84
Irmak (ETo)	0.80	0.84	0.85	0.99	0.84	0.99	0.98	0.86	0.98	0.93	0.62	0.82	0.96	0.99	1.00	0.97	0.90	0.98	0.86	0.84
Jensen Haise (ETo)	0.87	0.91	0.92	0.99	0.91	0.98	1.00	0.93	0.97	0.97	0.72	0.89	0.92	0.98	0.97	1.00	0.92	0.99	0.92	0.91
Jones ve Ritchie (ETo)	0.77	0.82	0.82	0.94	0.81	0.93	0.92	0.83	0.93	0.84	0.66	0.80	0.92	0.92	0.90	0.92	1.00	0.92	0.79	0.81
Penman-Monteith (ETo)	0.89	0.93	0.93	0.99	0.92	0.98	0.99	0.94	0.97	0.96	0.73	0.91	0.92	0.98	0.98	0.99	0.92	1.00	0.92	0.92
Schendel (ETo)	0.94	0.98	0.98	0.88	0.97	0.85	0.92	0.98	0.82	0.95	0.84	0.96	0.74	0.86	0.86	0.92	0.79	0.92	1.00	0.97
Trabert (ETp)	0.99	1.00	1.00	0.87	1.00	0.84	0.90	1.00	0.81	0.91	0.85	1.00	0.73	0.84	0.84	0.91	0.81	0.92	0.97	1.00

Çizelge E.5 : Determinasyon katsayısı: Kırklareli istasyon (1975-2010).

Kırklareli İst (1975-2010)	Albrecht (ETp)	Brockamp ve Wenner (ETp)	Dalton (ETp)	Hargreaves (ETp)	Mahringer (ETp)	Makkink (ETp)	McGuinness ve Bordne (ETp)	Meyer (ETp)	Priestly Taylor (ETp)	Thornthwaite (mm) (ETp)	Turc (ETp)	WMO (ETp)	de Bruin (ETo)	Hargreaves ve Samani (ETo)	Irmak (ETo)	Jensen Haise (ETo)	Jones ve Ritchie (ETo)	Penman-Monteith (ETo)	Schendel (ETo)	Trabert (ETp)
Albrecht (ETp)	1.00	0.95	0.85	0.60	0.96	0.58	0.62	0.82	0.56	0.66	0.68	0.96	0.51	0.61	0.60	0.63	0.52	0.76	0.75	0.96
Brockamp ve Wenner (ETp)	0.95	1.00	0.96	0.76	1.00	0.74	0.78	0.94	0.71	0.82	0.73	1.00	0.65	0.77	0.75	0.79	0.66	0.87	0.89	1.00
Dalton (ETp)	0.85	0.96	1.00	0.84	0.95	0.82	0.87	1.00	0.80	0.92	0.72	0.96	0.73	0.87	0.84	0.88	0.74	0.90	0.97	0.95
Hargreaves (ETp)	0.60	0.76	0.84	1.00	0.74	1.00	0.99	0.86	0.99	0.93	0.55	0.74	0.96	0.97	0.99	0.99	0.92	0.96	0.87	0.74
Mahringer (ETp)	0.96	1.00	0.95	0.74	1.00	0.72	0.76	0.93	0.69	0.80	0.72	1.00	0.63	0.75	0.73	0.77	0.64	0.86	0.88	1.00
Makkink (ETp)	0.58	0.74	0.82	1.00	0.72	1.00	0.98	0.83	0.99	0.91	0.54	0.72	0.98	0.97	0.99	0.98	0.92	0.96	0.85	0.72
McGuinness ve Bordne (ETp)	0.62	0.78	0.87	0.99	0.76	0.98	1.00	0.89	0.98	0.96	0.57	0.77	0.93	0.97	0.97	1.00	0.91	0.96	0.90	0.76
Meyer (ETp)	0.82	0.94	1.00	0.86	0.93	0.83	0.89	1.00	0.81	0.93	0.72	0.94	0.74	0.88	0.85	0.89	0.75	0.90	0.97	0.93
Priestly Taylor (ETp)	0.56	0.71	0.80	0.99	0.69	0.99	0.98	0.81	1.00	0.90	0.52	0.70	0.99	0.97	0.98	0.97	0.92	0.95	0.82	0.69
Tronthwaite (mm) (ETp)	0.66	0.82	0.92	0.93	0.80	0.91	0.96	0.93	0.90	1.00	0.56	0.81	0.83	0.94	0.93	0.96	0.81	0.91	0.95	0.80
Turc (ETp)	0.68	0.73	0.72	0.55	0.72	0.54	0.57	0.72	0.52	0.56	1.00	0.73	0.48	0.57	0.53	0.57	0.51	0.62	0.69	0.72
WMO (ETp)	0.96	1.00	0.96	0.74	1.00	0.72	0.77	0.94	0.70	0.81	0.73	1.00	0.64	0.76	0.74	0.77	0.65	0.86	0.88	1.00
de Bruin (ETo)	0.51	0.65	0.73	0.96	0.63	0.98	0.93	0.74	0.99	0.83	0.48	0.64	1.00	0.94	0.96	0.92	0.91	0.92	0.75	0.63
Hargreaves ve Samani (ETo)	0.61	0.77	0.87	0.97	0.75	0.97	0.97	0.88	0.97	0.94	0.57	0.76	0.94	1.00	0.97	0.97	0.88	0.95	0.89	0.75
Irmak (ETo)	0.60	0.75	0.84	0.99	0.73	0.99	0.97	0.85	0.98	0.93	0.53	0.74	0.96	0.97	1.00	0.97	0.88	0.95	0.88	0.73
Jensen Haise (ETo)	0.63	0.79	0.88	0.99	0.77	0.98	1.00	0.89	0.97	0.96	0.57	0.77	0.92	0.97	0.97	1.00	0.90	0.95	0.90	0.77
Jones ve Ritchie (ETo)	0.52	0.66	0.74	0.92	0.64	0.92	0.91	0.75	0.92	0.81	0.51	0.65	0.91	0.88	0.88	0.90	1.00	0.87	0.72	0.64
Penman-Monteith (ETo)	0.76	0.87	0.90	0.96	0.86	0.96	0.96	0.90	0.95	0.91	0.62	0.86	0.92	0.95	0.95	0.95	0.87	1.00	0.89	0.86
Schendel (ETo)	0.75	0.89	0.97	0.87	0.88	0.85	0.90	0.97	0.82	0.95	0.69	0.88	0.75	0.89	0.88	0.90	0.72	0.89	1.00	0.88
Trabert (ETp)	0.96	1.00	0.95	0.74	1.00	0.72	0.76	0.93	0.69	0.80	0.72	1.00	0.63	0.75	0.73	0.77	0.64	0.86	0.88	1.00

Çizelge E.6 : Determinasyon katsayısı: Kırklareli model (2015-2040).

Kırklareli Model (2015-20040)	Albrecht (ETp)	Brockamp ve Wenner (ETp)	Dalton (ETp)	Hargreaves (ETp)	Mahringer (ETp)	Makkink (ETp)	McGuinness ve Bordne (ETp)	Meyer (ETp)	Priestly Taylor (ETp)	Thornthwaite (mm) (ETp)	Turc (ETp)	WMO (ETp)	de Bruin (ETo)	Hargreaves ve Samani (ETo)	Irmak (ETo)	Jensen Haise (ETo)	Jones ve Ritchie (ETo)	Penman-Monteith (ETo)	Schendel (ETo)	Trabert (ETp)
Albrecht (ETp)	1.00	0.99	0.99	0.84	0.99	0.81	0.87	0.98	0.78	0.91	0.87	1.00	0.71	0.81	0.81	0.88	0.81	0.92	0.94	0.99
Brockamp ve Wenner (ETp)	0.99	1.00	1.00	0.88	1.00	0.85	0.91	1.00	0.82	0.94	0.90	1.00	0.75	0.86	0.85	0.92	0.85	0.94	0.97	1.00
Dalton (ETp)	0.99	1.00	1.00	0.89	1.00	0.86	0.92	1.00	0.83	0.95	0.90	0.99	0.75	0.86	0.86	0.92	0.85	0.95	0.98	1.00
Hargreaves (ETp)	0.84	0.88	0.89	1.00	0.88	1.00	1.00	0.89	0.99	0.94	0.84	0.86	0.96	0.99	0.99	0.99	0.96	0.98	0.91	0.88
Mahringer (ETp)	0.99	1.00	1.00	0.88	1.00	0.85	0.91	1.00	0.82	0.94	0.90	1.00	0.75	0.85	0.85	0.92	0.85	0.94	0.97	1.00
Makkink (ETp)	0.81	0.85	0.86	1.00	0.85	1.00	0.98	0.86	0.99	0.92	0.81	0.83	0.98	0.99	0.99	0.98	0.95	0.97	0.88	0.85
McGuinness ve Bordne (ETp)	0.87	0.91	0.92	1.00	0.91	0.98	1.00	0.92	0.98	0.97	0.86	0.89	0.93	0.99	0.98	1.00	0.95	0.99	0.93	0.91
Meyer (ETp)	0.98	1.00	1.00	0.89	1.00	0.86	0.92	1.00	0.83	0.95	0.90	0.99	0.76	0.87	0.86	0.93	0.86	0.95	0.98	1.00
Priestly Taylor (ETp)	0.78	0.82	0.83	0.99	0.82	0.99	0.98	0.83	1.00	0.91	0.80	0.80	0.99	0.99	0.98	0.97	0.95	0.96	0.85	0.82
Tronthwaite (mm) (ETp)	0.91	0.94	0.95	0.94	0.94	0.92	0.97	0.95	0.91	1.00	0.83	0.92	0.84	0.93	0.93	0.97	0.88	0.96	0.97	0.94
Turc (ETp)	0.87	0.90	0.90	0.84	0.90	0.81	0.86	0.90	0.80	0.83	1.00	0.88	0.73	0.82	0.78	0.86	0.83	0.88	0.88	0.90
WMO (ETp)	1.00	1.00	0.99	0.86	1.00	0.83	0.89	0.99	0.80	0.92	0.88	1.00	0.73	0.83	0.83	0.90	0.83	0.93	0.96	1.00
de Bruin (ETo)	0.71	0.75	0.75	0.96	0.75	0.98	0.93	0.76	0.99	0.84	0.73	0.73	1.00	0.97	0.96	0.93	0.93	0.92	0.78	0.75
Hargreaves ve Samani (ETo)	0.81	0.86	0.86	0.99	0.85	0.99	0.99	0.87	0.99	0.93	0.82	0.83	0.97	1.00	0.98	0.98	0.95	0.97	0.89	0.85
Irmak (ETo)	0.81	0.85	0.86	0.99	0.85	0.99	0.98	0.86	0.98	0.93	0.78	0.83	0.96	0.98	1.00	0.97	0.92	0.97	0.90	0.85
Jensen Haise (ETo)	0.88	0.92	0.92	0.99	0.92	0.98	1.00	0.93	0.97	0.97	0.86	0.90	0.93	0.98	0.97	1.00	0.95	0.99	0.94	0.92
Jones ve Ritchie (ETo)	0.81	0.85	0.85	0.96	0.85	0.95	0.95	0.86	0.95	0.88	0.83	0.83	0.93	0.95	0.92	0.95	1.00	0.94	0.85	0.85
Penman-Monteith (ETo)	0.92	0.94	0.95	0.98	0.94	0.97	0.99	0.95	0.96	0.96	0.88	0.93	0.92	0.97	0.97	0.99	0.94	1.00	0.95	0.94
Schendel (ETo)	0.94	0.97	0.98	0.91	0.97	0.88	0.93	0.98	0.85	0.97	0.88	0.96	0.78	0.89	0.90	0.94	0.85	0.95	1.00	0.97
Trabert (ETp)	0.99	1.00	1.00	0.88	1.00	0.85	0.91	1.00	0.82	0.94	0.90	1.00	0.75	0.85	0.85	0.92	0.85	0.94	0.97	1.00

Çizelge E.7 : Determinasyon katsayısı: Tekirdağ model (1975-2010).

Tekirdağ Model (1975-2010)	Albrecht (ETp)	Brockamp ve Wenner (ETp)	Dalton (ETp)	Hargreaves (ETp)	Mahringer (ETp)	Makkink (ETp)	McGuinness ve Bordne (ETp)	Meyer (ETp)	Priestly Taylor (ETp)	Thornthwaite (mm) (ETp)	Turc (ETp)	WMO (ETp)	de Bruin (ETo)	Hargreaves ve Samani (ETo)	Irmak (ETo)	Jensen Haise (ETo)	Jones ve Ritchie (ETo)	Penman-Monteith (ETo)	Schendel (ETo)	Trabert (ETp)
Albrecht (ETp)	1.00	0.98	0.98	0.77	0.99	0.73	0.81	0.97	0.72	0.86	0.70	1.00	0.63	0.75	0.74	0.82	0.73	0.88	0.90	0.99
Brockamp ve Wenner (ETp)	0.98	1.00	1.00	0.84	1.00	0.80	0.88	1.00	0.78	0.92	0.73	0.99	0.70	0.82	0.81	0.88	0.79	0.93	0.95	1.00
Dalton (ETp)	0.98	1.00	1.00	0.84	1.00	0.81	0.88	1.00	0.79	0.92	0.73	0.99	0.70	0.83	0.82	0.89	0.79	0.93	0.96	1.00
Hargreaves (ETp)	0.77	0.84	0.84	1.00	0.83	1.00	0.99	0.85	0.99	0.91	0.57	0.80	0.97	1.00	0.99	0.99	0.97	0.98	0.86	0.83
Mahringer (ETp)	0.99	1.00	1.00	0.83	1.00	0.80	0.87	1.00	0.78	0.91	0.73	1.00	0.69	0.82	0.81	0.88	0.78	0.92	0.95	1.00
Makkink (ETp)	0.73	0.80	0.81	1.00	0.80	1.00	0.98	0.82	1.00	0.88	0.55	0.76	0.98	0.99	0.99	0.98	0.97	0.96	0.83	0.80
McGuinness ve Bordne (ETp)	0.81	0.88	0.88	0.99	0.87	0.98	1.00	0.89	0.98	0.95	0.60	0.84	0.94	0.99	0.98	1.00	0.96	0.99	0.90	0.87
Meyer (ETp)	0.97	1.00	1.00	0.85	1.00	0.82	0.89	1.00	0.80	0.93	0.73	0.99	0.71	0.84	0.83	0.90	0.80	0.93	0.96	1.00
Priestly Taylor (ETp)	0.72	0.78	0.79	0.99	0.78	1.00	0.98	0.80	1.00	0.87	0.54	0.75	0.99	0.99	0.98	0.97	0.97	0.96	0.81	0.78
Tronthwaite (mm) (ETp)	0.86	0.92	0.92	0.91	0.91	0.88	0.95	0.93	0.87	1.00	0.62	0.89	0.79	0.91	0.91	0.95	0.84	0.94	0.98	0.91
Turc (ETp)	0.70	0.73	0.73	0.57	0.73	0.55	0.60	0.73	0.54	0.62	1.00	0.71	0.48	0.58	0.55	0.61	0.54	0.65	0.69	0.73
WMO (ETp)	1.00	0.99	0.99	0.80	1.00	0.76	0.84	0.99	0.75	0.89	0.71	1.00	0.66	0.78	0.78	0.85	0.75	0.90	0.92	1.00
de Bruin (ETo)	0.63	0.70	0.70	0.97	0.69	0.98	0.94	0.71	0.99	0.79	0.48	0.66	1.00	0.97	0.96	0.93	0.95	0.91	0.72	0.69
Hargreaves ve Samani (ETo)	0.75	0.82	0.83	1.00	0.82	0.99	0.99	0.84	0.99	0.91	0.58	0.78	0.97	1.00	0.99	0.99	0.96	0.97	0.86	0.82
Irmak (ETo)	0.74	0.81	0.82	0.99	0.81	0.99	0.98	0.83	0.98	0.91	0.55	0.78	0.96	0.99	1.00	0.97	0.94	0.96	0.86	0.81
Jensen Haise (ETo)	0.82	0.88	0.89	0.99	0.88	0.98	1.00	0.90	0.97	0.95	0.61	0.85	0.93	0.99	0.97	1.00	0.95	0.99	0.91	0.88
Jones ve Ritchie (ETo)	0.73	0.79	0.79	0.97	0.78	0.97	0.96	0.80	0.97	0.84	0.54	0.75	0.95	0.96	0.94	0.95	1.00	0.94	0.78	0.78
Penman-Monteith (ETo)	0.88	0.93	0.93	0.98	0.92	0.96	0.99	0.93	0.96	0.94	0.65	0.90	0.91	0.97	0.96	0.99	0.94	1.00	0.92	0.92
Schendel (ETo)	0.90	0.95	0.96	0.86	0.95	0.83	0.90	0.96	0.81	0.98	0.69	0.92	0.72	0.86	0.86	0.91	0.78	0.92	1.00	0.95
Trabert (ETp)	0.99	1.00	1.00	0.83	1.00	0.80	0.87	1.00	0.78	0.91	0.73	1.00	0.69	0.82	0.81	0.88	0.78	0.92	0.95	1.00

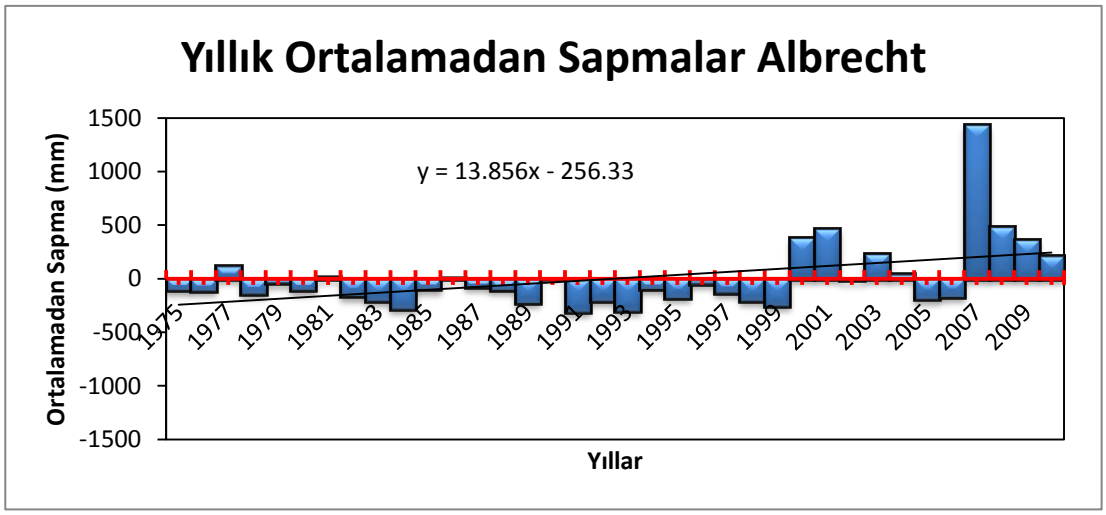
Çizelge E.8 : Determinasyon katsayısı: Tekirdağ istasyon (1975-2010).

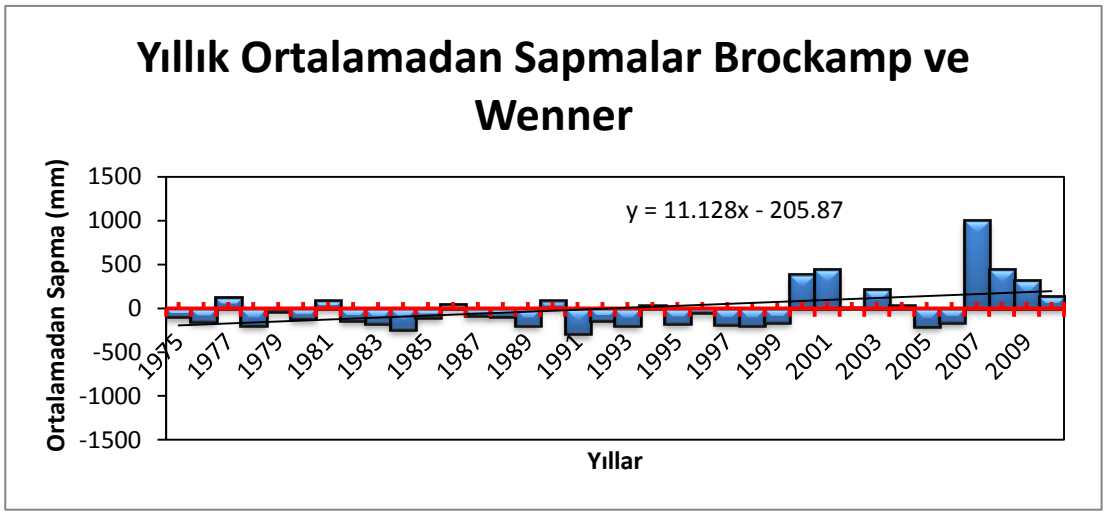
Tekirdağ İst (1975-2010)	Albrecht (ETp)	Brockamp ve Wenner (ETp)	Dalton (ETp)	Hargreaves (ETp)	Mahringer (ETp)	Makkink (ETp)	McGuinness ve Bordne (ETp)	Meyer (ETp)	Priestly Taylor (ETp)	Thornthwaite (mm) (ETp)	Turc (ETp)	WMO (ETp)	de Bruin (ETo)	Hargreaves ve Samani (ETo)	Irmak (ETo)	Jensen Haise (ETo)	Jones ve Ritchie (ETo)	Penman-Monteith (ETo)	Schendel (ETo)	Trabert (ETp)
Albrecht (ETp)	1.00	0.94	0.93	0.84	0.94	0.81	0.86	0.93	0.80	0.87	0.71	0.94	0.74	0.83	0.82	0.87	0.78	0.91	0.86	0.94
Brockamp ve Wenner (ETp)	0.94	1.00	1.00	0.79	1.00	0.75	0.84	0.99	0.74	0.90	0.75	0.99	0.65	0.79	0.78	0.84	0.71	0.89	0.93	1.00
Dalton (ETp)	0.93	1.00	1.00	0.81	1.00	0.77	0.85	1.00	0.76	0.92	0.76	0.99	0.67	0.82	0.80	0.86	0.73	0.90	0.94	1.00
Hargreaves (ETp)	0.84	0.79	0.81	1.00	0.78	1.00	0.99	0.82	0.99	0.90	0.76	0.76	0.96	0.97	0.99	0.99	0.95	0.98	0.83	0.78
Mahringer (ETp)	0.94	1.00	1.00	0.78	1.00	0.75	0.83	0.99	0.73	0.90	0.74	1.00	0.64	0.79	0.77	0.84	0.70	0.88	0.93	1.00
Makkink (ETp)	0.81	0.75	0.77	1.00	0.75	1.00	0.98	0.79	0.99	0.87	0.75	0.72	0.98	0.96	0.99	0.98	0.95	0.96	0.80	0.75
McGuinness ve Bordne (ETp)	0.86	0.84	0.85	0.99	0.83	0.98	1.00	0.87	0.98	0.93	0.77	0.80	0.93	0.97	0.98	1.00	0.93	0.98	0.87	0.83
Meyer (ETp)	0.93	0.99	1.00	0.82	0.99	0.79	0.87	1.00	0.77	0.93	0.77	0.98	0.68	0.83	0.82	0.87	0.74	0.91	0.95	0.99
Priestly Taylor (ETp)	0.80	0.74	0.76	0.99	0.73	0.99	0.98	0.77	1.00	0.87	0.73	0.70	0.99	0.97	0.98	0.97	0.95	0.96	0.79	0.73
Tronthwaite (mm) (ETp)	0.87	0.90	0.92	0.90	0.90	0.87	0.93	0.93	0.87	1.00	0.77	0.87	0.79	0.92	0.90	0.94	0.80	0.93	0.96	0.90
Turc (ETp)	0.71	0.75	0.76	0.76	0.74	0.75	0.77	0.77	0.73	0.77	1.00	0.72	0.68	0.76	0.78	0.78	0.65	0.78	0.84	0.74
WMO (ETp)	0.94	0.99	0.99	0.76	1.00	0.72	0.80	0.98	0.70	0.87	0.72	1.00	0.61	0.76	0.75	0.81	0.68	0.86	0.90	1.00
de Bruin (ETo)	0.74	0.65	0.67	0.96	0.64	0.98	0.93	0.68	0.99	0.79	0.68	0.61	1.00	0.94	0.95	0.92	0.94	0.91	0.70	0.64
Hargreaves ve Samani (ETo)	0.83	0.79	0.82	0.97	0.79	0.96	0.97	0.83	0.97	0.92	0.76	0.76	0.94	1.00	0.97	0.96	0.91	0.97	0.85	0.79
Irmak (ETo)	0.82	0.78	0.80	0.99	0.77	0.99	0.98	0.82	0.98	0.90	0.78	0.75	0.95	0.97	1.00	0.97	0.92	0.96	0.86	0.77
Jensen Haise (ETo)	0.87	0.84	0.86	0.99	0.84	0.98	1.00	0.87	0.97	0.94	0.78	0.81	0.92	0.96	0.97	1.00	0.93	0.98	0.88	0.84
Jones ve Ritchie (ETo)	0.78	0.71	0.73	0.95	0.70	0.95	0.93	0.74	0.95	0.80	0.65	0.68	0.94	0.91	0.92	0.93	1.00	0.92	0.71	0.70
Penman-Monteith (ETo)	0.91	0.89	0.90	0.98	0.88	0.96	0.98	0.91	0.96	0.93	0.78	0.86	0.91	0.97	0.96	0.98	0.92	1.00	0.89	0.88
Schendel (ETo)	0.86	0.93	0.94	0.83	0.93	0.80	0.87	0.95	0.79	0.96	0.84	0.90	0.70	0.85	0.86	0.88	0.71	0.89	1.00	0.93
Trabert (ETp)	0.94	1.00	1.00	0.78	1.00	0.75	0.83	0.99	0.73	0.90	0.74	1.00	0.64	0.79	0.77	0.84	0.70	0.88	0.93	1.00

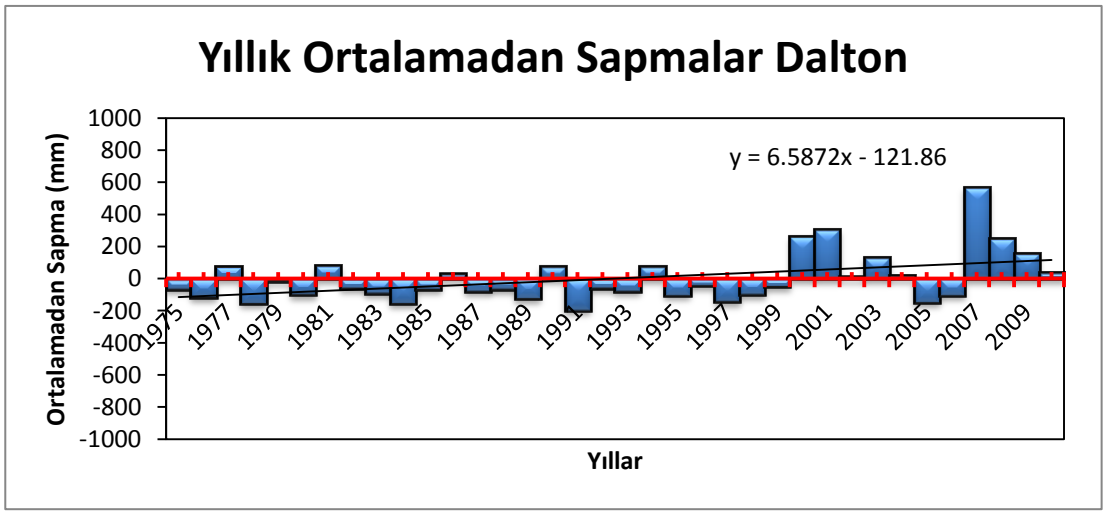
Çizelge E.9 : Determinasyon katsayısı: Tekirdağ model (2015-2040).

Tekirdağ Model (2015-2040)	Albrecht (ETp)	Brockamp ve Wenner (ETp)	Dalton (ETp)	Hargreaves (ETp)	Mahringer (ETp)	Makkink (ETp)	McGuinness ve Bordne (ETp)	Meyer (ETp)	Priestly Taylor (ETp)	Thornthwaite (mm) (ETp)	Turc (ETp)	WMO (ETp)	de Bruin (ETo)	Hargreaves ve Samani (ETo)	Irmak (ETo)	Jensen Haise (ETo)	Jones ve Ritchie (ETo)	Penman-Monteith (ETo)	Schendel (ETo)	Trabert (ETp)
Albrecht (ETp)	1.00	0.99	0.98	0.79	0.99	0.75	0.83	0.98	0.74	0.89	0.66	1.00	0.66	0.77	0.76	0.84	0.75	0.89	0.92	0.99
Brockamp ve Wenner (ETp)	0.99	1.00	1.00	0.85	1.00	0.81	0.89	1.00	0.80	0.94	0.70	0.99	0.72	0.84	0.82	0.89	0.81	0.93	0.96	1.00
Dalton (ETp)	0.98	1.00	1.00	0.85	1.00	0.81	0.89	1.00	0.80	0.94	0.70	0.99	0.72	0.84	0.83	0.90	0.81	0.94	0.96	1.00
Hargreaves (ETp)	0.79	0.85	0.85	1.00	0.84	1.00	0.99	0.86	0.99	0.91	0.59	0.81	0.97	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.87	0.84
Mahringer (ETp)	0.99	1.00	1.00	0.84	1.00	0.81	0.88	1.00	0.79	0.94	0.69	1.00	0.71	0.83	0.82	0.89	0.81	0.93	0.96	1.00
Makkink (ETp)	0.75	0.81	0.81	1.00	0.81	1.00	0.98	0.82	1.00	0.88	0.56	0.78	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.96	0.84	0.81
McGuinness ve Bordne (ETp)	0.83	0.89	0.89	0.99	0.88	0.98	1.00	0.90	0.98	0.94	0.61	0.85	0.94	0.99	0.98	1.00	0.97	0.99	0.91	0.88
Meyer (ETp)	0.98	1.00	1.00	0.86	1.00	0.82	0.90	1.00	0.81	0.95	0.70	0.99	0.73	0.85	0.84	0.90	0.82	0.94	0.97	1.00
Priestly Taylor (ETp)	0.74	0.80	0.80	0.99	0.79	1.00	0.98	0.81	1.00	0.88	0.56	0.76	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.96	0.82	0.79
Tronthwaite (mm) (ETp)	0.89	0.94	0.94	0.91	0.94	0.88	0.94	0.95	0.88	1.00	0.60	0.91	0.80	0.91	0.90	0.95	0.86	0.95	0.98	0.94
Turc (ETp)	0.66	0.70	0.70	0.59	0.69	0.56	0.61	0.70	0.56	0.60	1.00	0.68	0.51	0.59	0.55	0.61	0.57	0.65	0.68	0.69
WMO (ETp)	1.00	0.99	0.99	0.81	1.00	0.78	0.85	0.99	0.76	0.91	0.68	1.00	0.68	0.80	0.79	0.86	0.78	0.91	0.94	1.00
de Bruin (ETo)	0.66	0.72	0.72	0.97	0.71	0.99	0.94	0.73	0.99	0.80	0.51	0.68	1.00	0.97	0.97	0.94	0.97	0.91	0.75	0.71
Hargreaves ve Samani (ETo)	0.77	0.84	0.84	1.00	0.83	0.99	0.99	0.85	0.99	0.91	0.59	0.80	0.97	1.00	0.99	0.99	0.98	0.97	0.87	0.83
Irmak (ETo)	0.76	0.82	0.83	0.99	0.82	0.99	0.98	0.84	0.98	0.90	0.55	0.79	0.97	0.99	1.00	0.98	0.96	0.96	0.87	0.82
Jensen Haise (ETo)	0.84	0.89	0.90	0.99	0.89	0.98	1.00	0.90	0.98	0.95	0.61	0.86	0.94	0.99	0.98	1.00	0.97	0.99	0.91	0.89
Jones ve Ritchie (ETo)	0.75	0.81	0.81	0.98	0.81	0.98	0.97	0.82	0.98	0.86	0.57	0.78	0.97	0.98	0.96	0.97	1.00	0.95	0.81	0.81
Penman-Monteith (ETo)	0.89	0.93	0.94	0.98	0.93	0.96	0.99	0.94	0.96	0.95	0.65	0.91	0.91	0.97	0.96	0.99	0.95	1.00	0.93	0.93
Schendel (ETo)	0.92	0.96	0.96	0.87	0.96	0.84	0.91	0.97	0.82	0.98	0.68	0.94	0.75	0.87	0.87	0.91	0.81	0.93	1.00	0.96
Trabert (ETp)	0.99	1.00	1.00	0.84	1.00	0.81	0.88	1.00	0.79	0.94	0.69	1.00	0.71	0.83	0.82	0.89	0.81	0.93	0.96	1.00

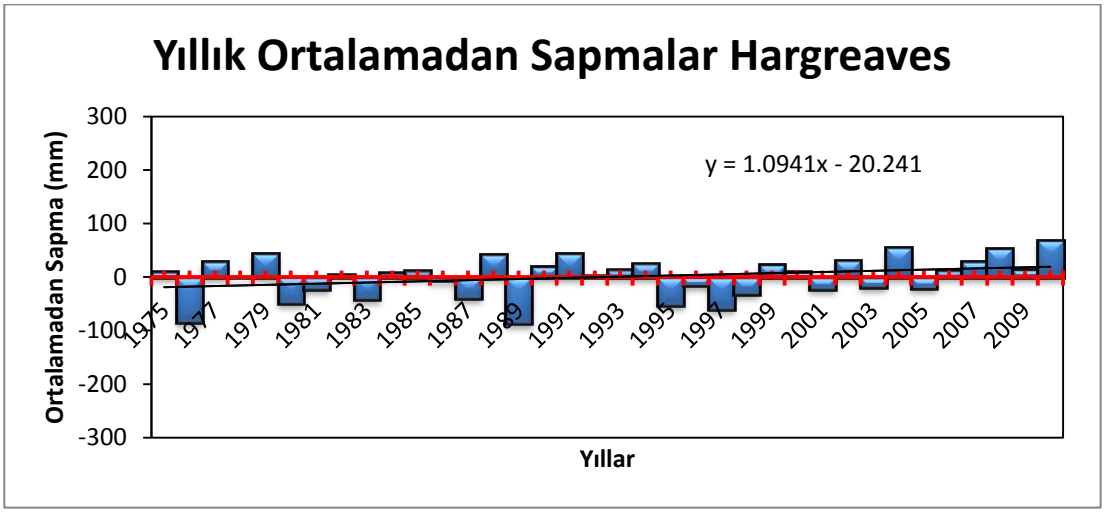
EK F Uzun Yıllar Yıllık Ortalama ET'den Sapmalar (1975-2010)

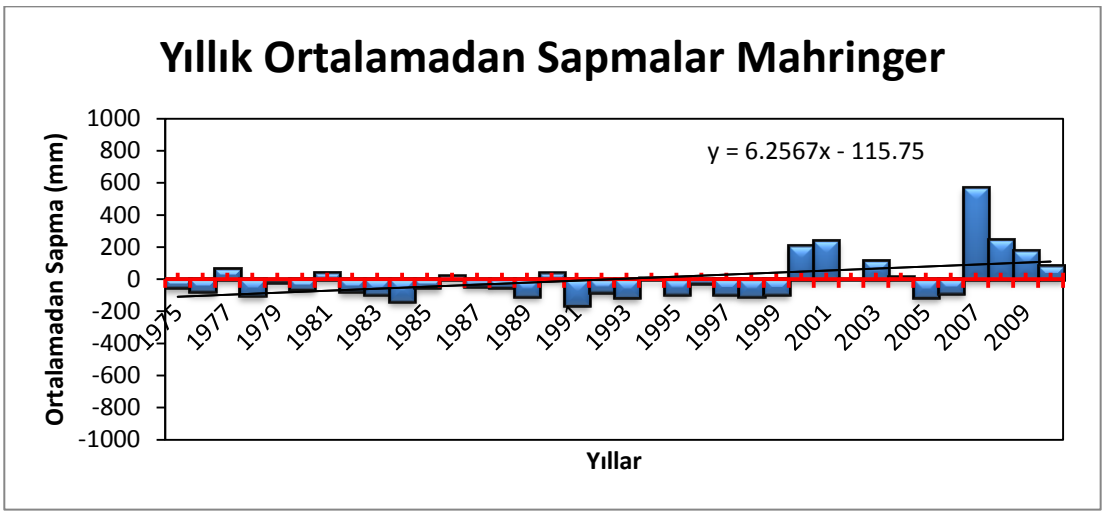


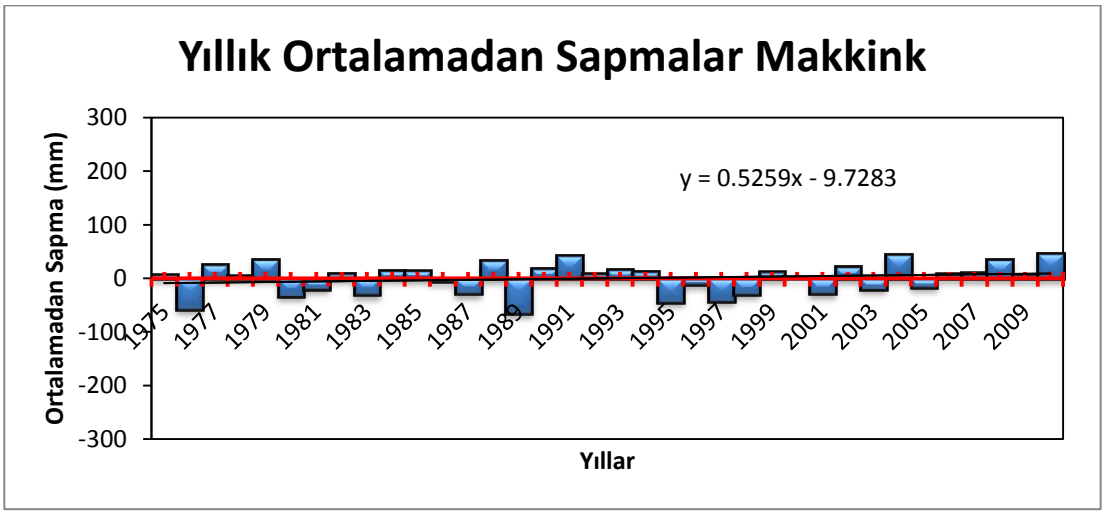




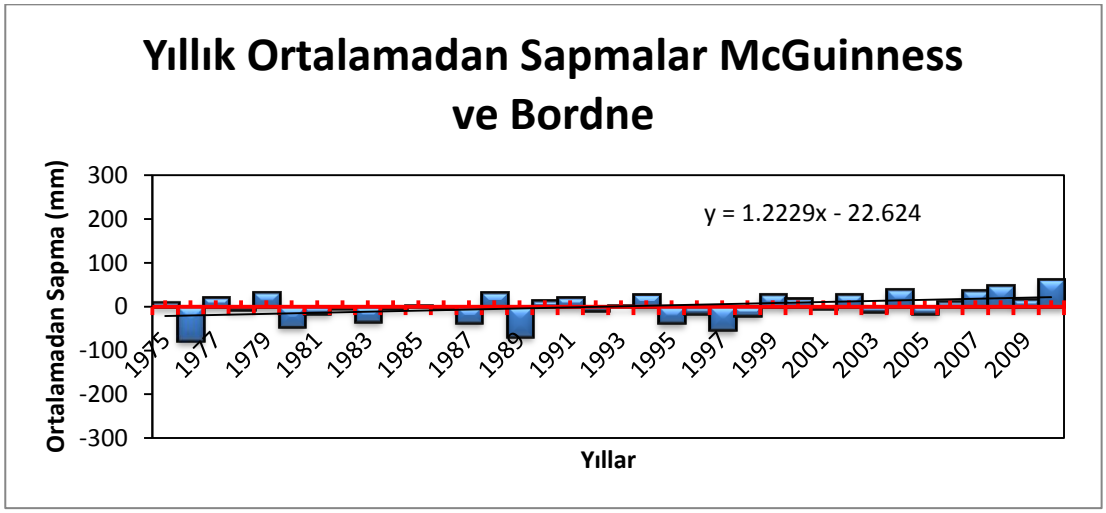
Şekil F.1 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Edirne ist.

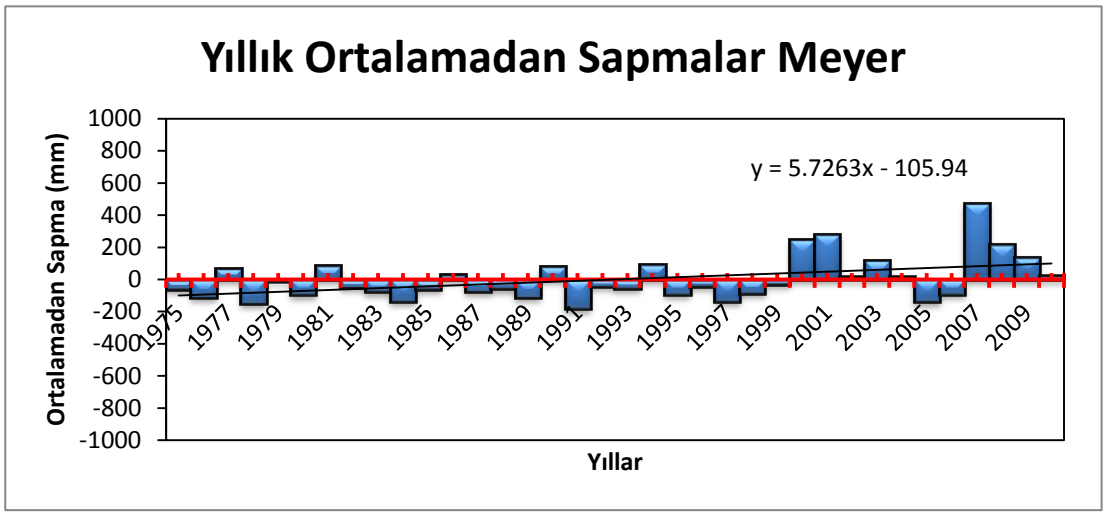


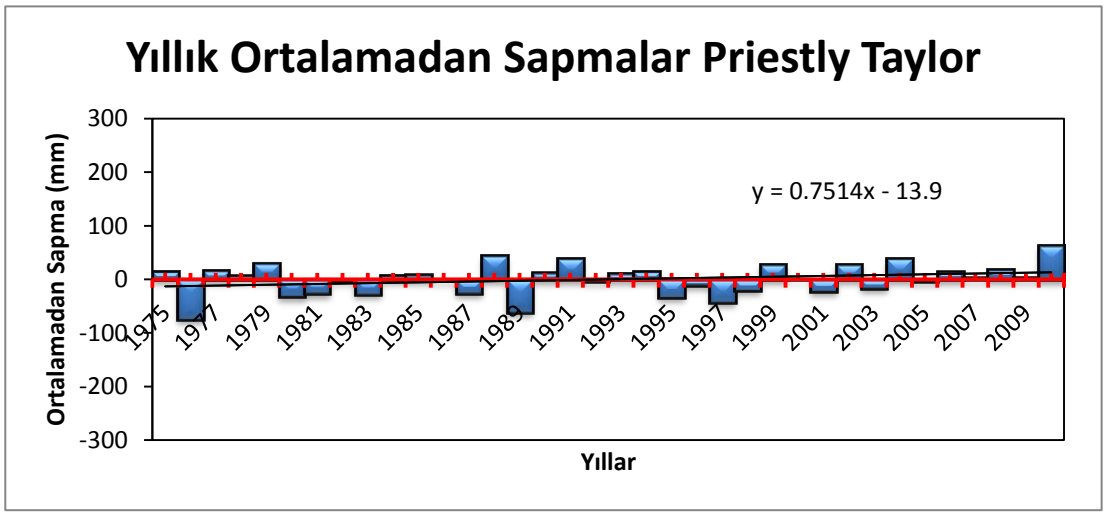




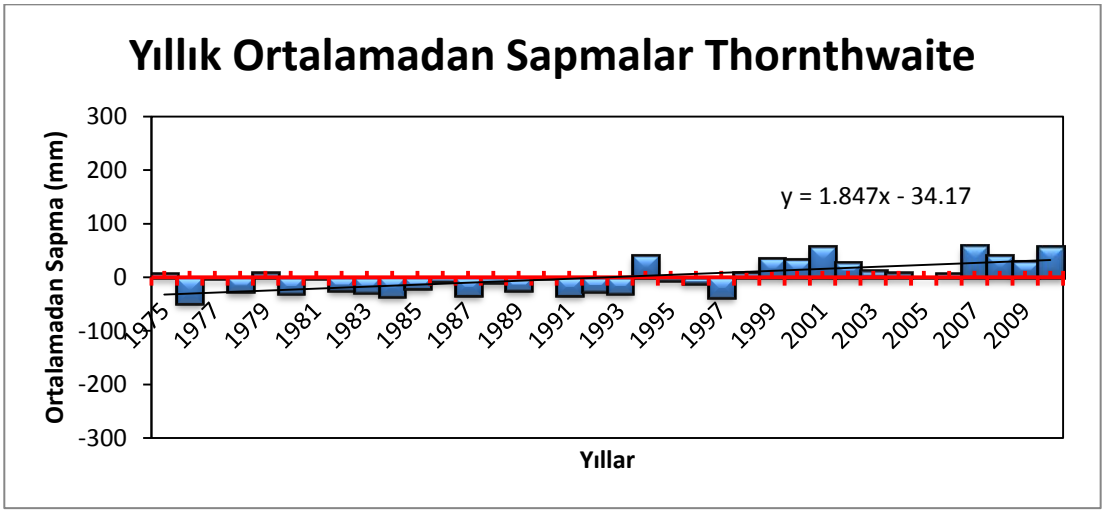
Şekil F.1 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Edirne ist.

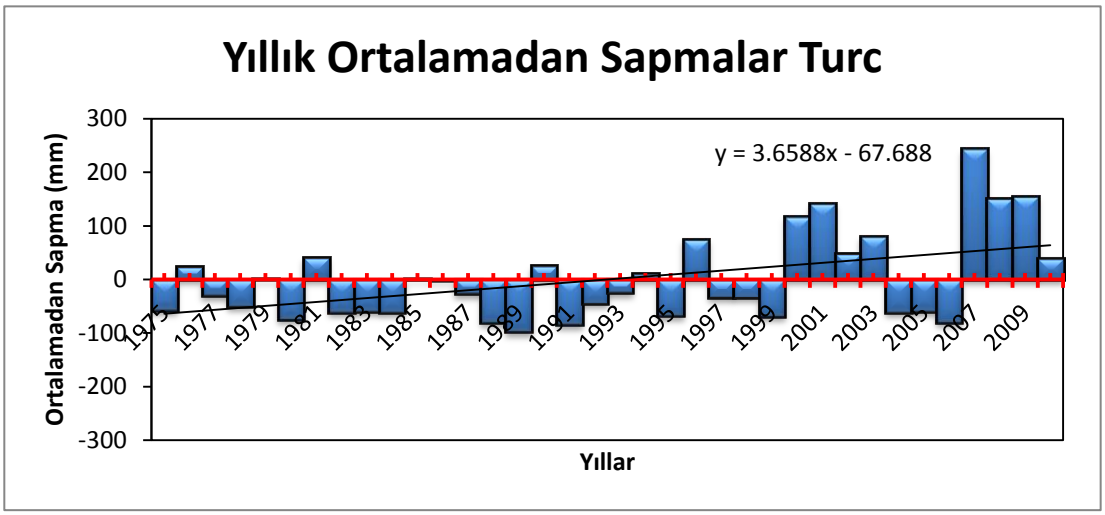


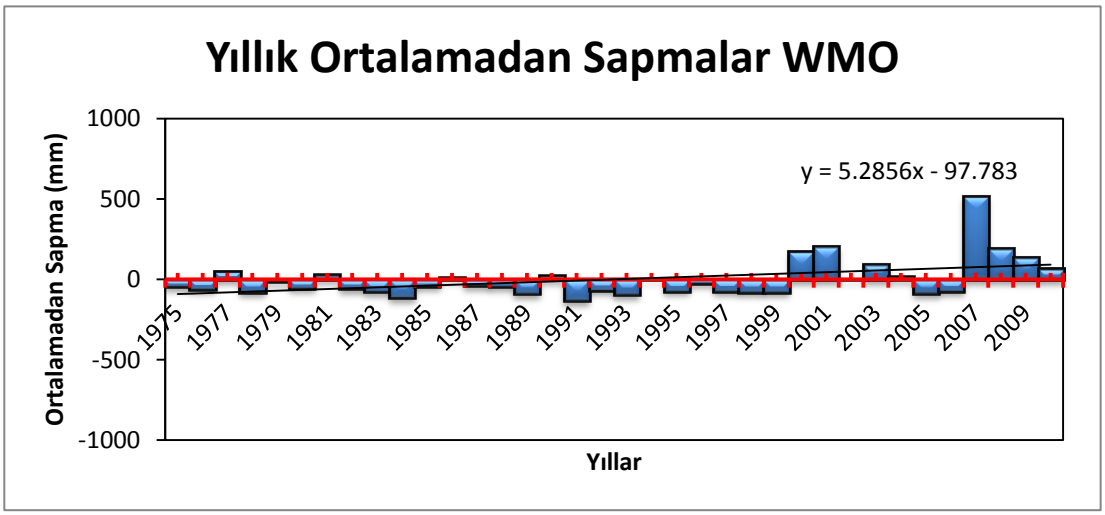




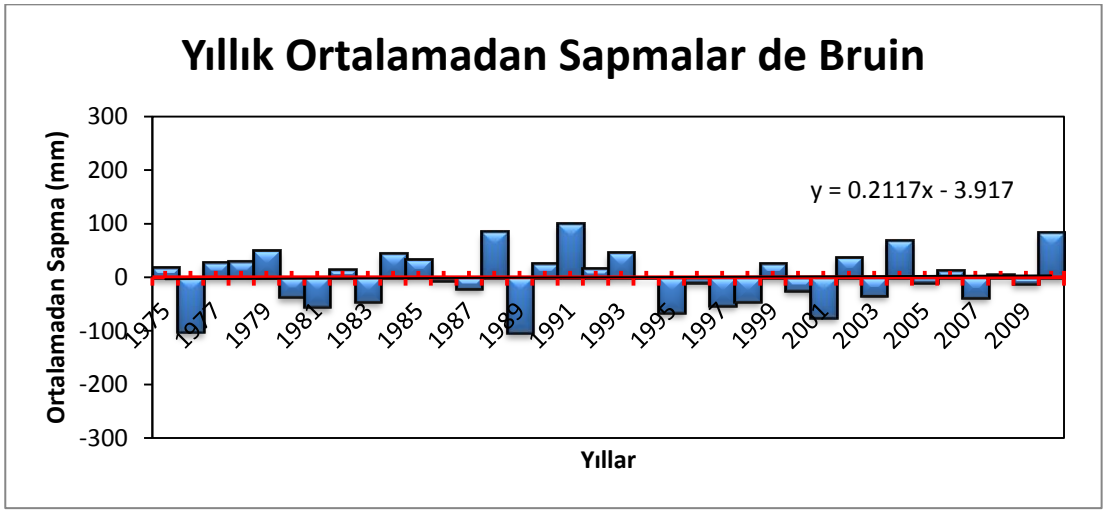
Şekil F.1 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Edirne ist.

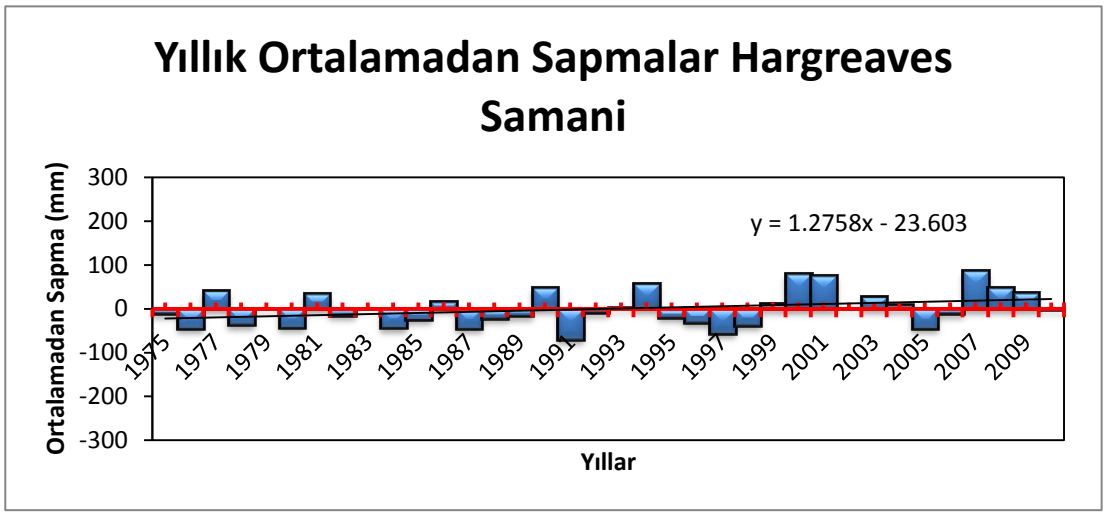


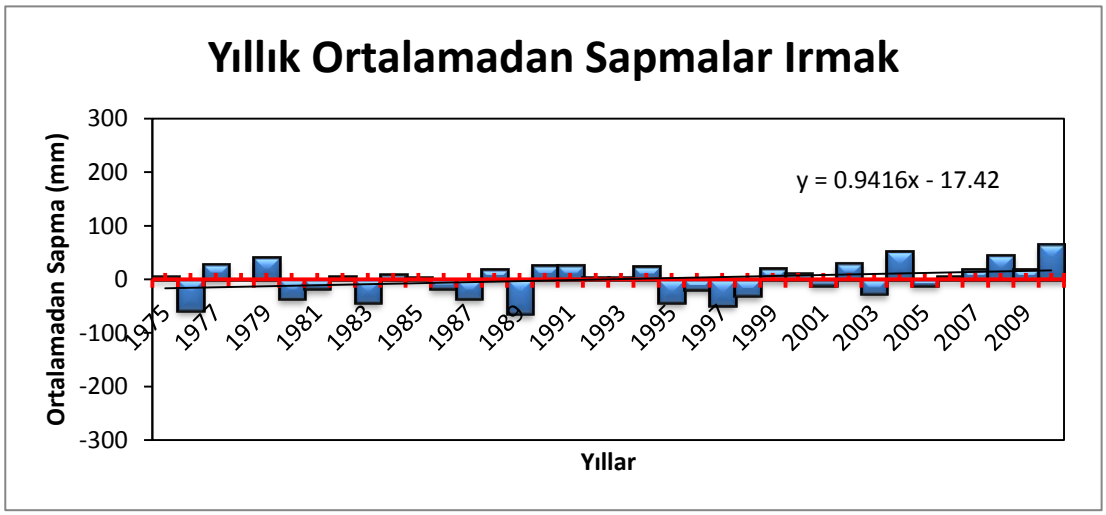




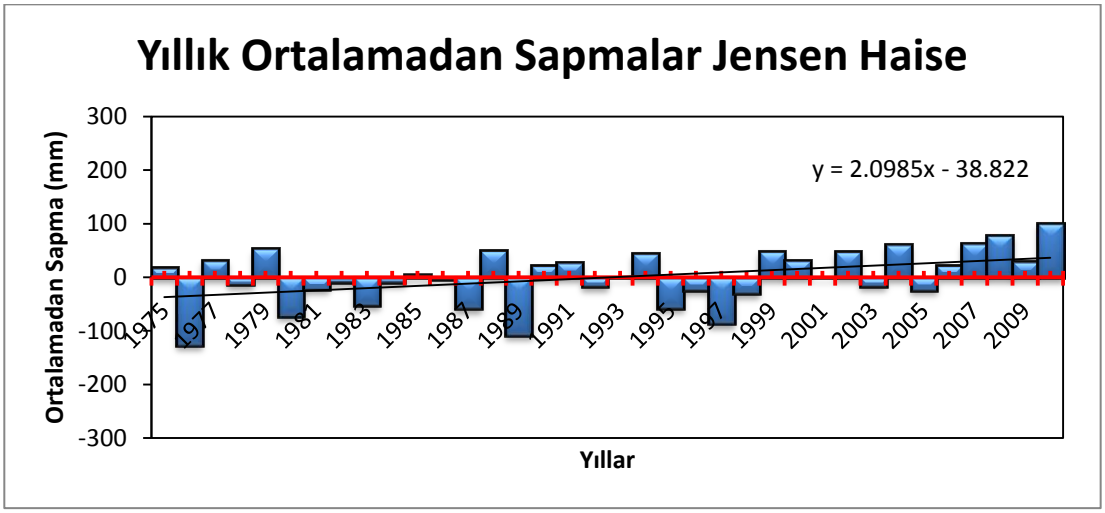
Şekil F.1 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Edirne ist.

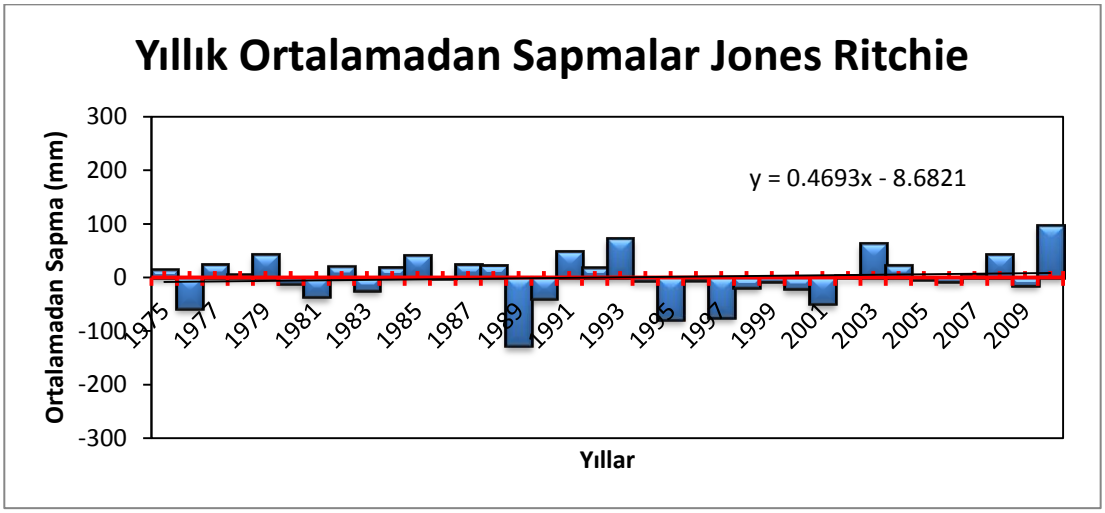


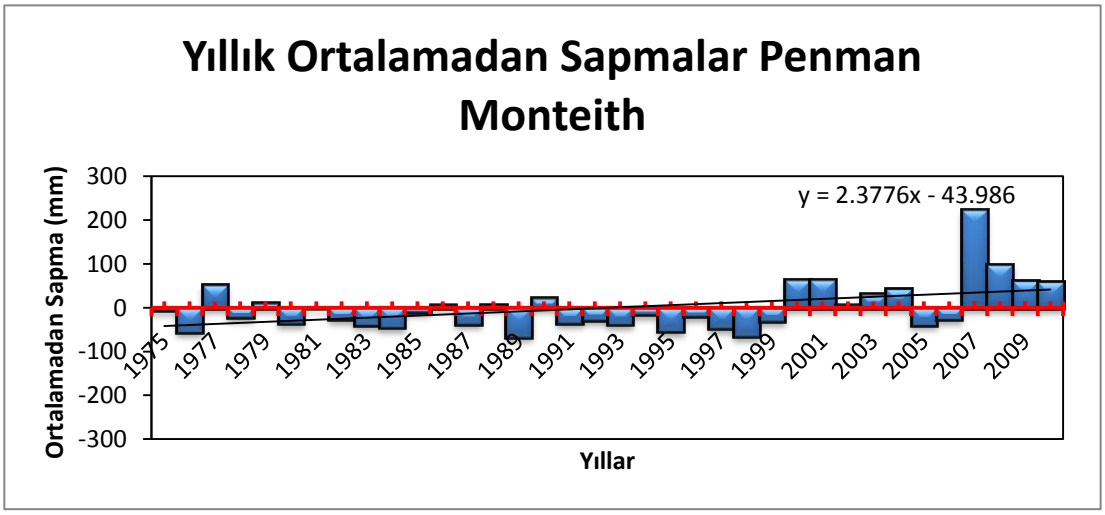




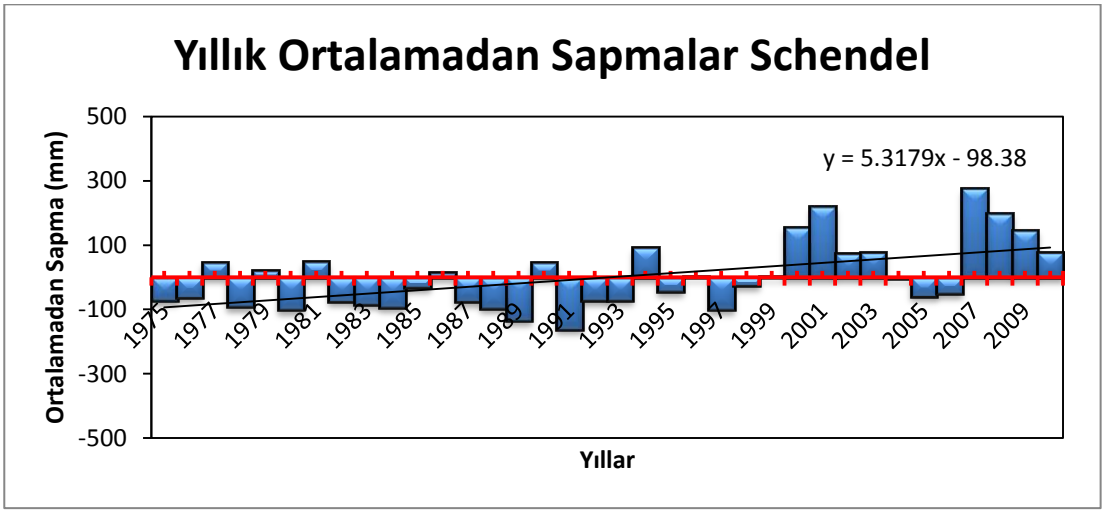
Şekil F.1 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Edirne ist.

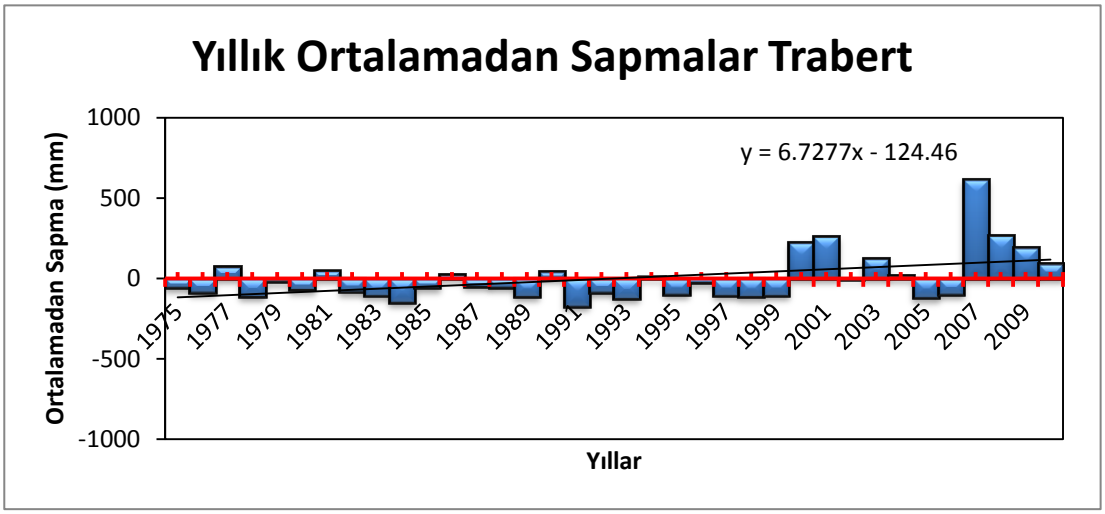




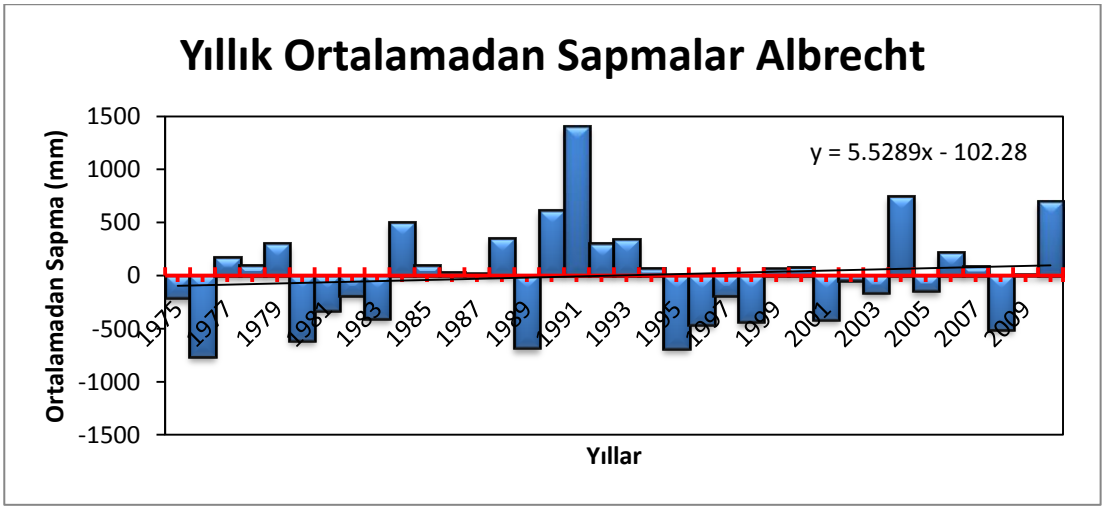


Şekil F.1 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Edirne ist.

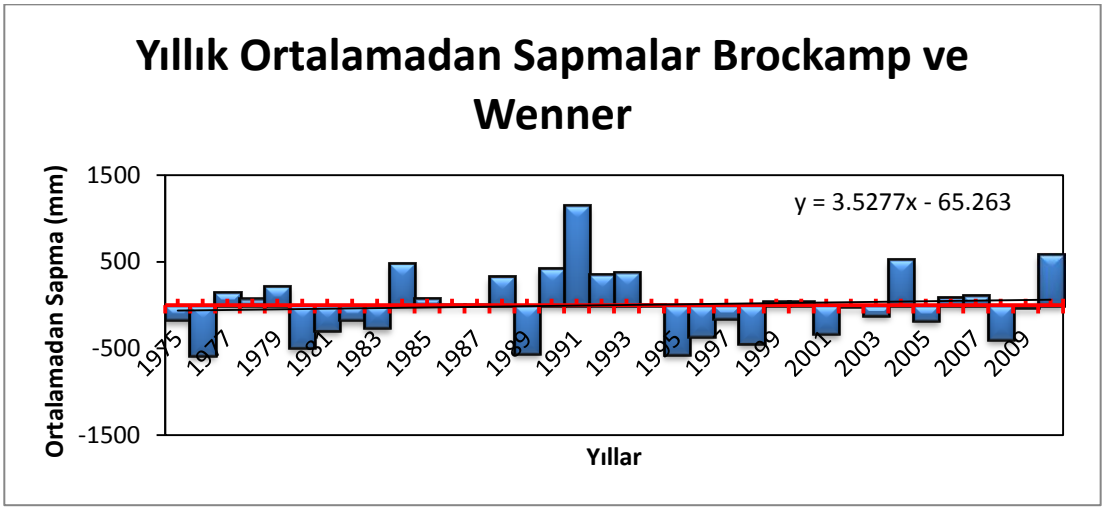


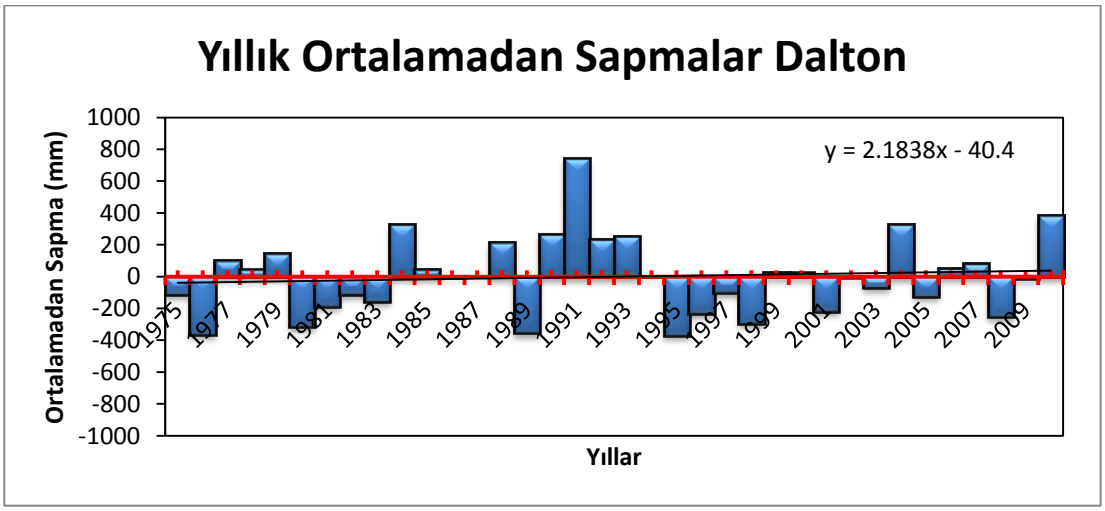


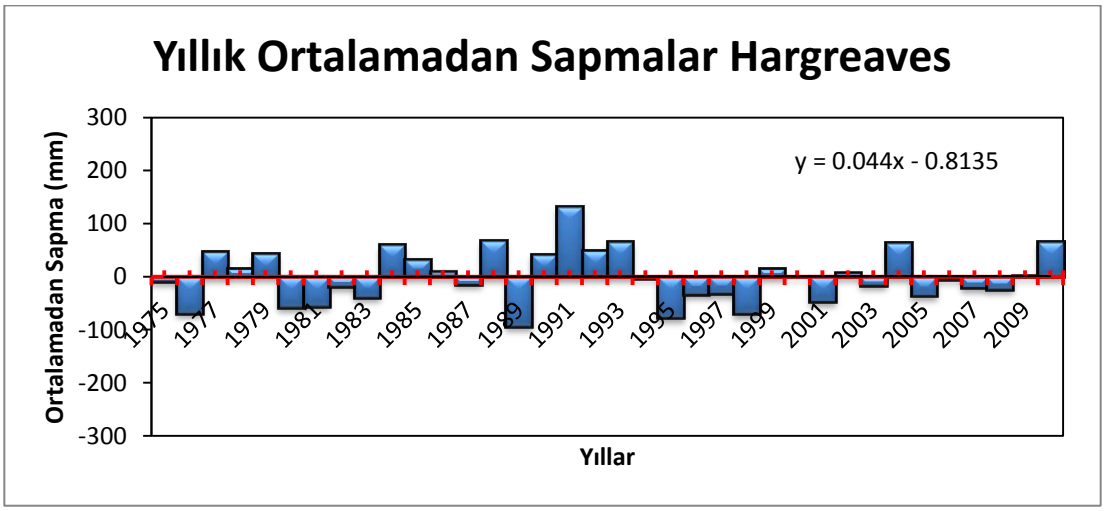
Şekil F.1 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Edirne ist.



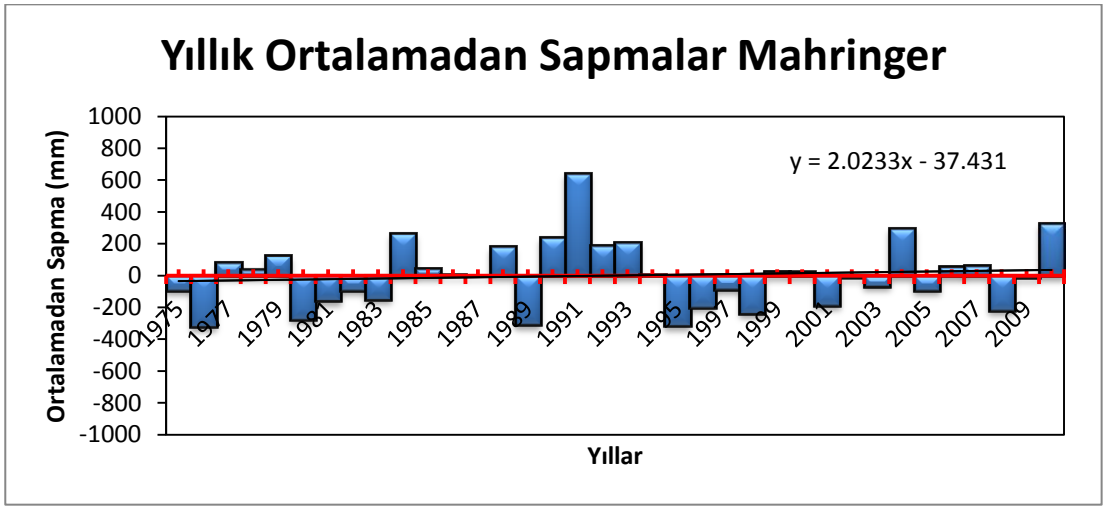
Şekil F.2 : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Edirne md.

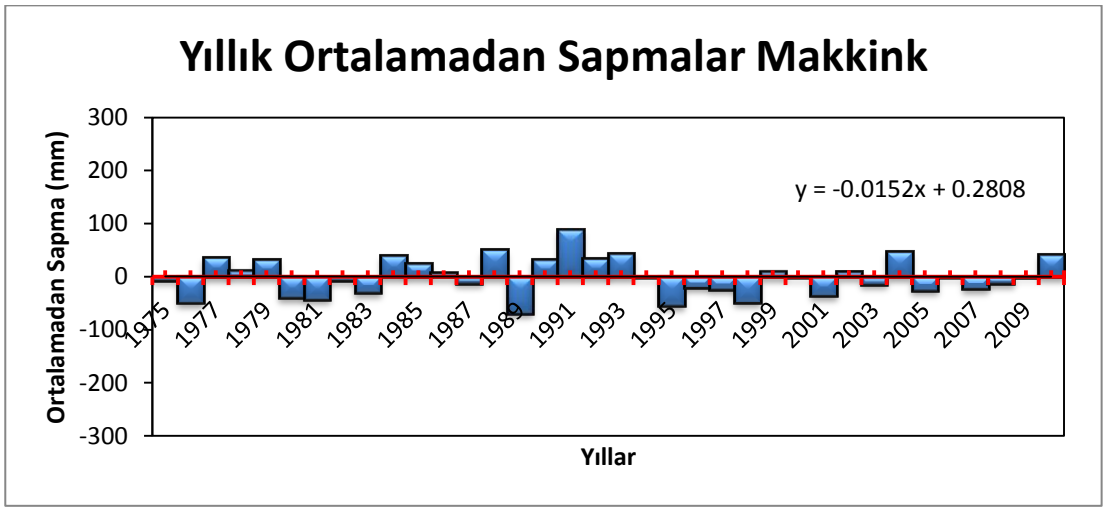


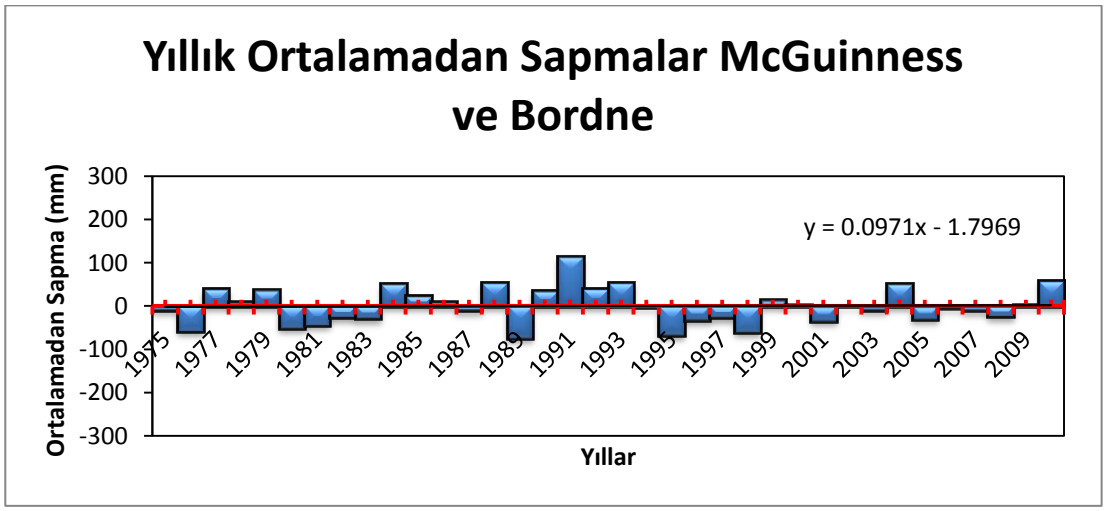




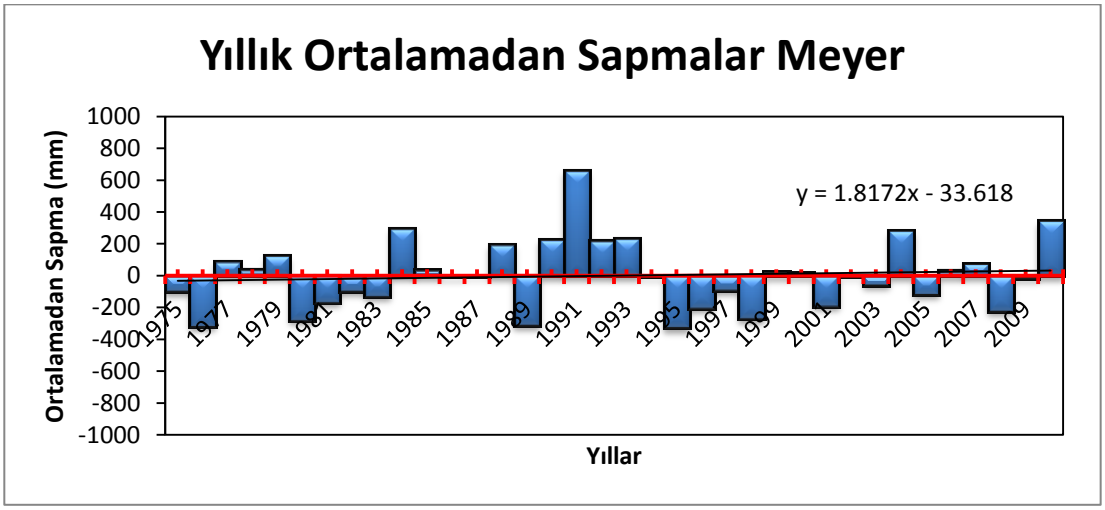
Şekil F.2 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Edirne md.

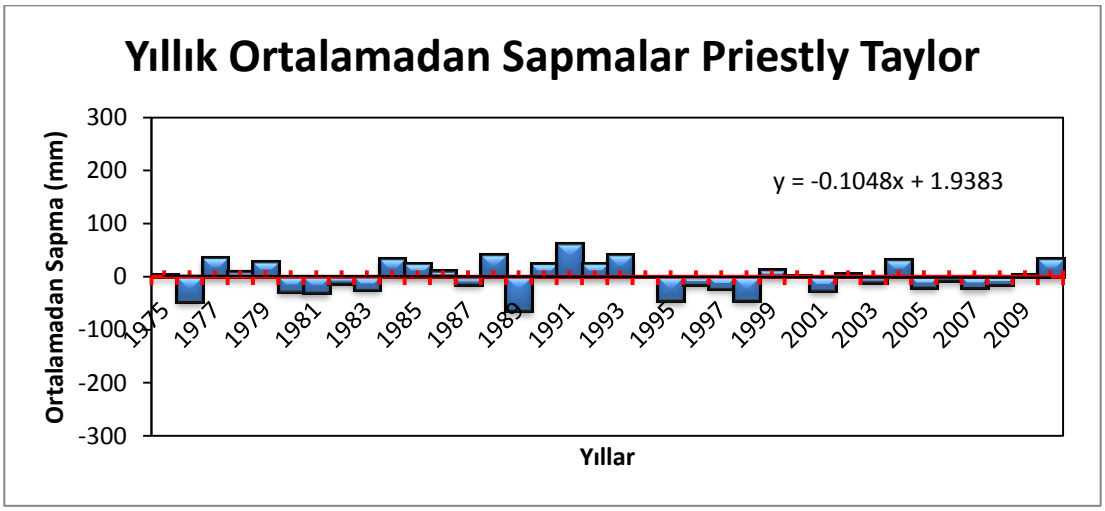


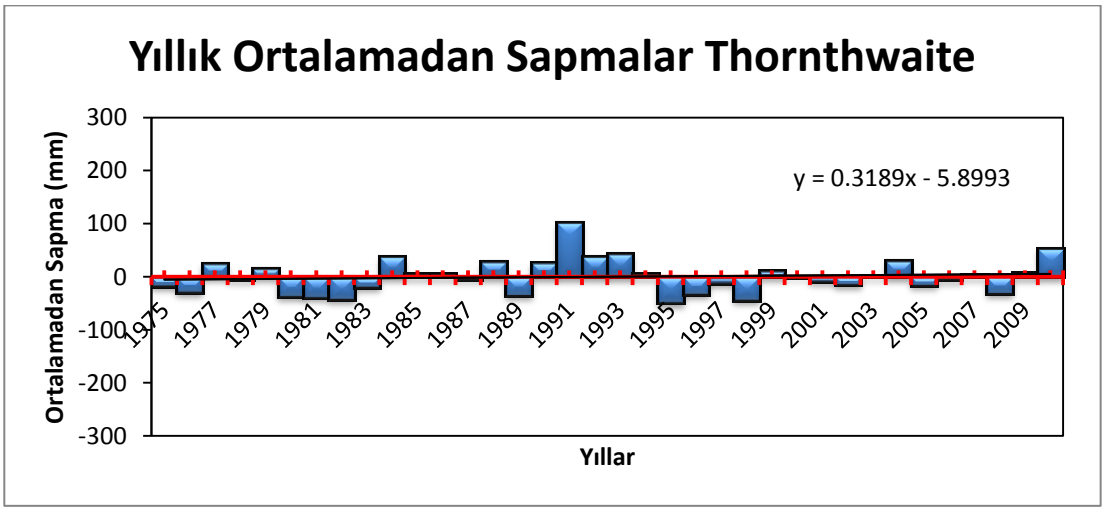




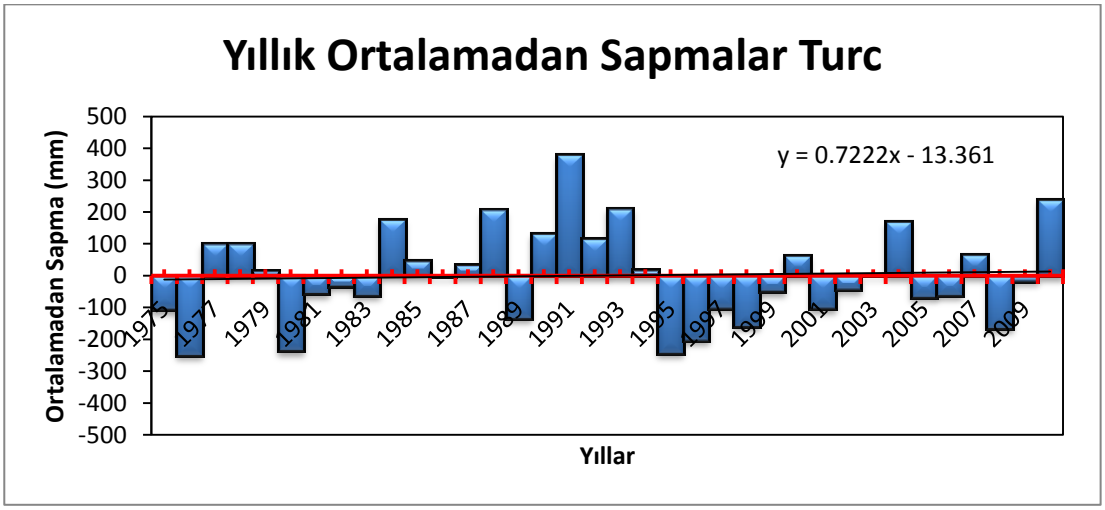
Şekil F.2 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Edirne md.

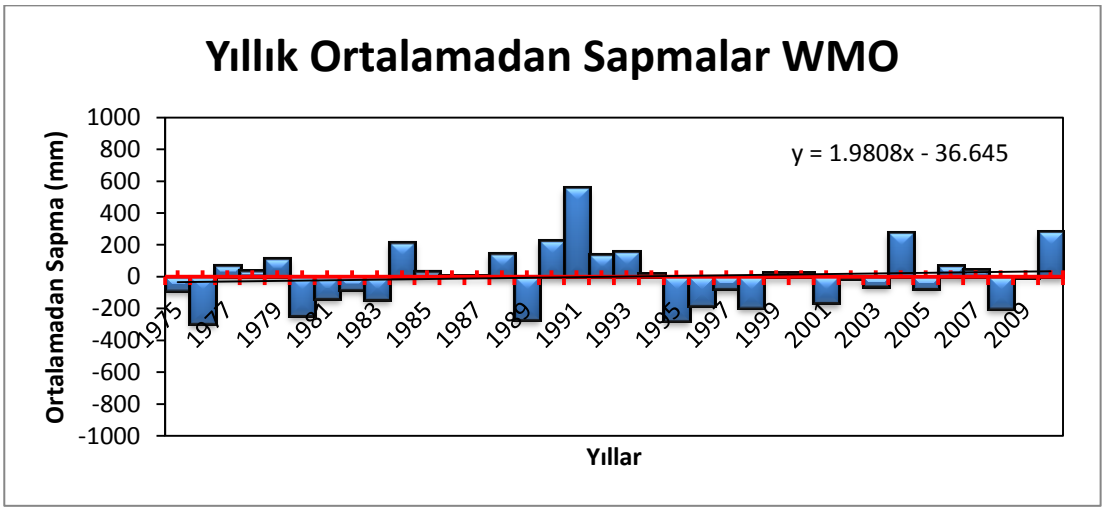


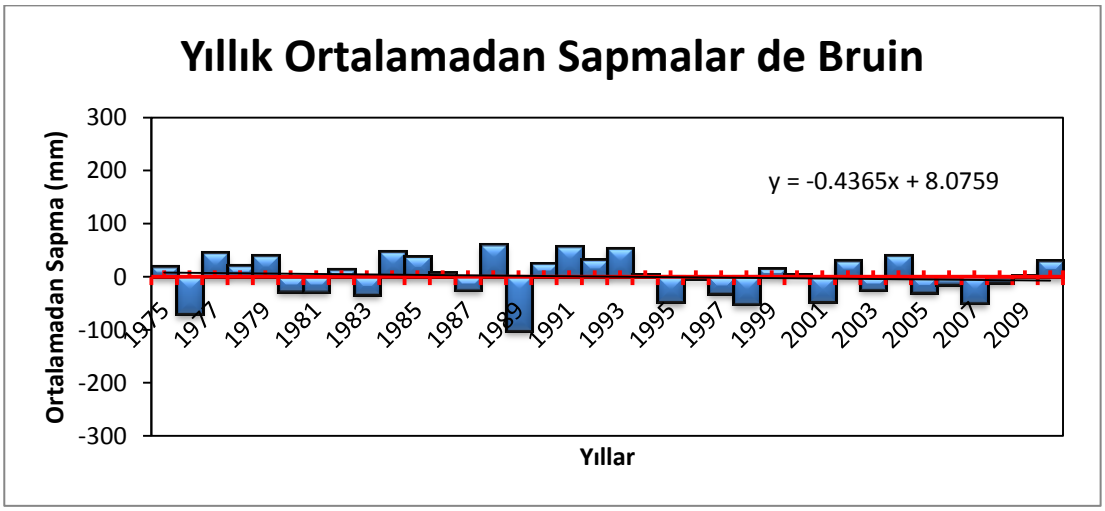




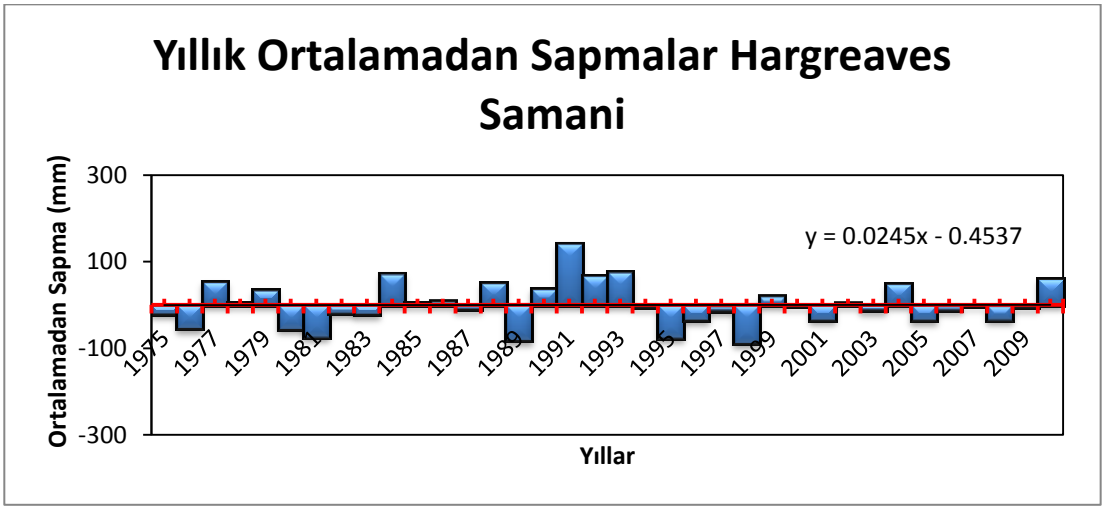
Şekil F.2 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Edirne md.

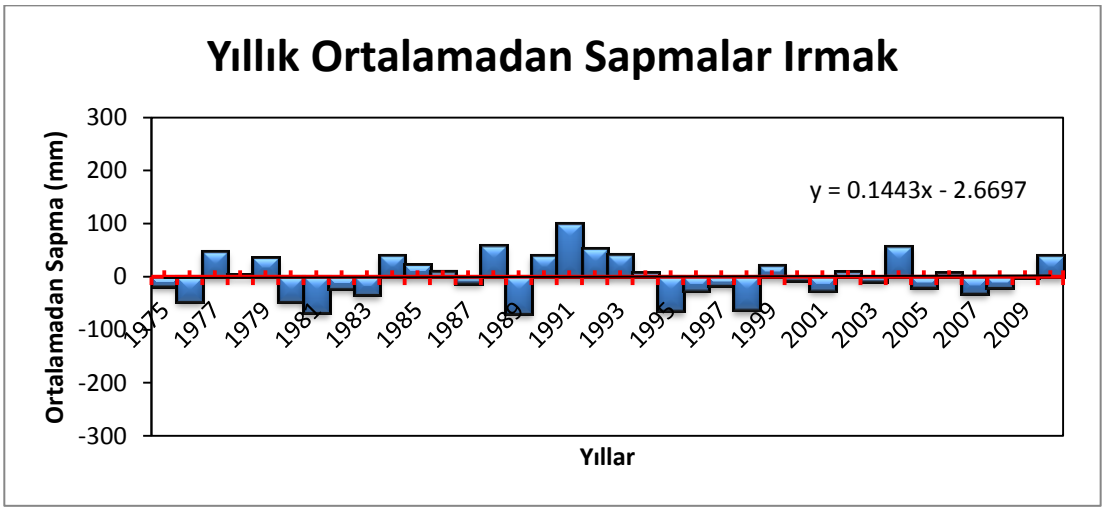


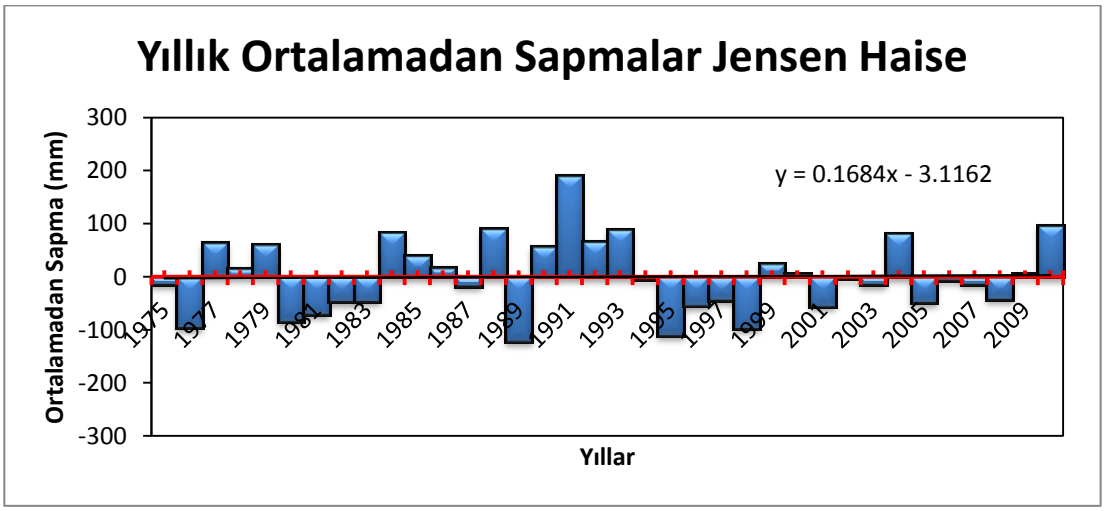




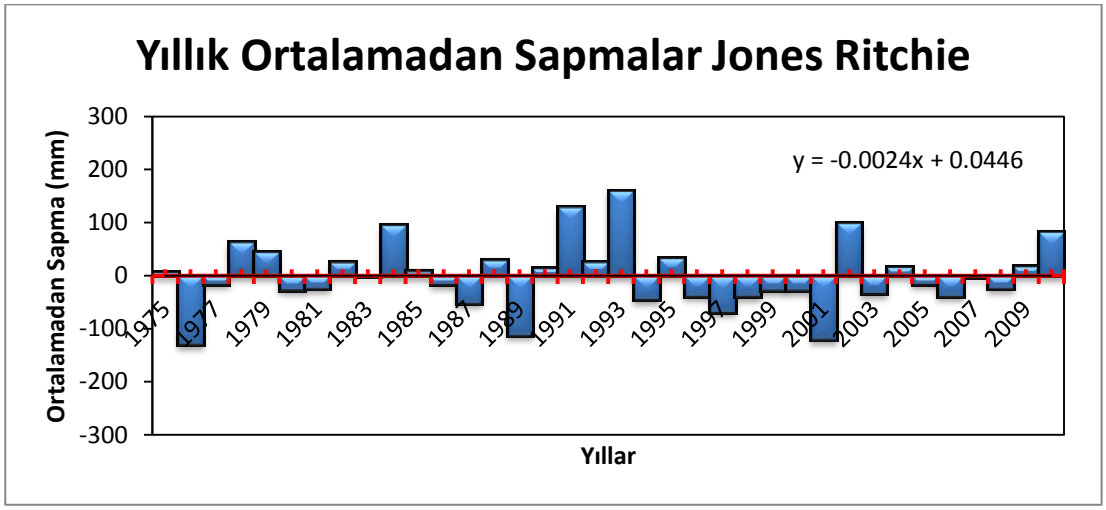
Şekil F.2 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Edirne md.

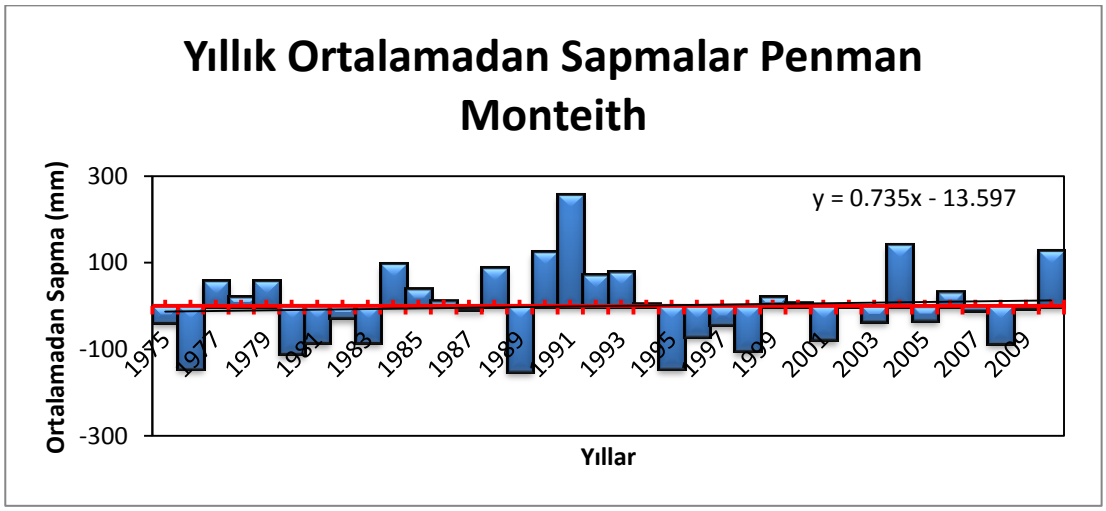


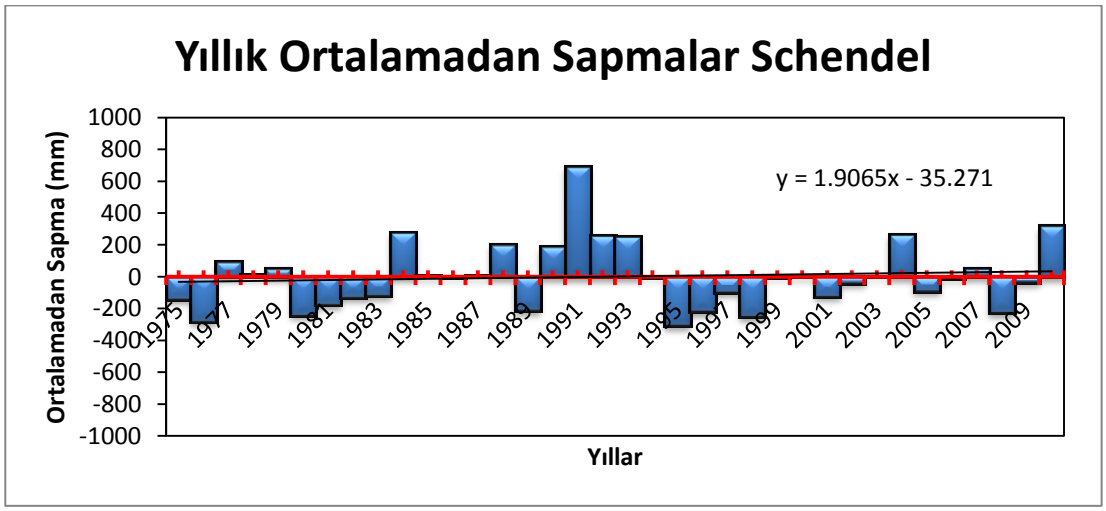




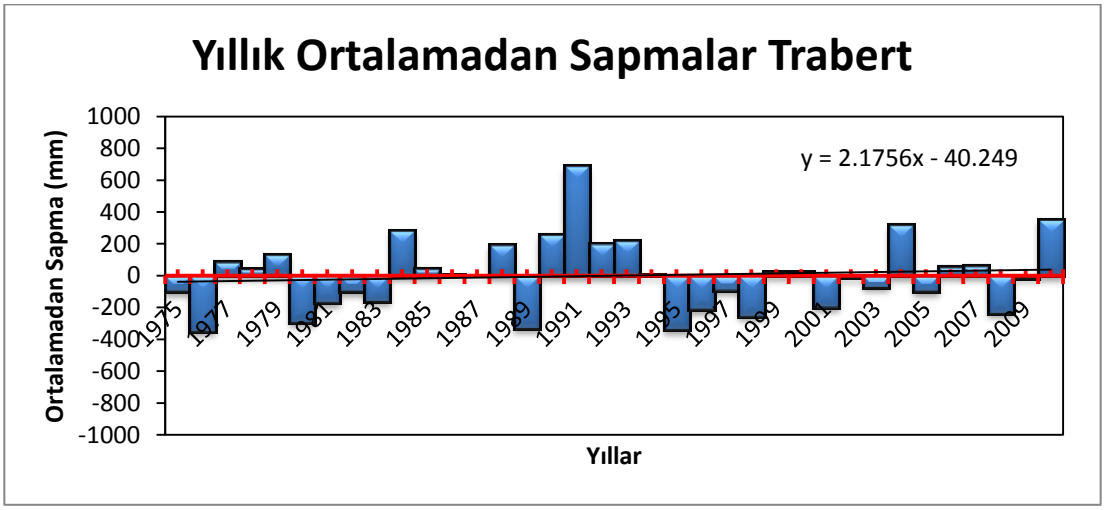
Şekil F.2 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Edirne md.



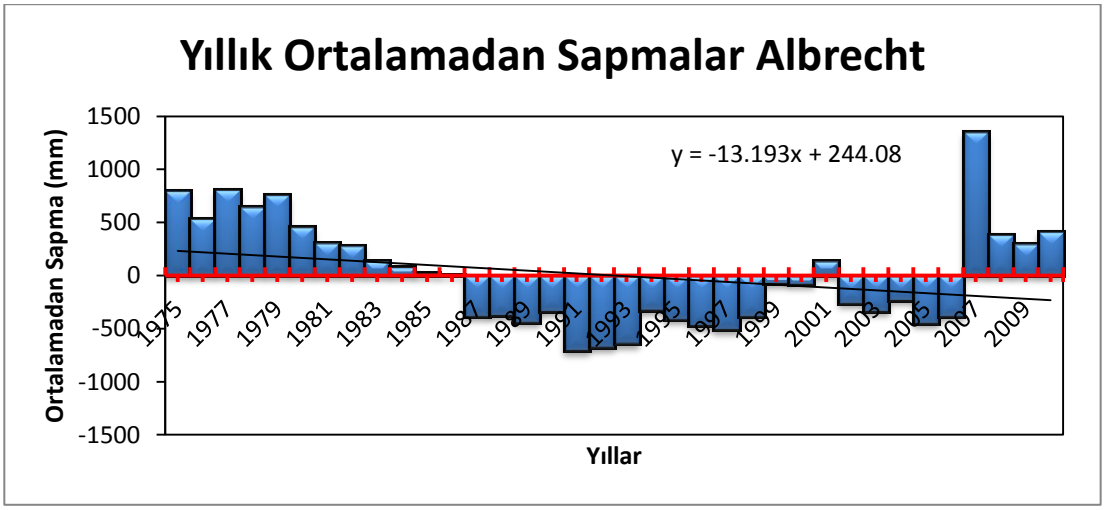


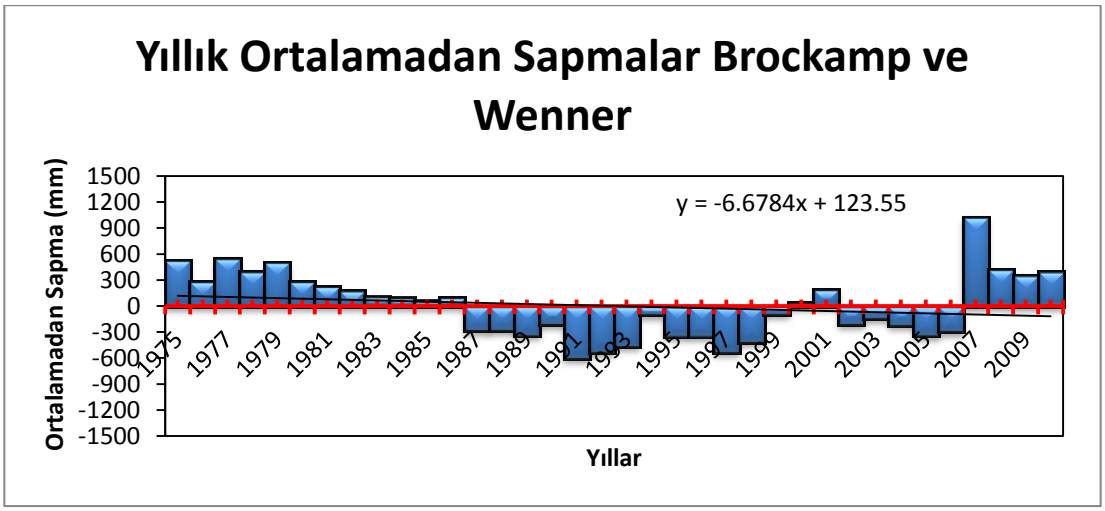


Şekil F.2 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Edirne md.

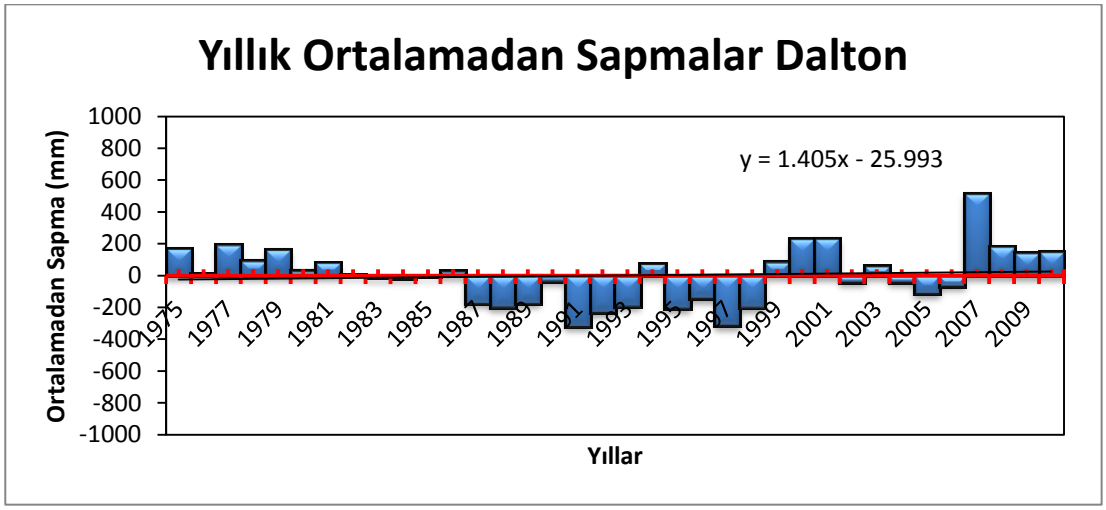


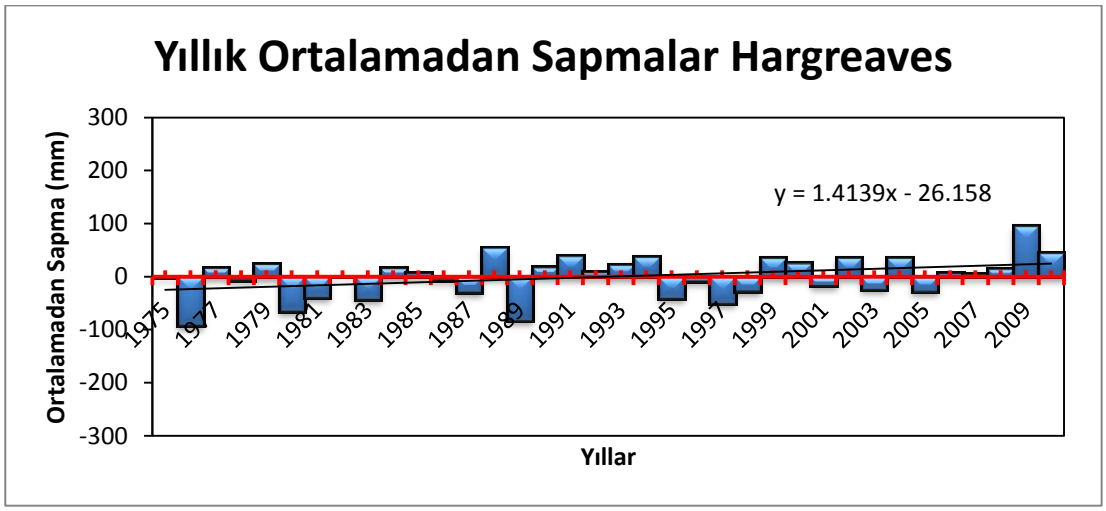
Şekil F.2 : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Edirne md.

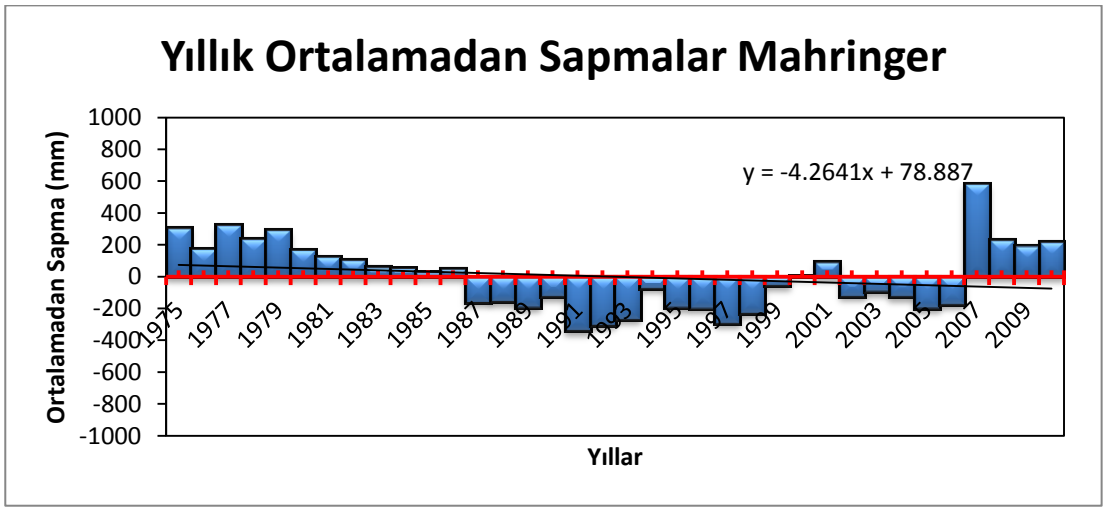




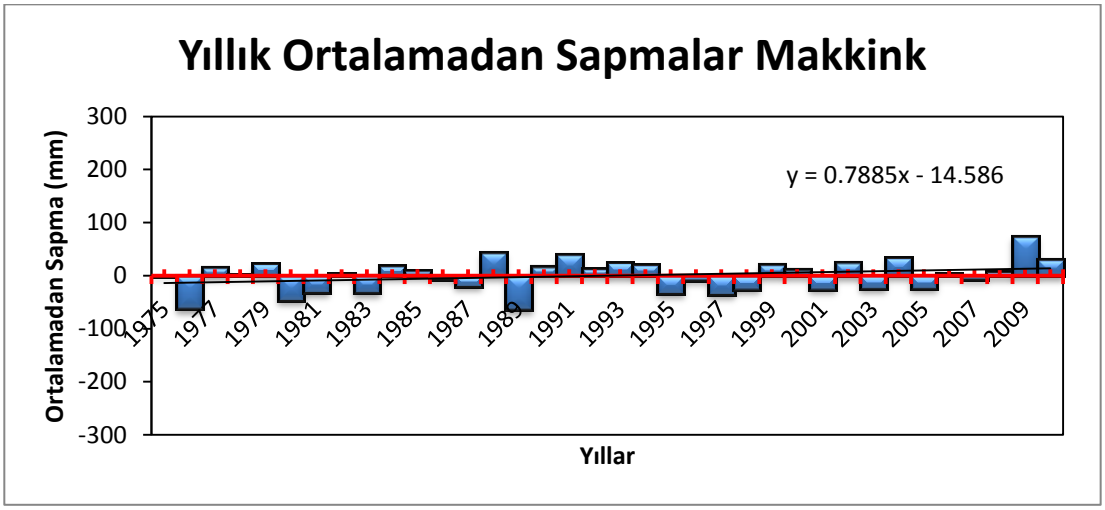
Şekil F.3 : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Kırklareli ist.

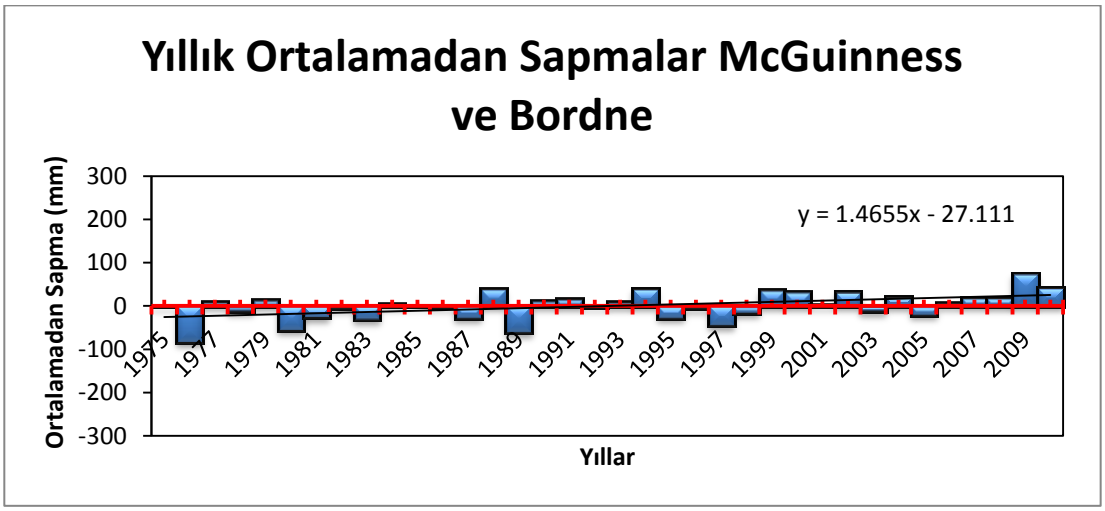


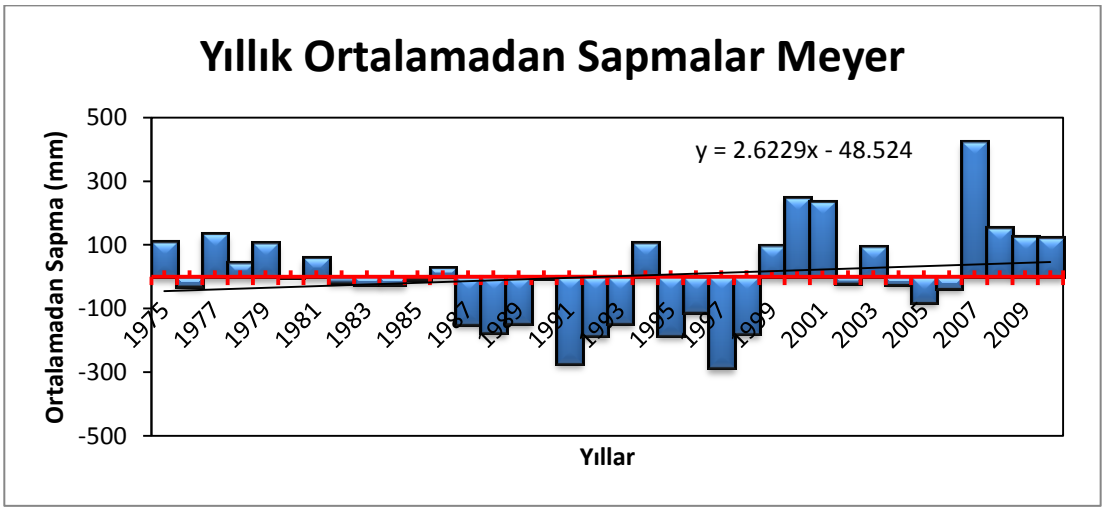




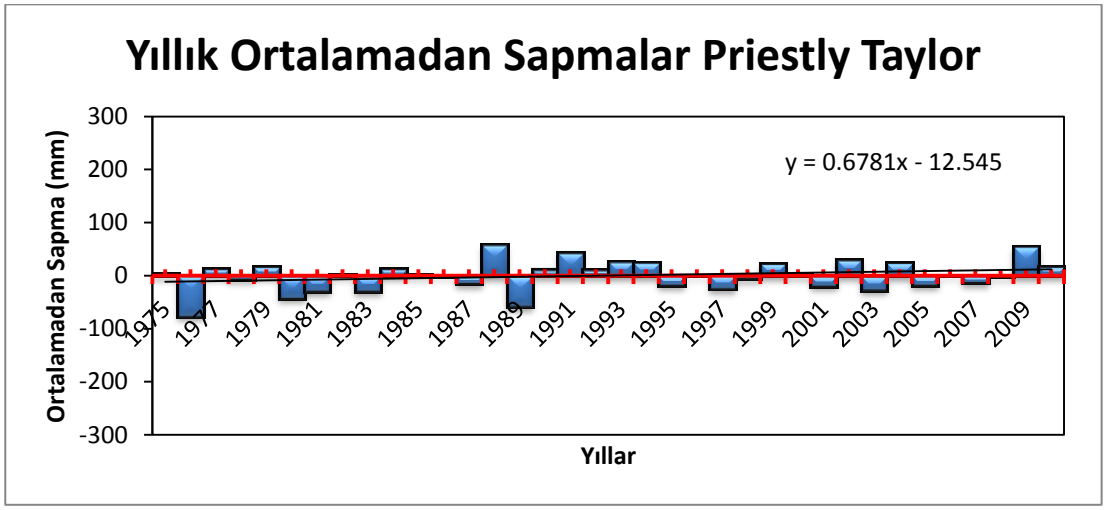
Şekil F.3 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Kırklareli ist.

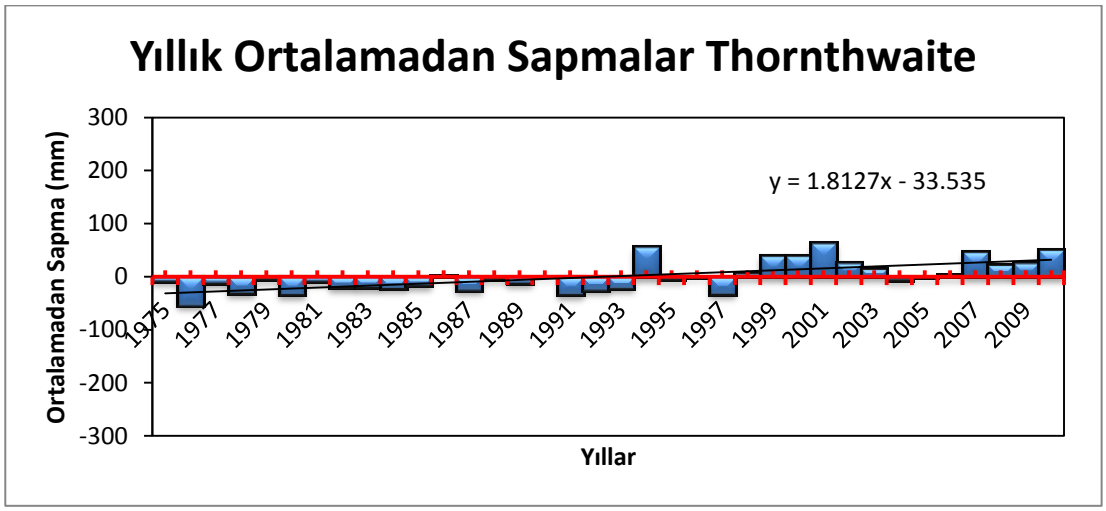


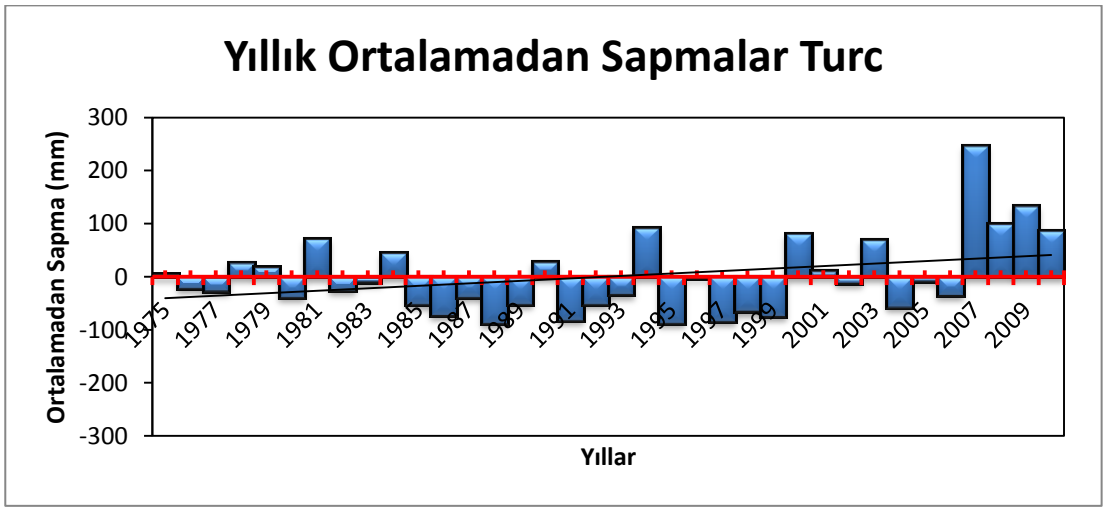




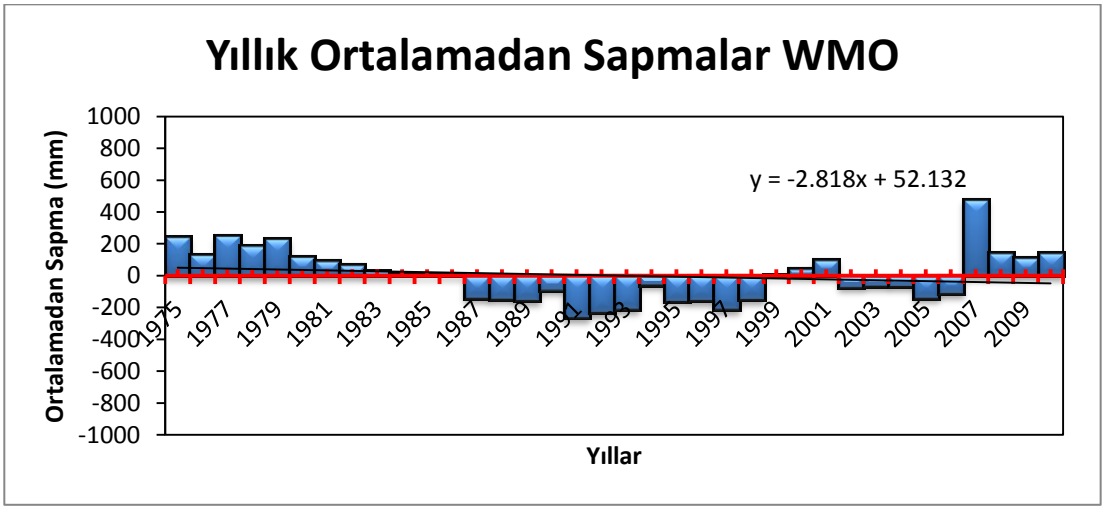
Şekil F.3 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Kırklareli ist.

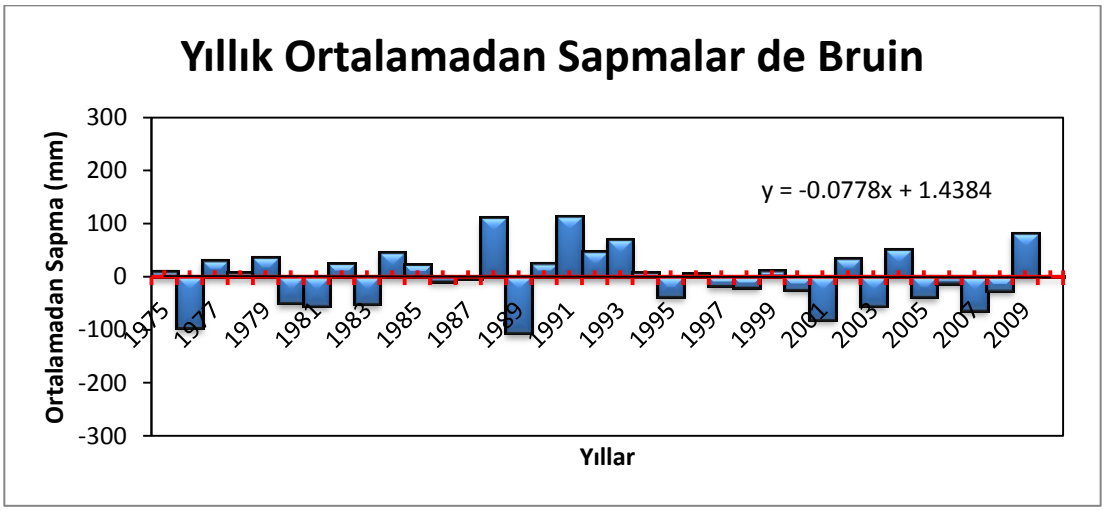


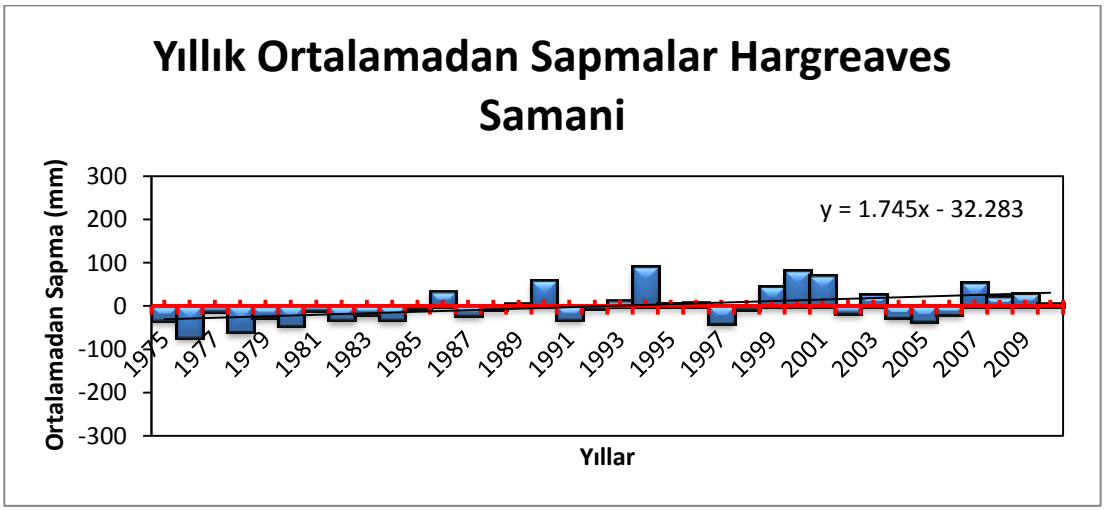




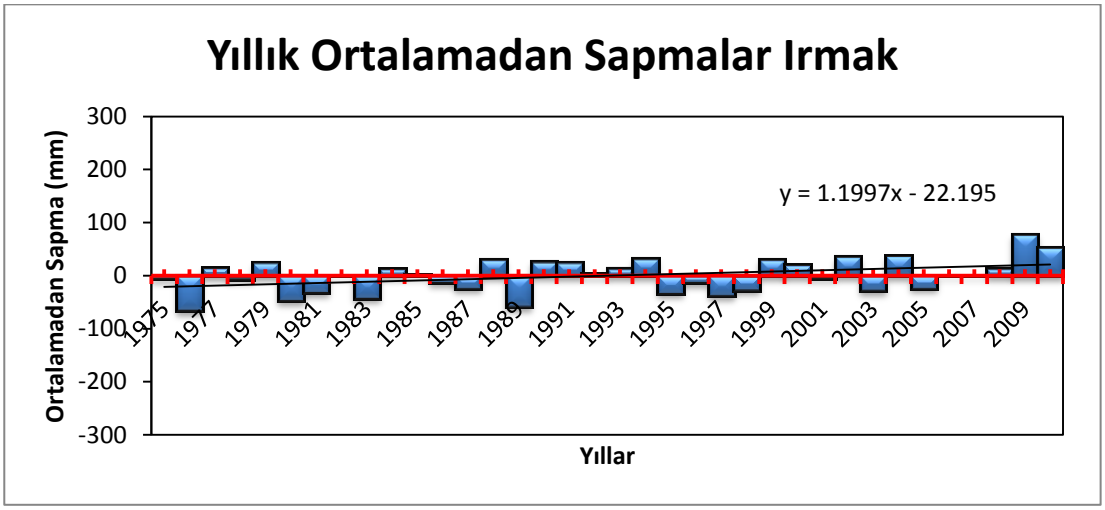
Şekil F.3 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Kırklareli ist.

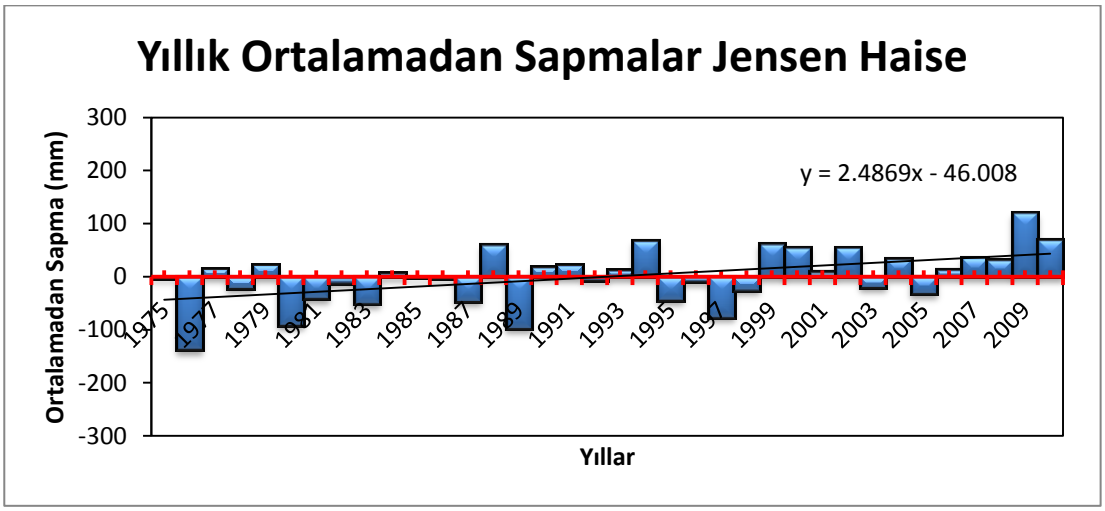


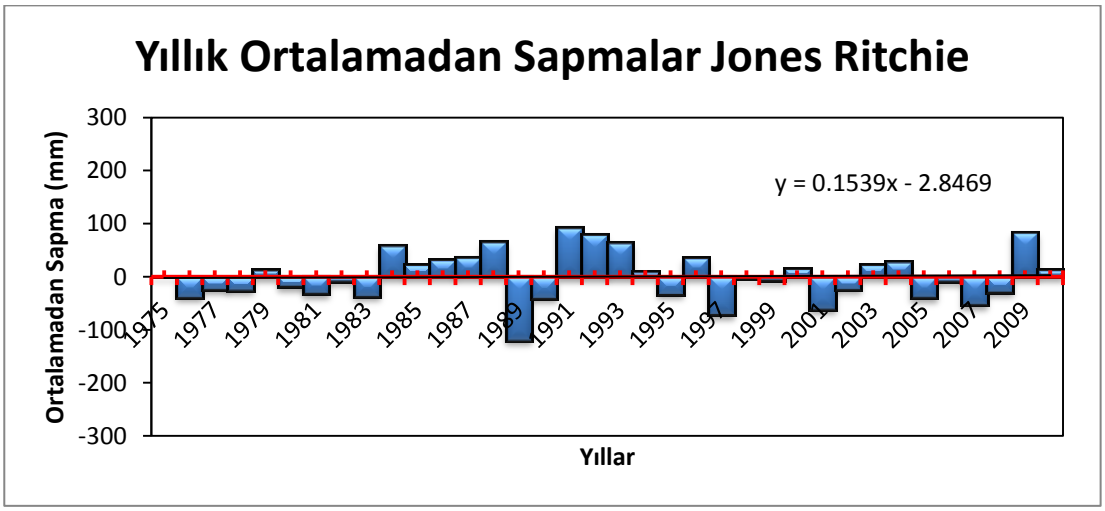




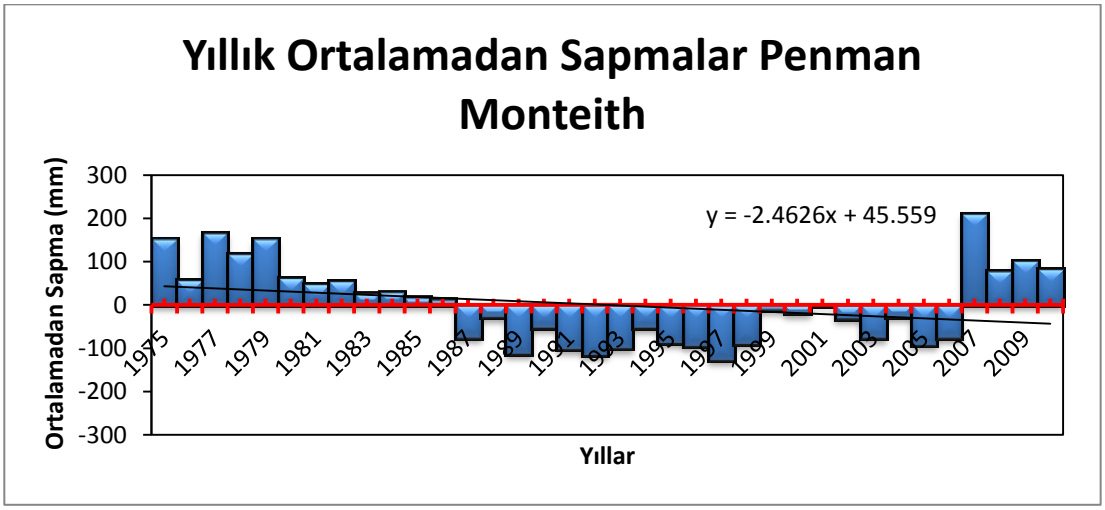
Şekil F.3 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Kırklareli ist.

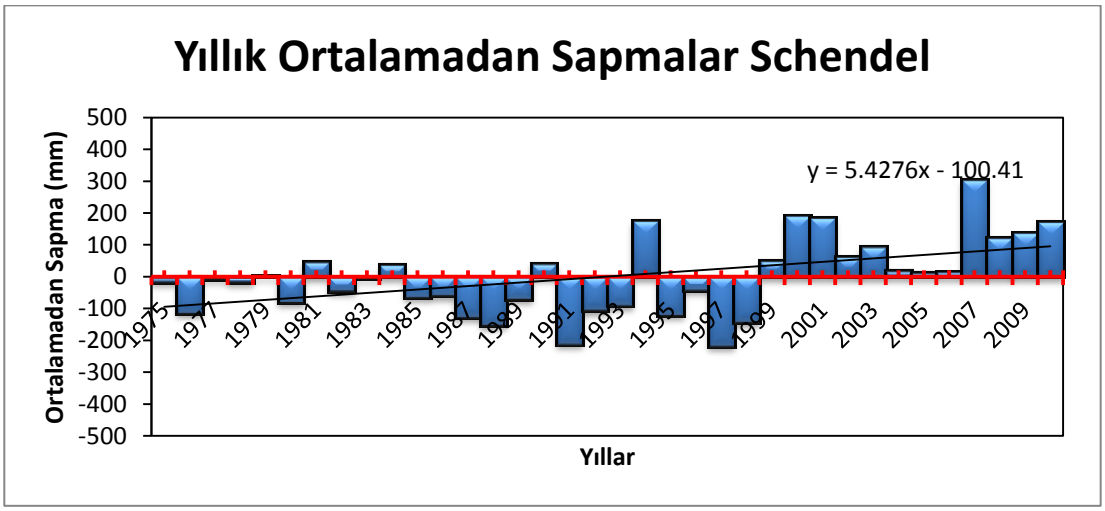


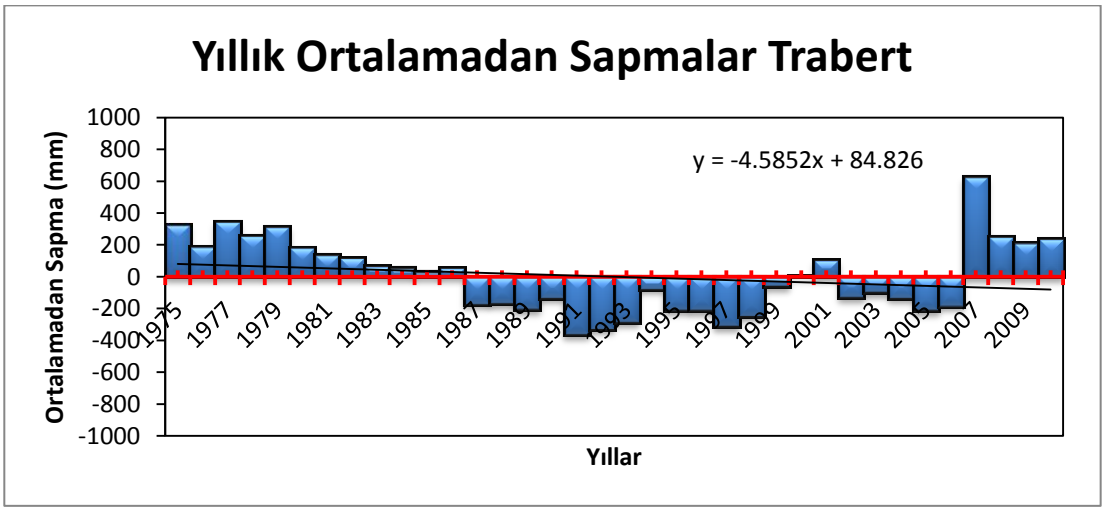




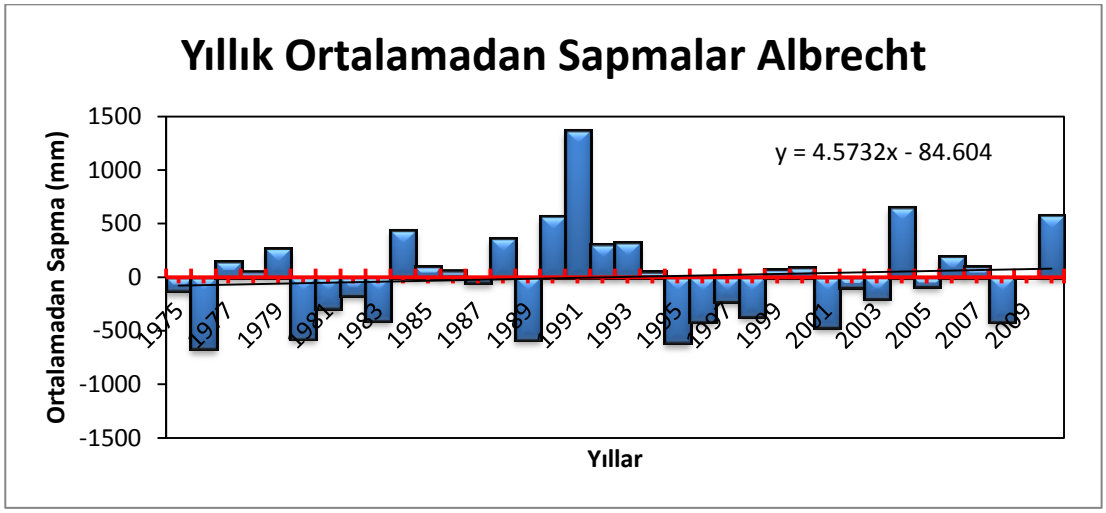
Şekil F.3 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Kırklareli ist.

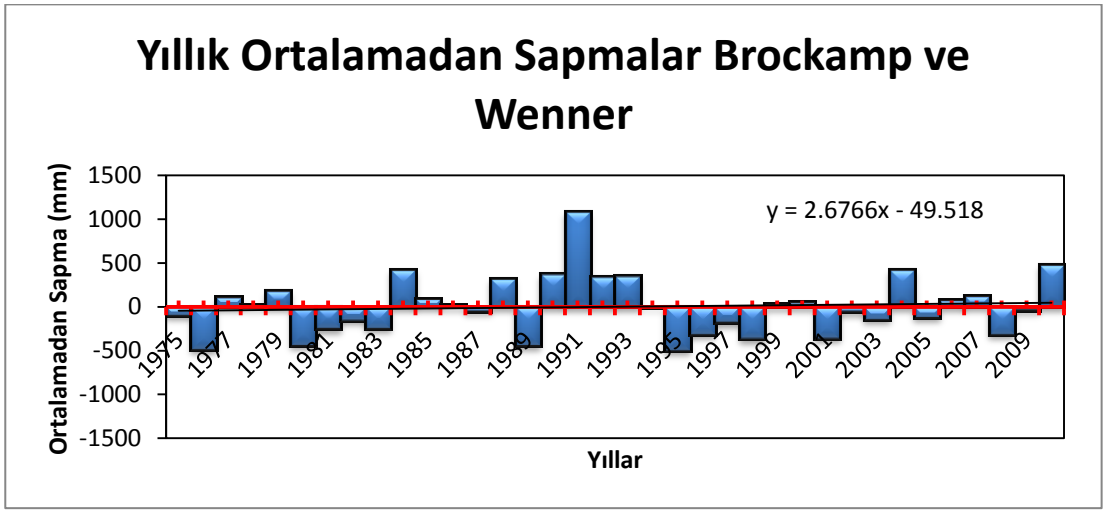


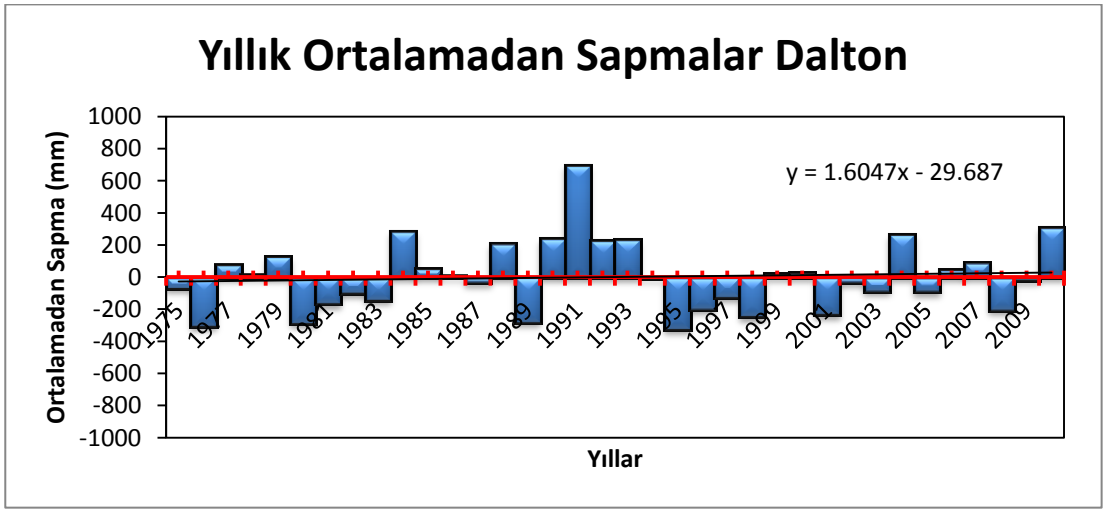




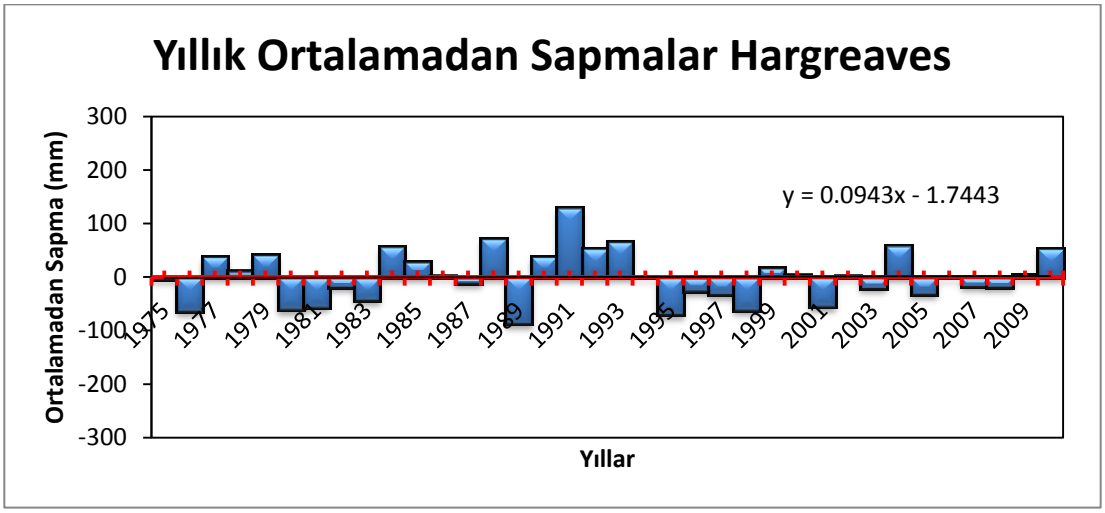
Şekil F.3 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Kırklareli ist.

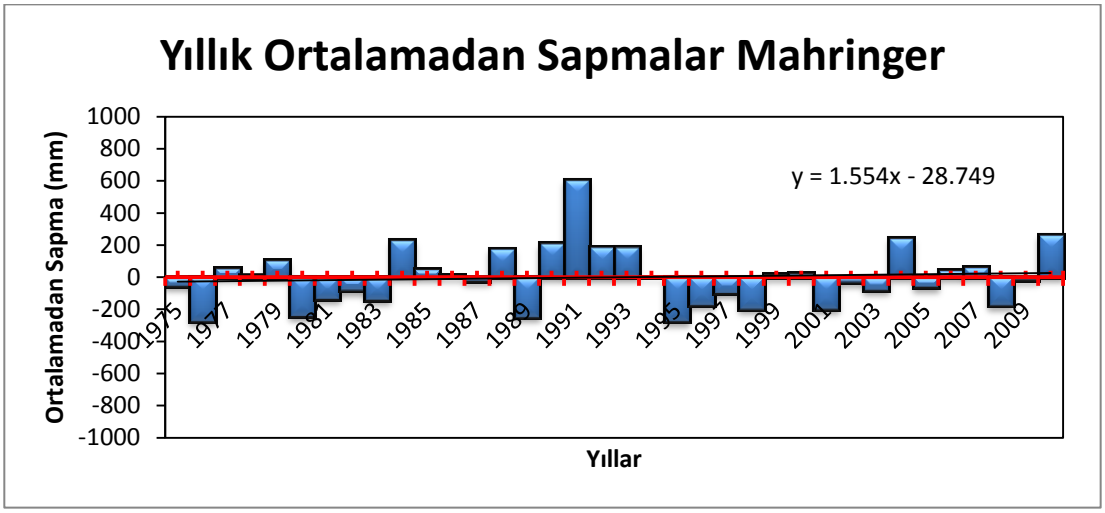


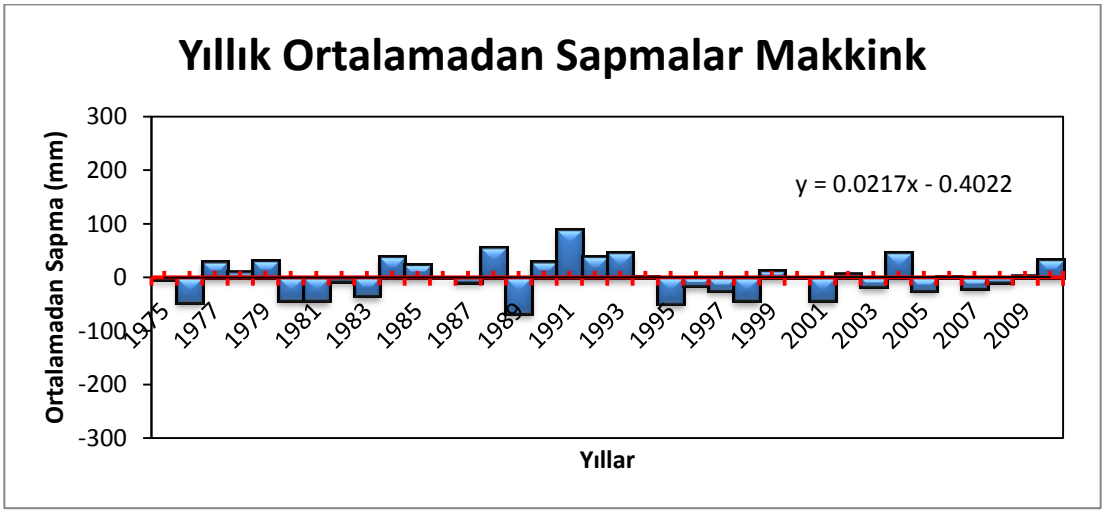




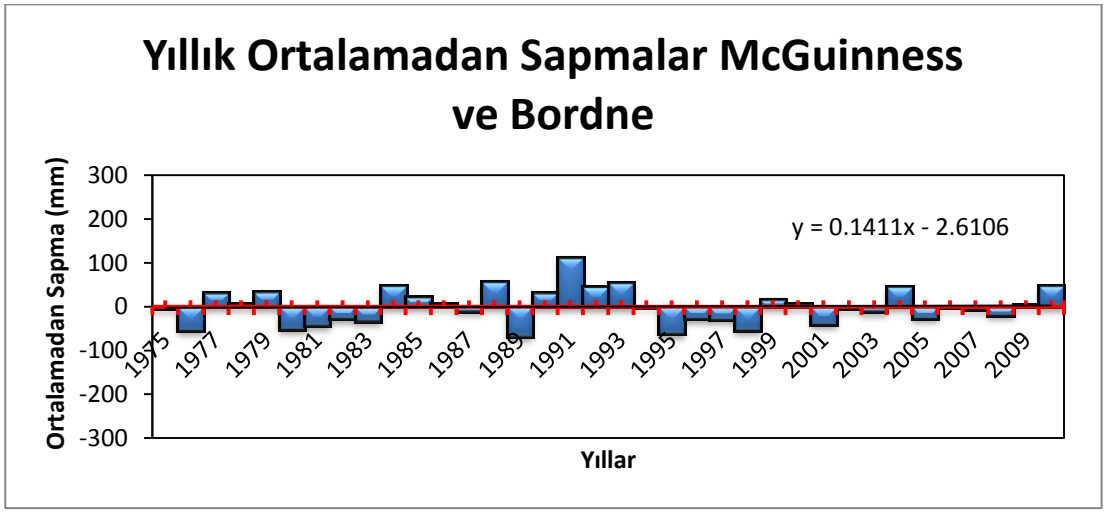
Şekil F.4 : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Kırklareli md.

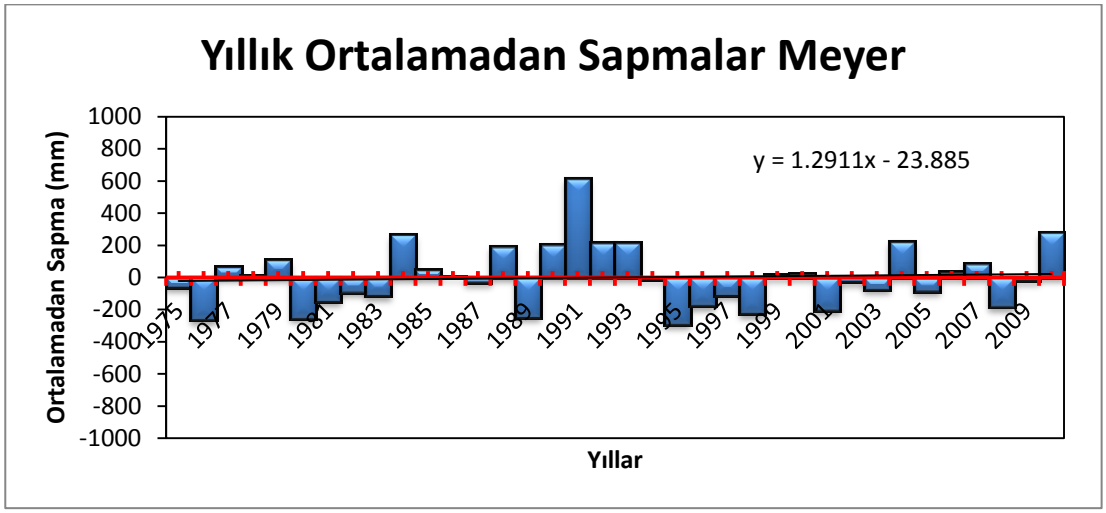


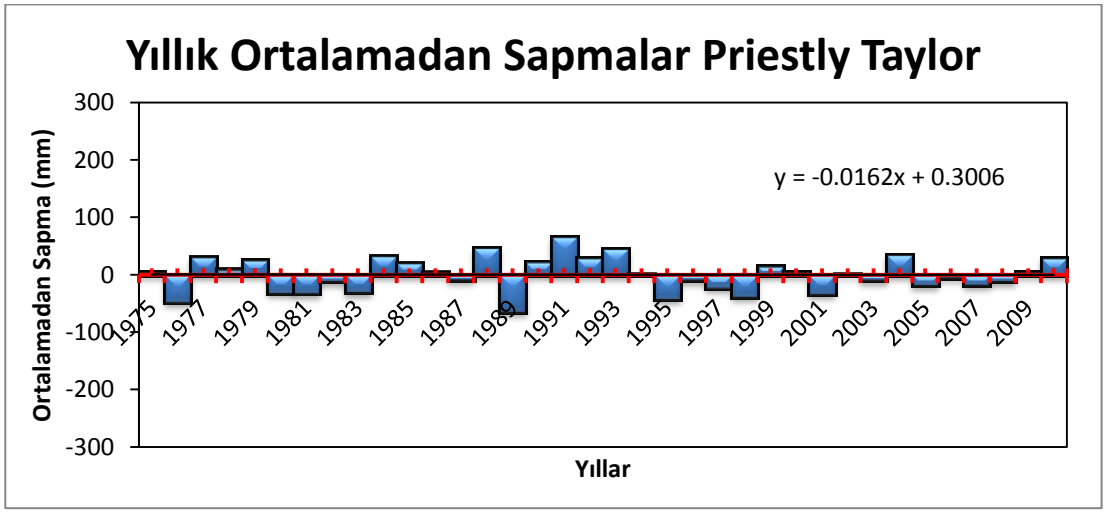




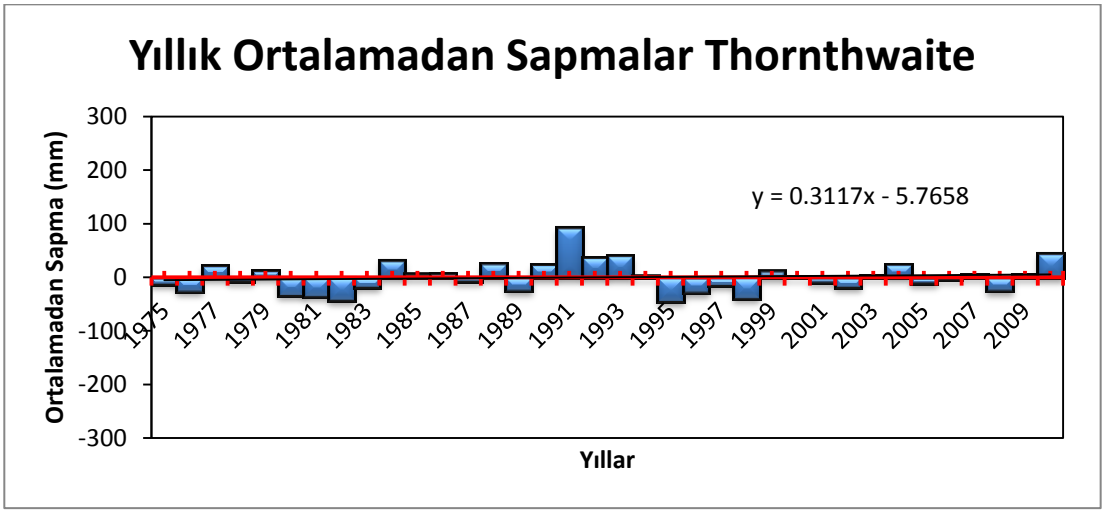
Şekil F.4 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Kırklareli md.

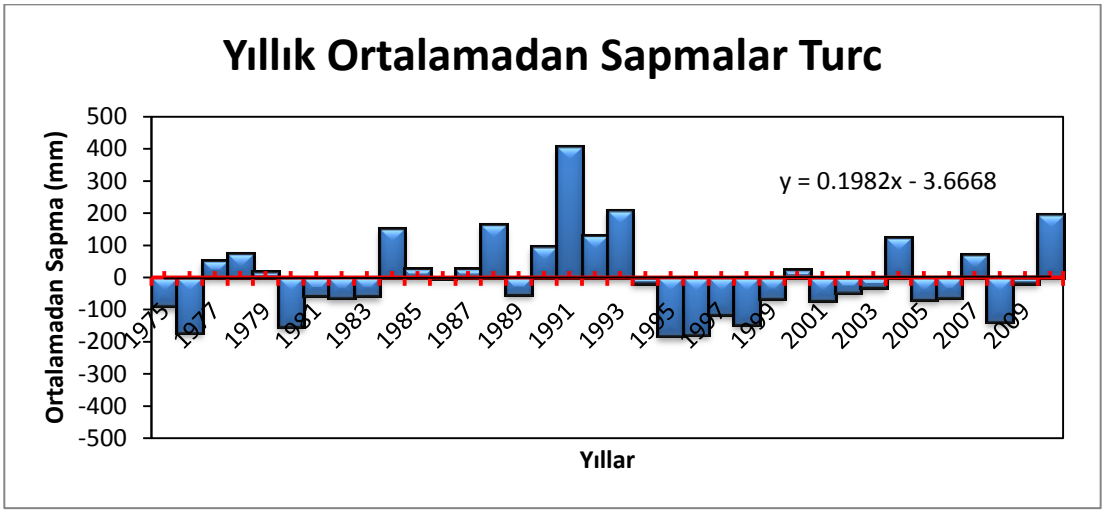


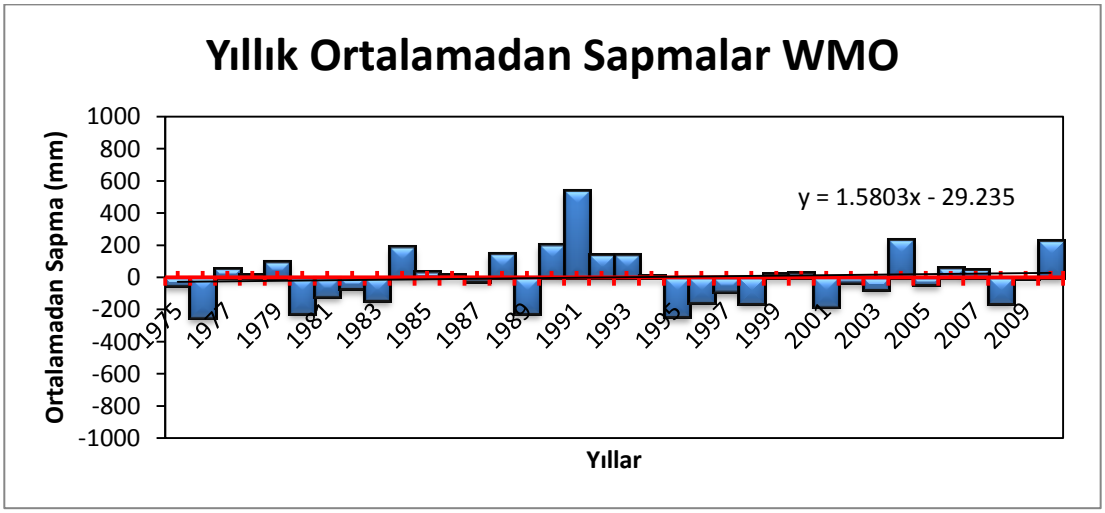




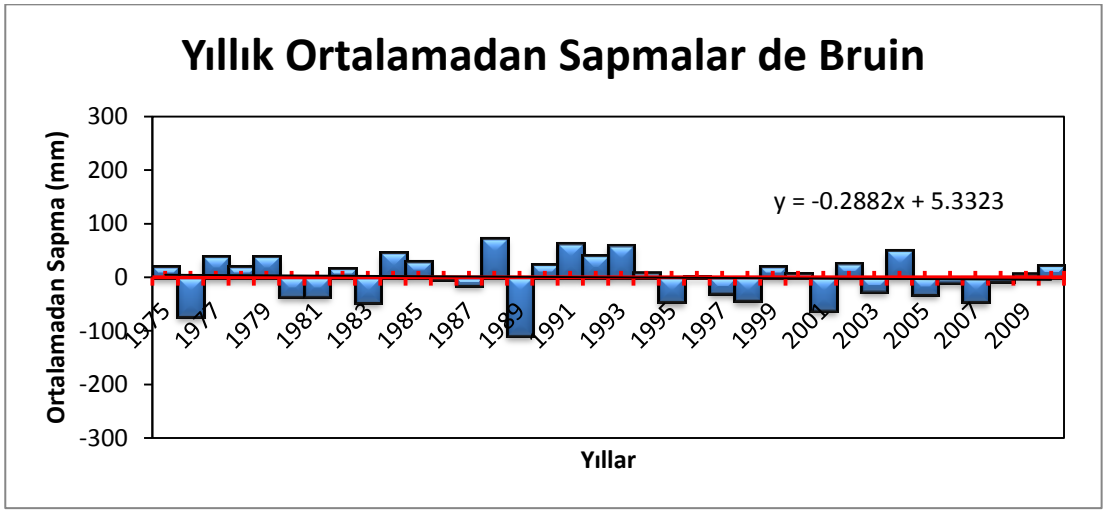
Şekil F.4 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Kırklareli md.

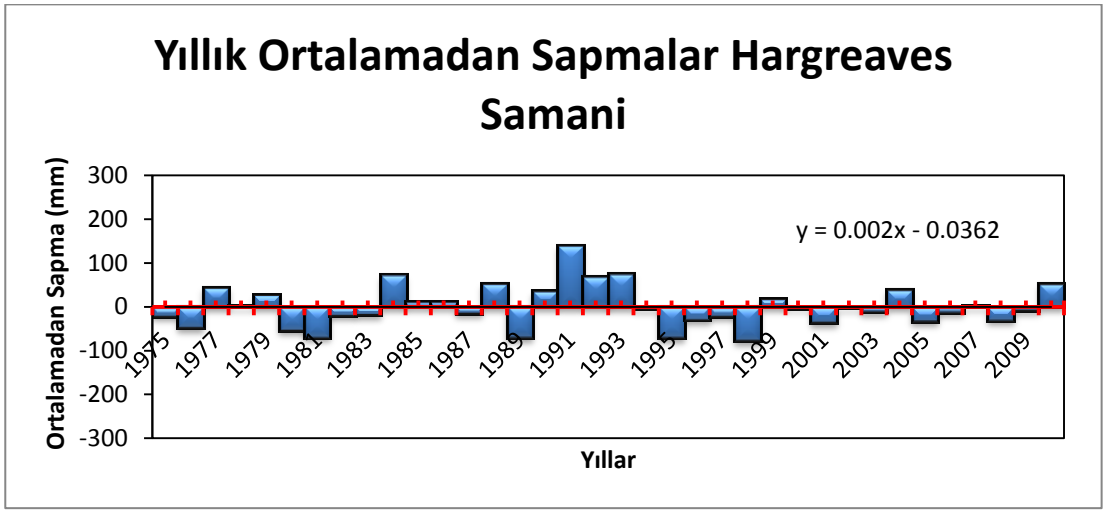


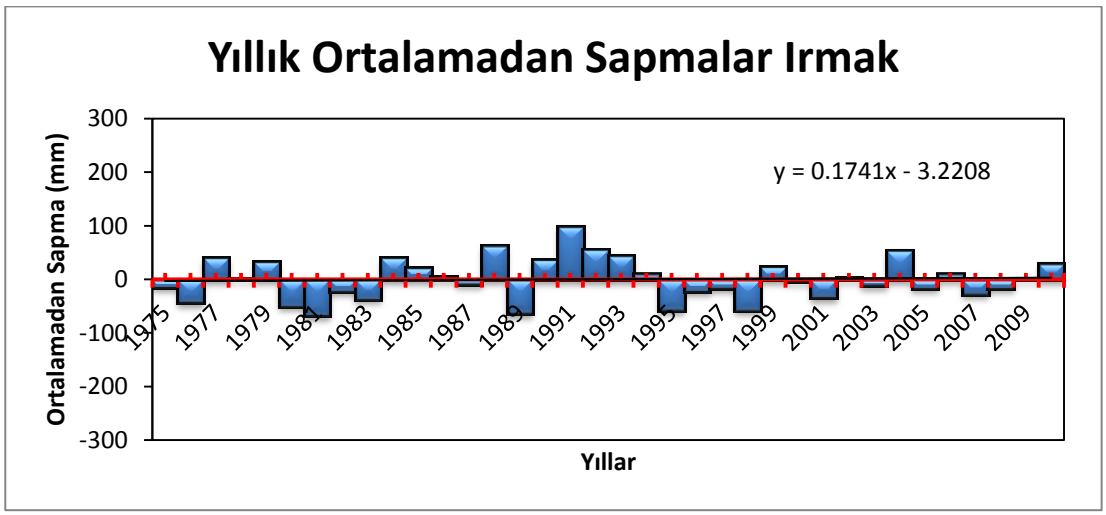




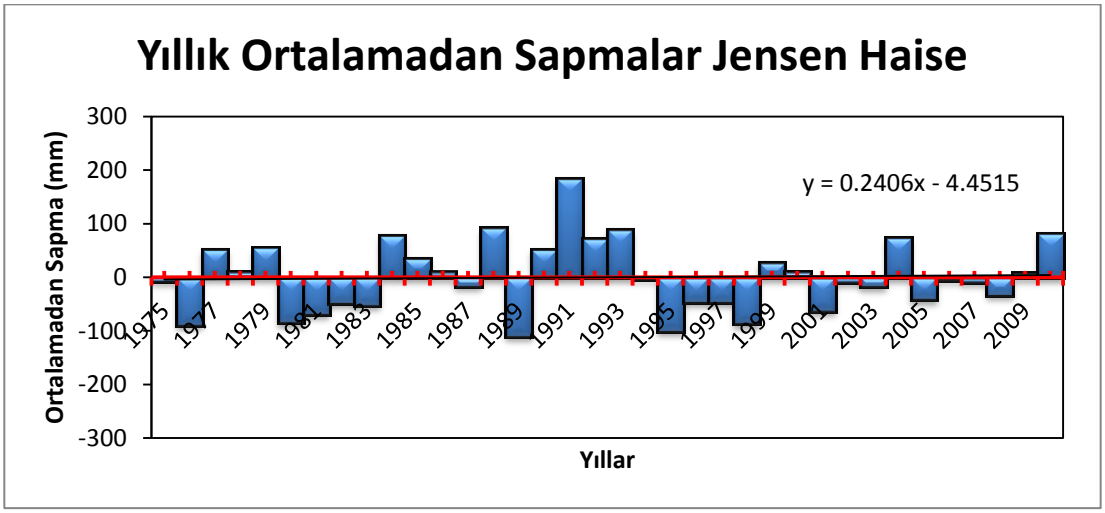
Şekil F.4 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Kırklareli md.

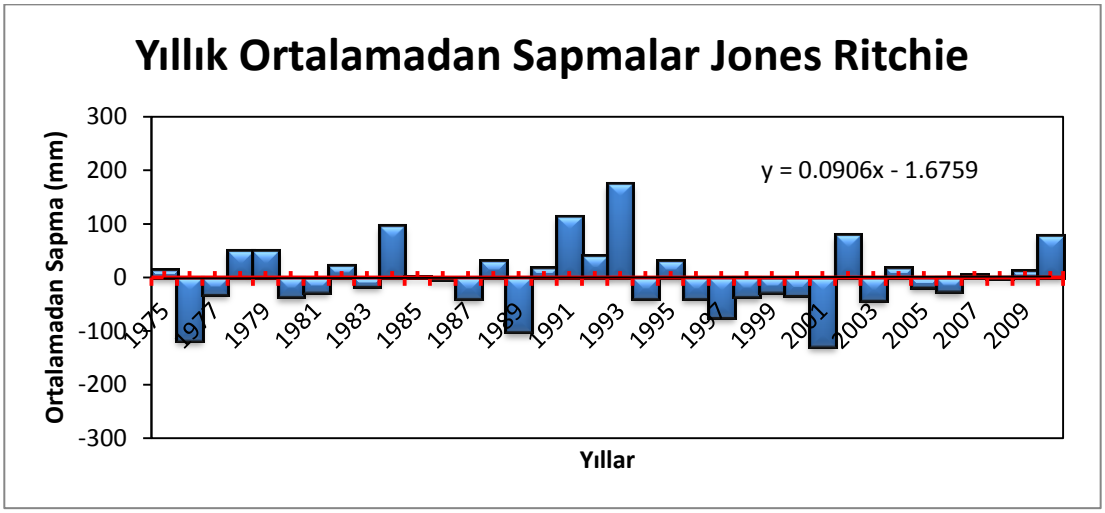


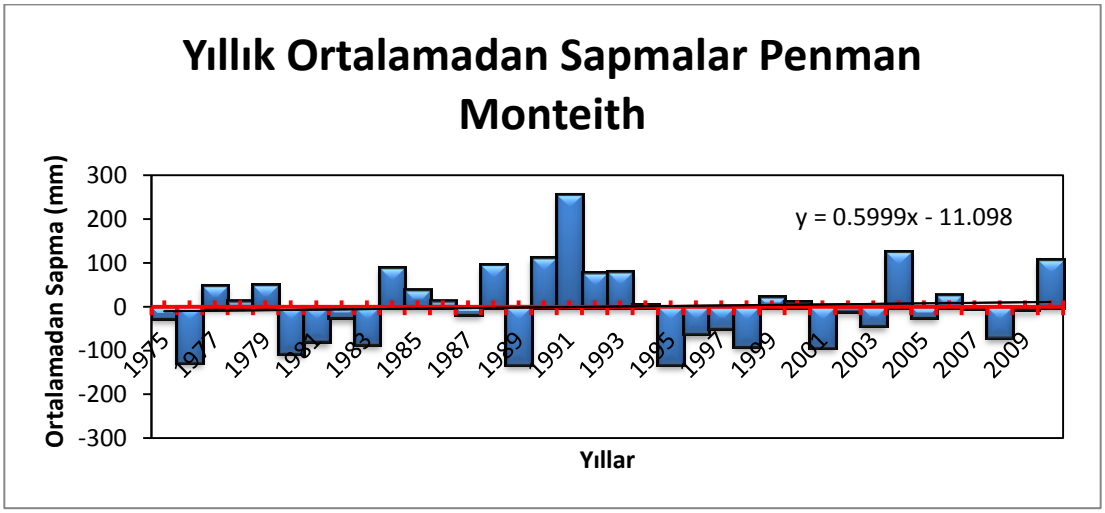




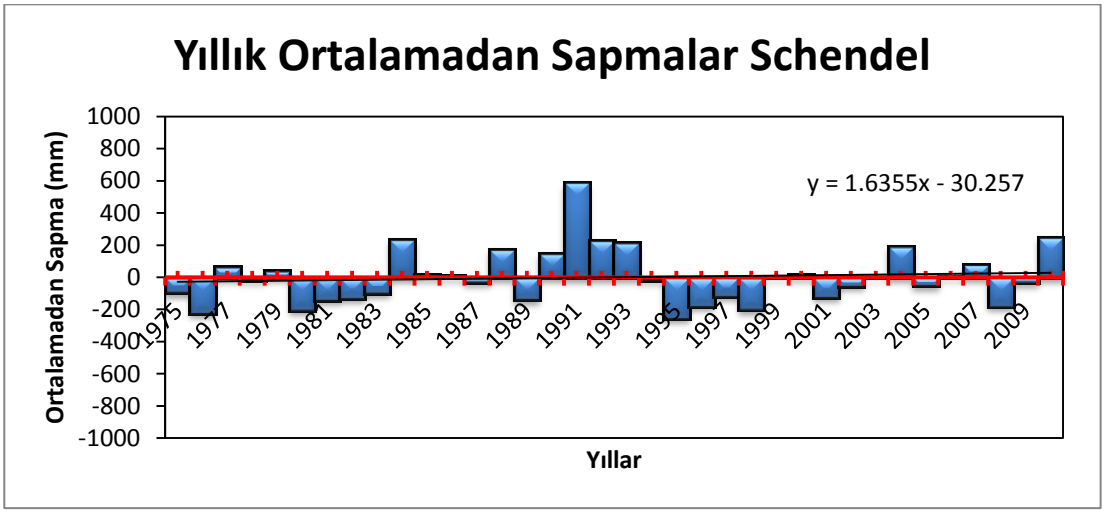
Şekil F.4 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Kırklareli md.

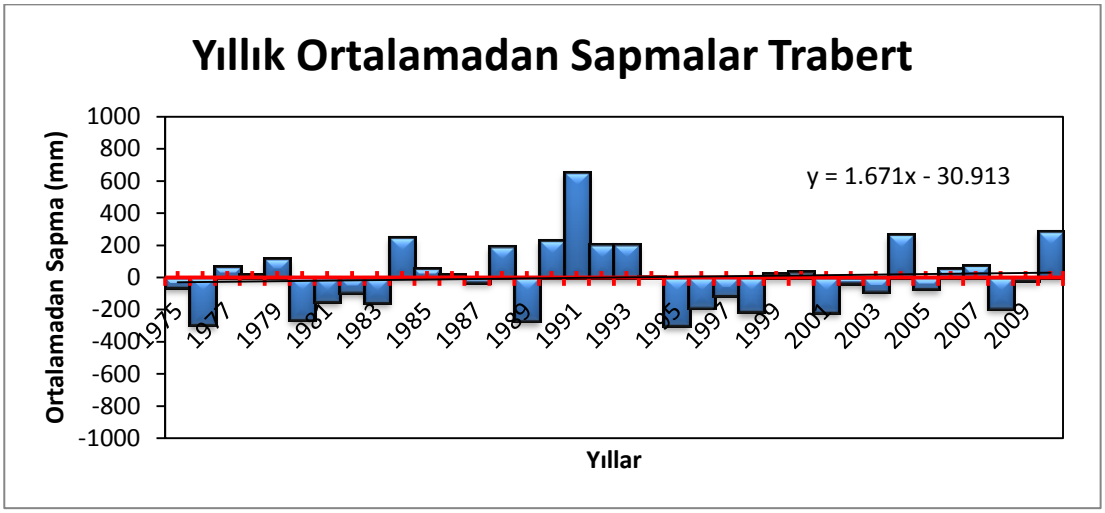




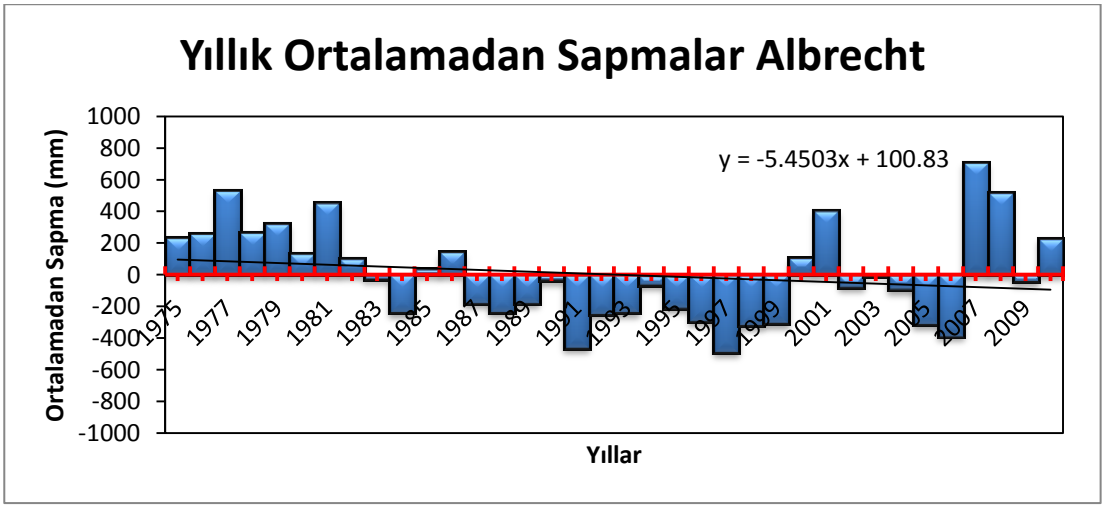


Şekil F.4 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Kırklareli md.

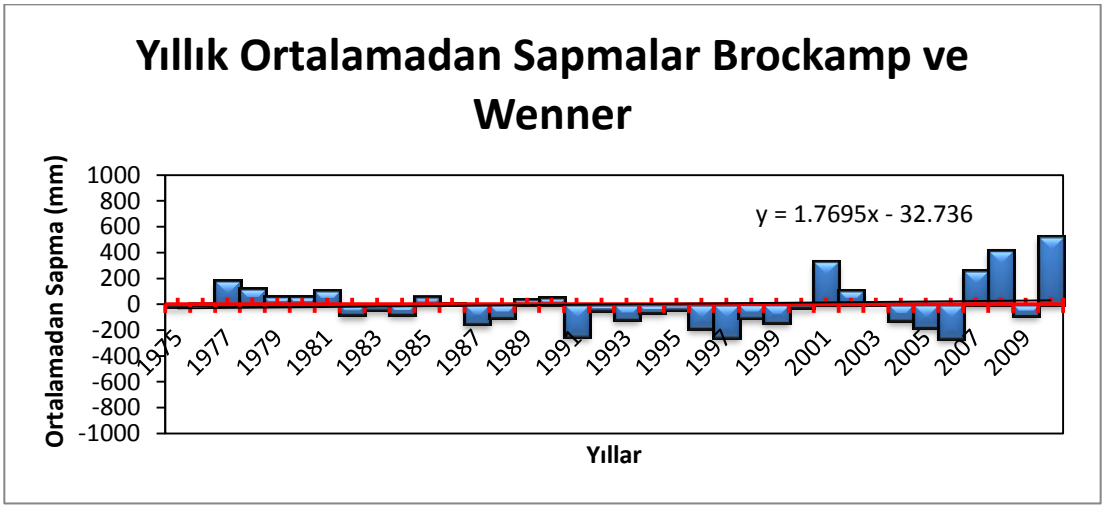


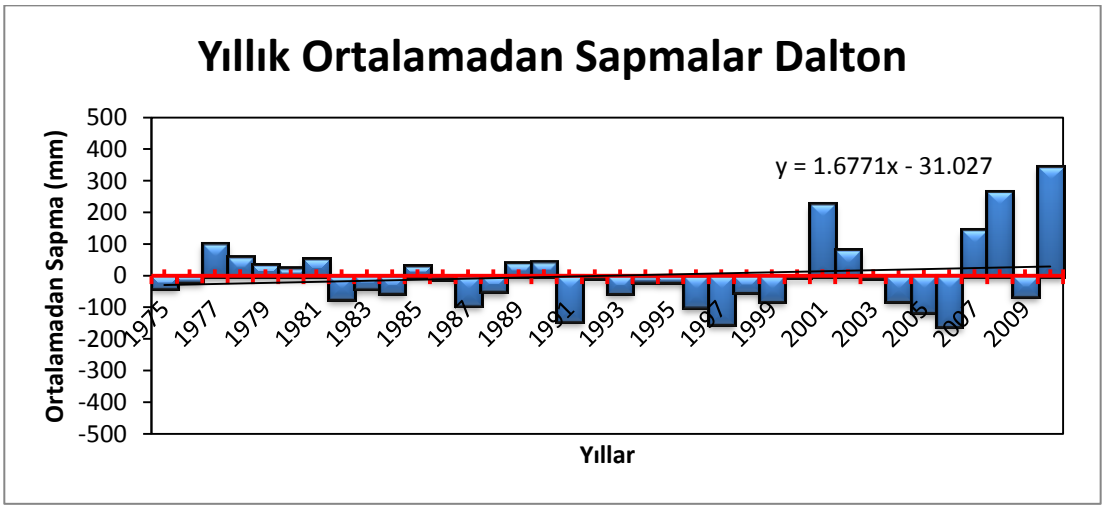


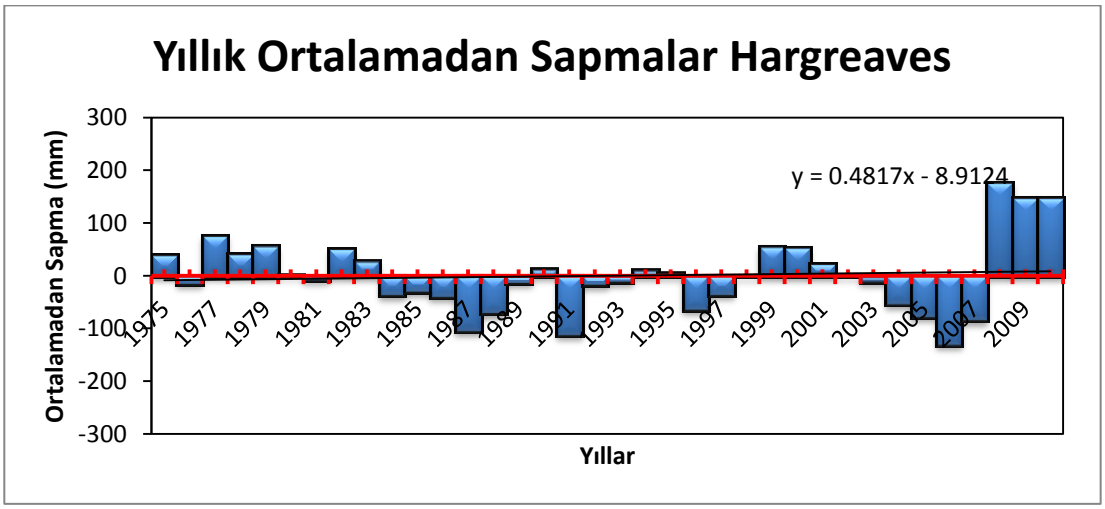
Şekil F.4 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Kırklareli md.



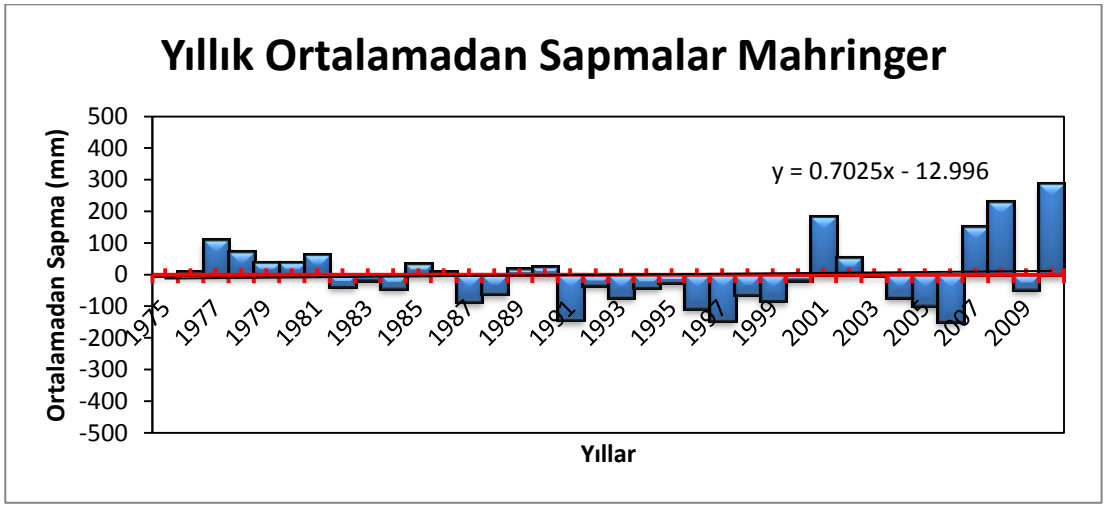
Şekil F.5 : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Tekirdağ ist.

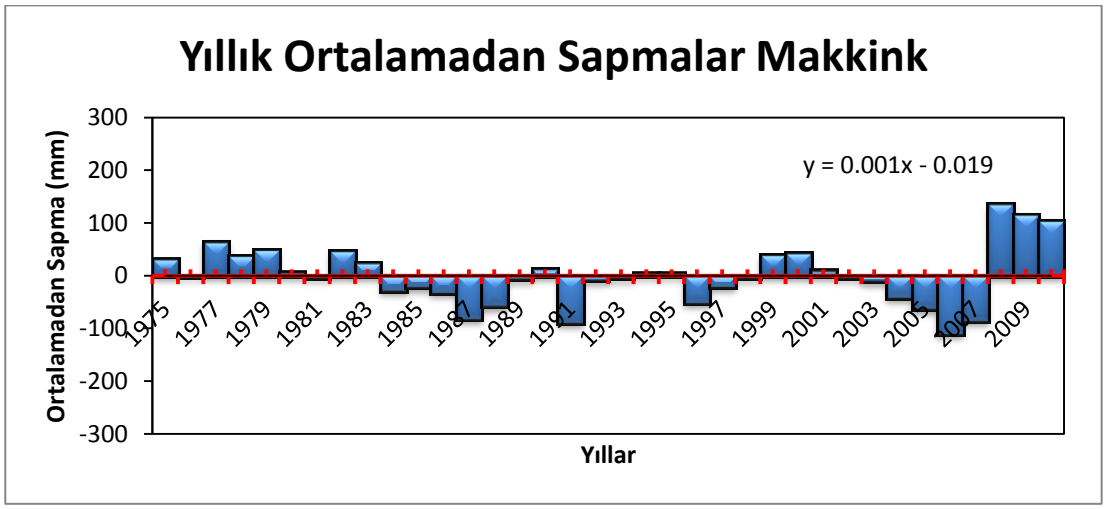


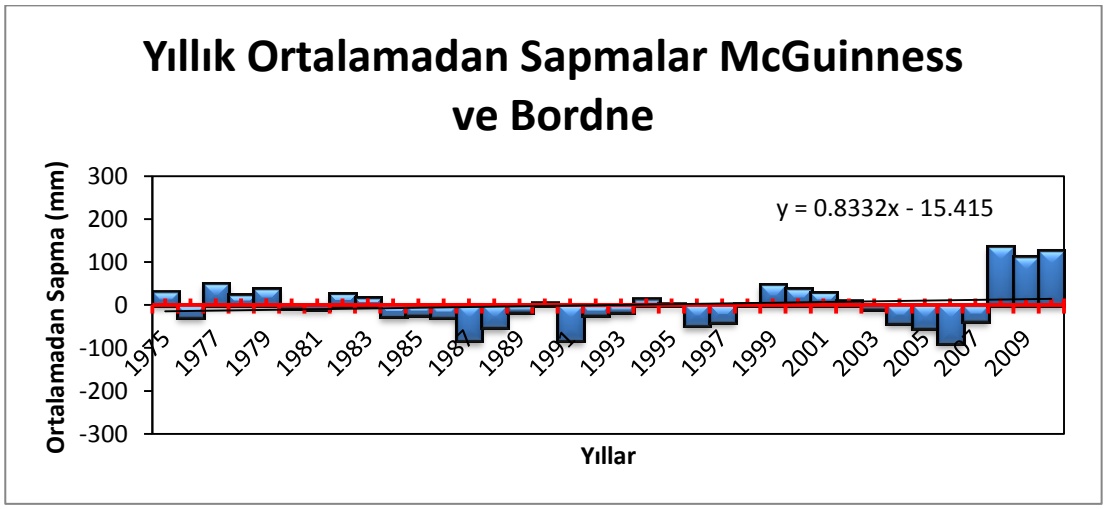




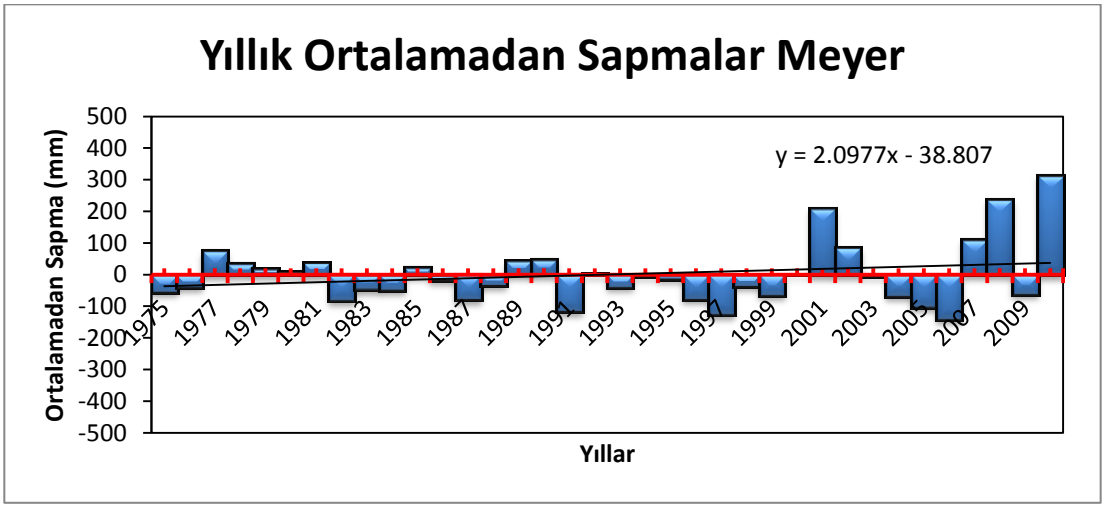
Şekil F.5 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Tekirdağ ist.

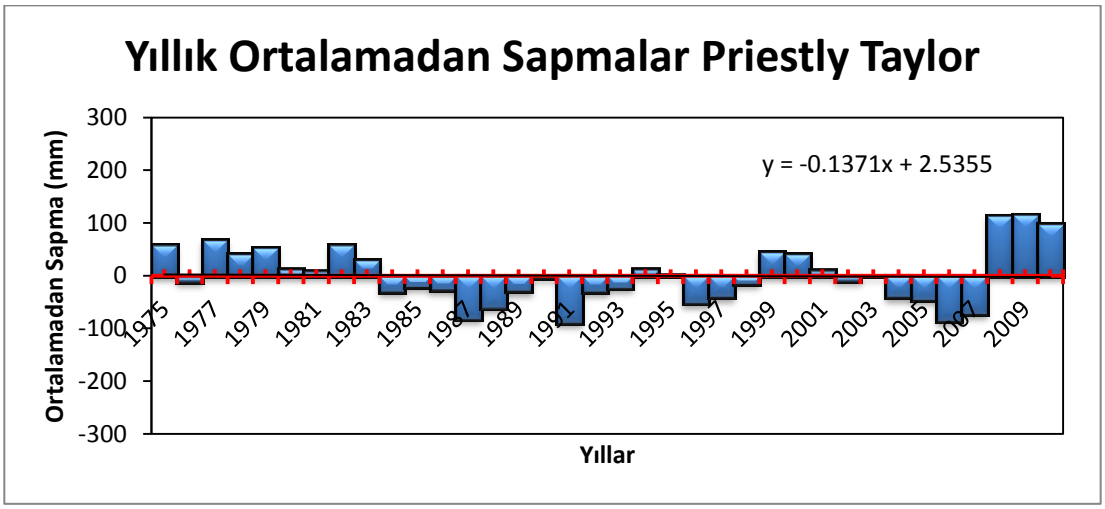


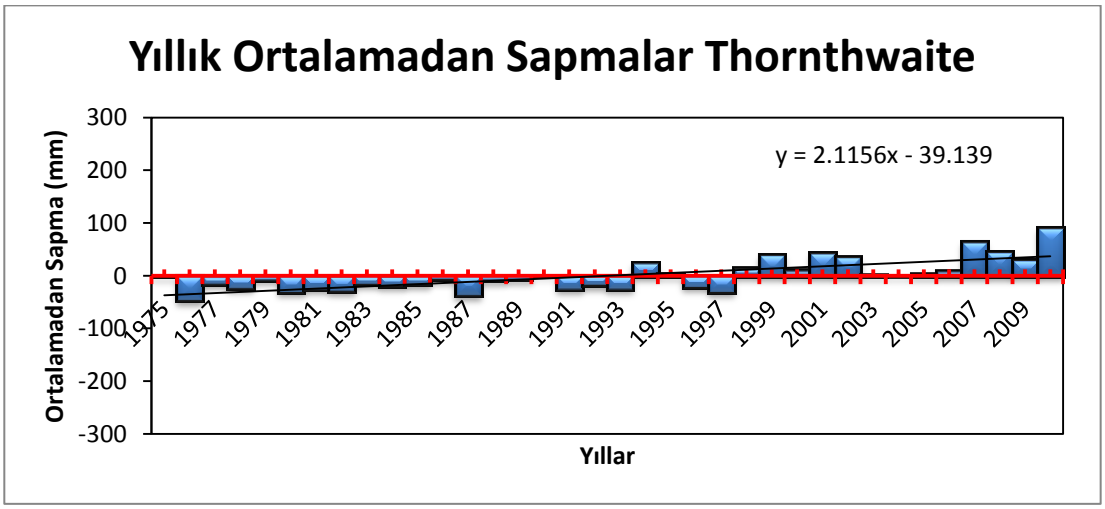




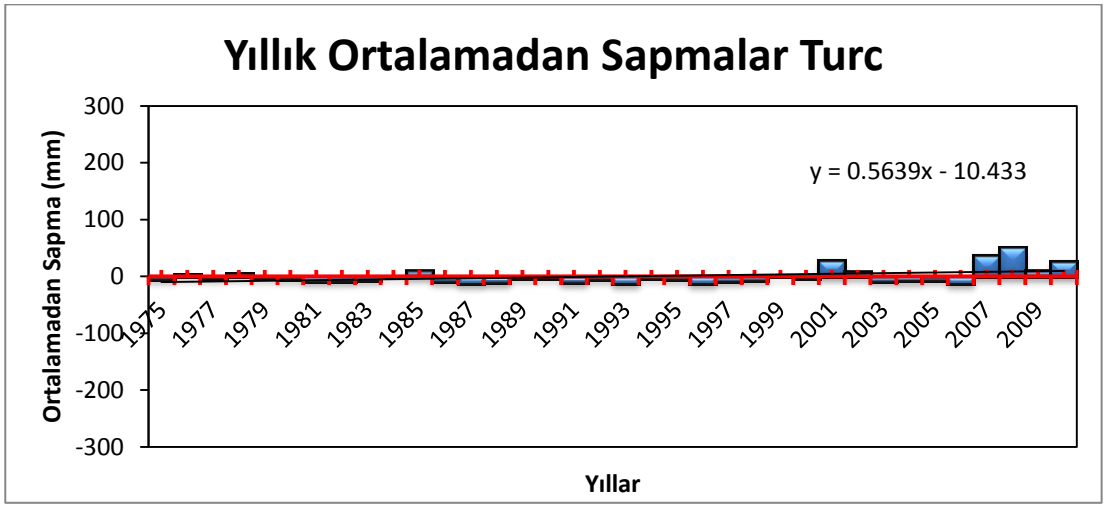
Şekil F.5 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Tekirdağ ist.

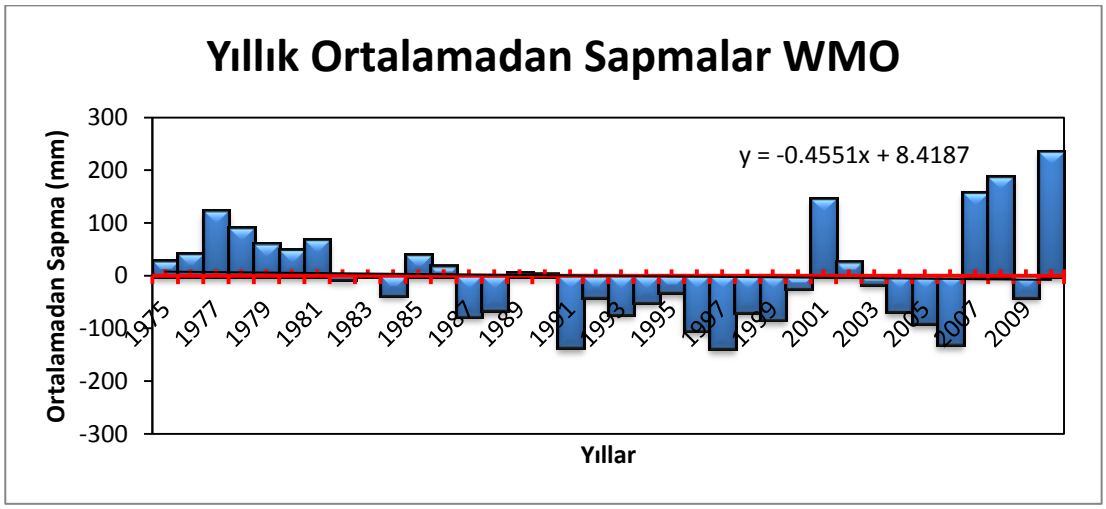


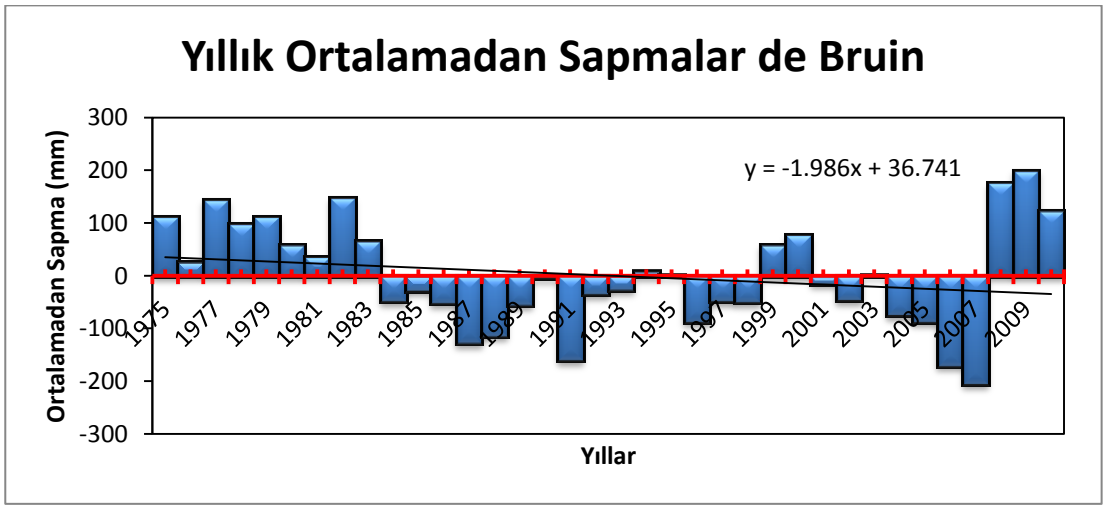




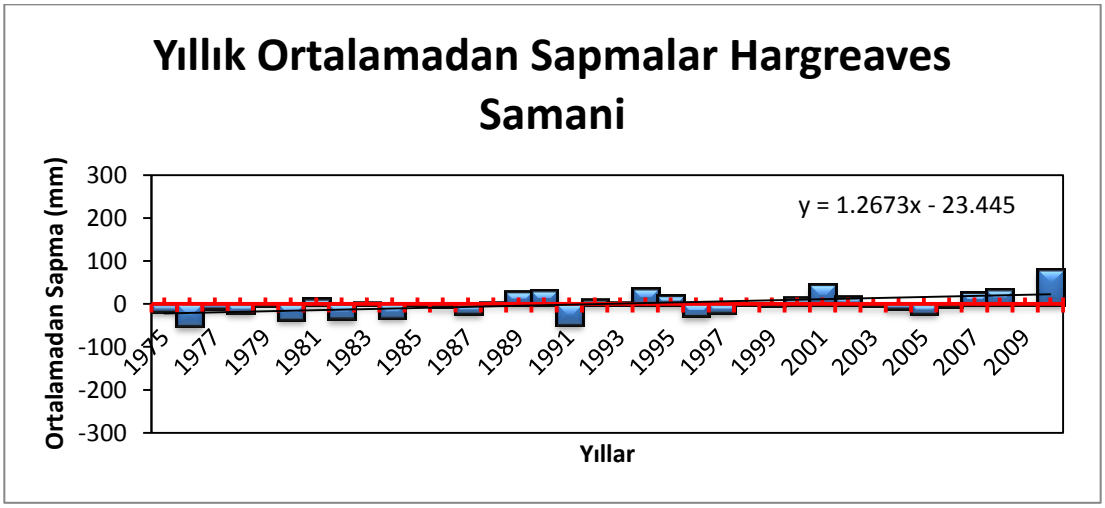
Şekil F.5 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Tekirdağ ist.

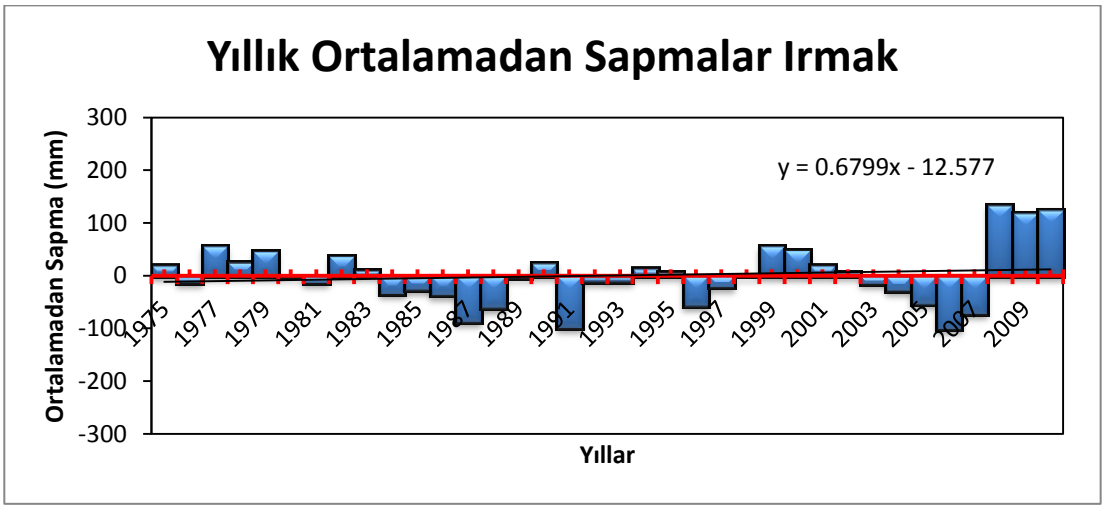


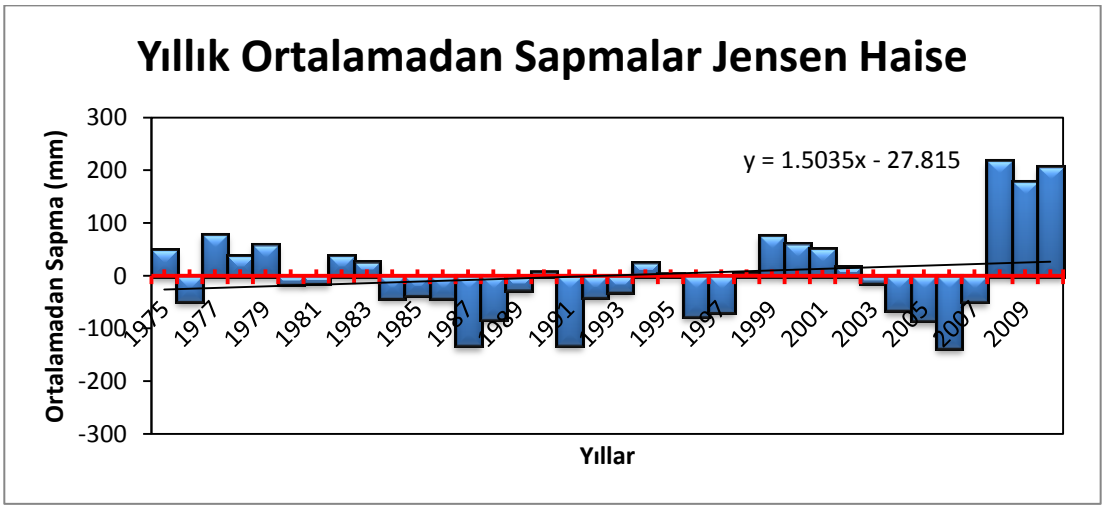




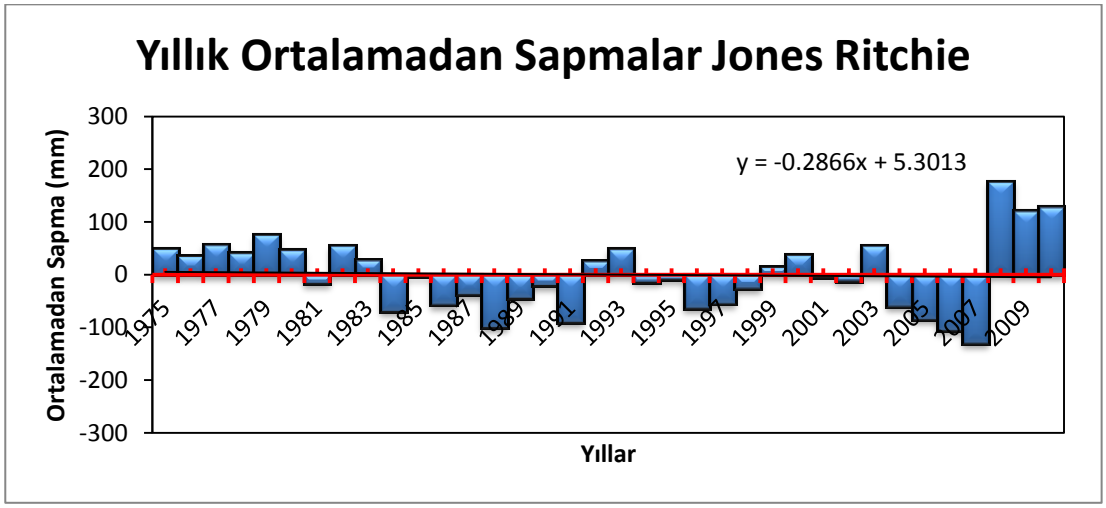
Şekil F.5 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Tekirdağ ist.

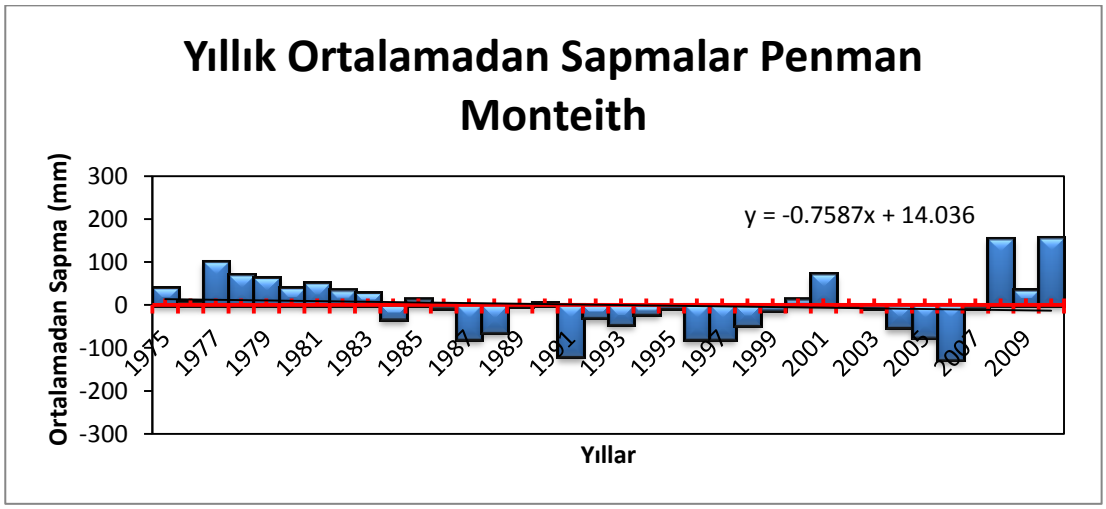


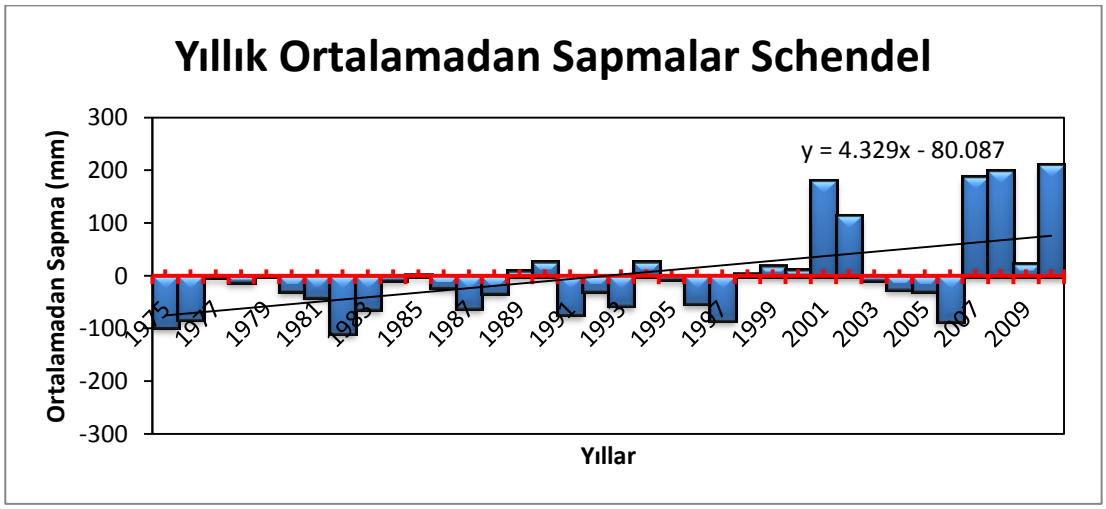




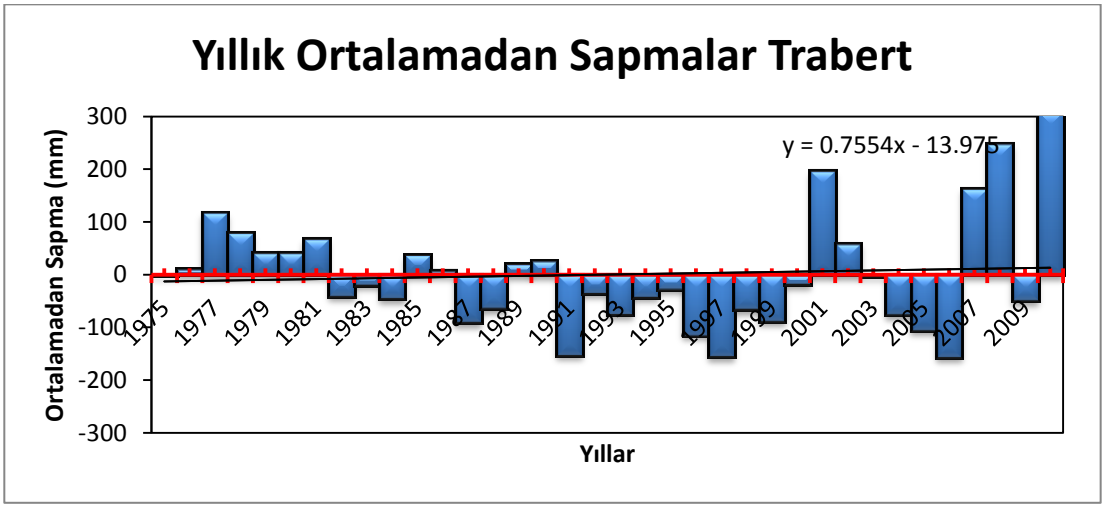
Şekil F.5 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Tekirdağ ist.



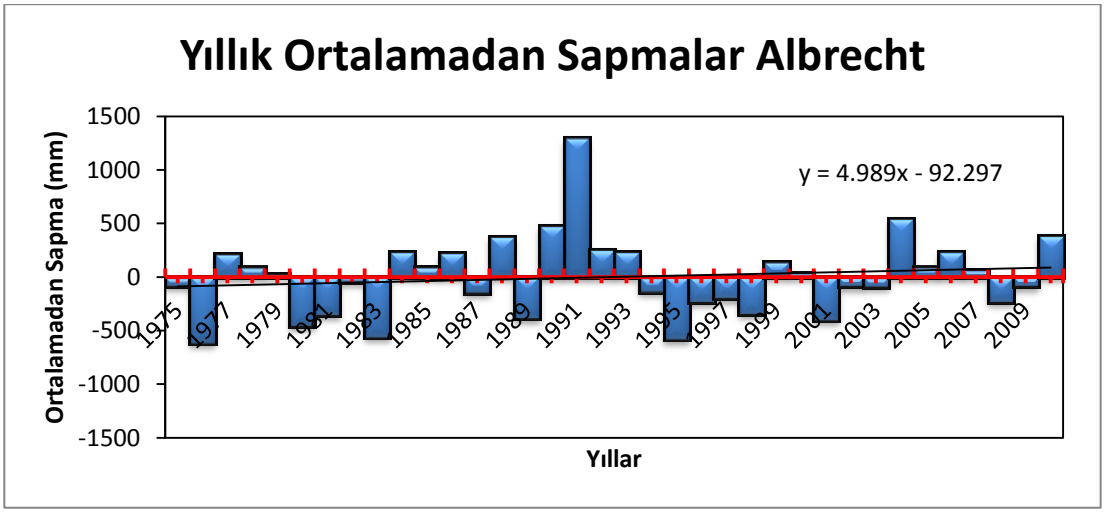


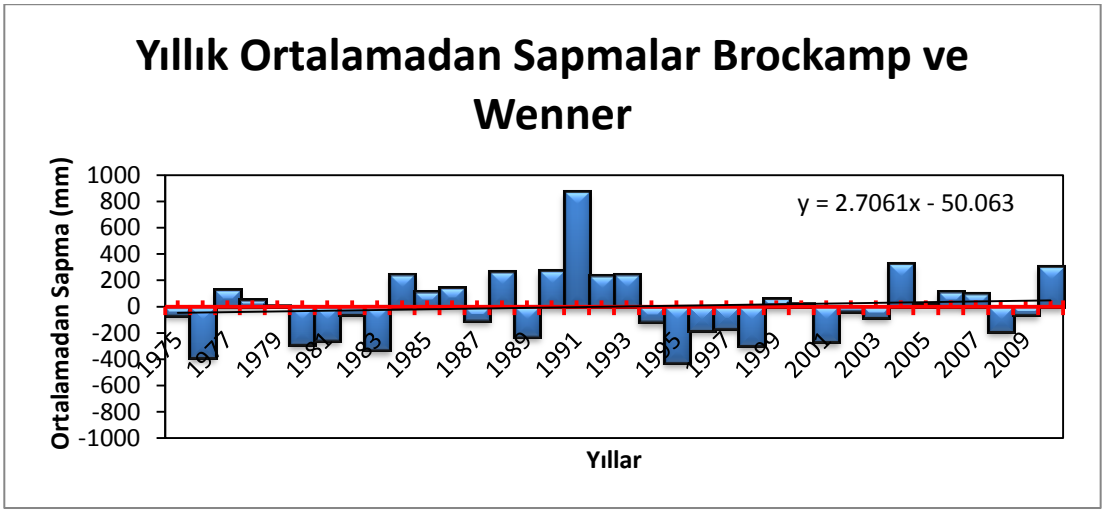


Şekil F.5 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Tekirdağ ist.

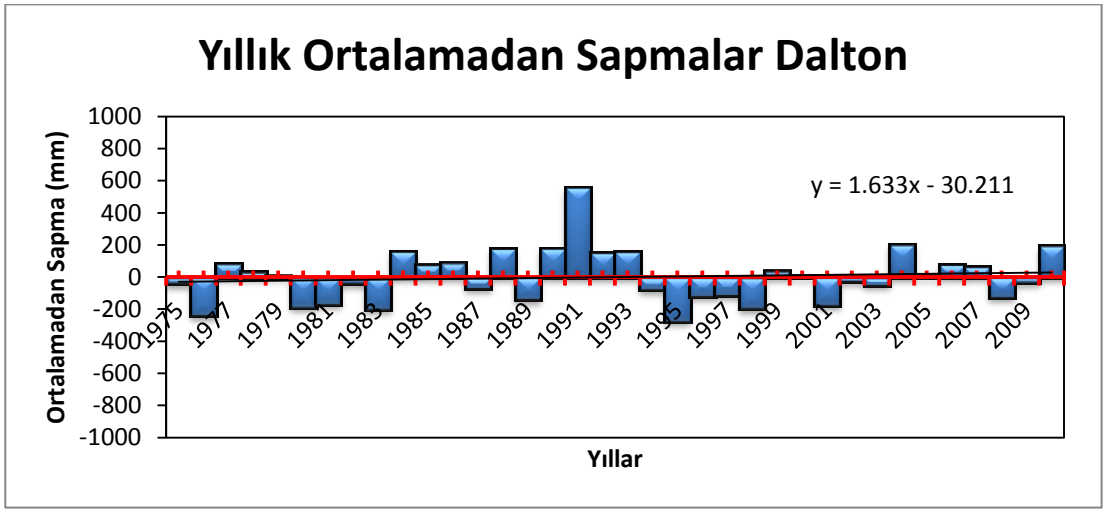


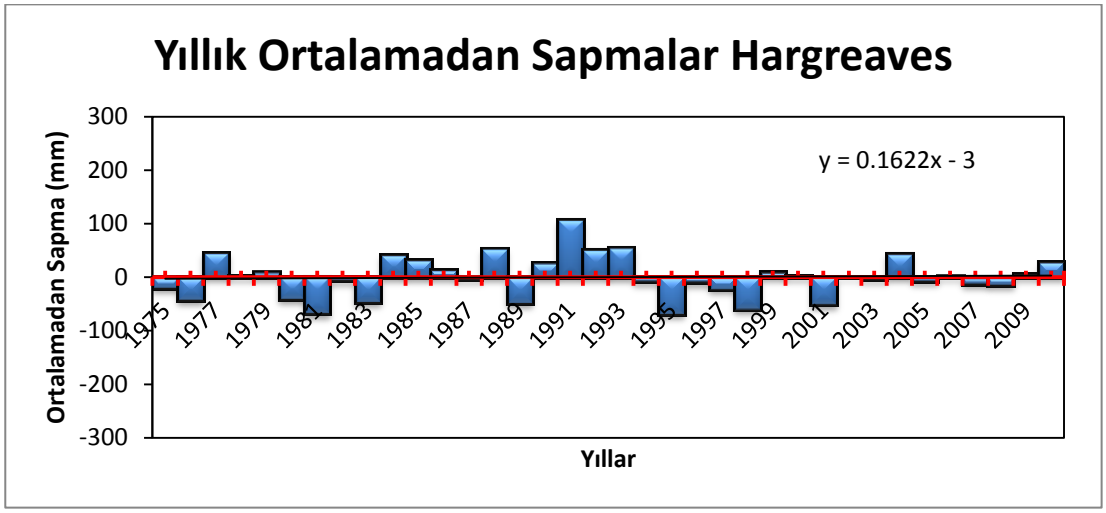
Şekil F.5 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Tekirdağ ist.

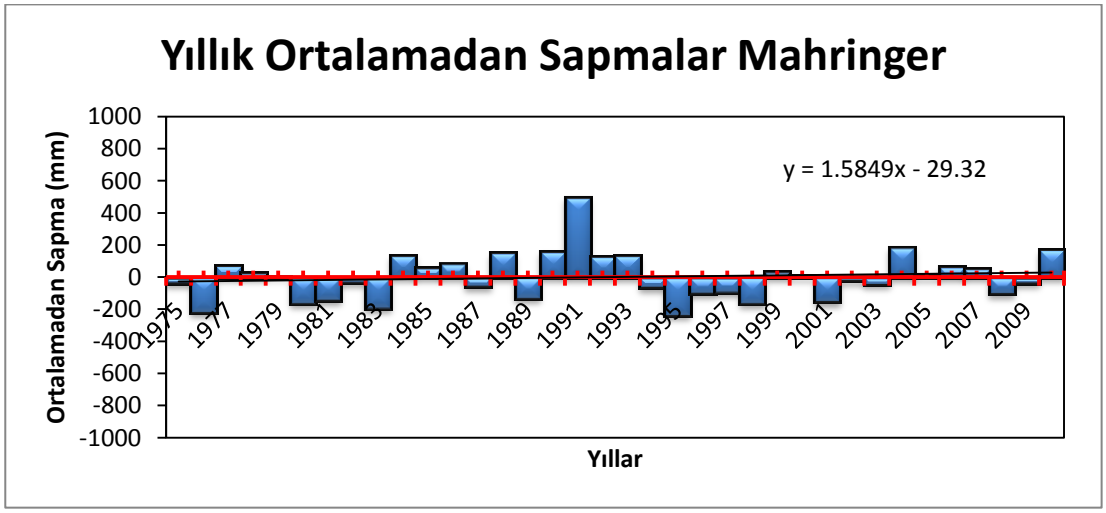




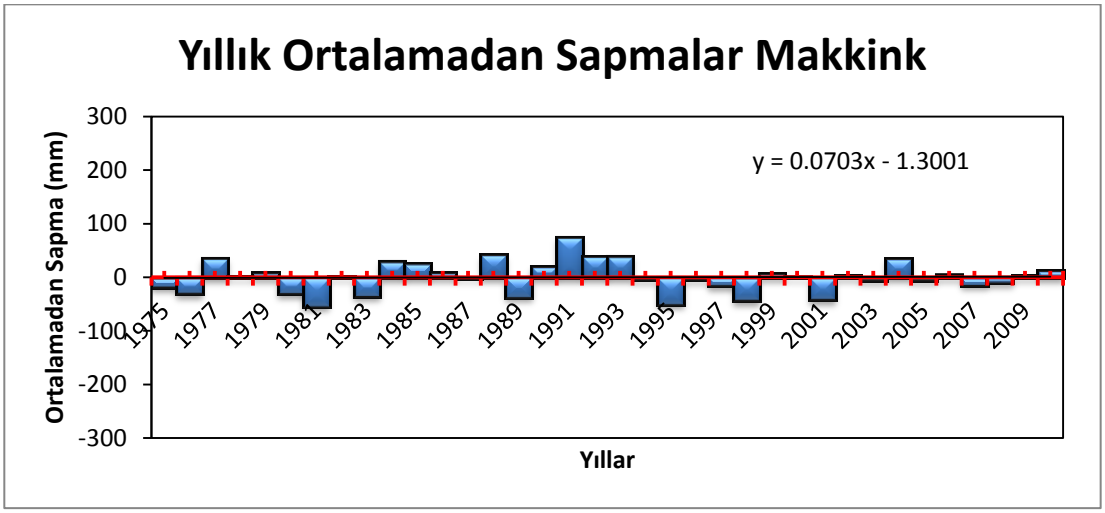
Şekil F.6 : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Tekirdağ md.

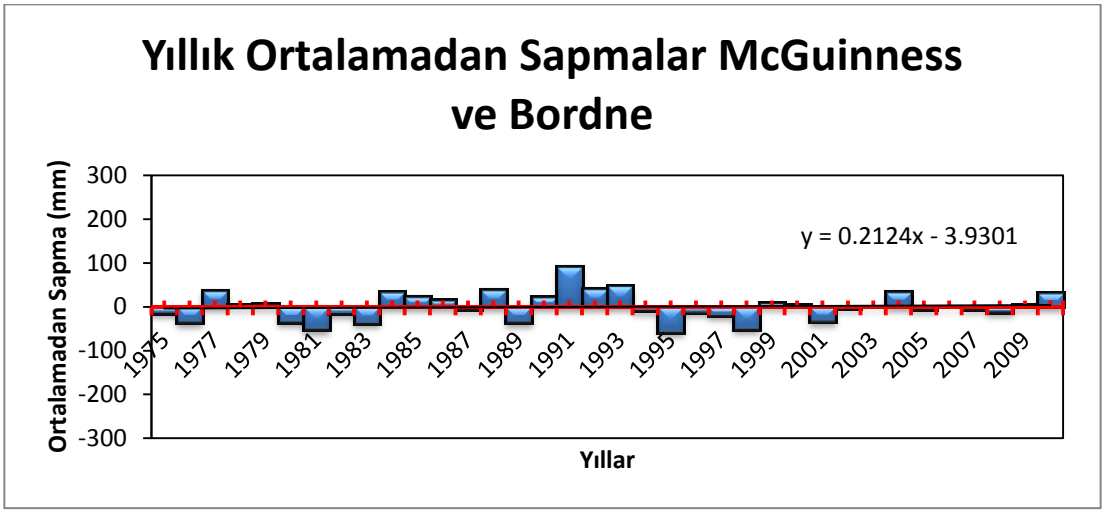


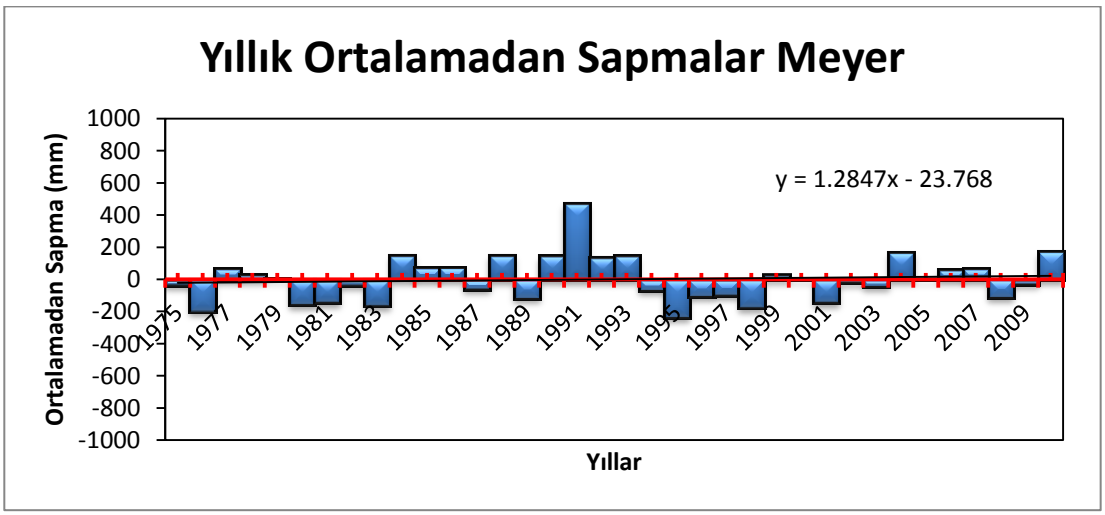




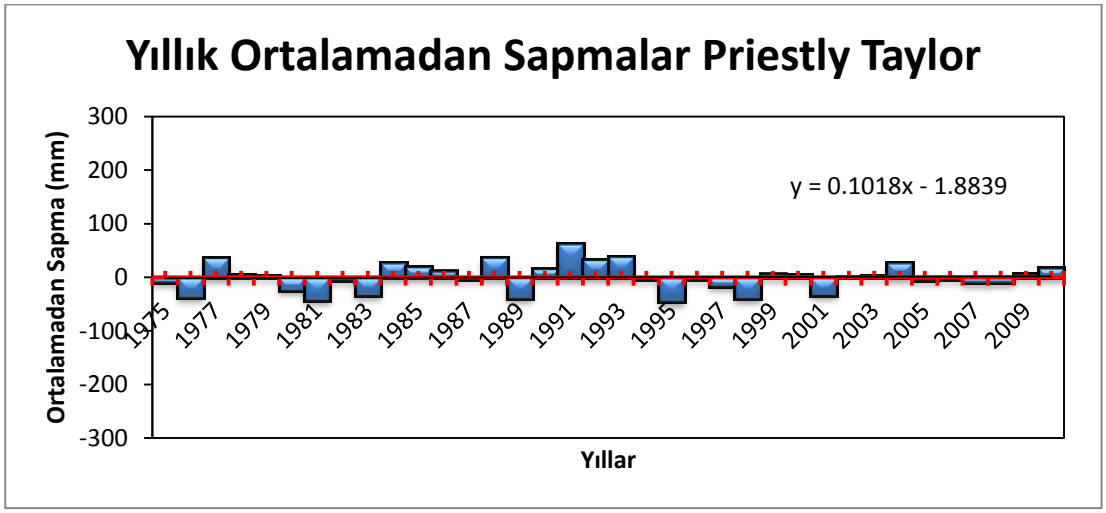
Şekil F.6 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Tekirdağ md.

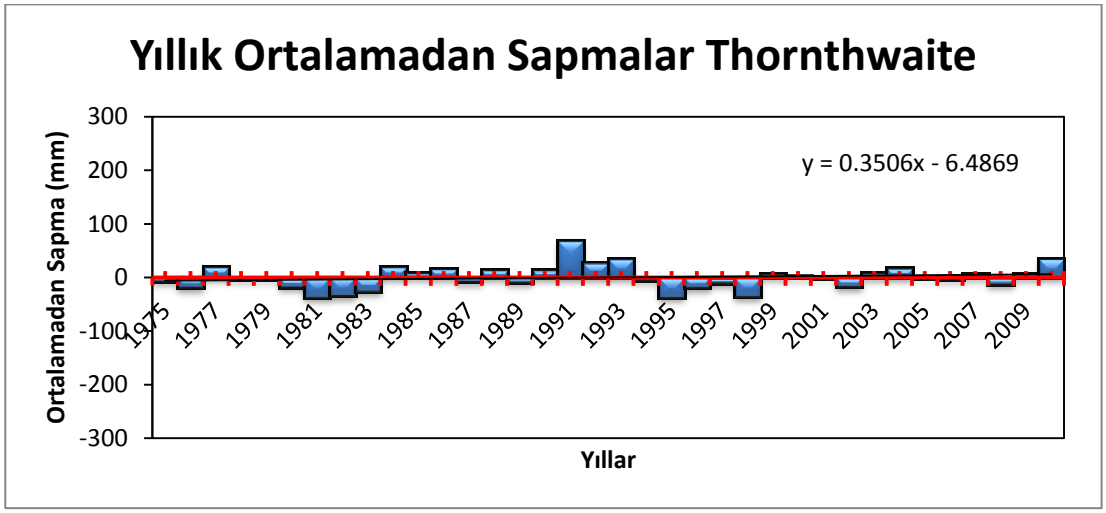


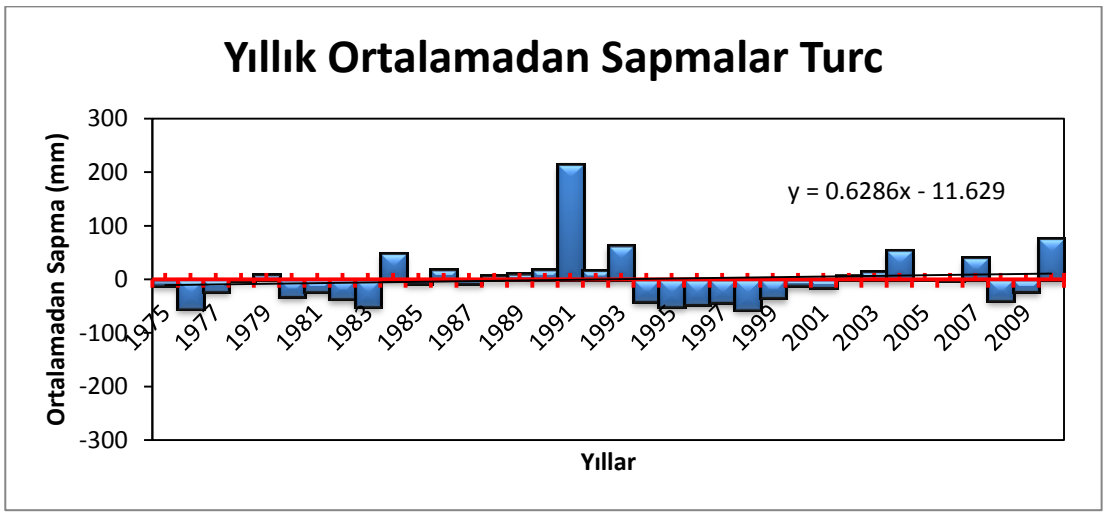




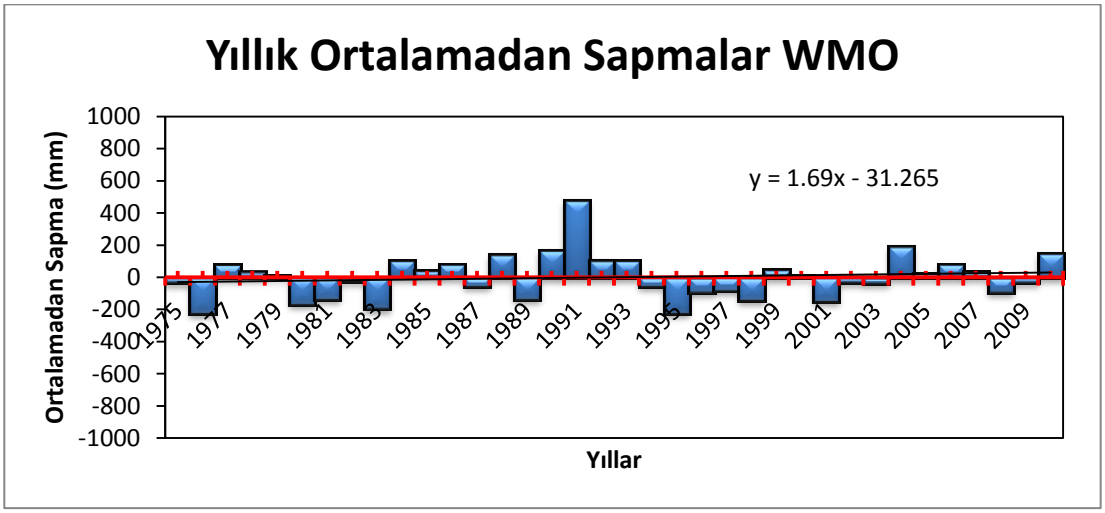
Şekil F.6 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Tekirdağ md.

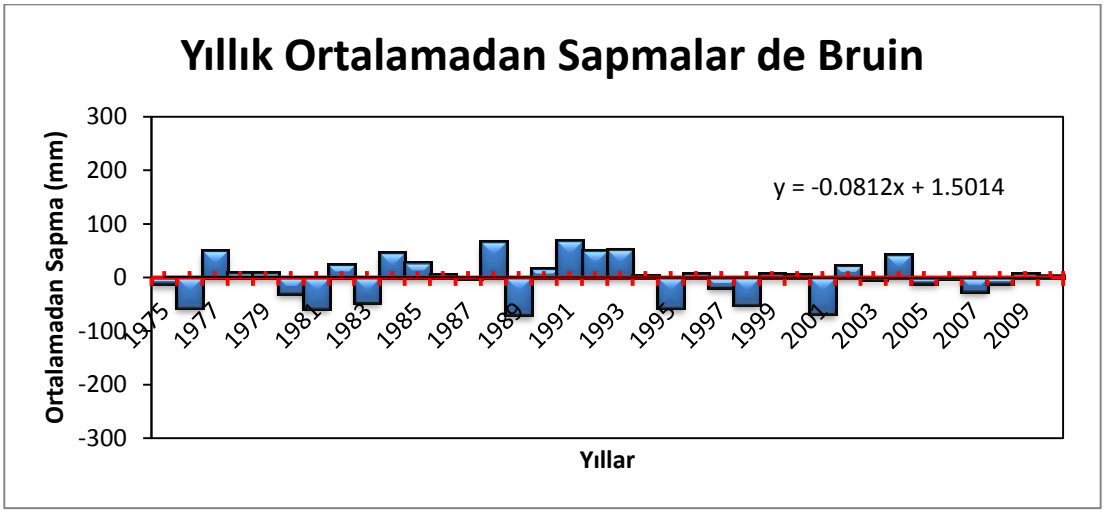


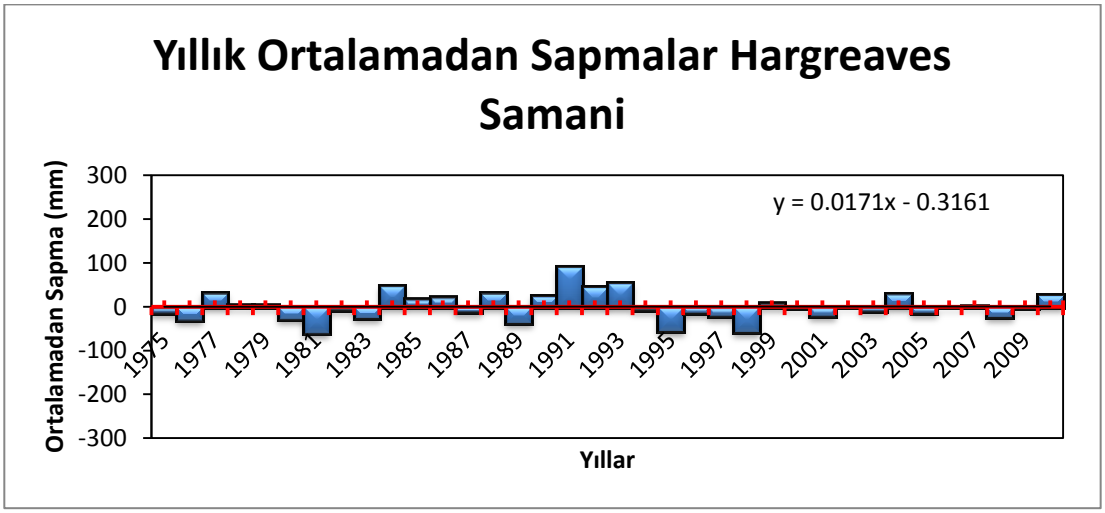




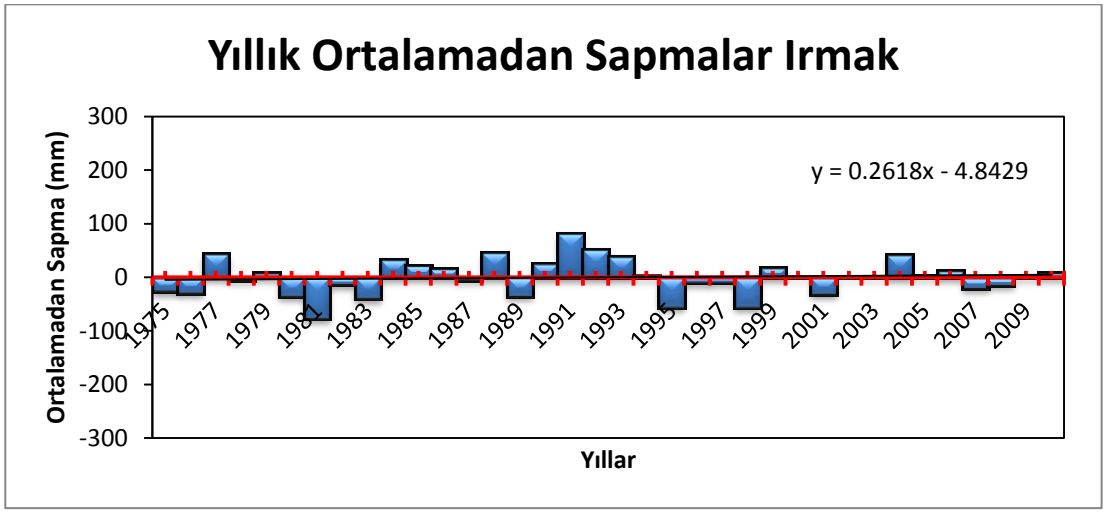
Şekil F.6 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Tekirdağ md.

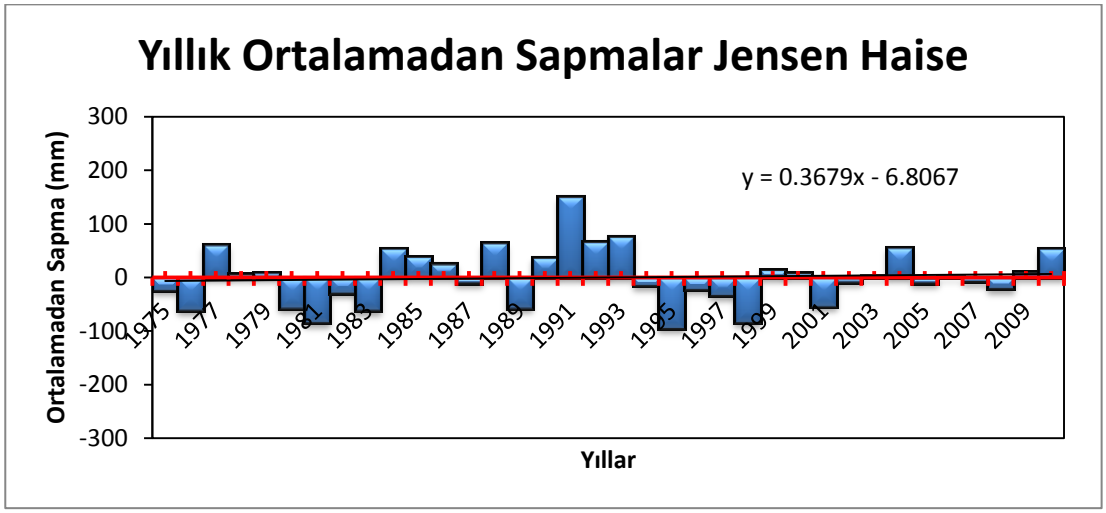


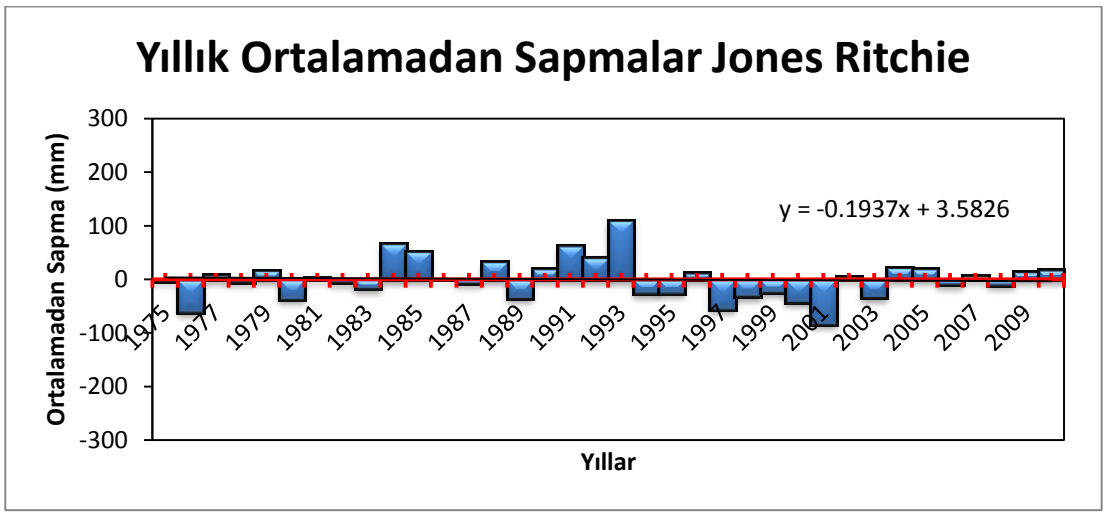




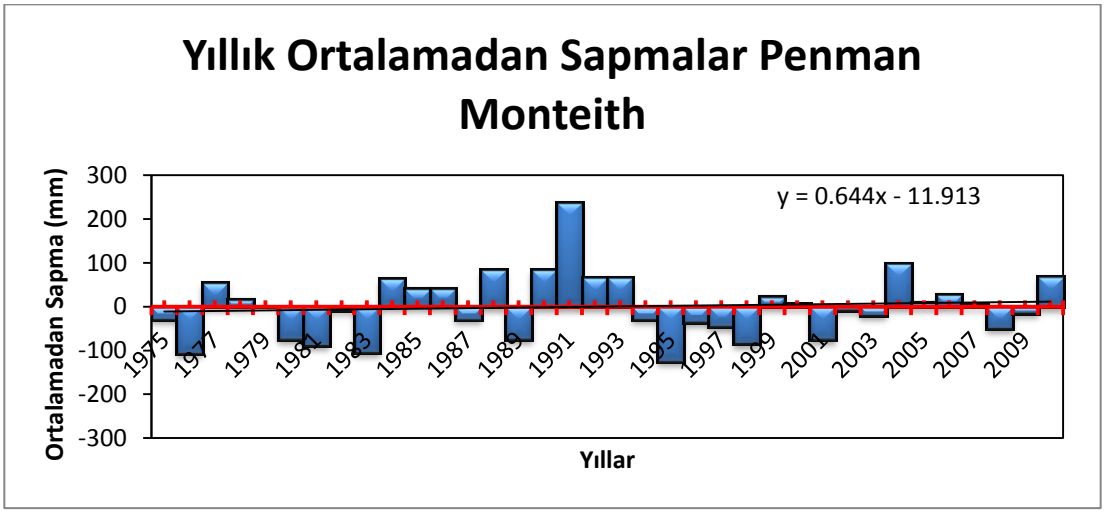
Şekil F.6 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Tekirdağ md.

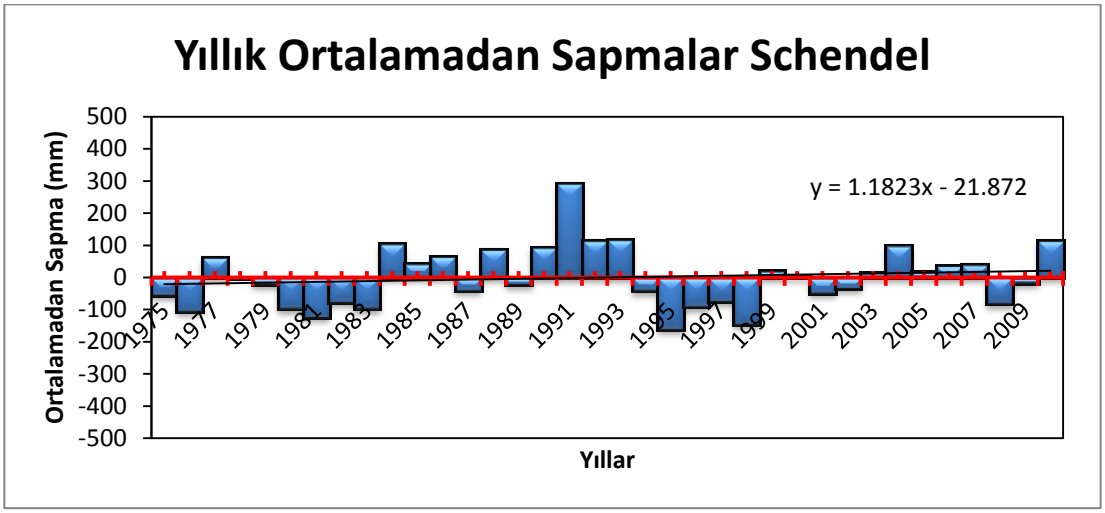


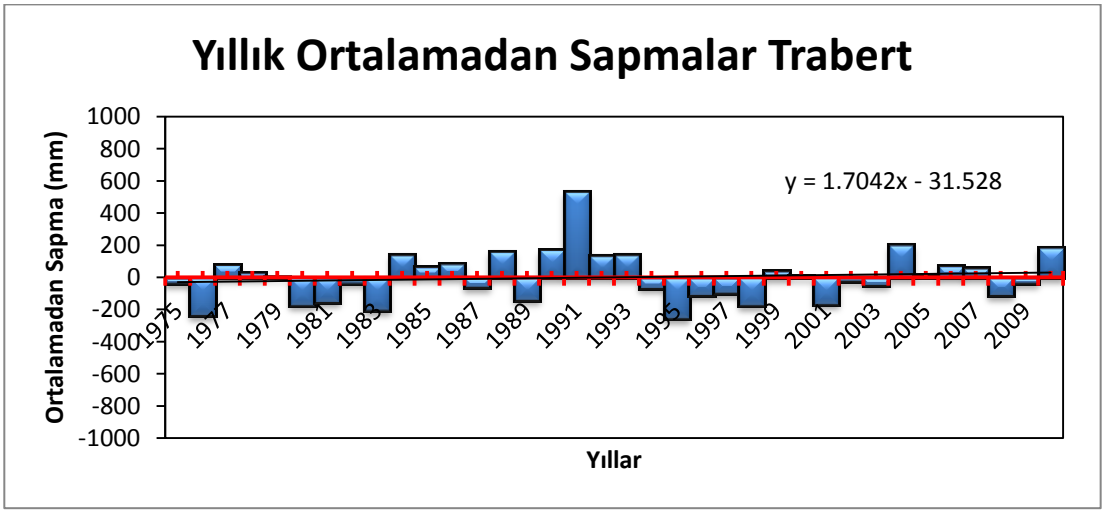




Şekil F.6 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Tekirdağ md.

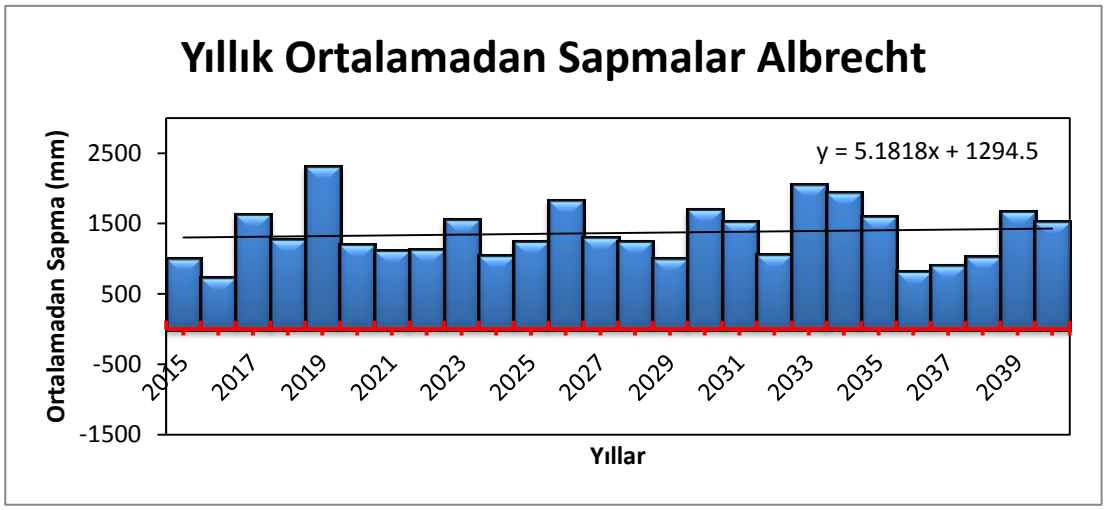


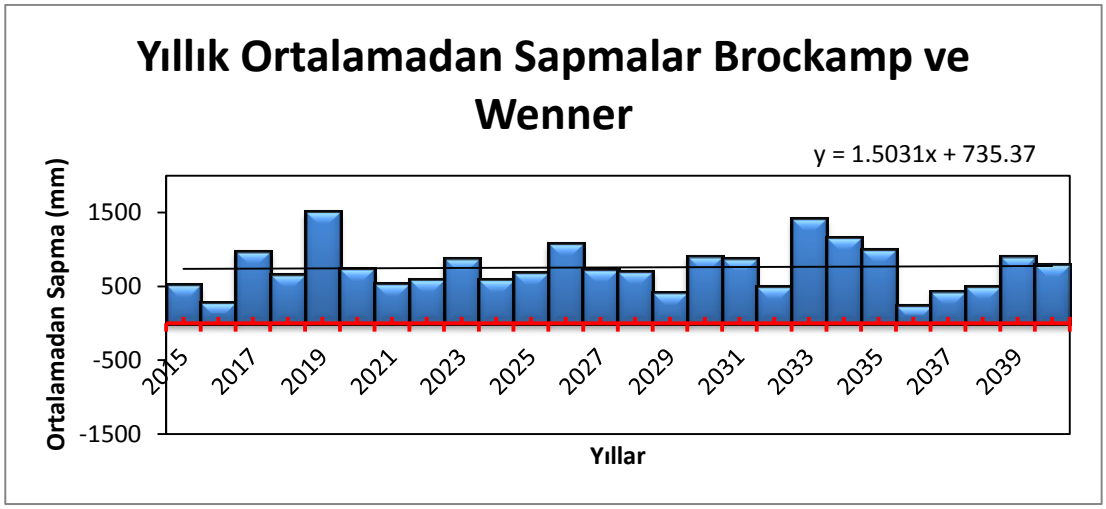


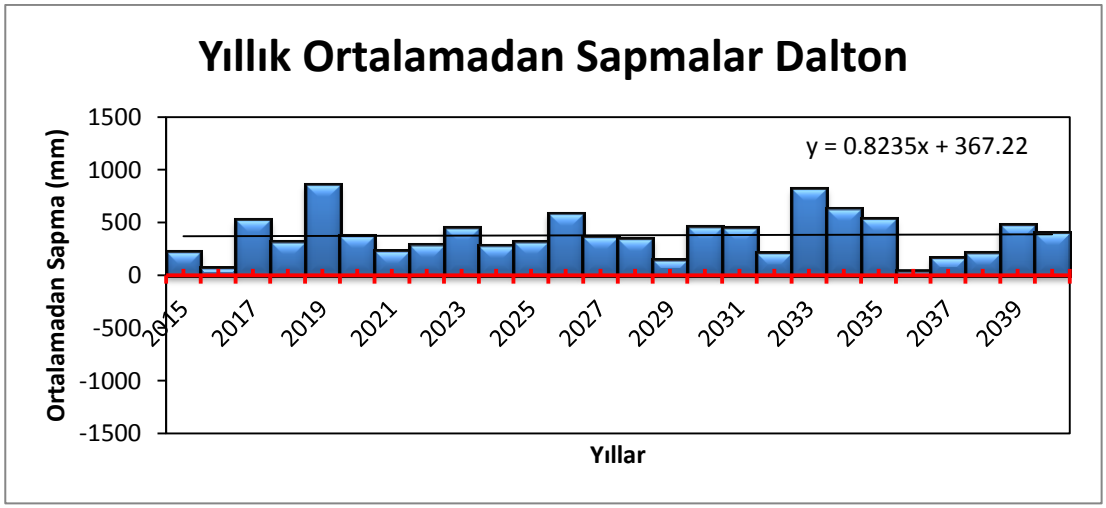


Şekil F.6 (devam) : Uzun yıllar ort yıllık toplam ET'den sapmalar: Tekirdağ md.

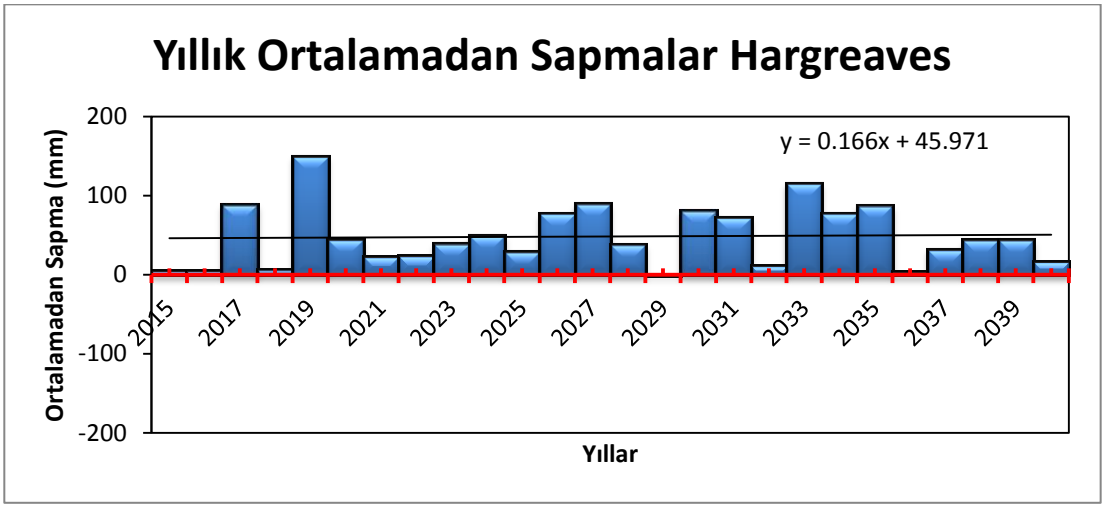
EK G Uzun Yıllar Yıllık Ortalama ET'den Sapmalar (2015-2040)

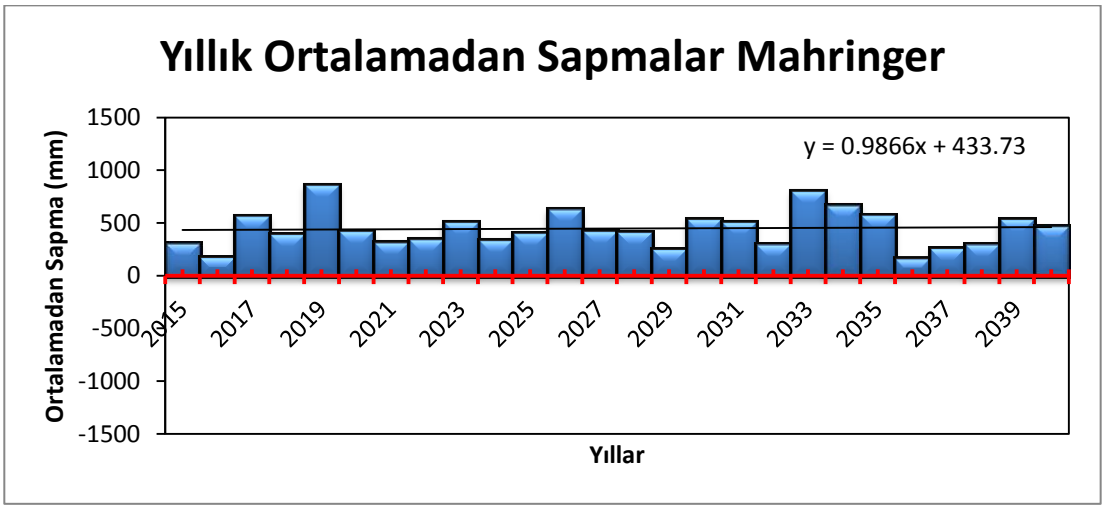


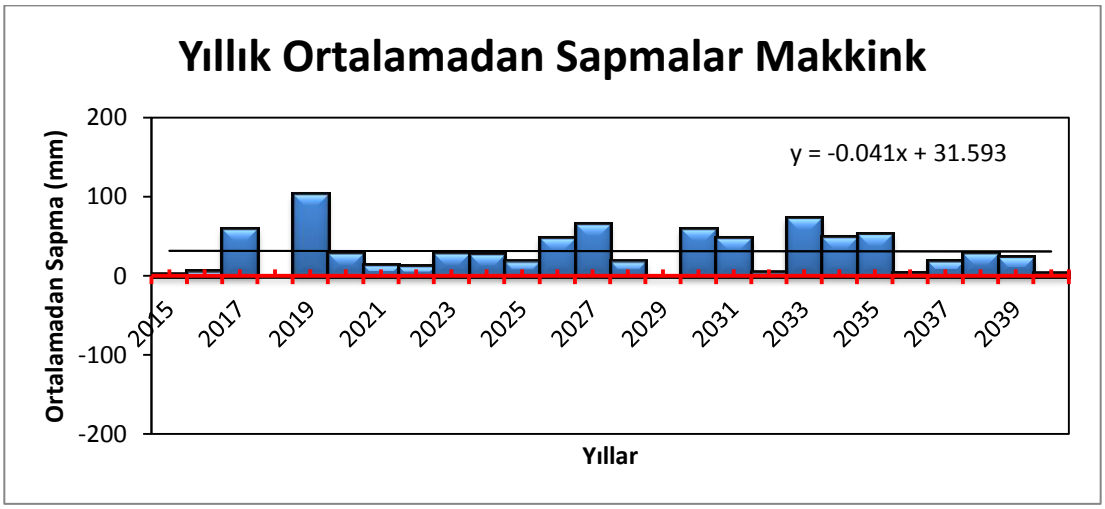




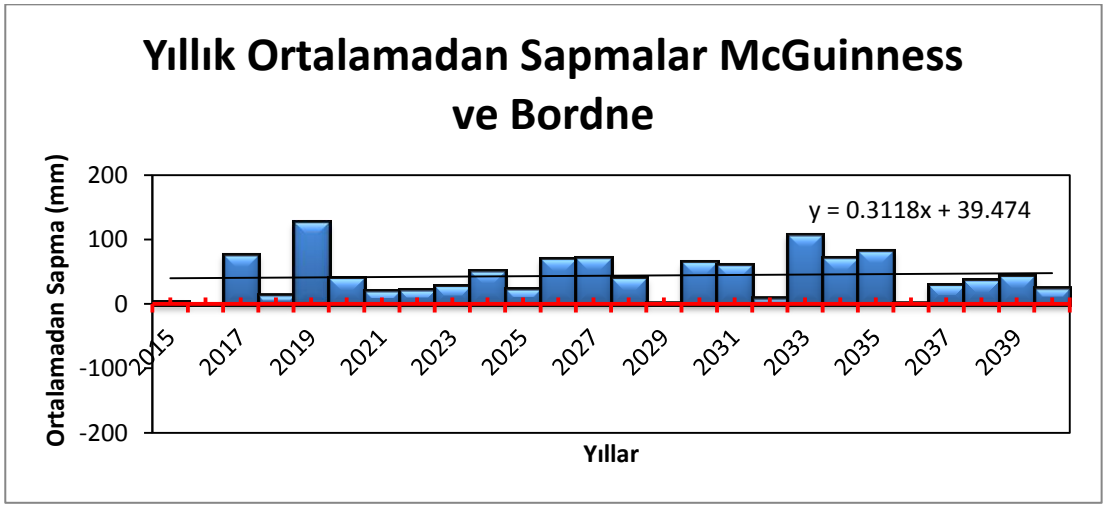
Şekil G.1 : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Edirne.

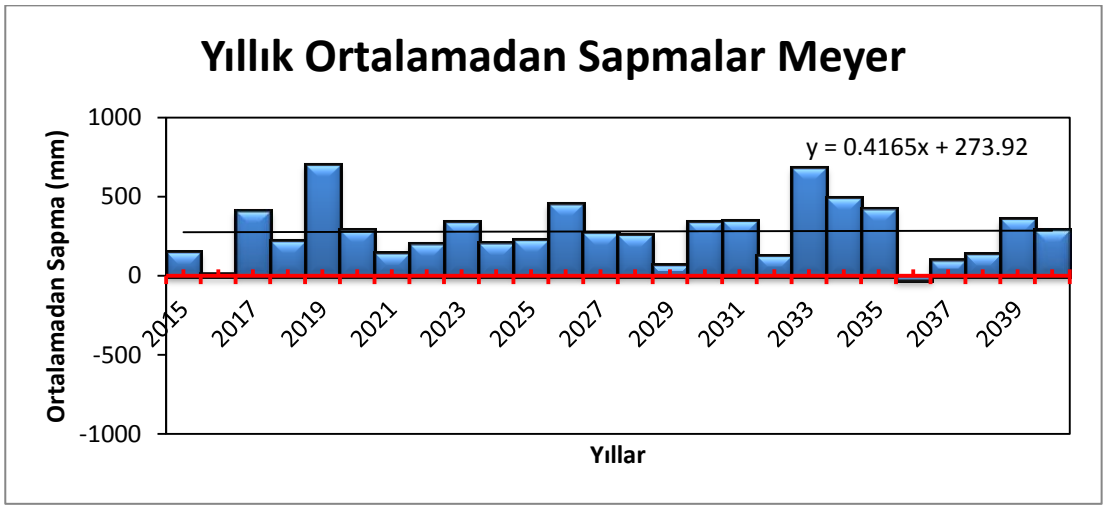


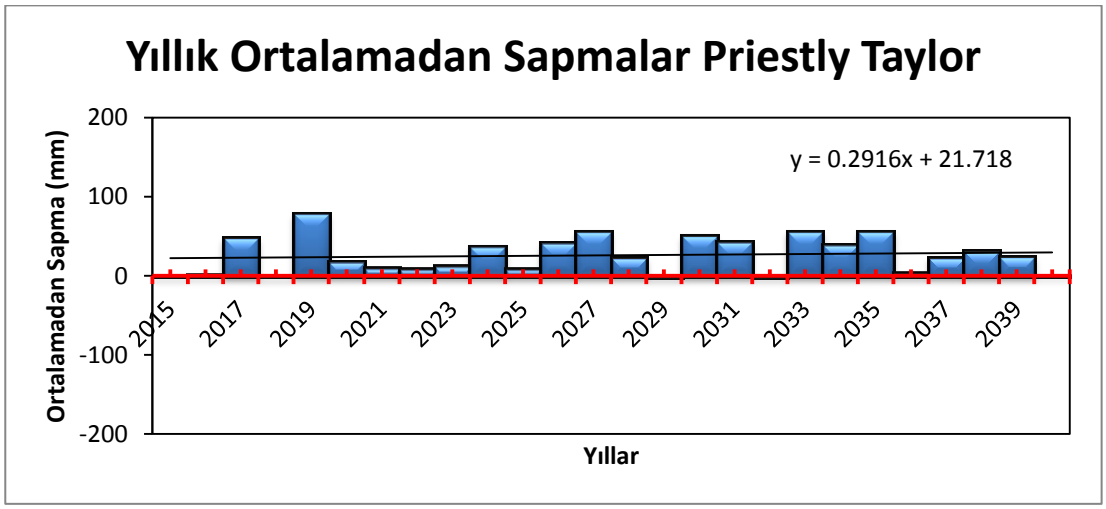




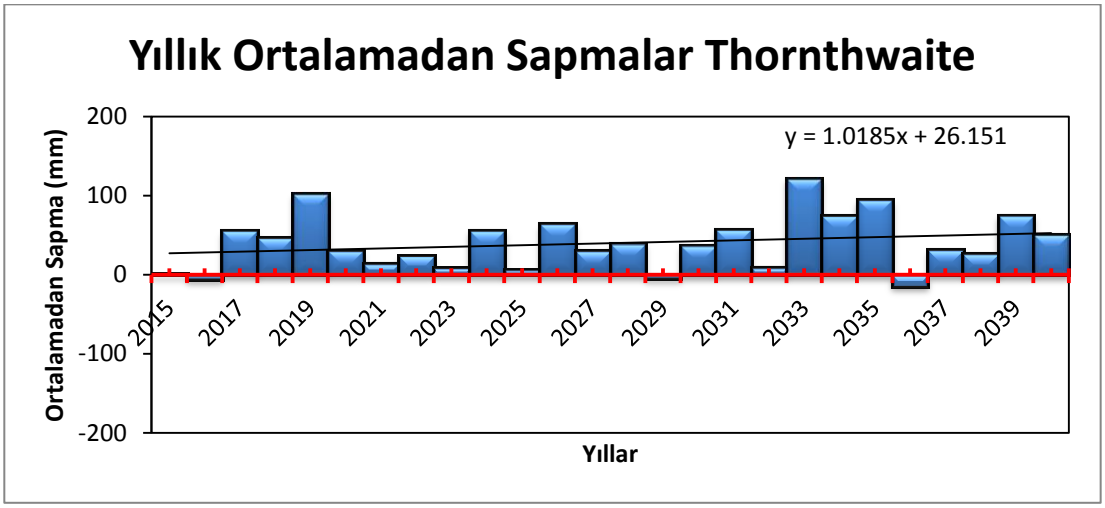
Şekil G.1 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Edirne.

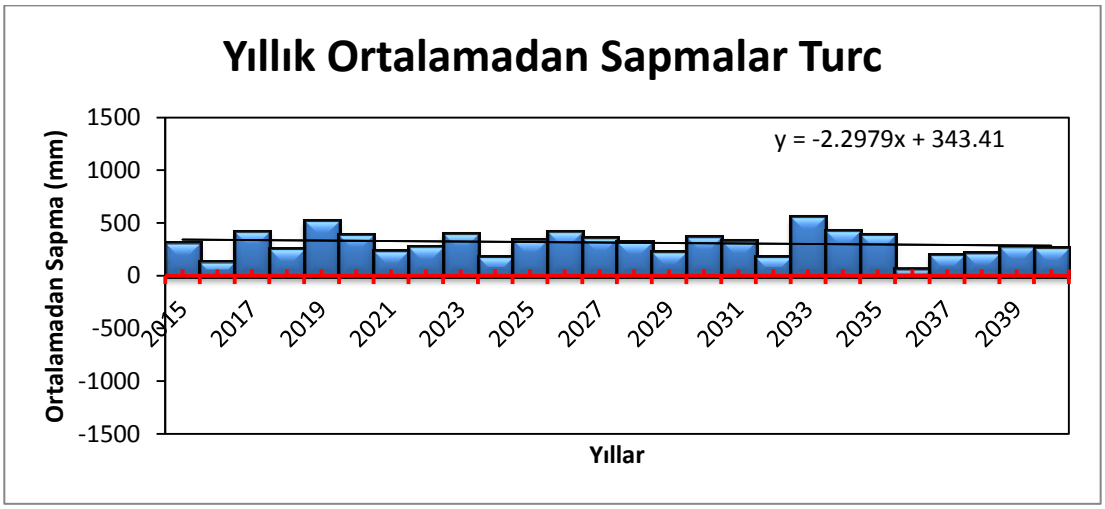


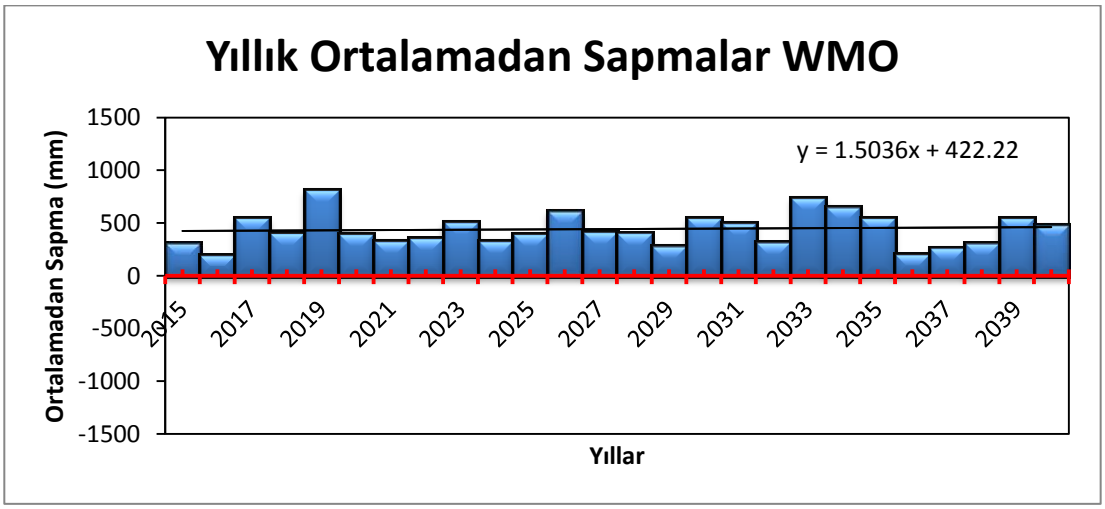




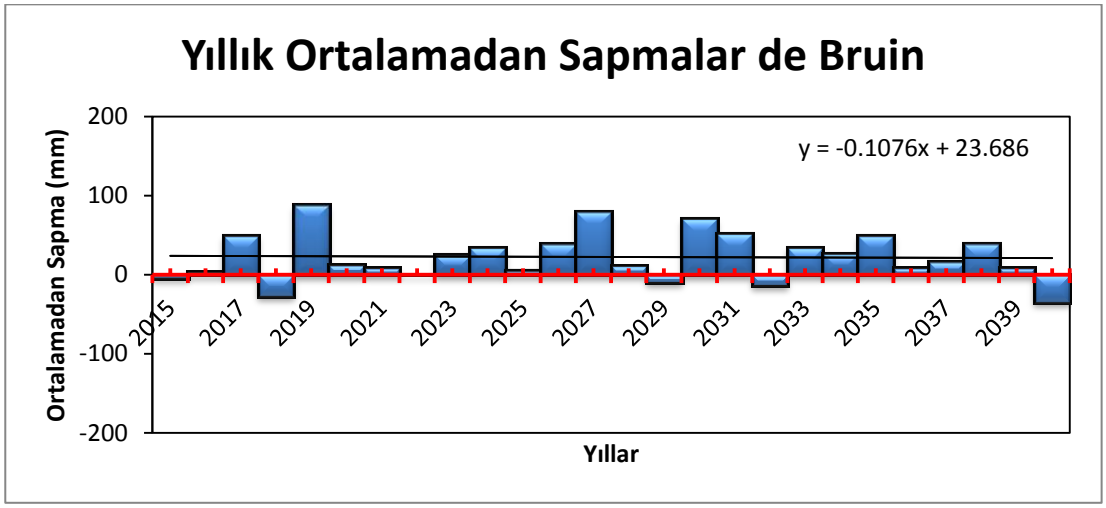
Şekil G.1 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Edirne.

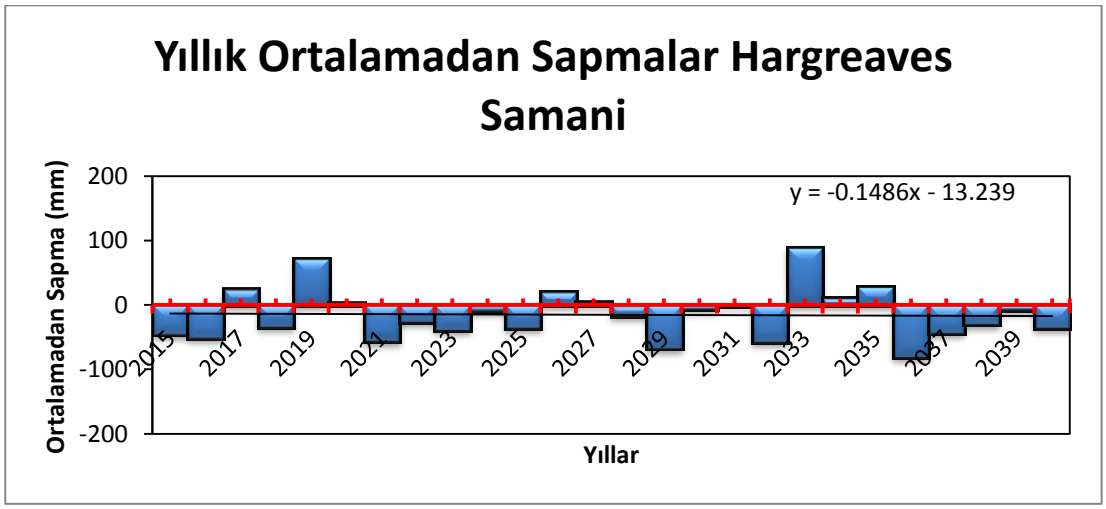


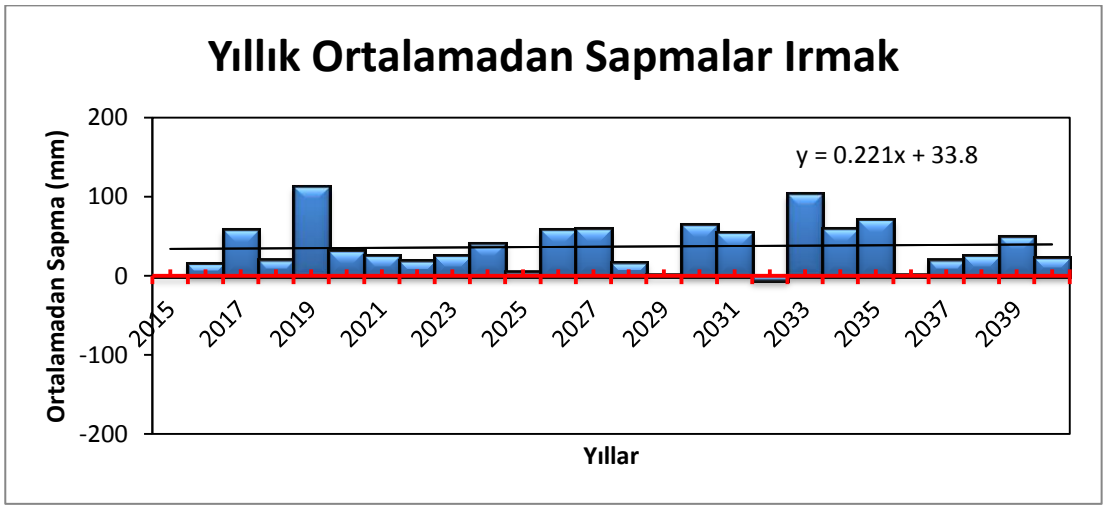




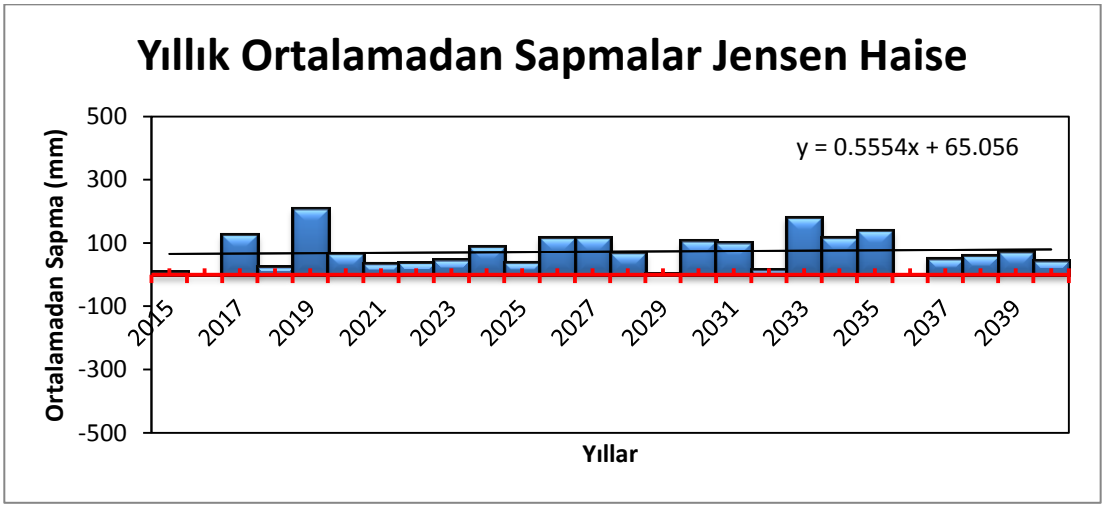
Şekil G.1 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Edirne.

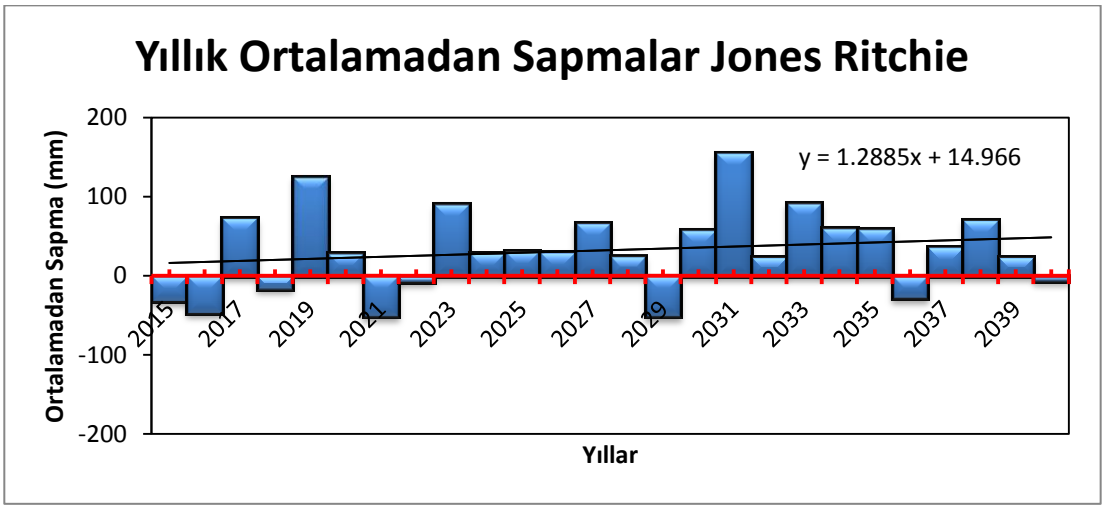


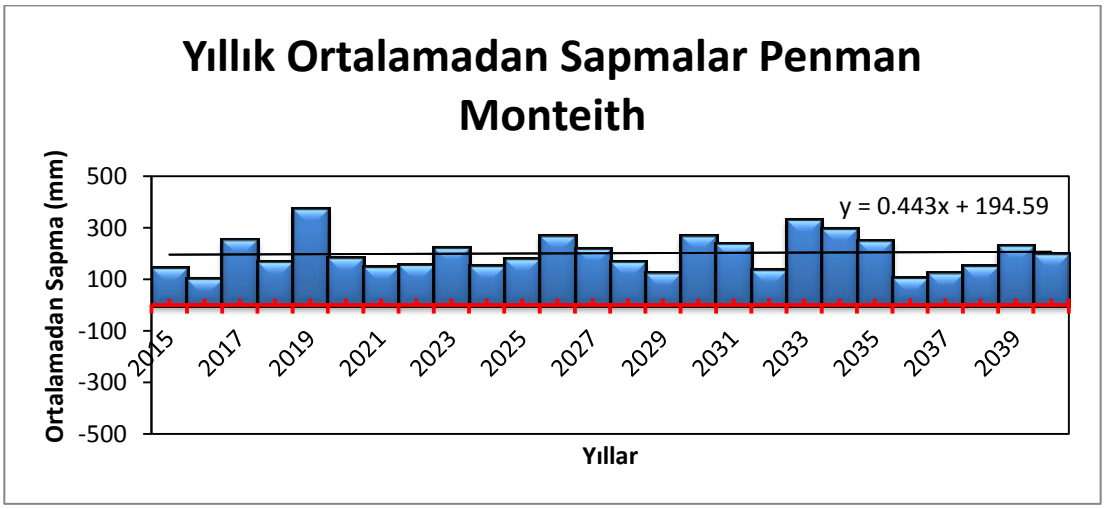




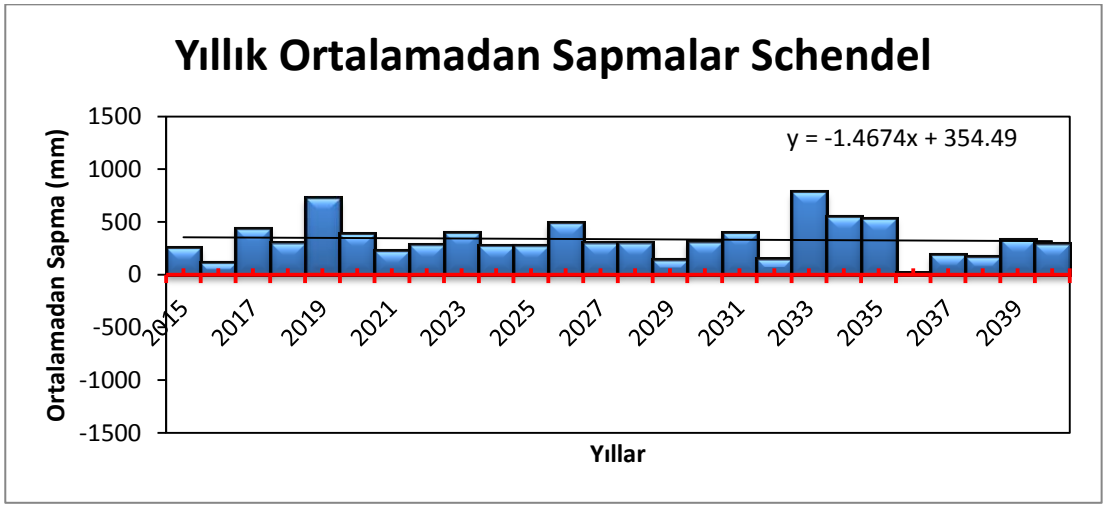
Şekil G.1 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Edirne.

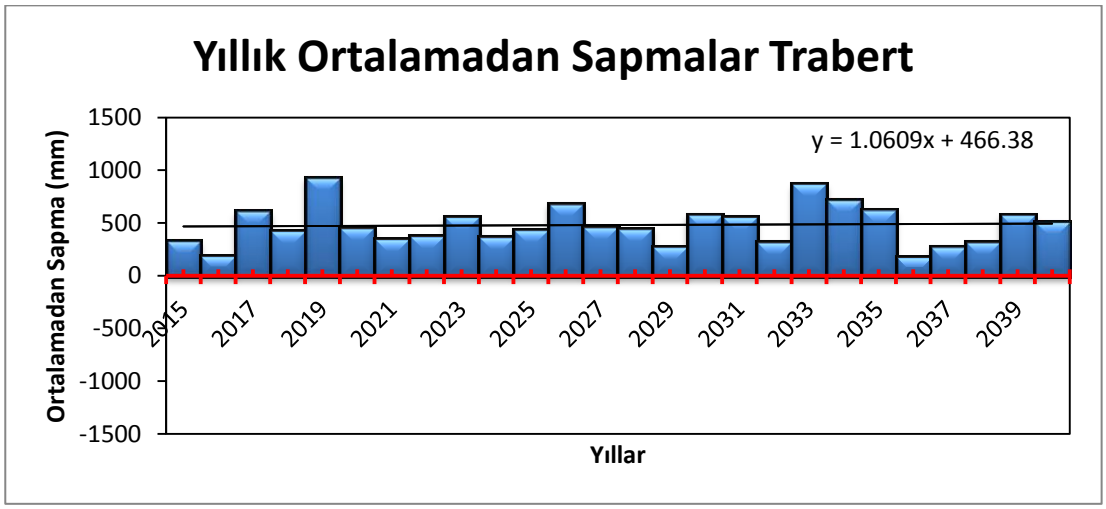




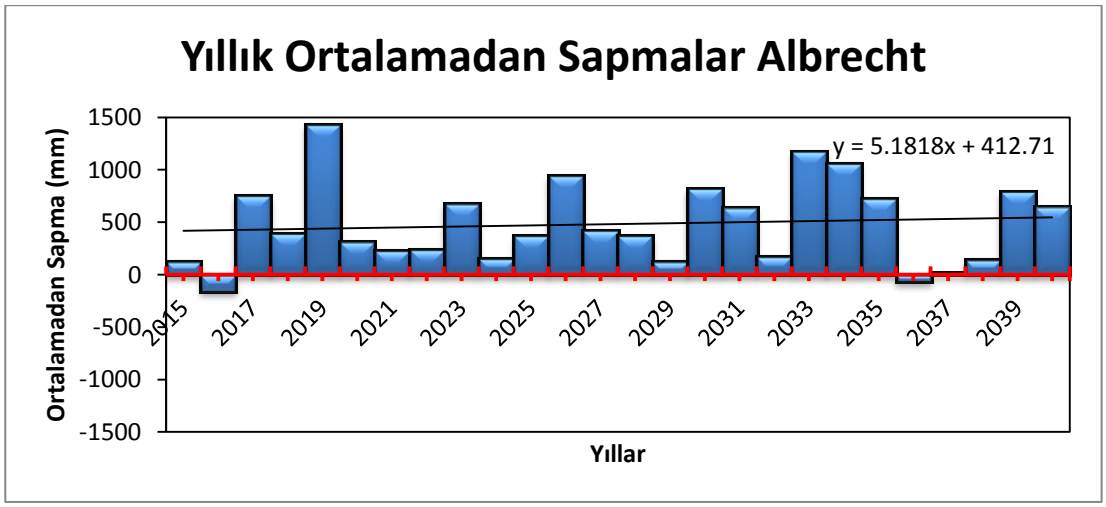


Şekil G.1 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Edirne.

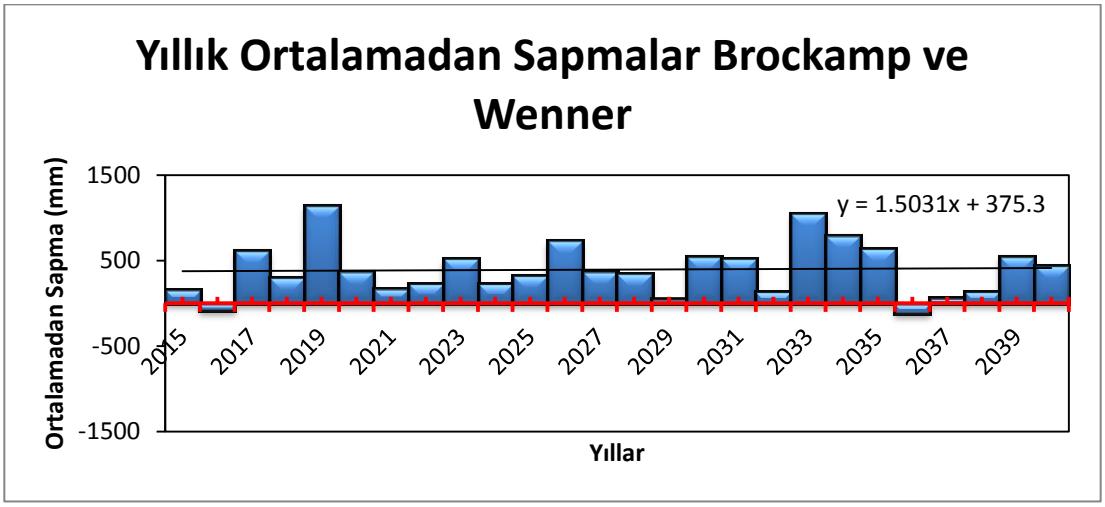


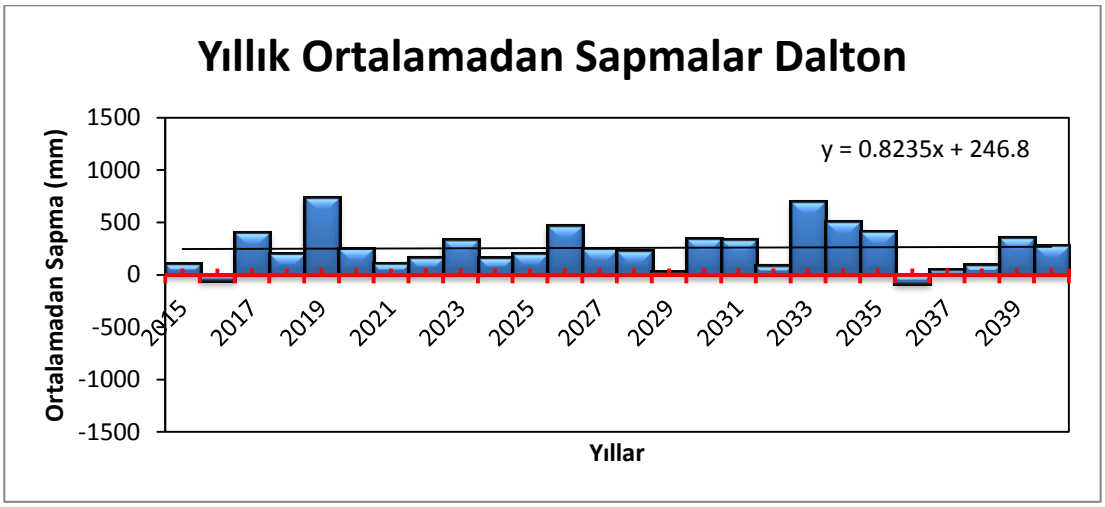


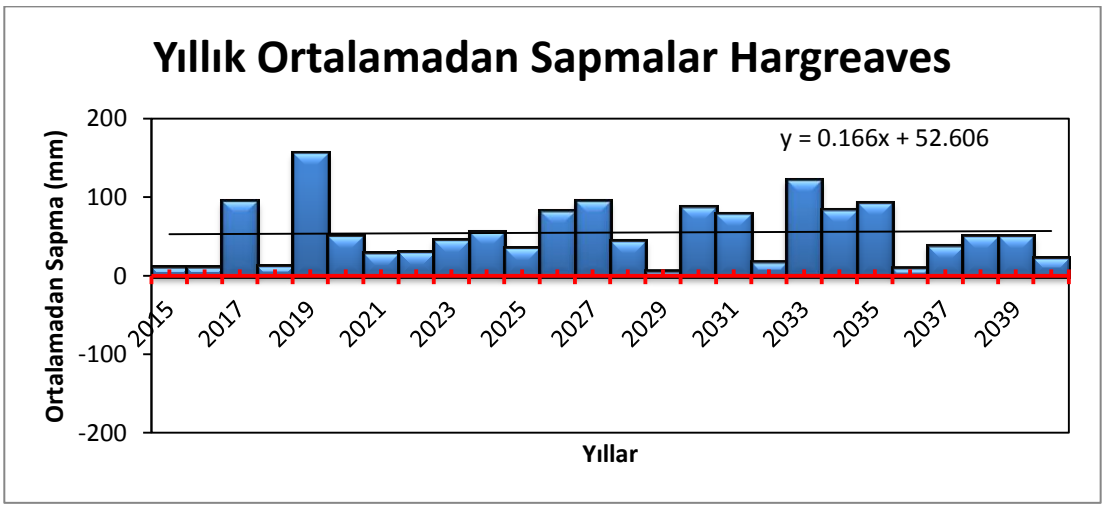
Şekil G.1 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Edirne.



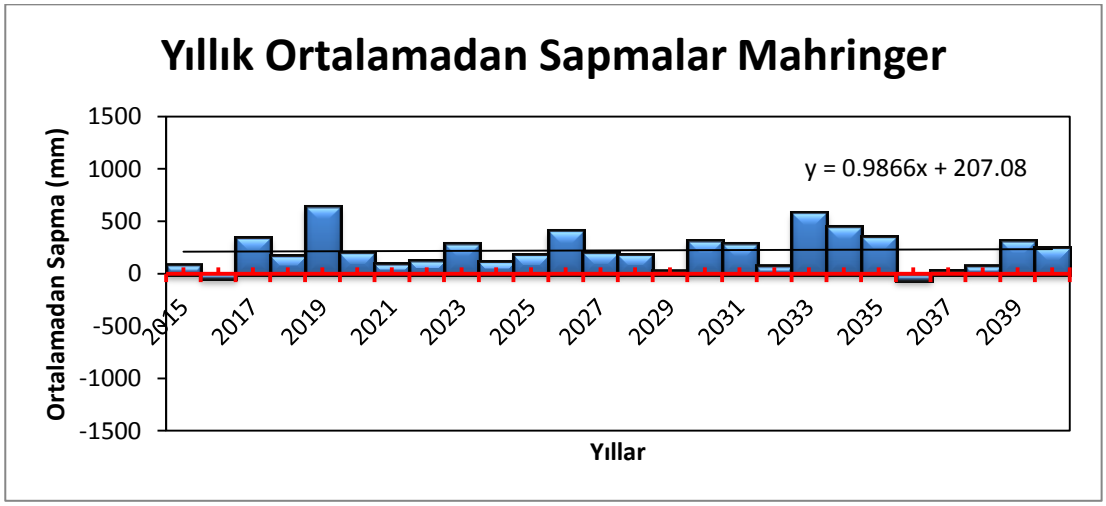
Şekil G.2 : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Edirne.

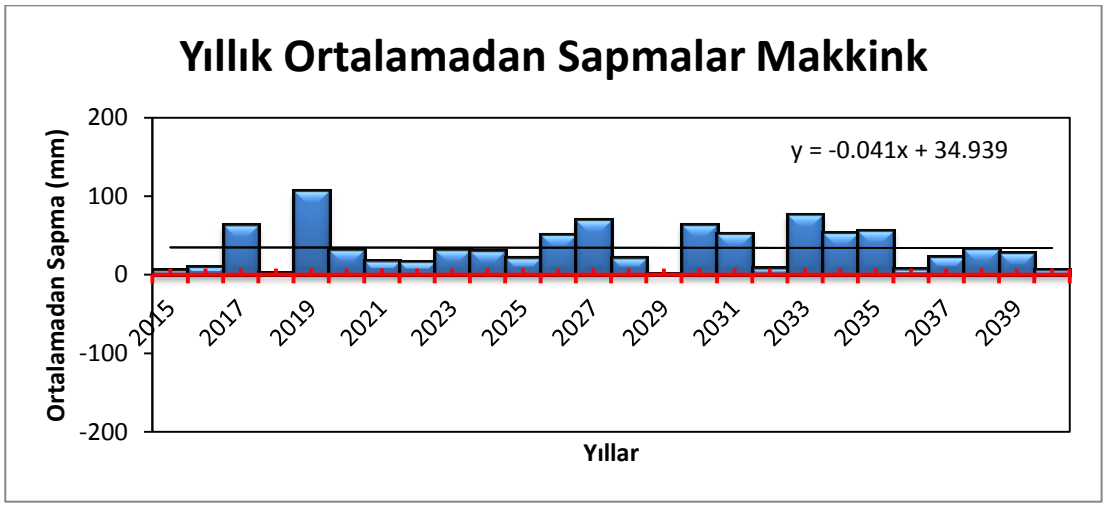


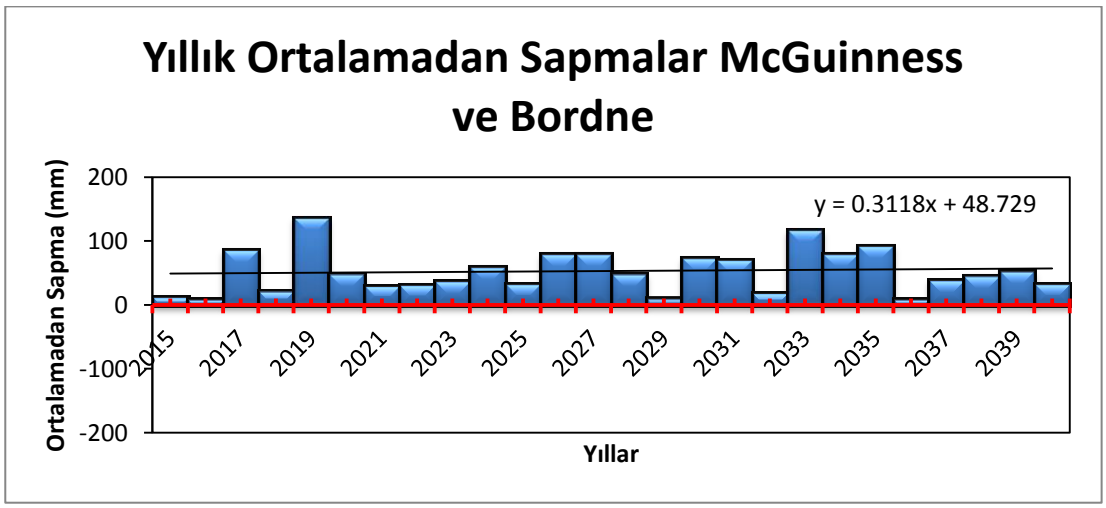




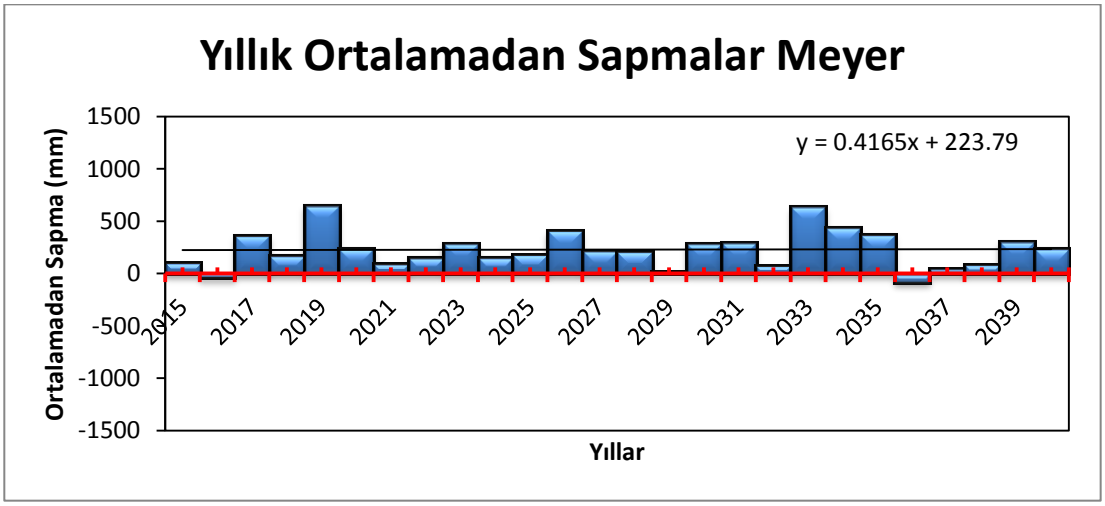
Şekil G.2 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Edirne.

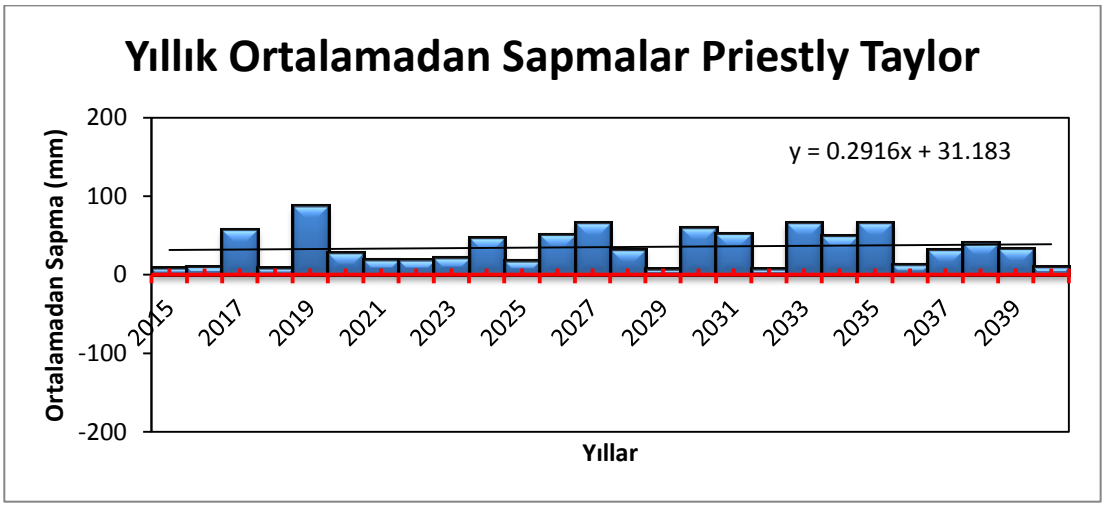


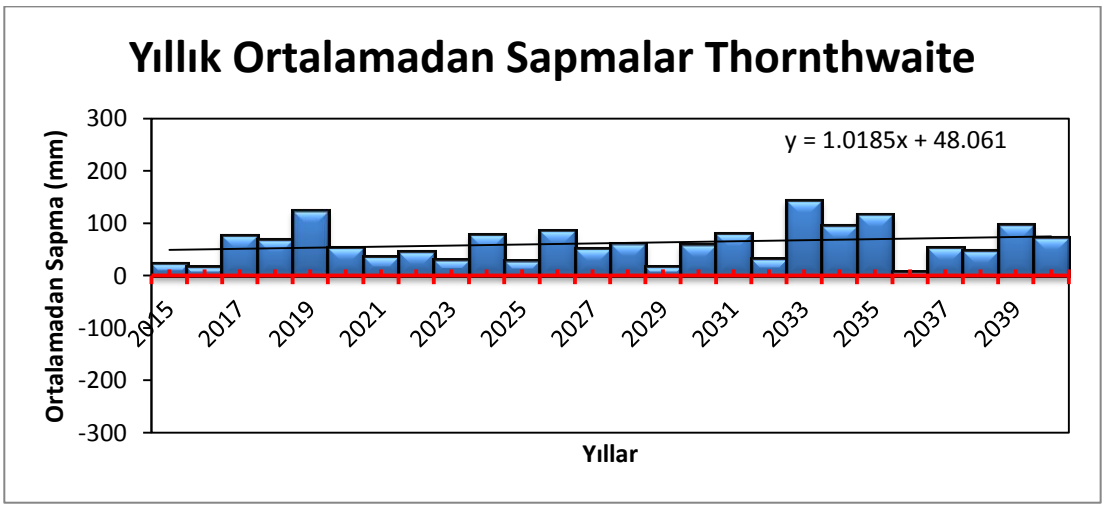




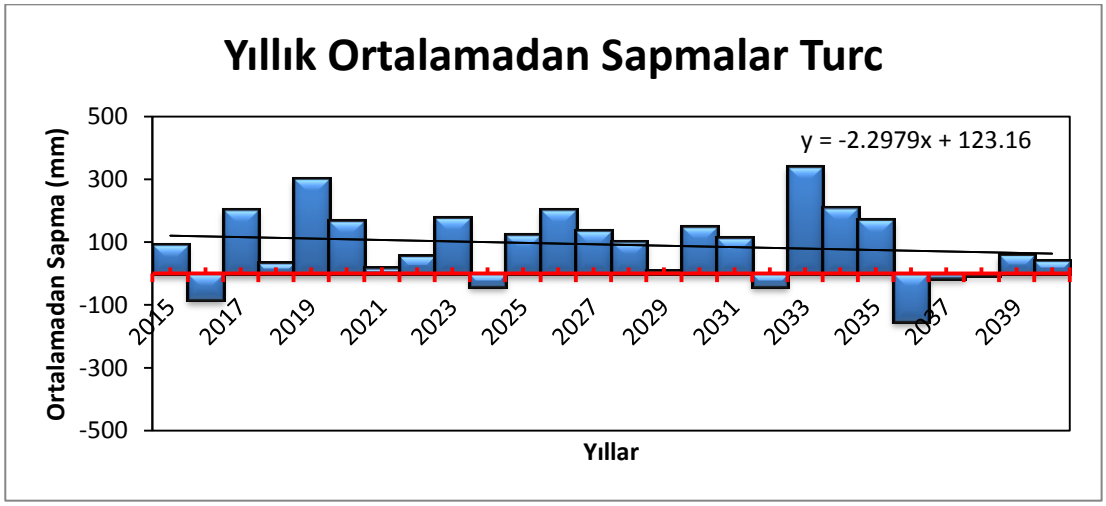
Şekil G.2 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Edirne.

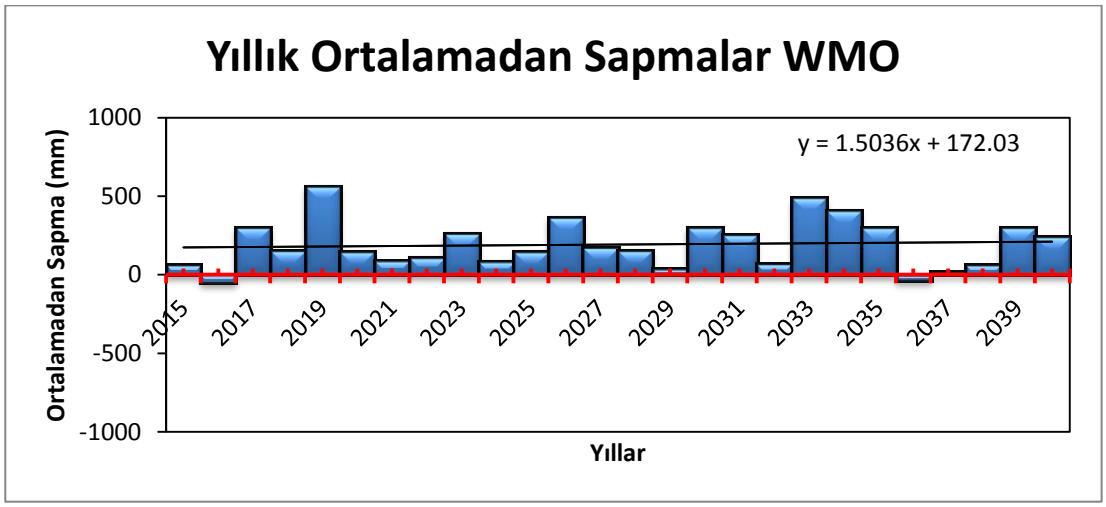


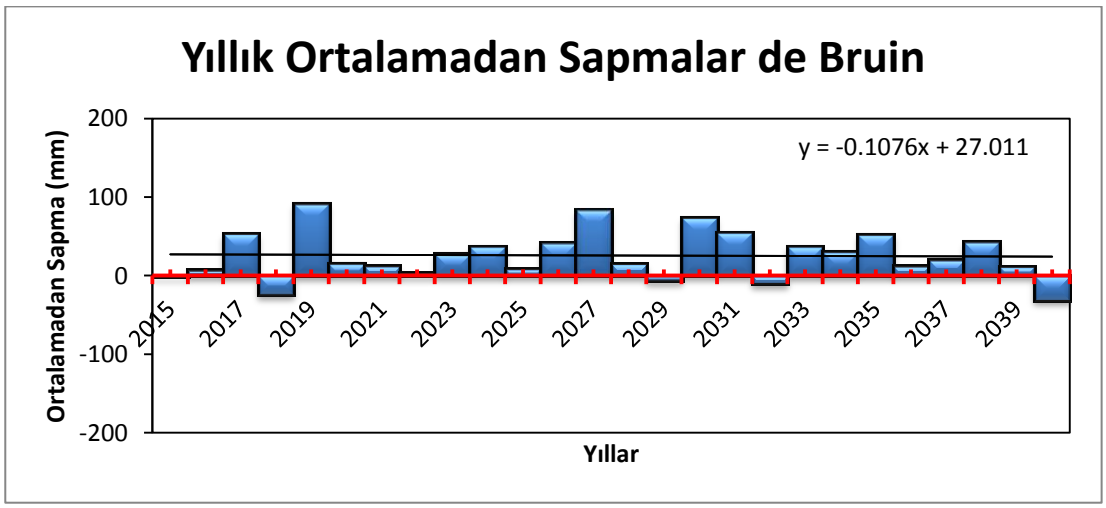




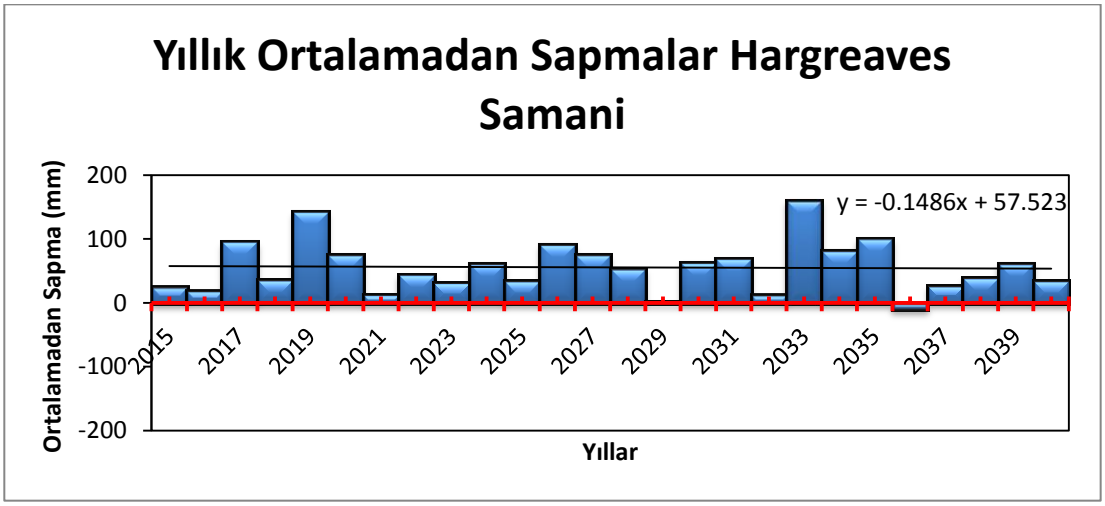
Şekil G.2 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Edirne.

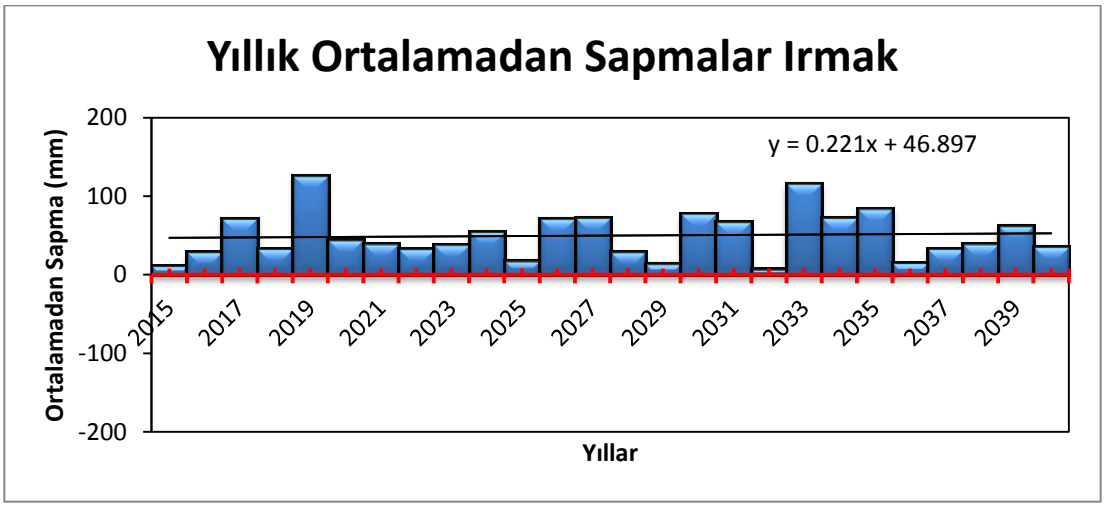


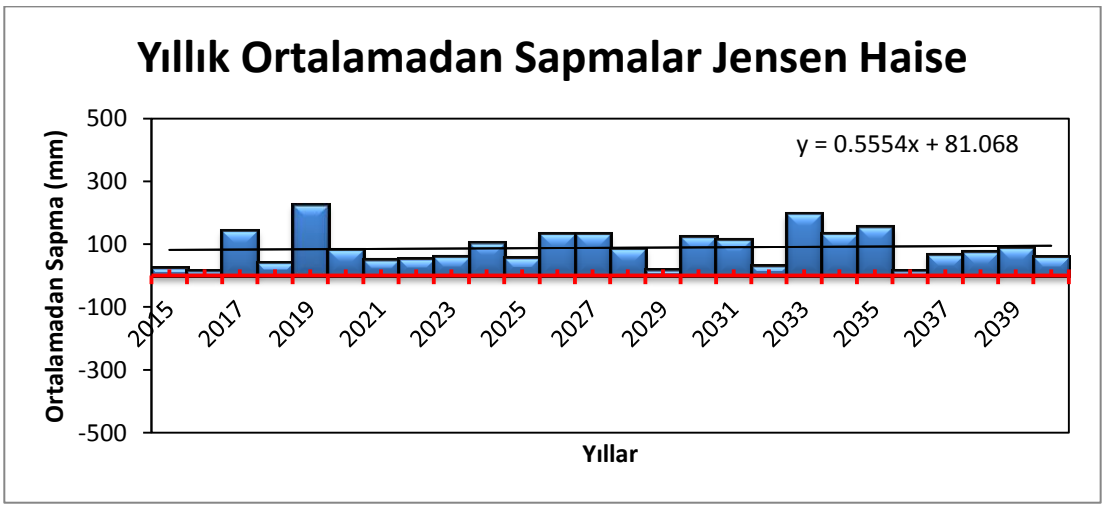




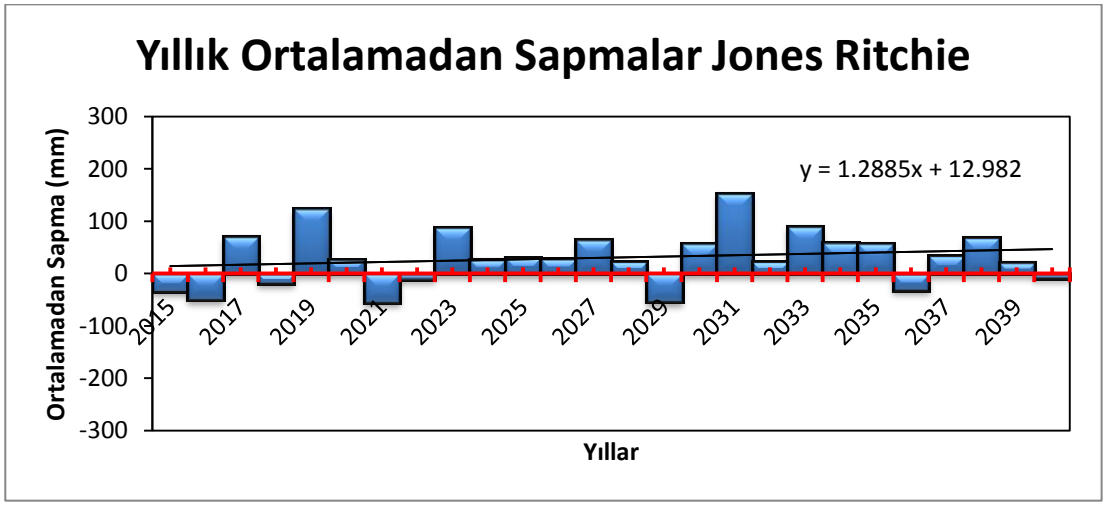
Şekil G.2 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Edirne.

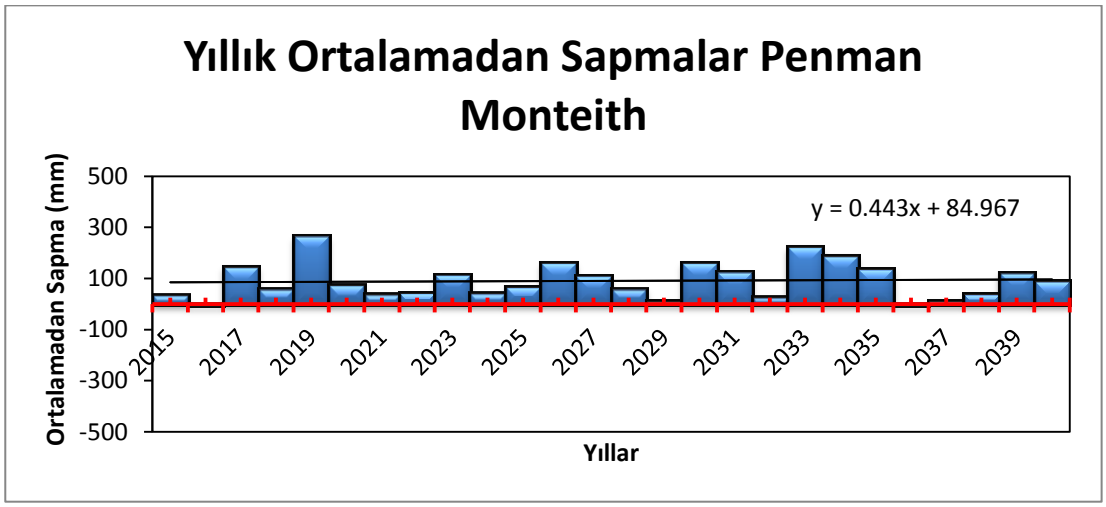


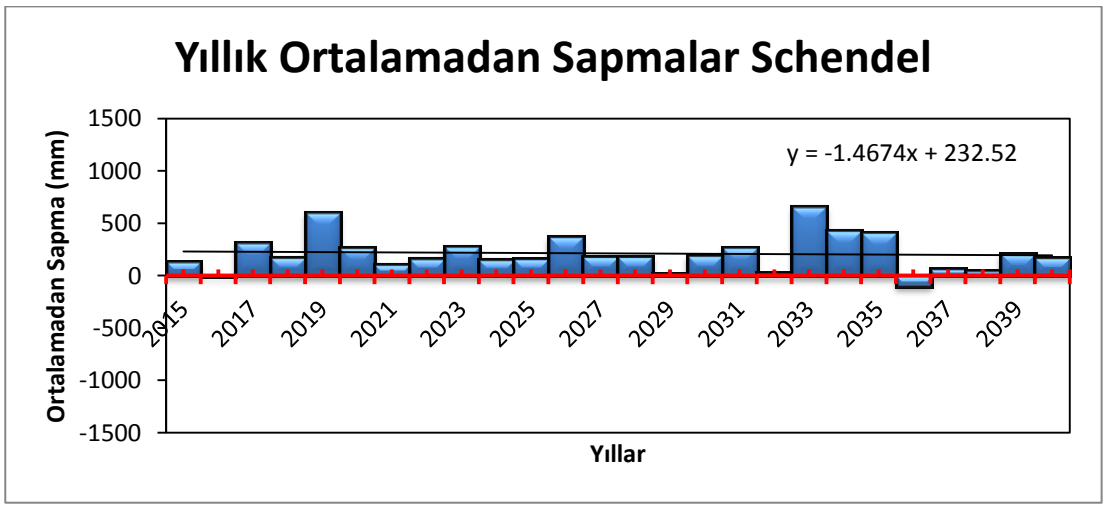




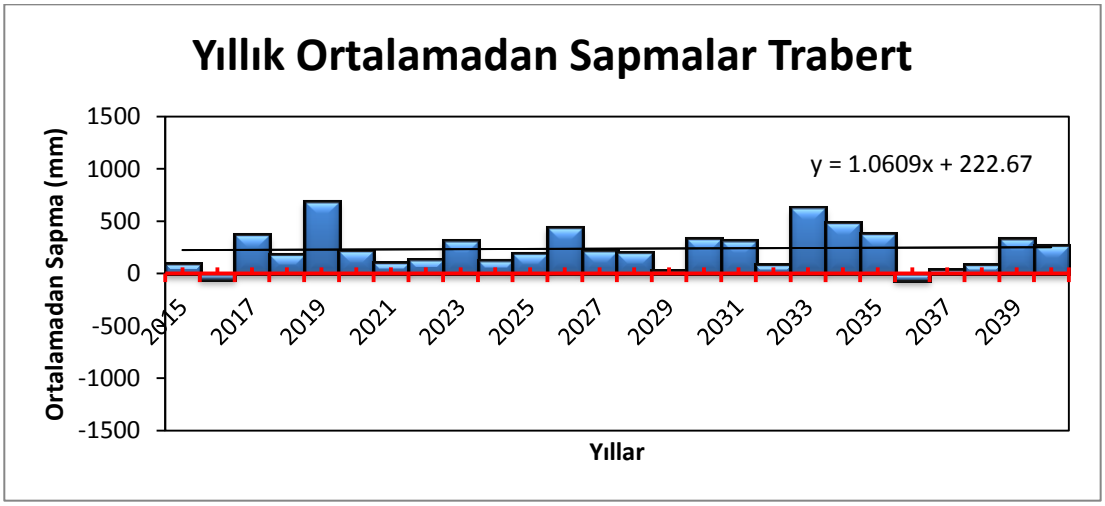
Şekil G.2 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Edirne.



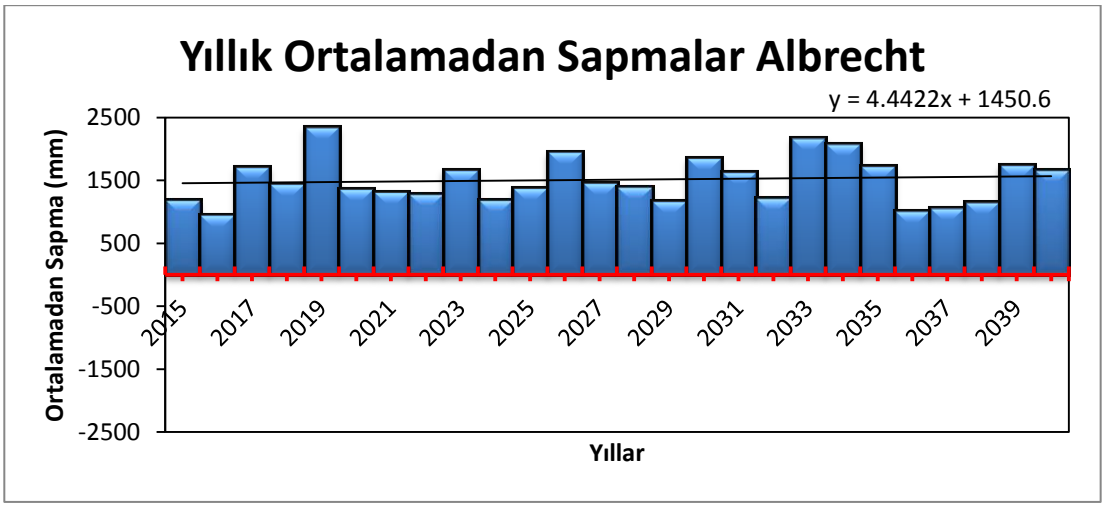


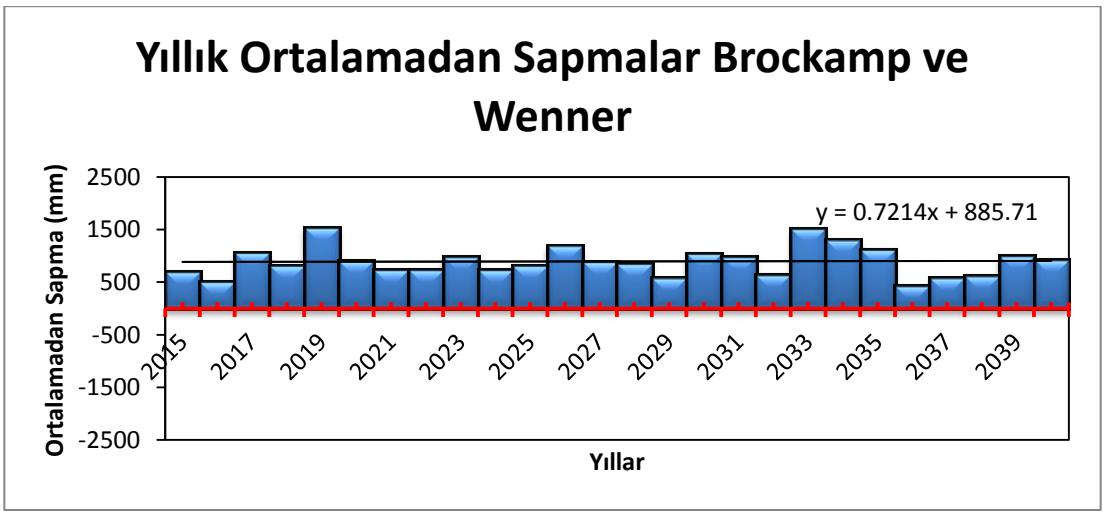


Şekil G.2 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Edirne.

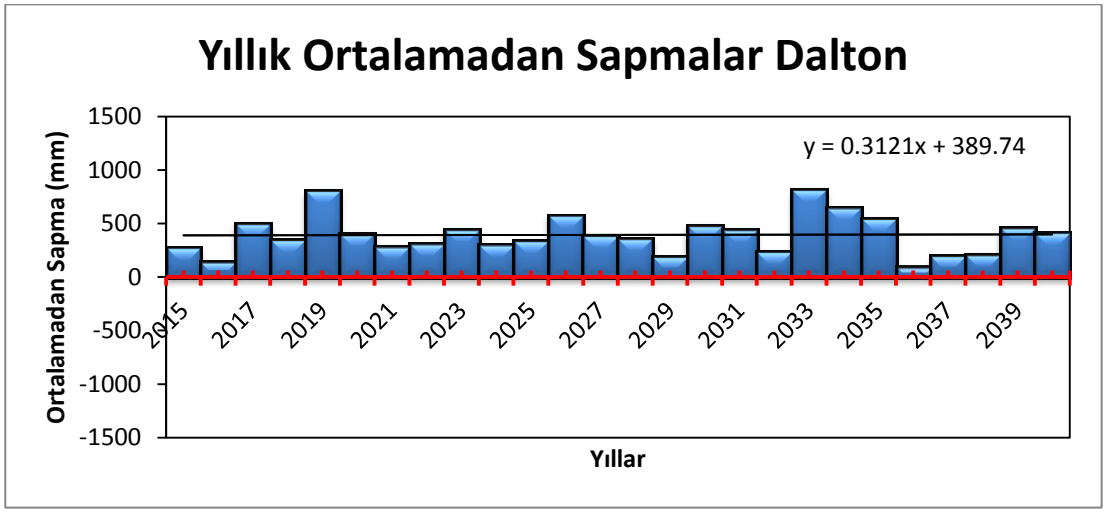


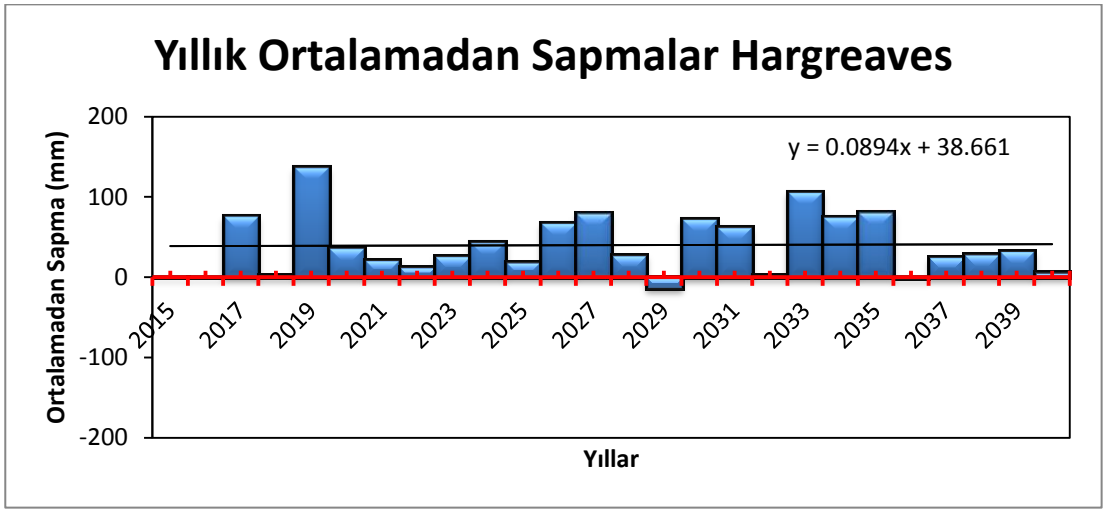
Şekil G.2 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Edirne.

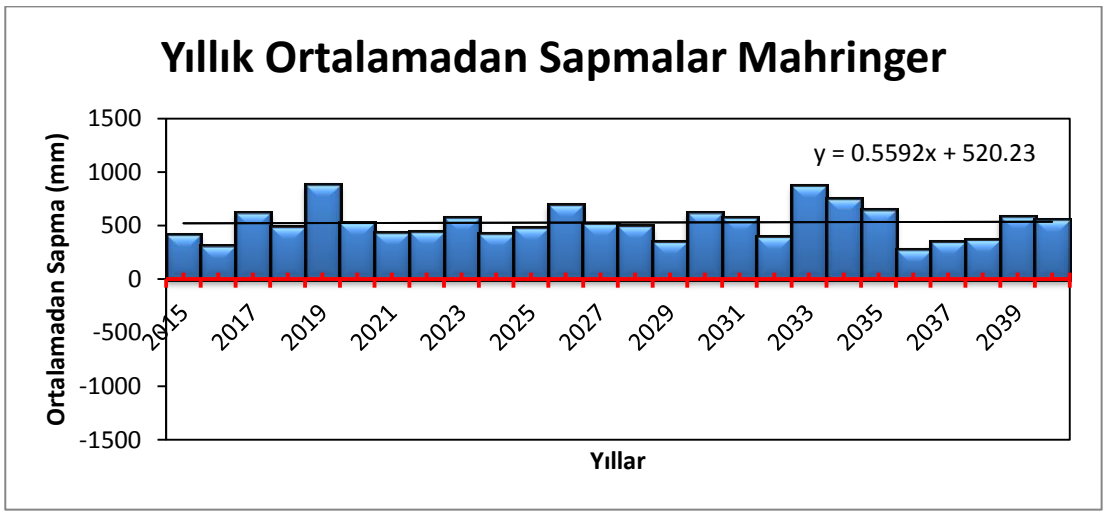




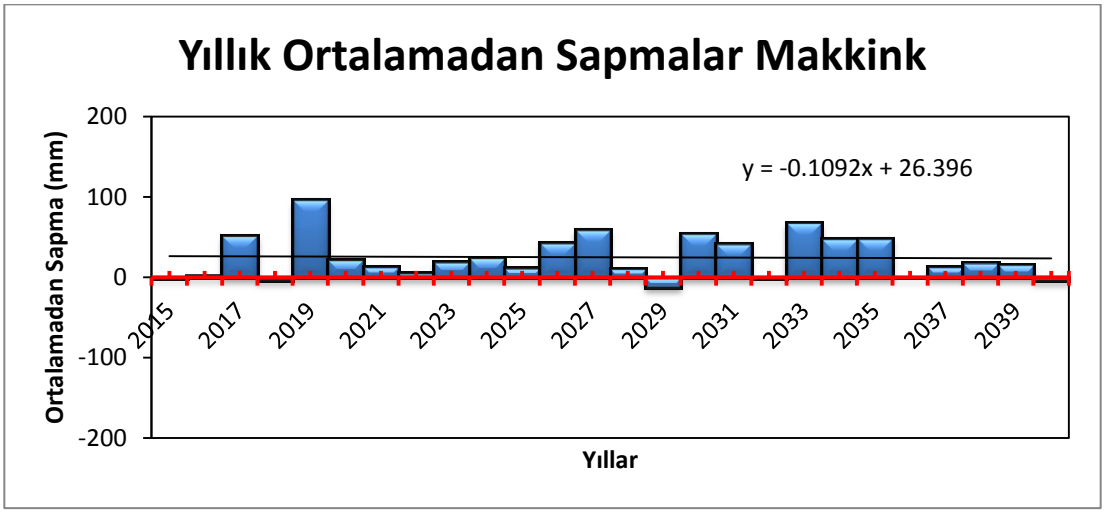
Şekil G.3 : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Kırklareli.

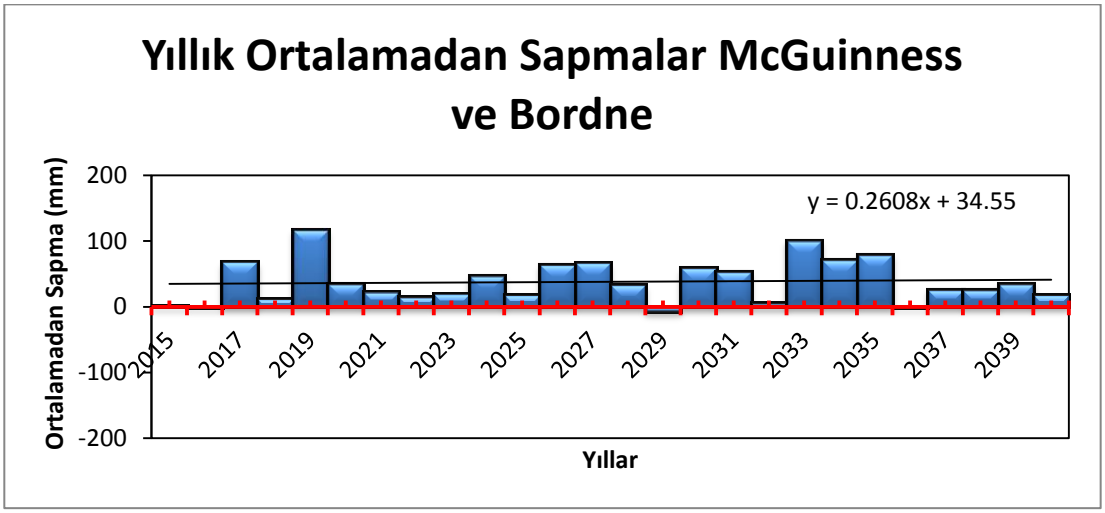


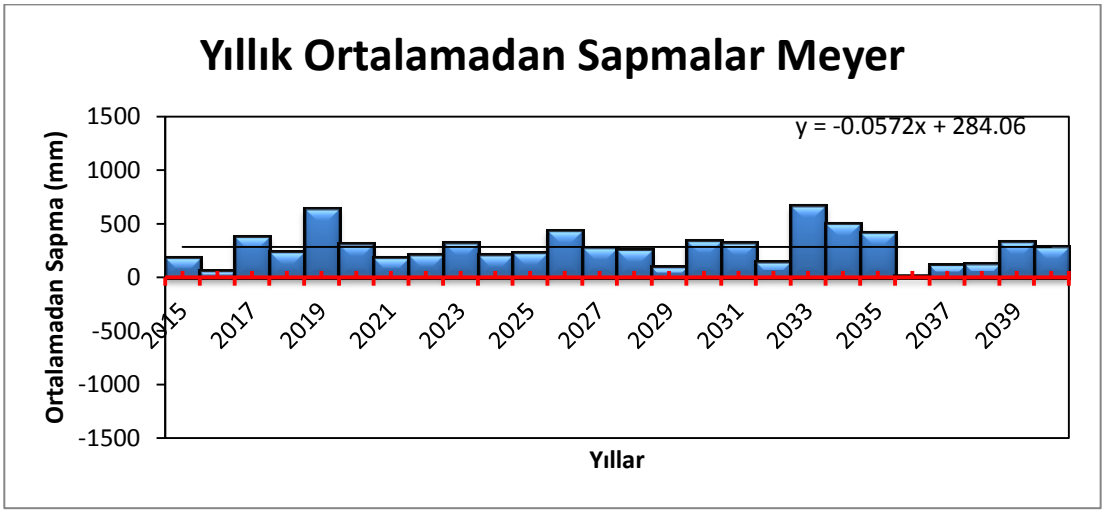




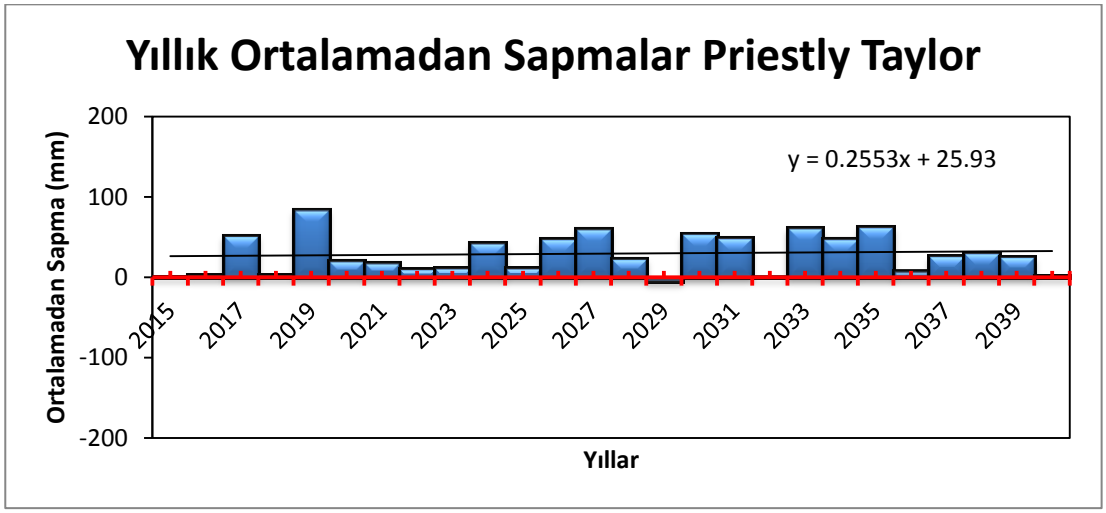
Şekil G.3 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Kırklareli.

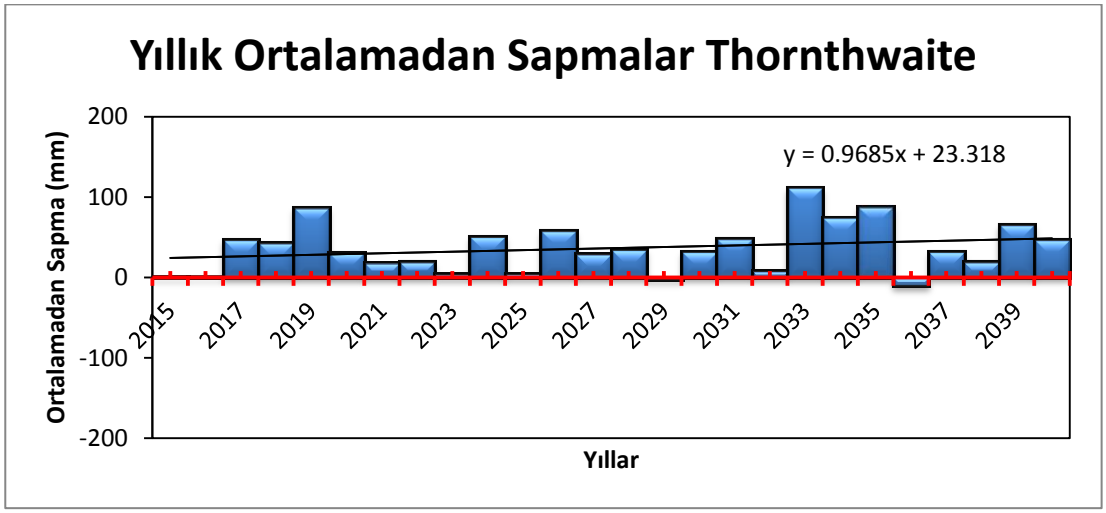


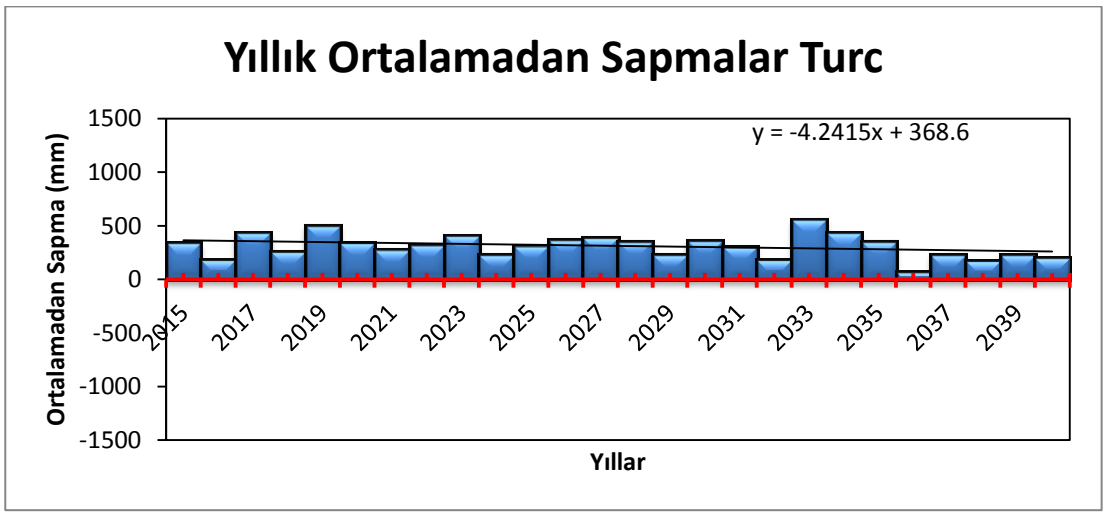




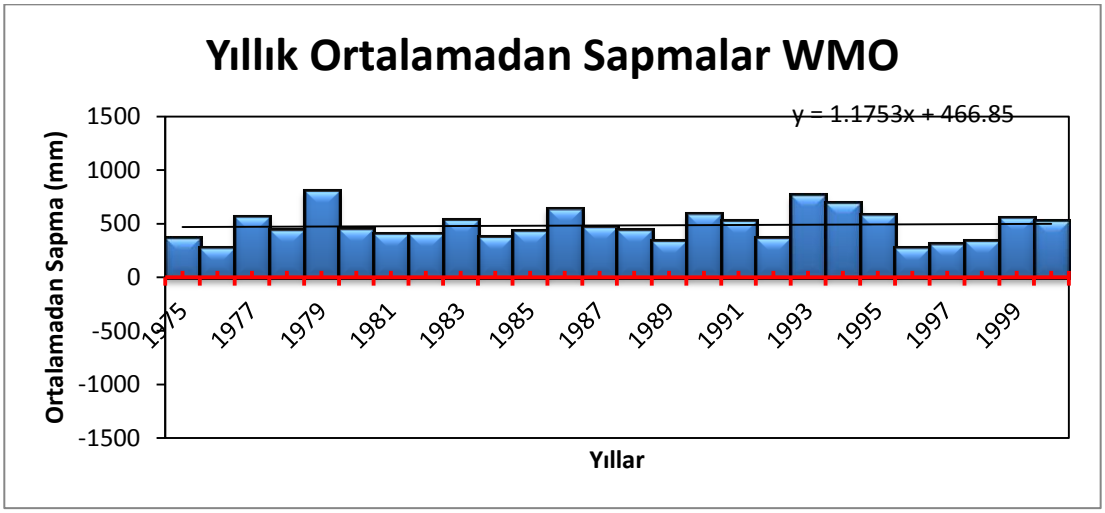
Şekil G.3 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Kırklareli.

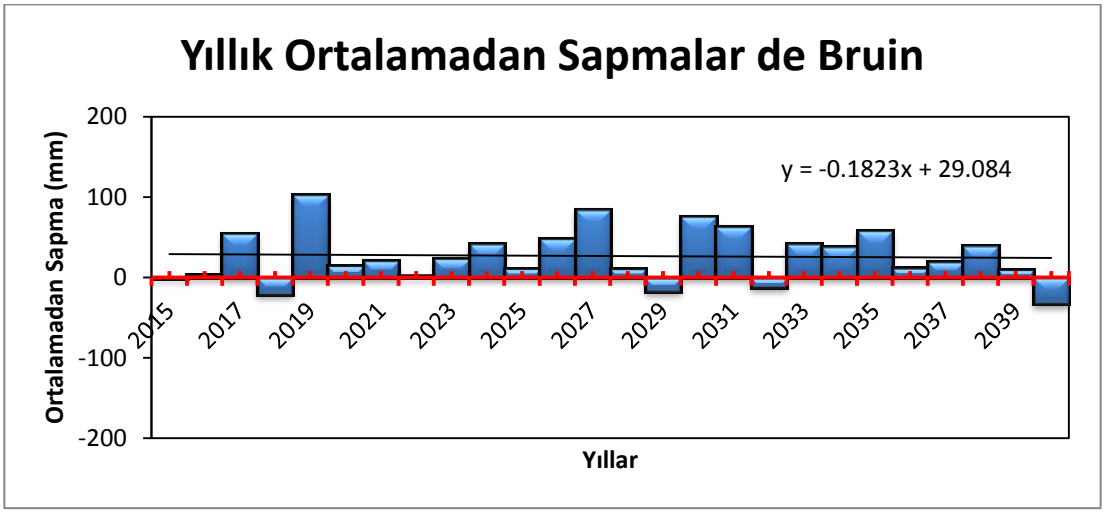


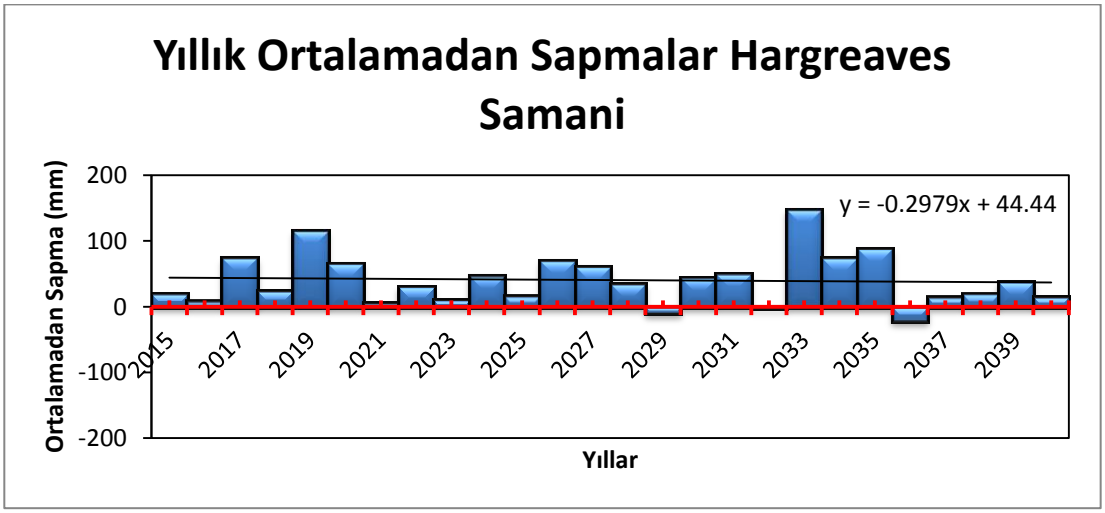




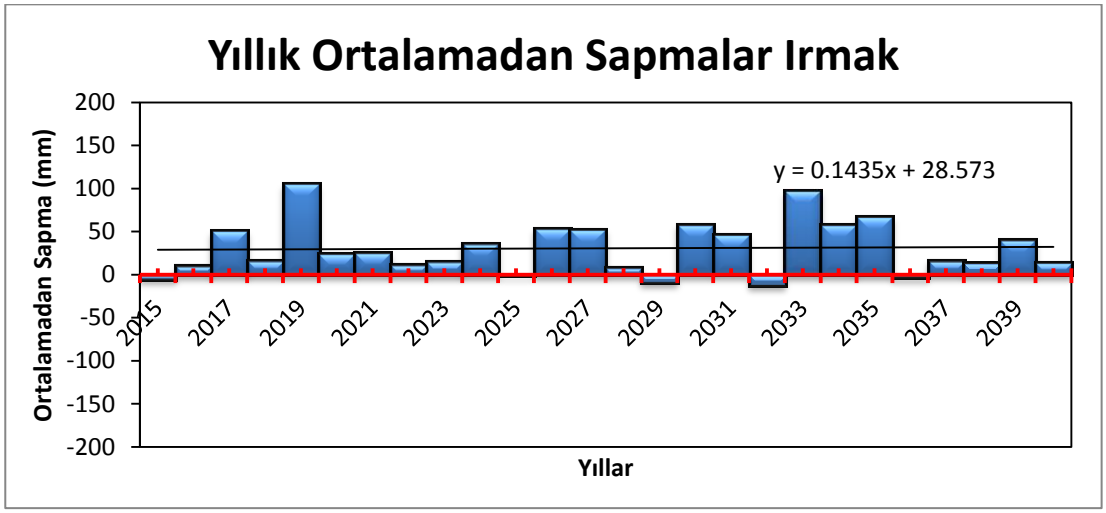
Şekil G.3 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Kırklareli.

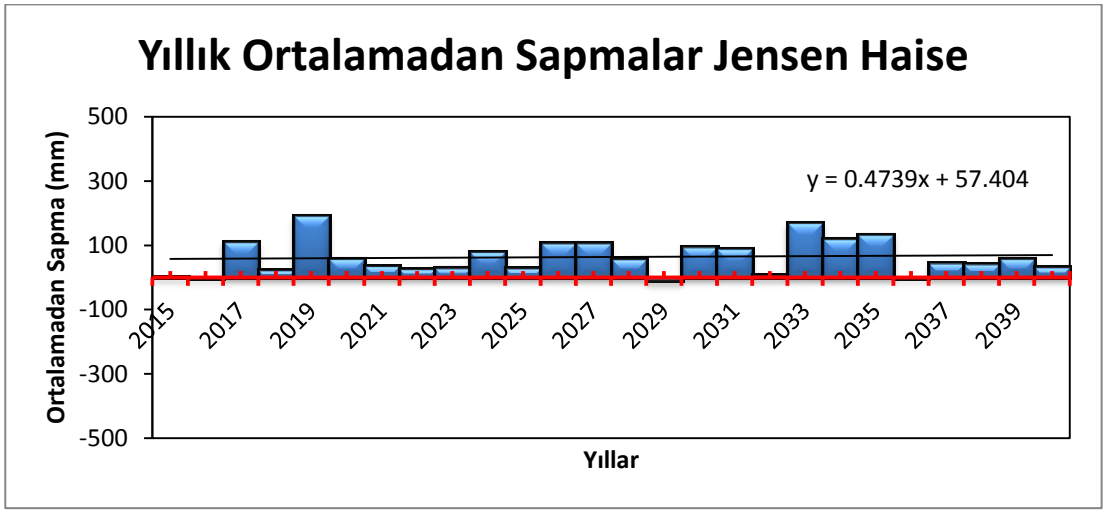


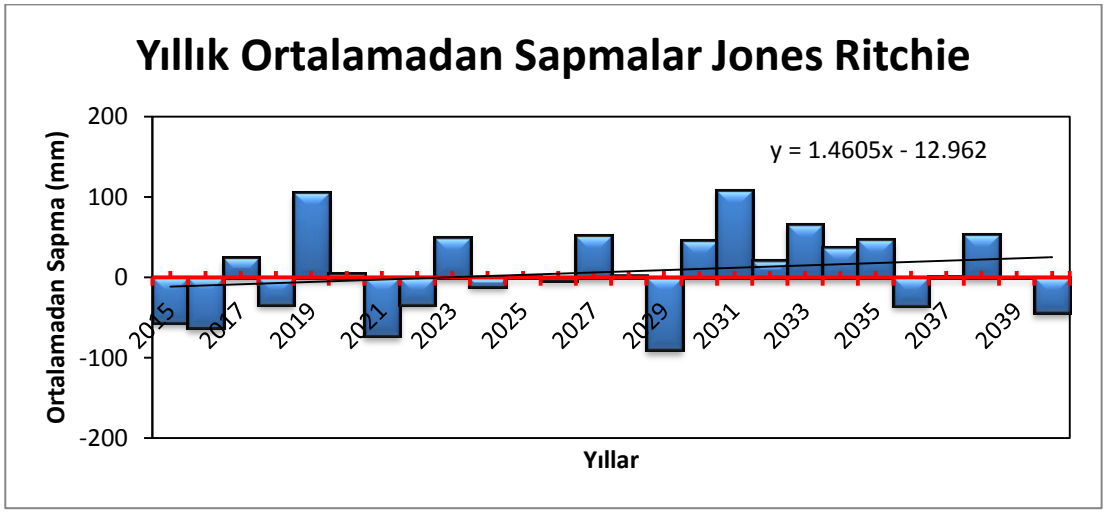




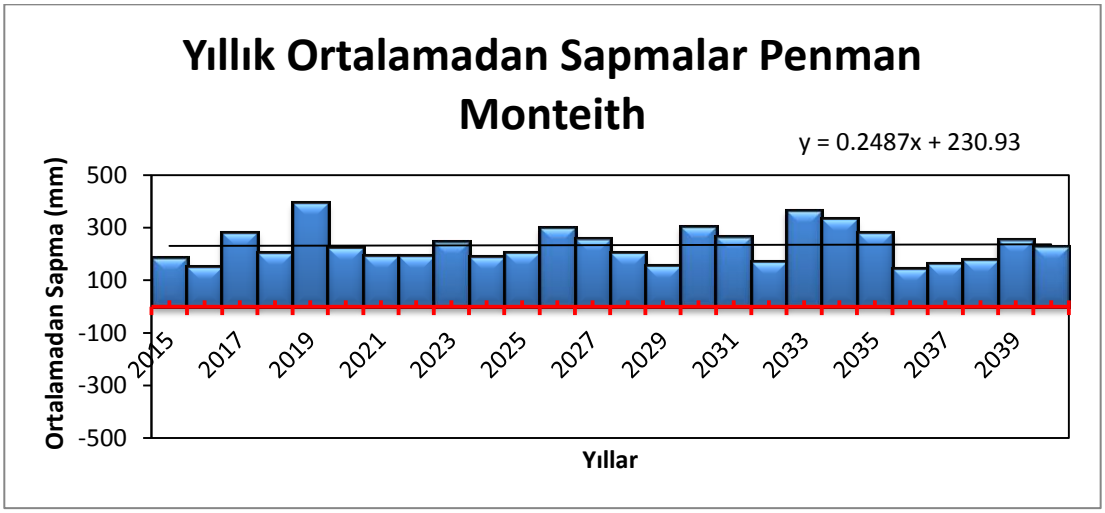
Şekil G.3 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Kırklareli.

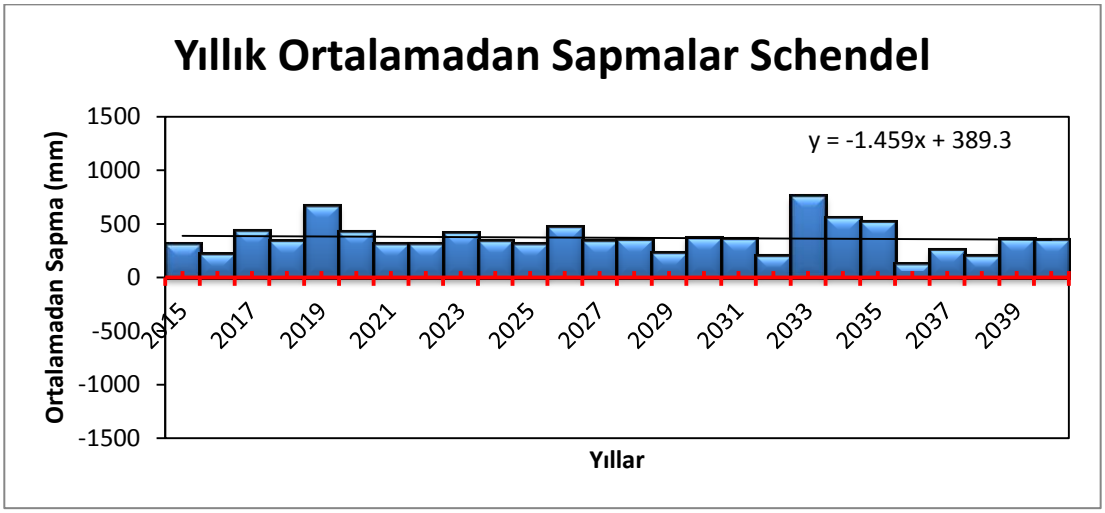


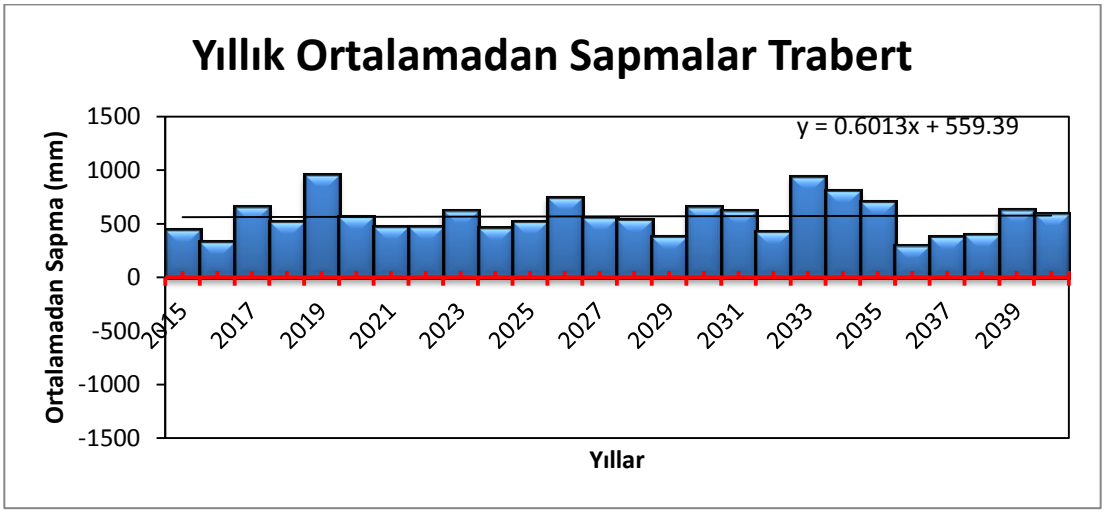




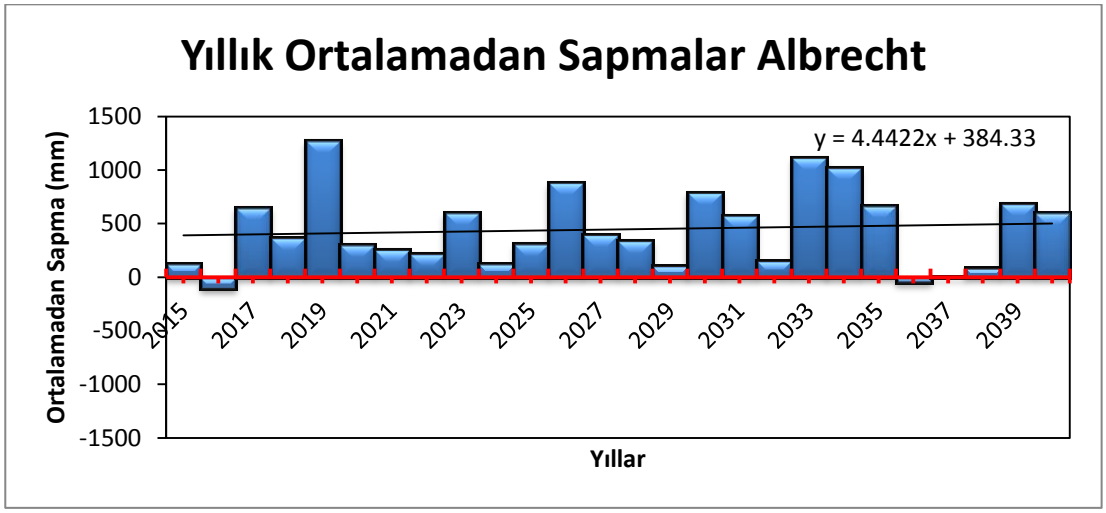
Şekil G.3 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Kırklareli.

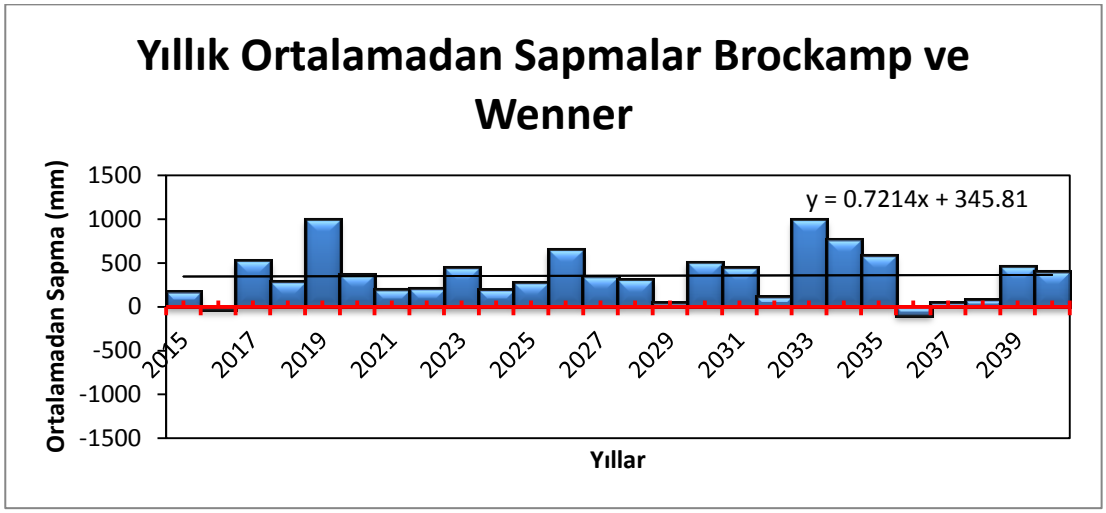


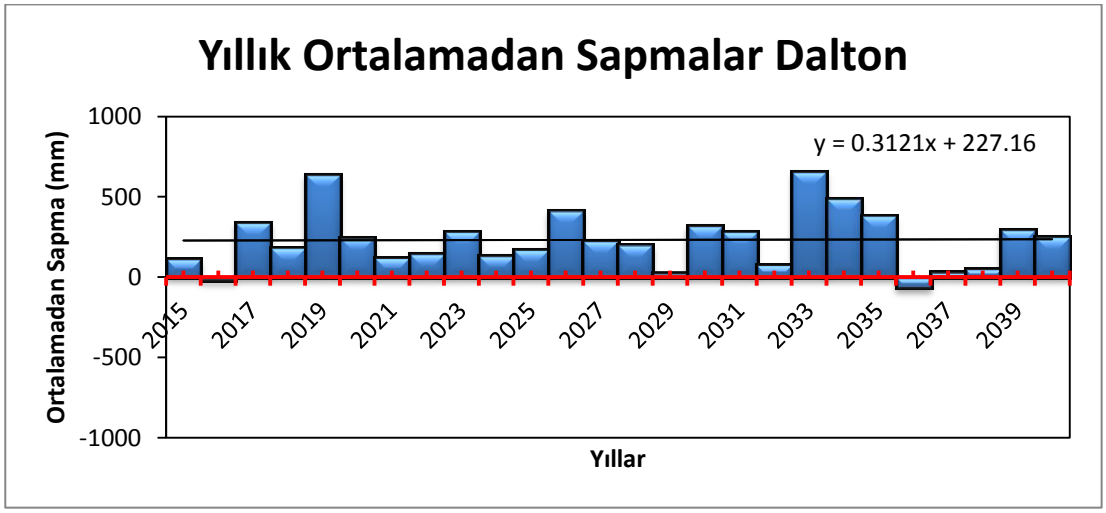




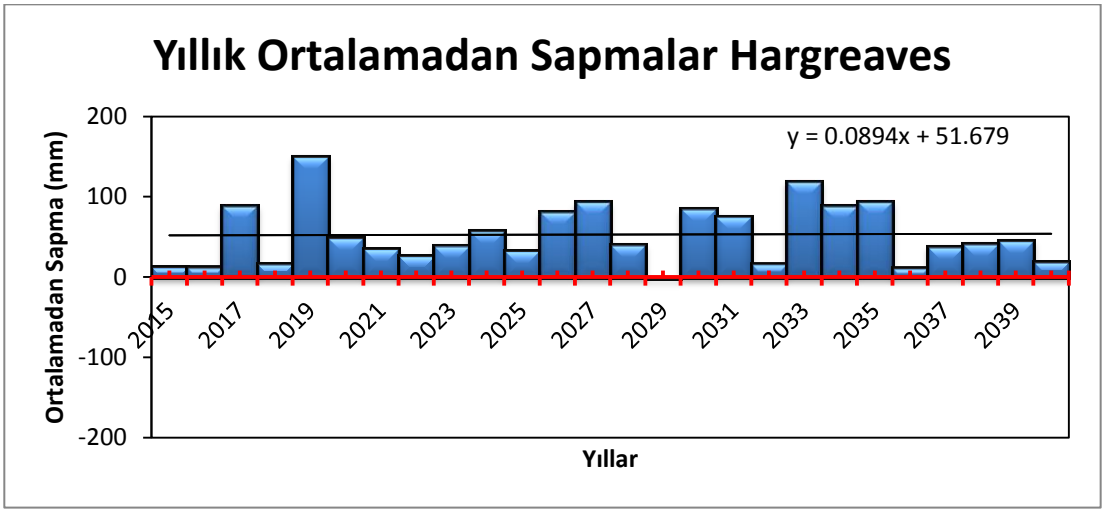
Şekil G.3 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Kırklareli.

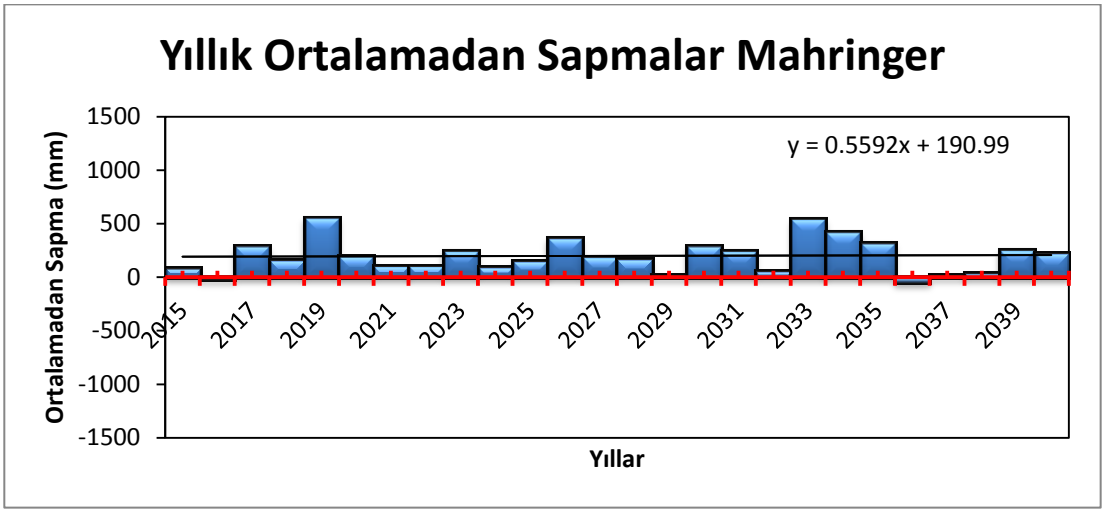


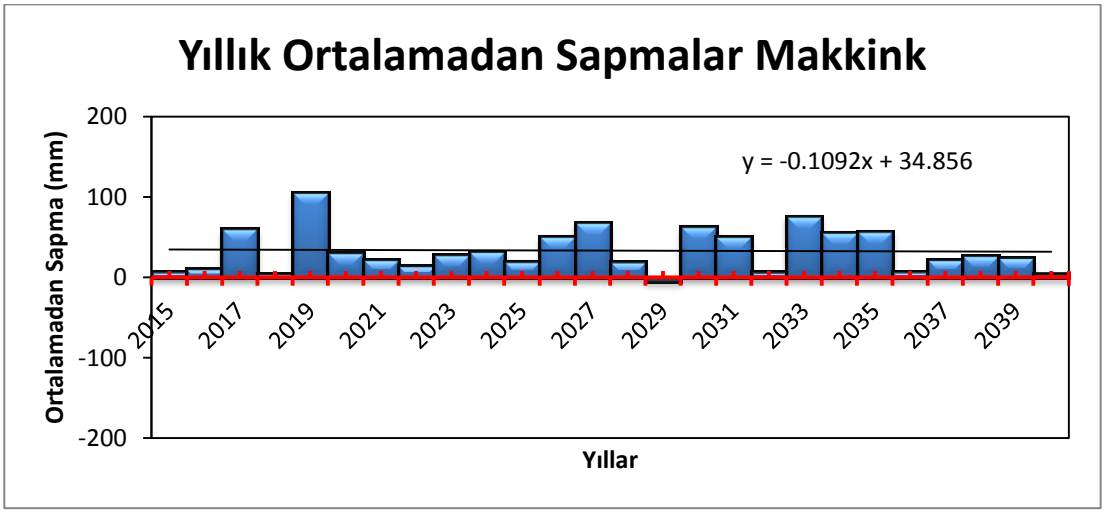




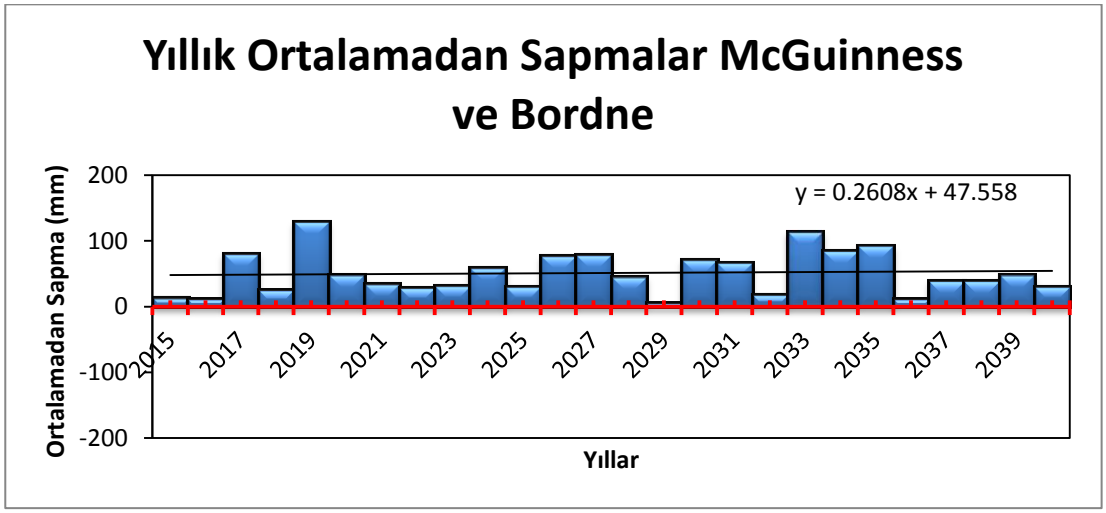
Şekil G.4 : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Kırklareli.

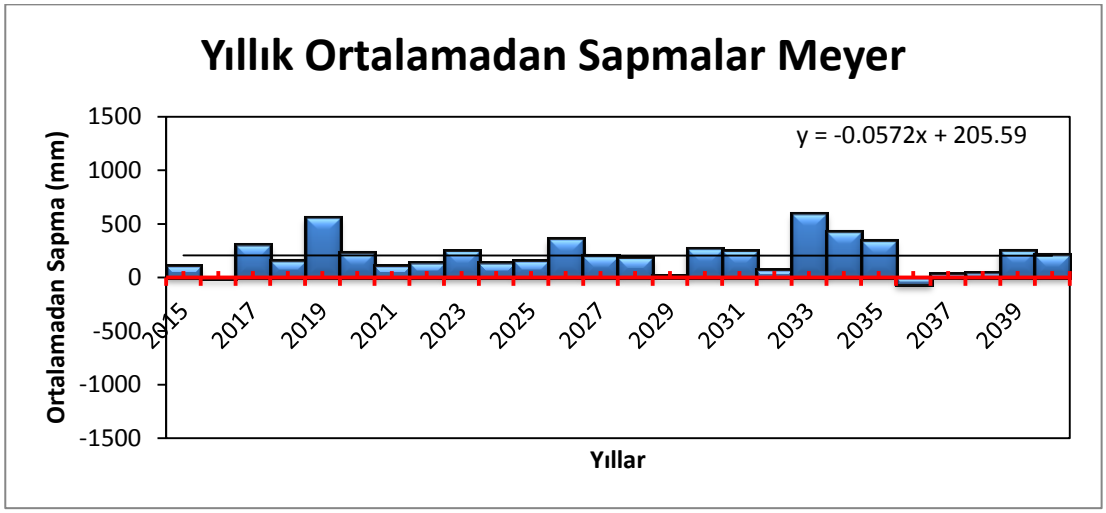


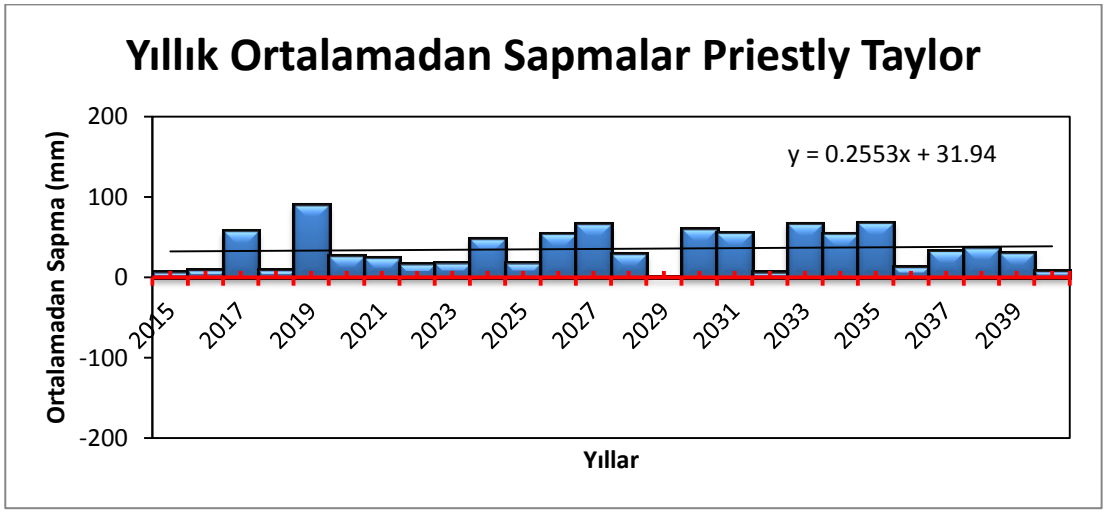




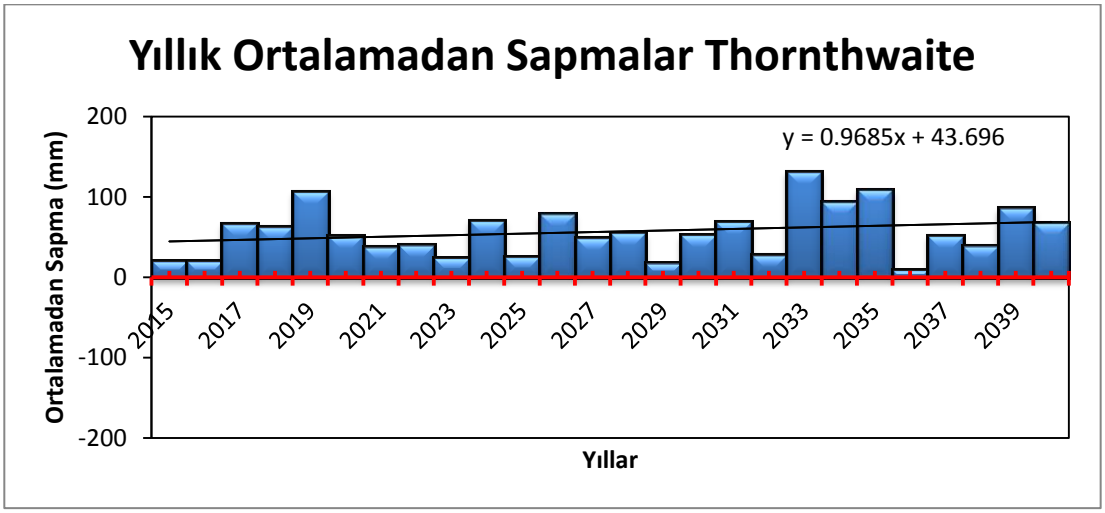
Şekil G.4 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Kırklareli.

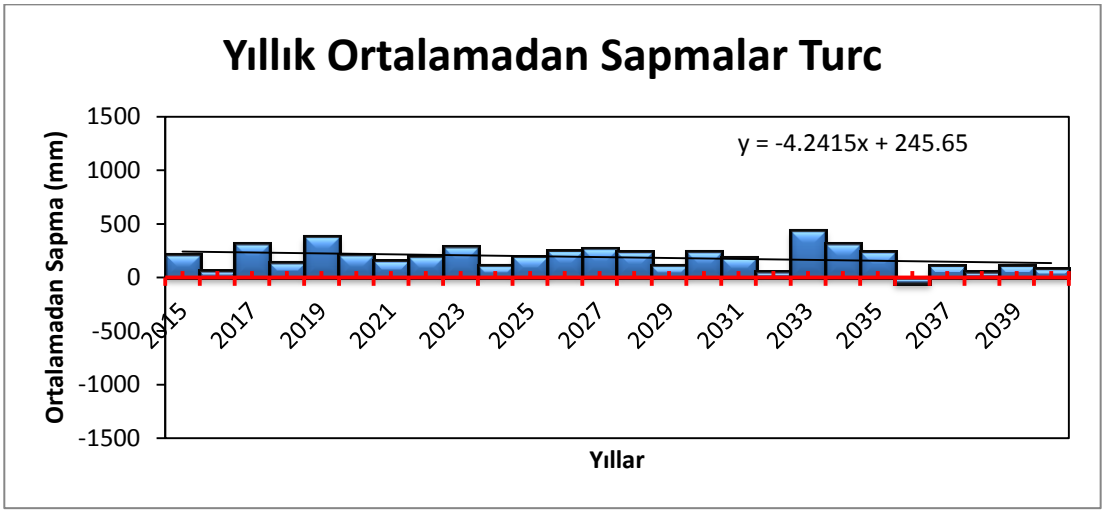


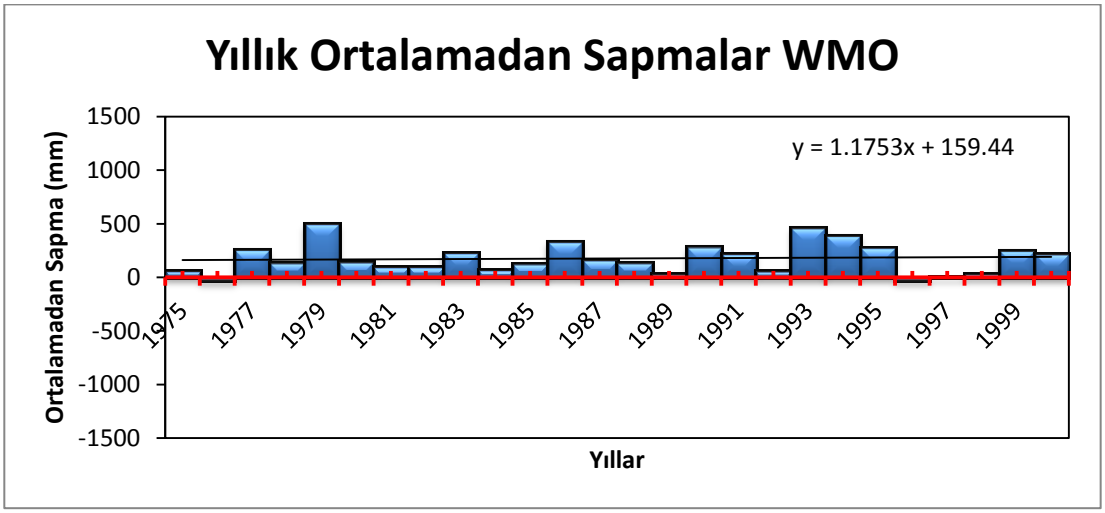




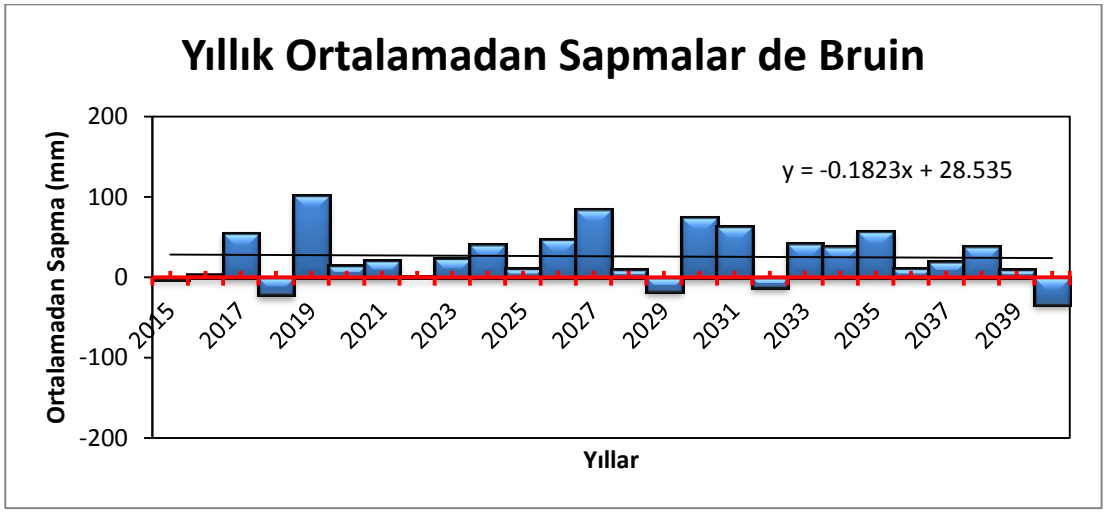
Şekil G.4 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Kırklareli.

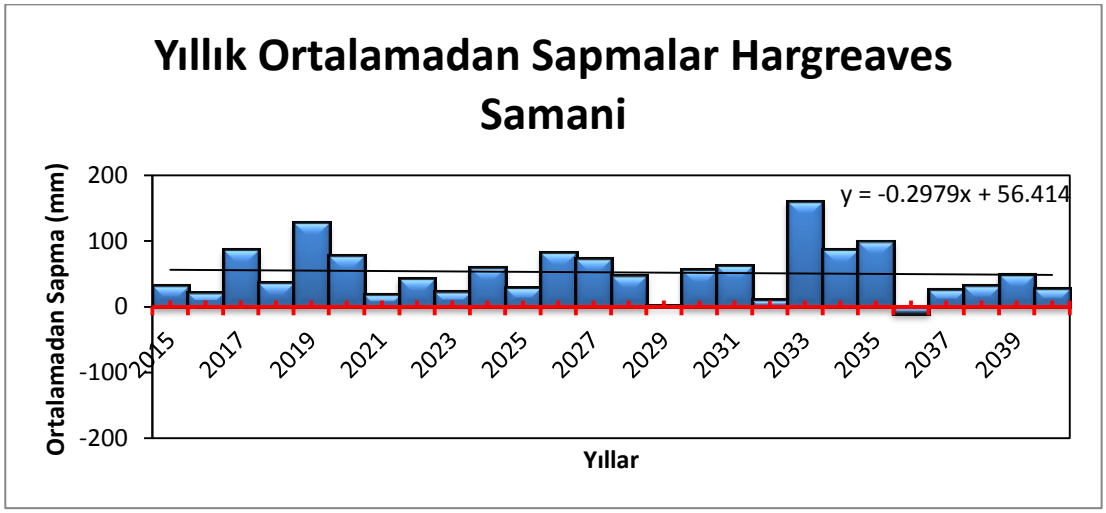


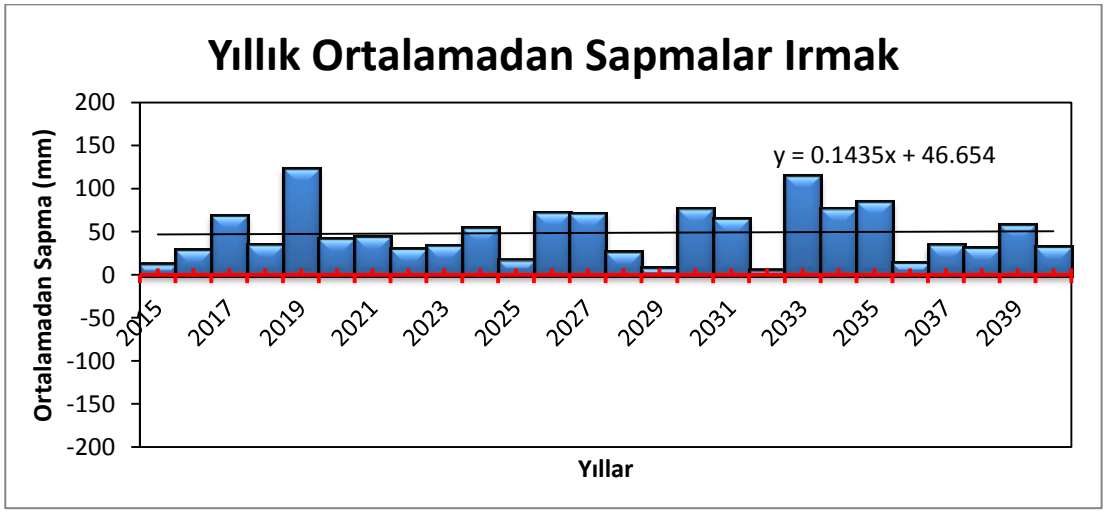




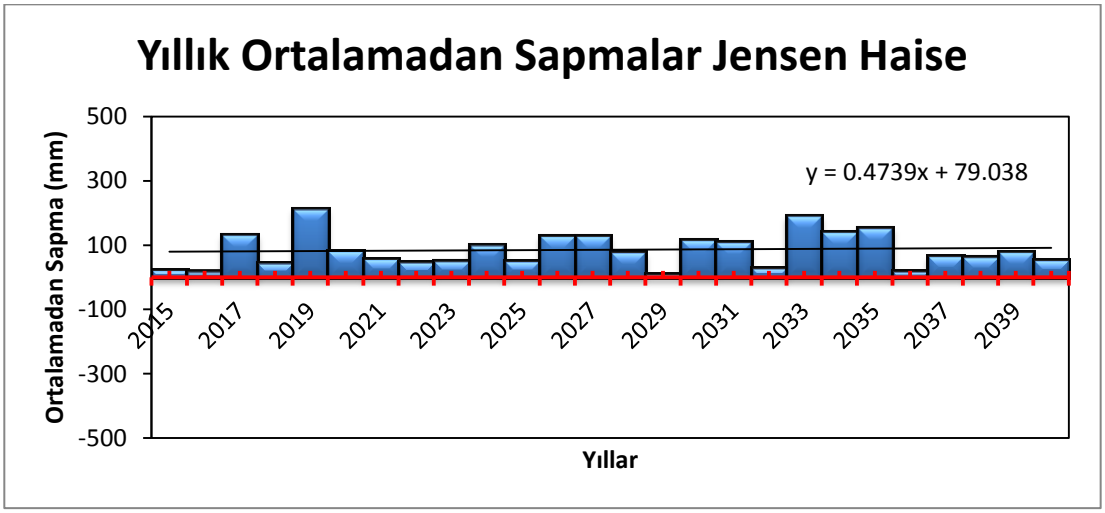
Şekil G.4 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Kırklareli.

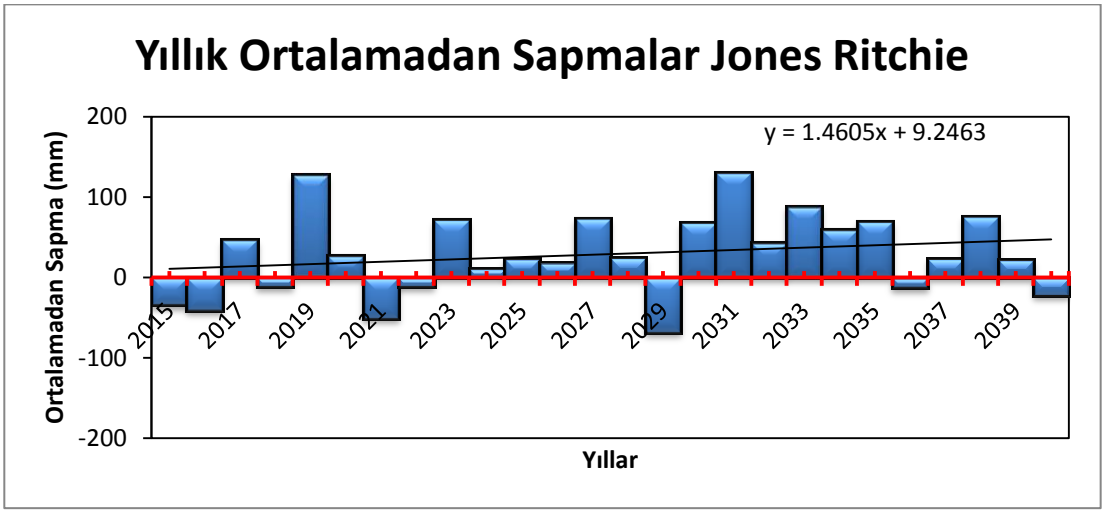


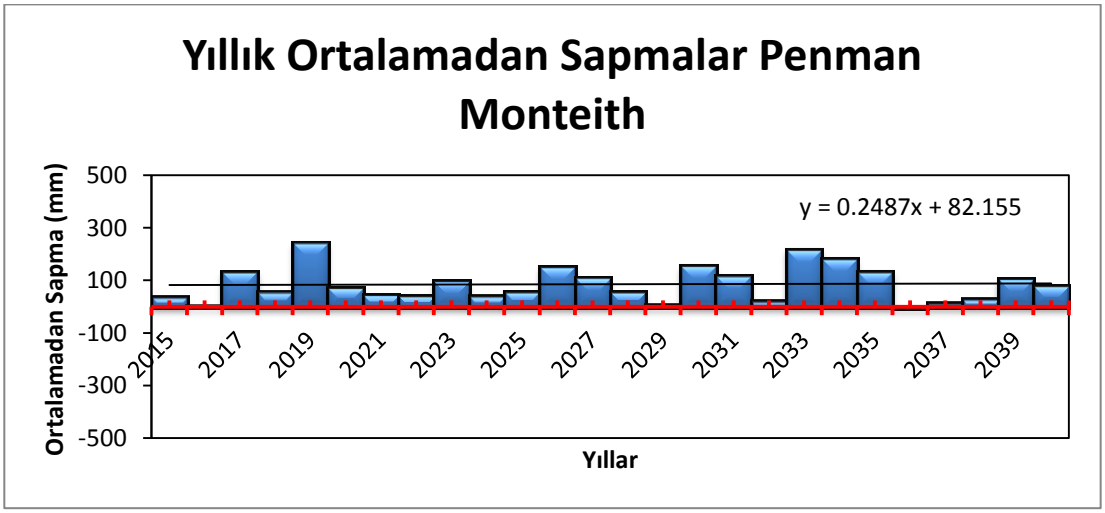




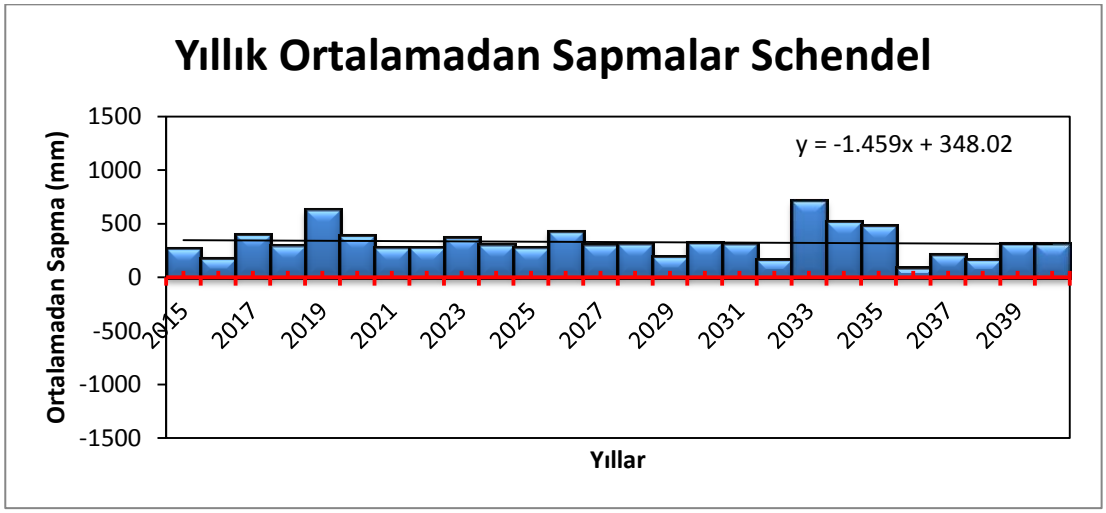
Şekil G.4 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Kırklareli.

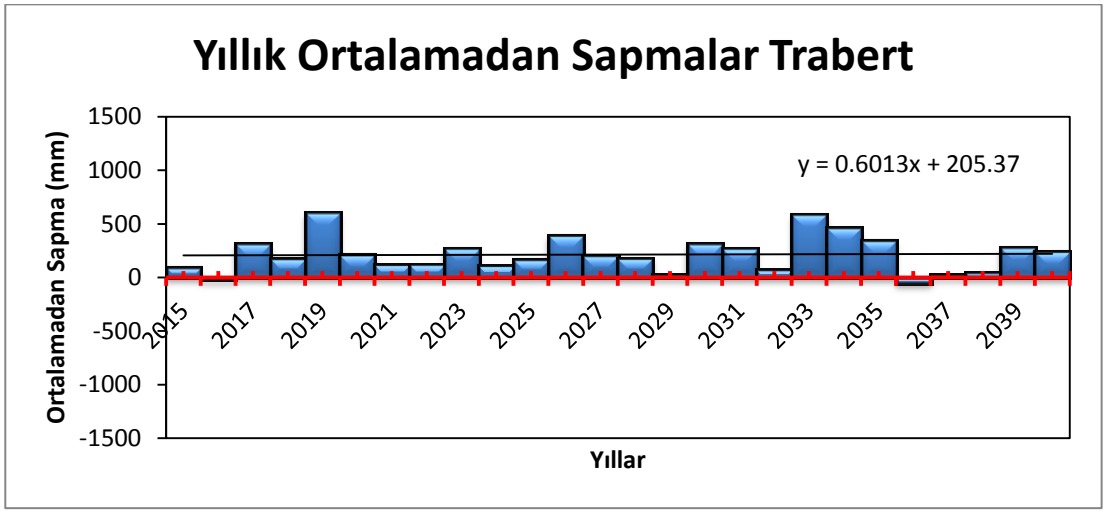




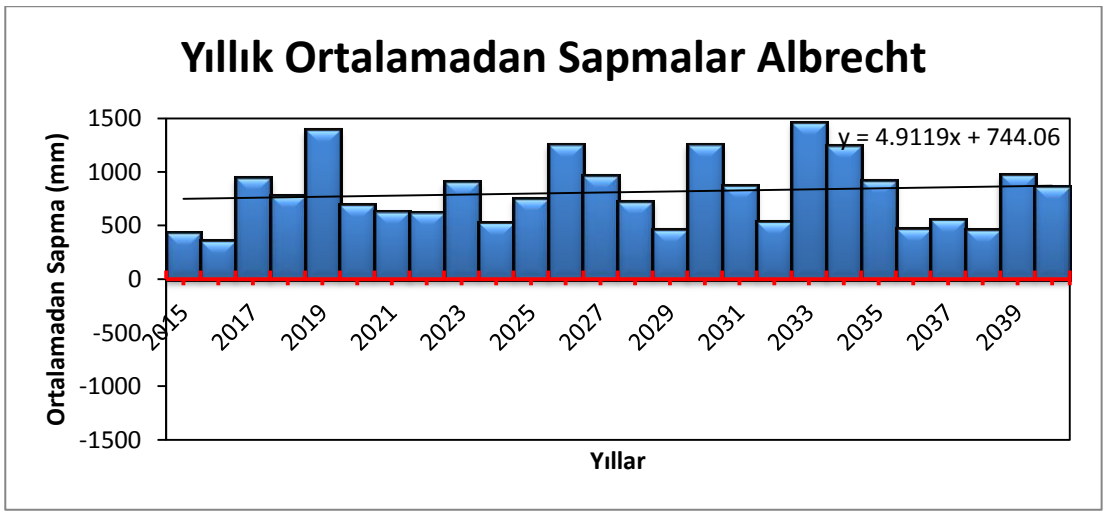


Şekil G.4 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Kırklareli.

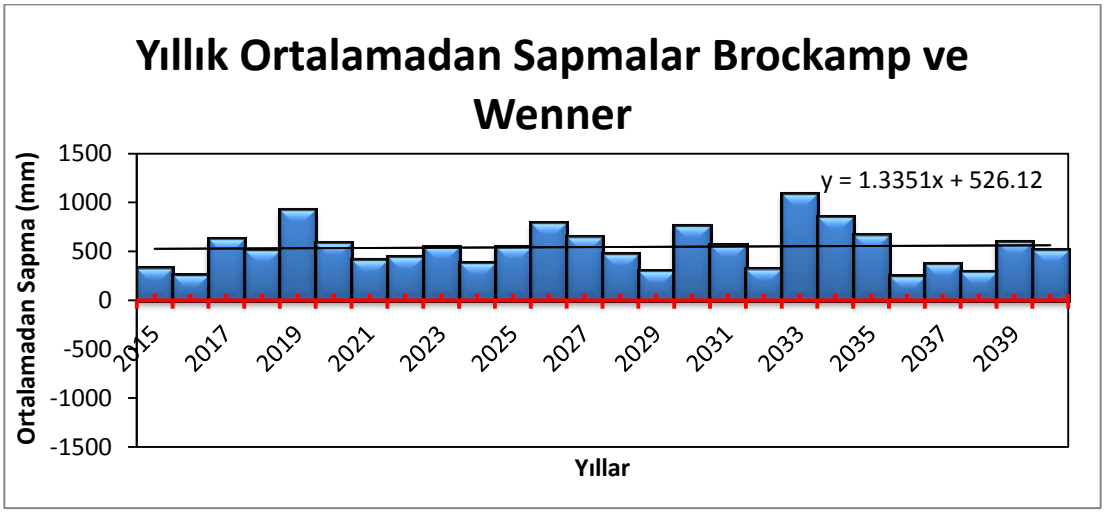


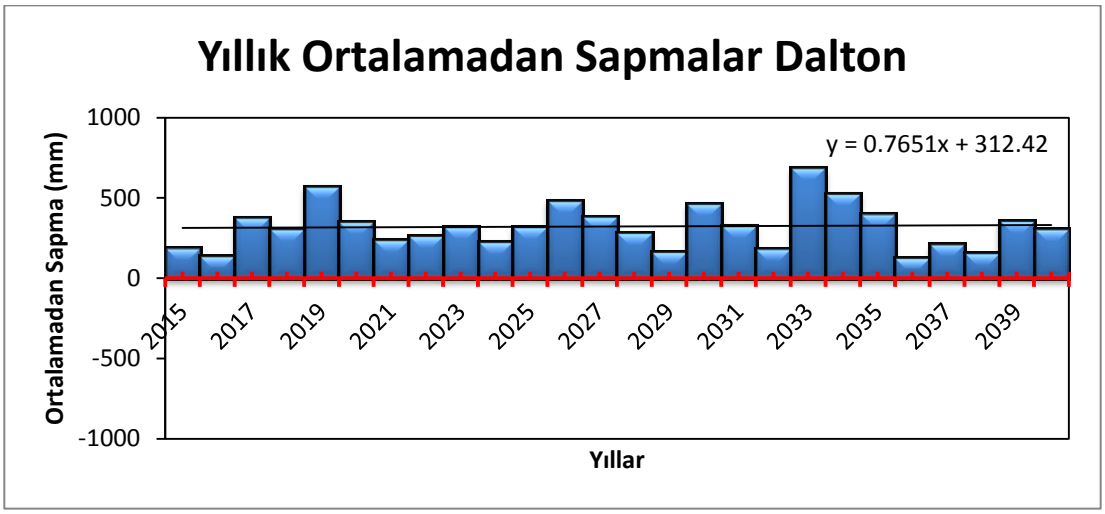


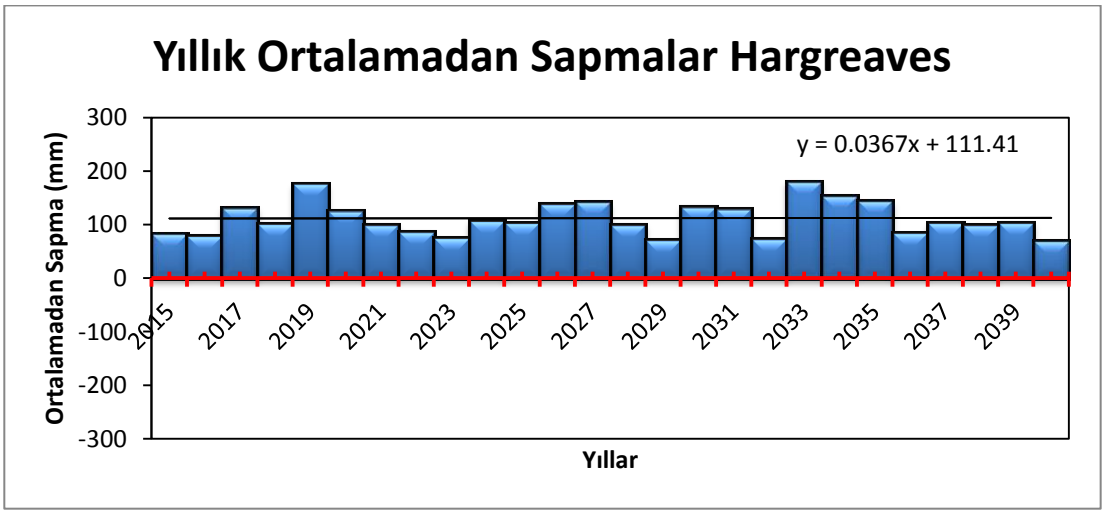
Şekil G.4 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Kırklareli.



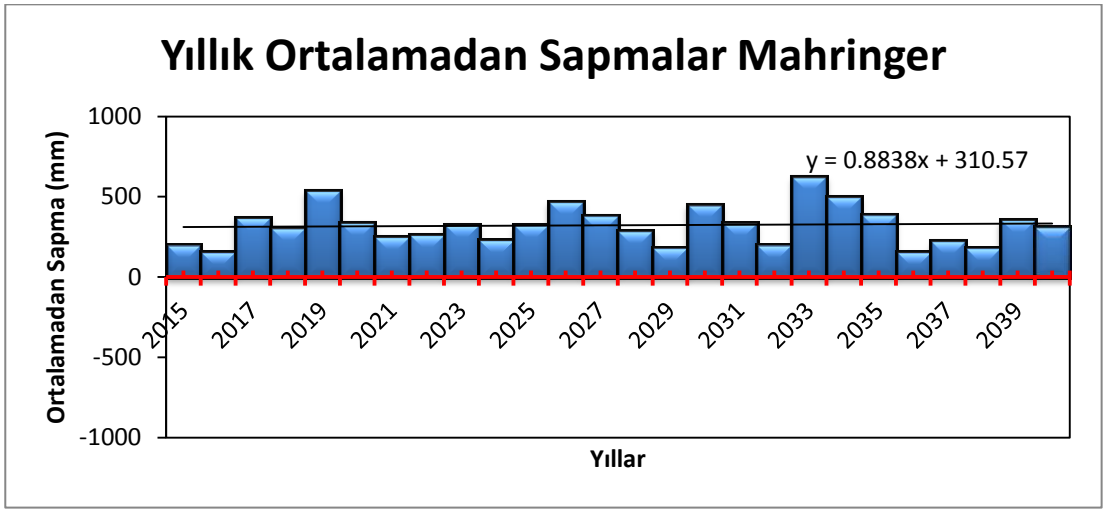
Şekil G.5 : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Tekirdağ.

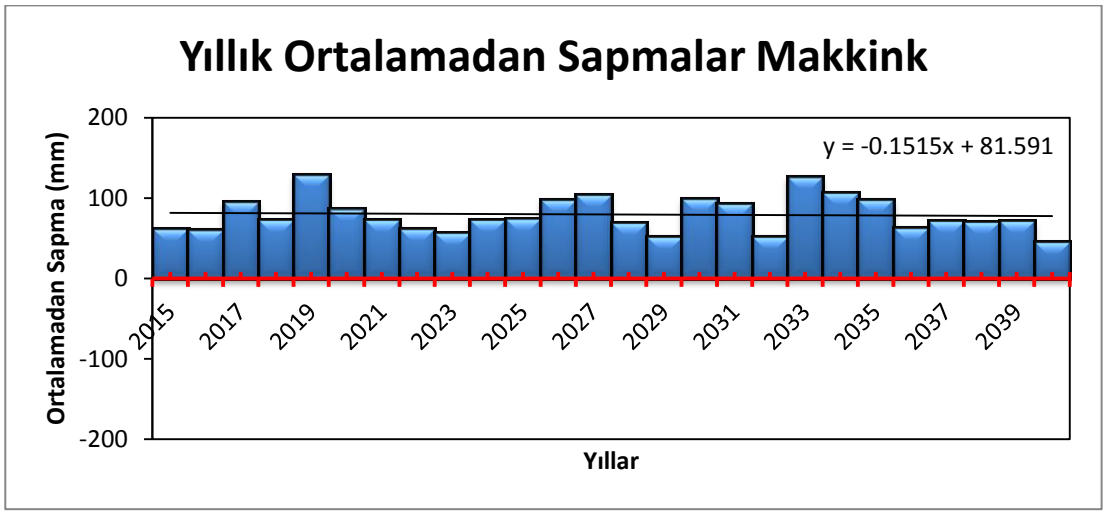


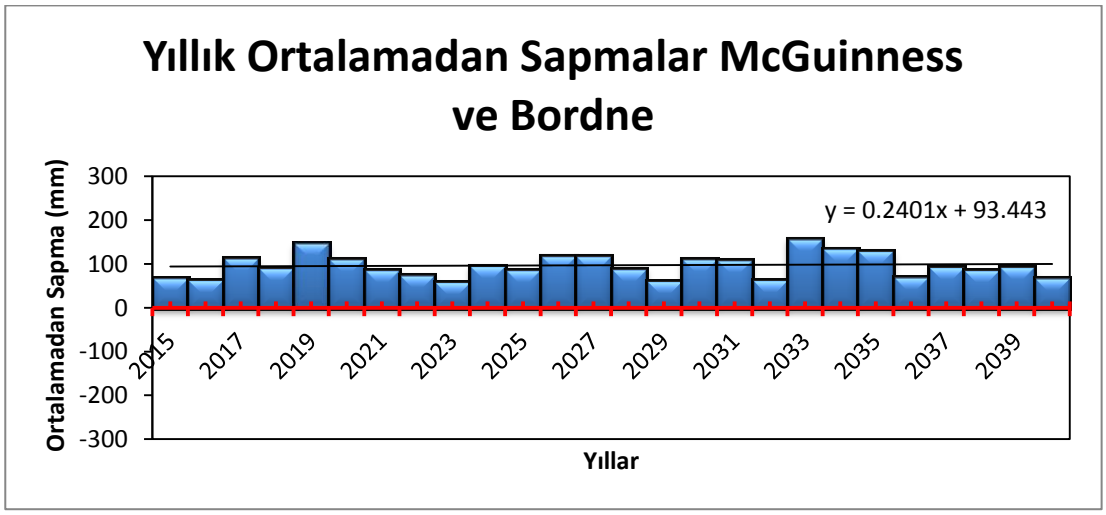




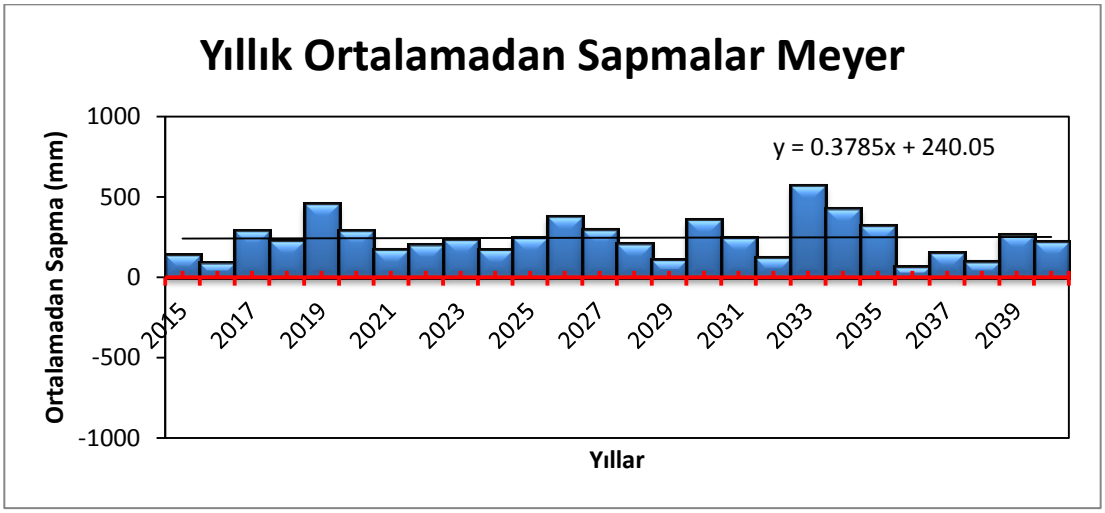
Şekil G.5 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Tekirdağ.

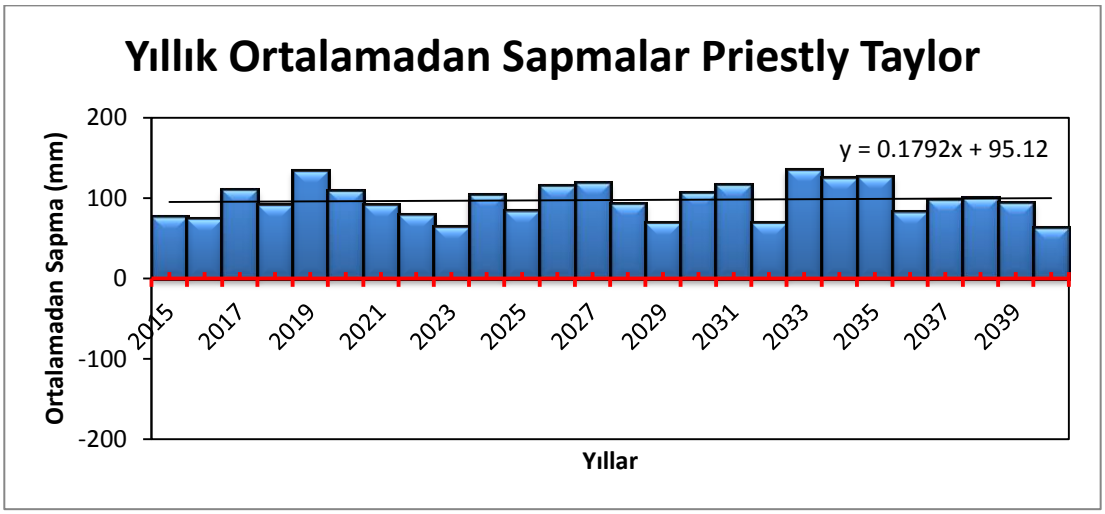


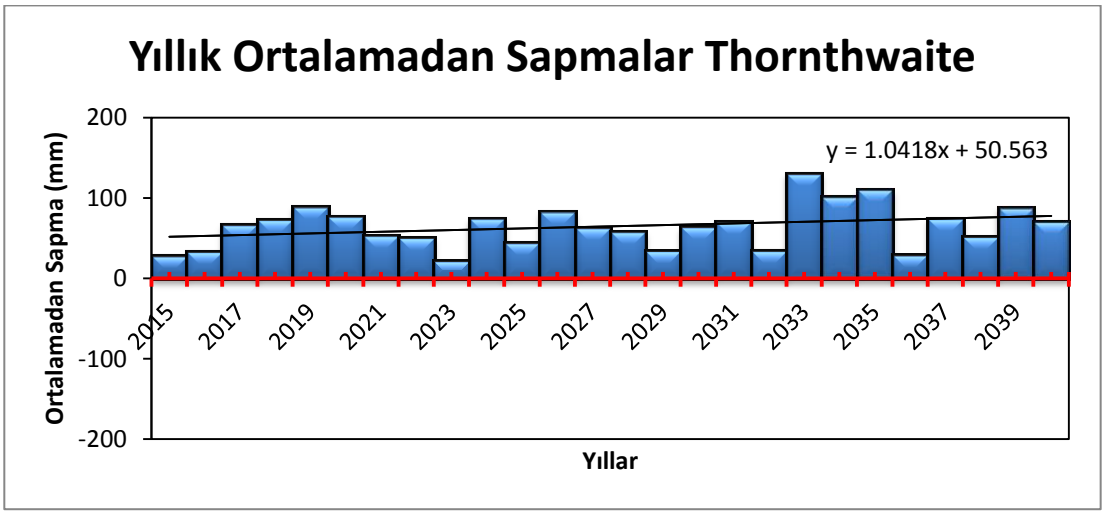




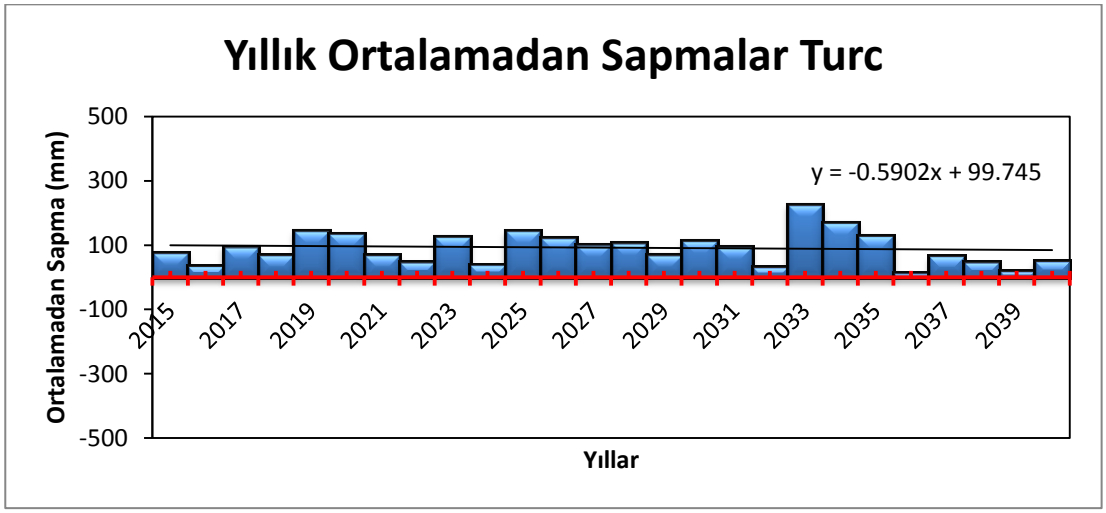
Şekil G.5 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Tekirdağ.

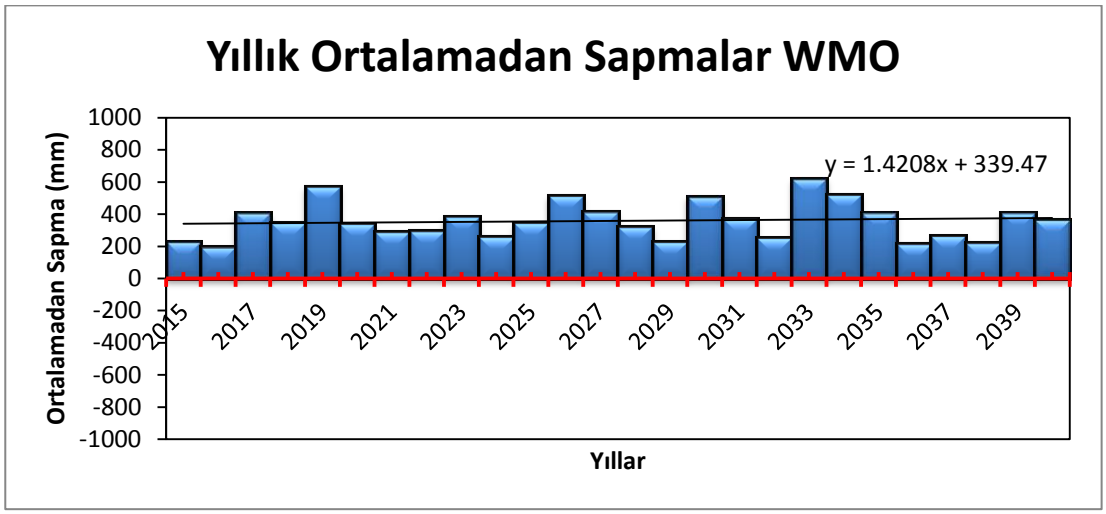


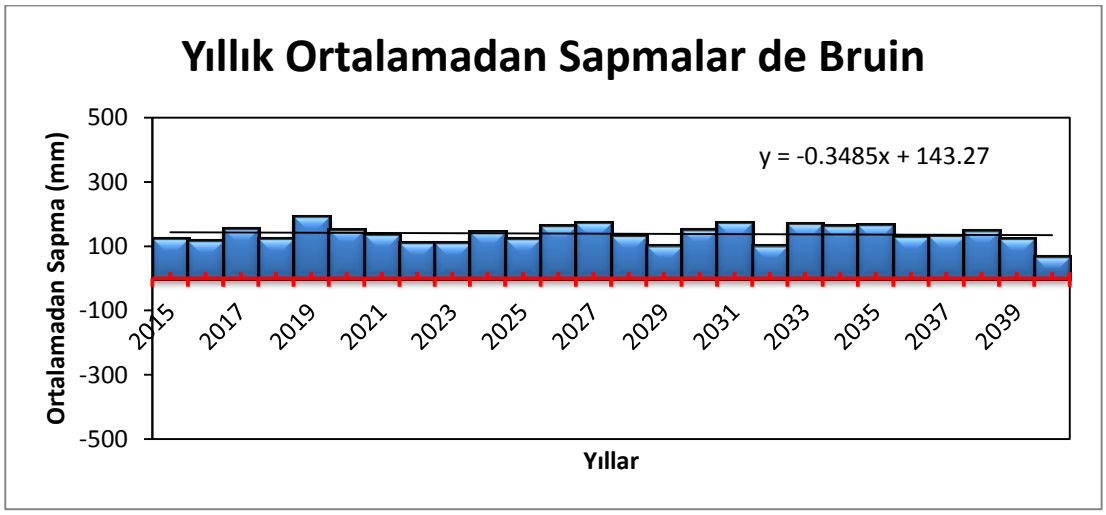




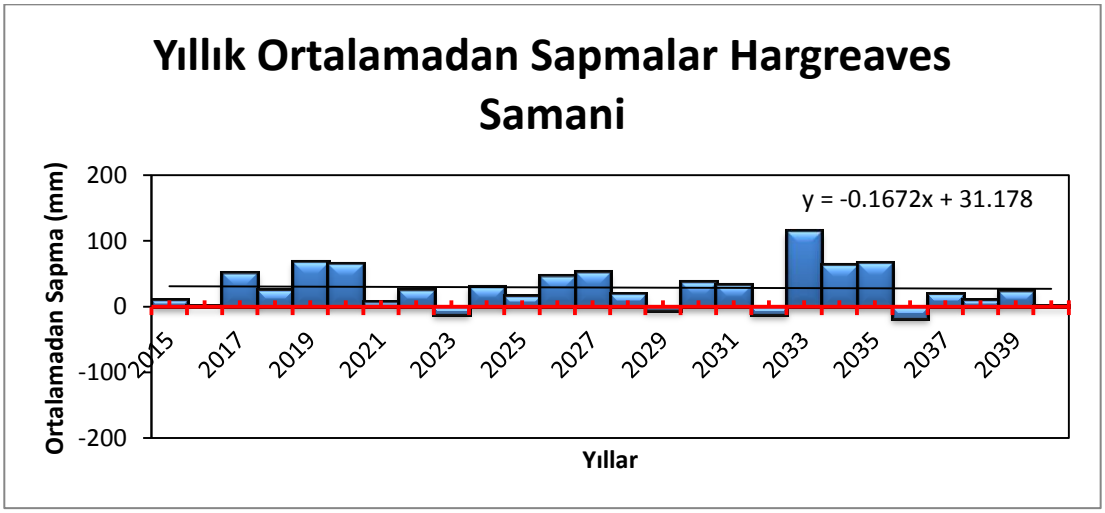
Şekil G.5 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Tekirdağ.

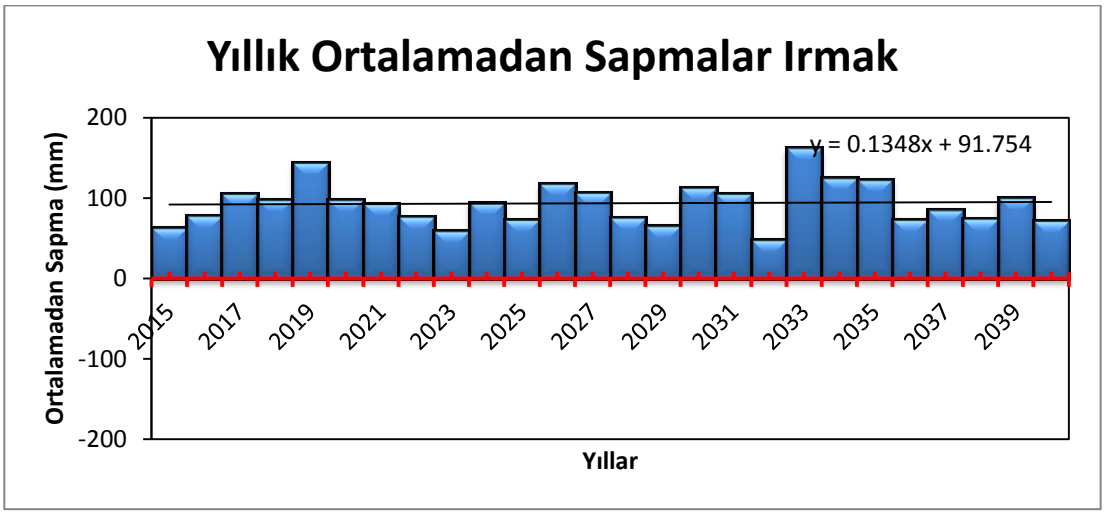


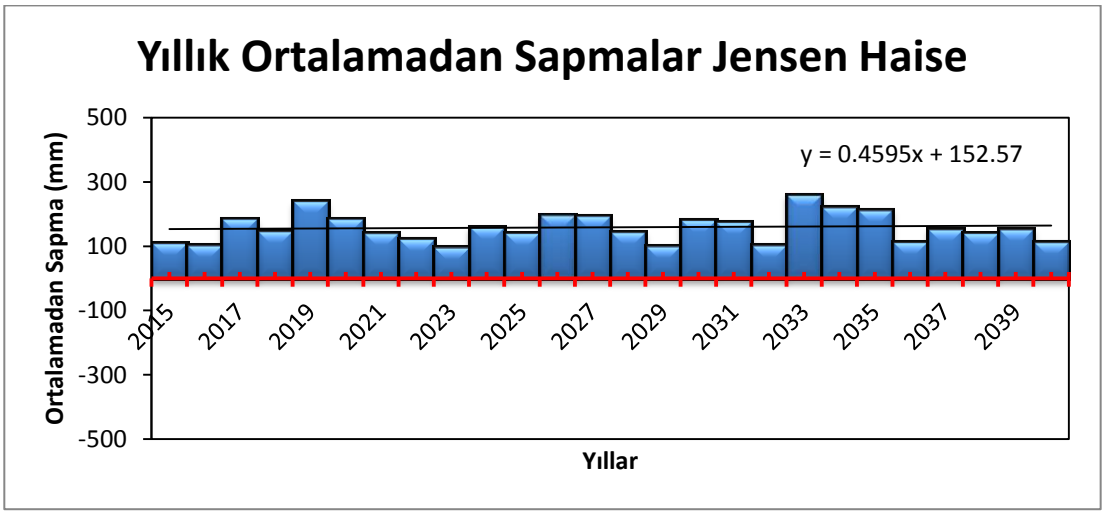




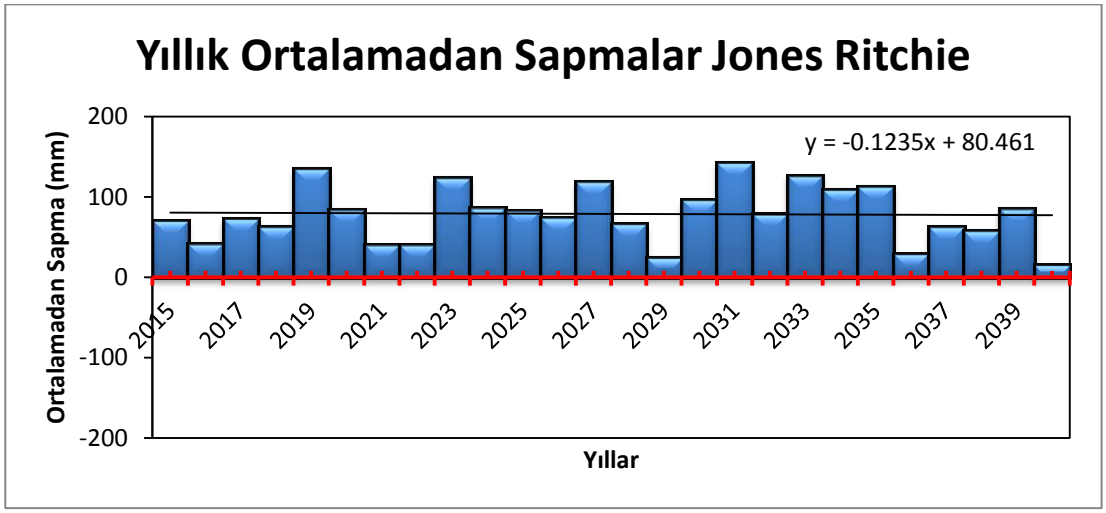
Şekil G.5 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Tekirdağ.

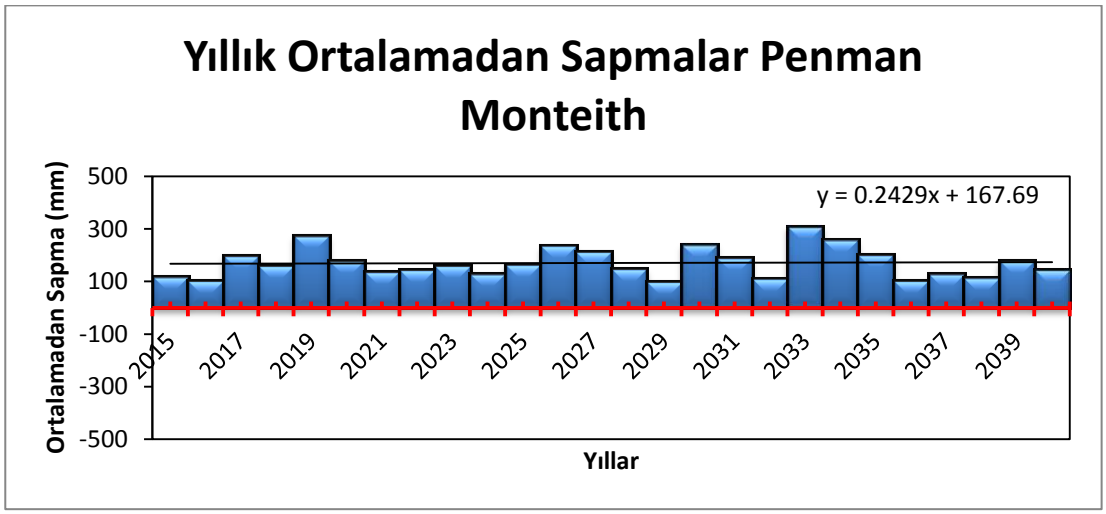


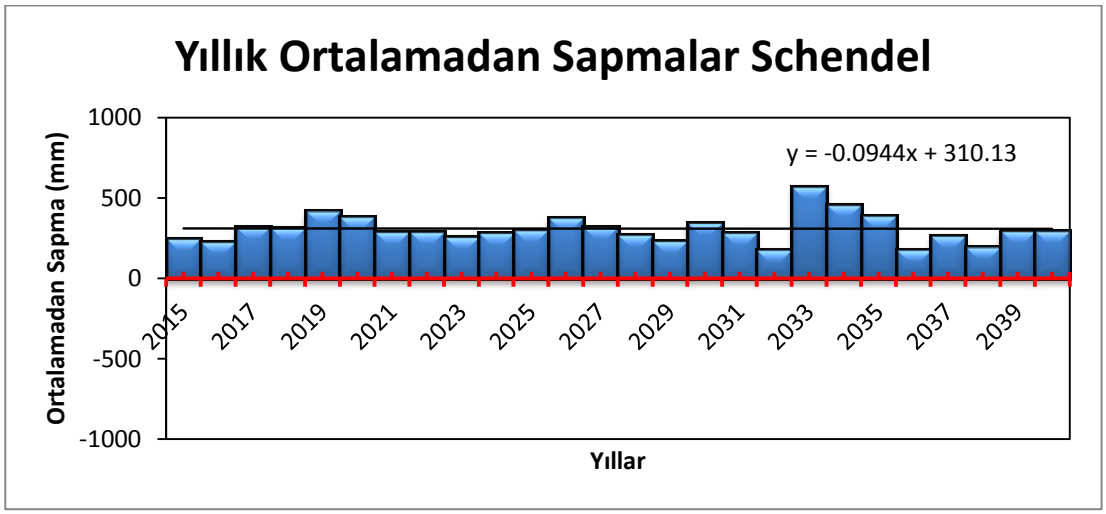




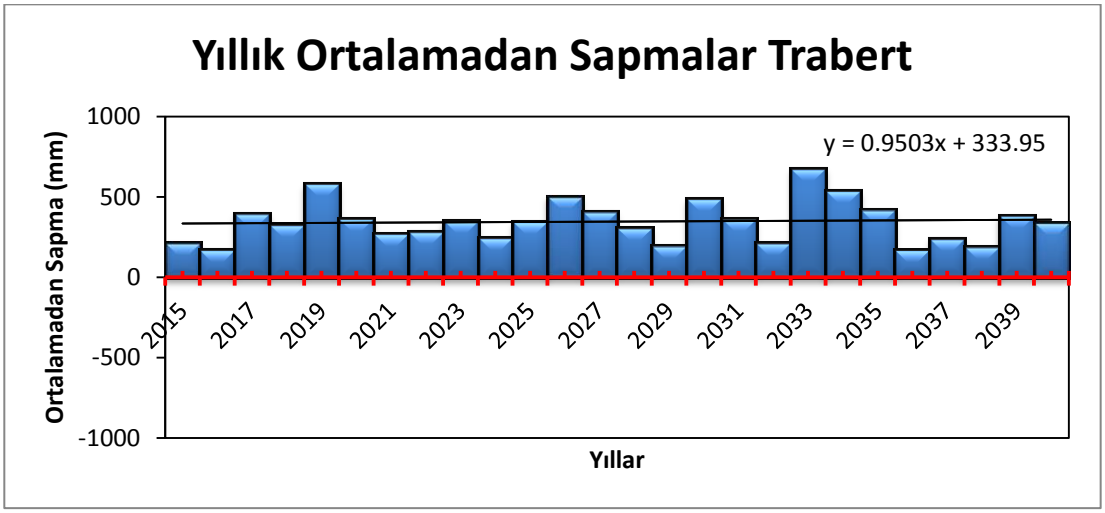
Şekil G.5 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Tekirdağ.



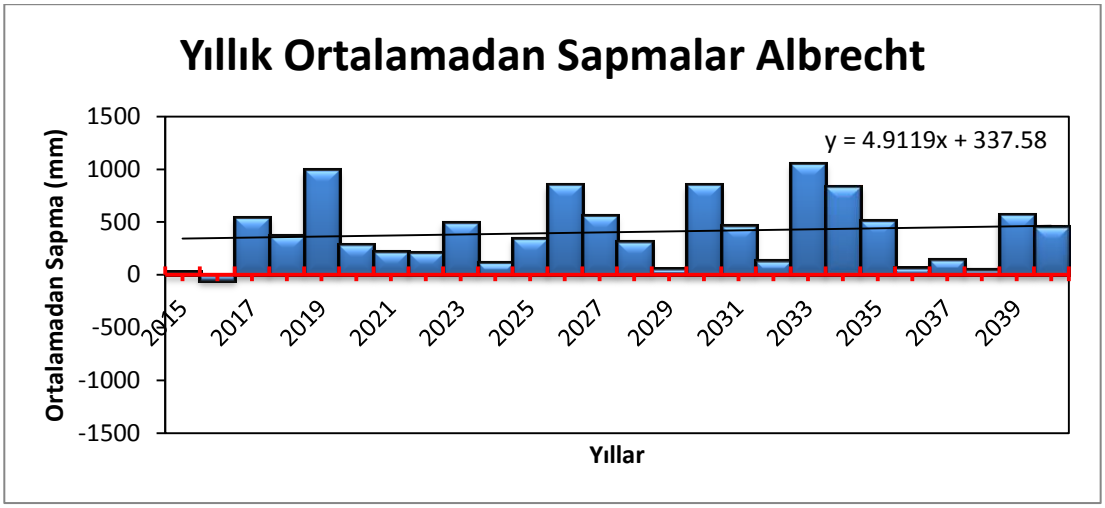


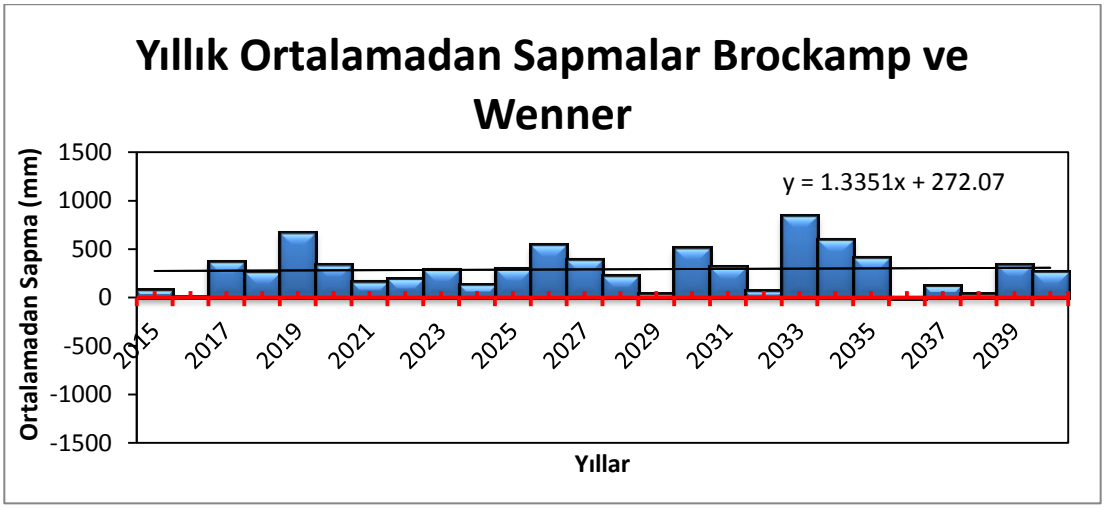


Şekil G.5 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Tekirdağ.

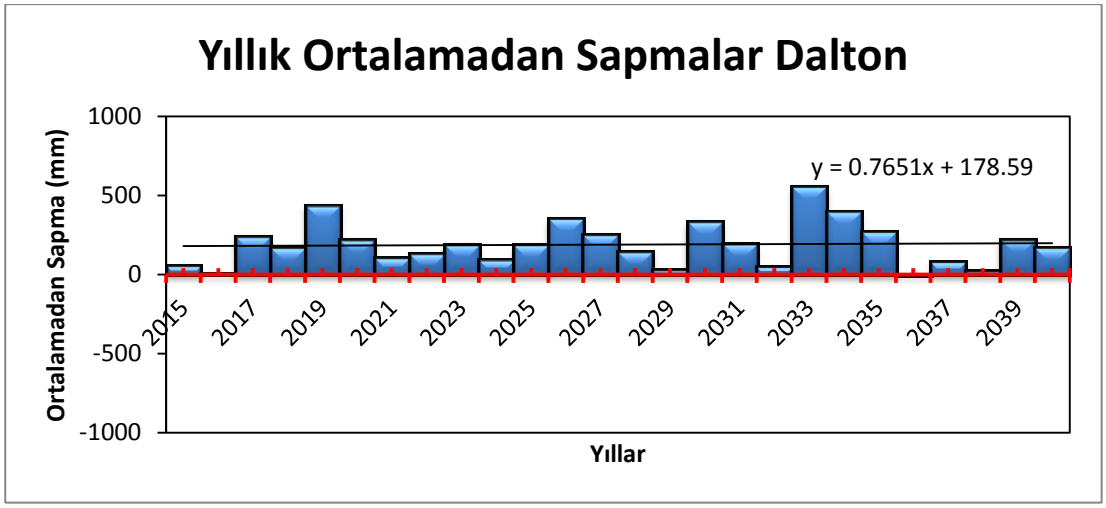


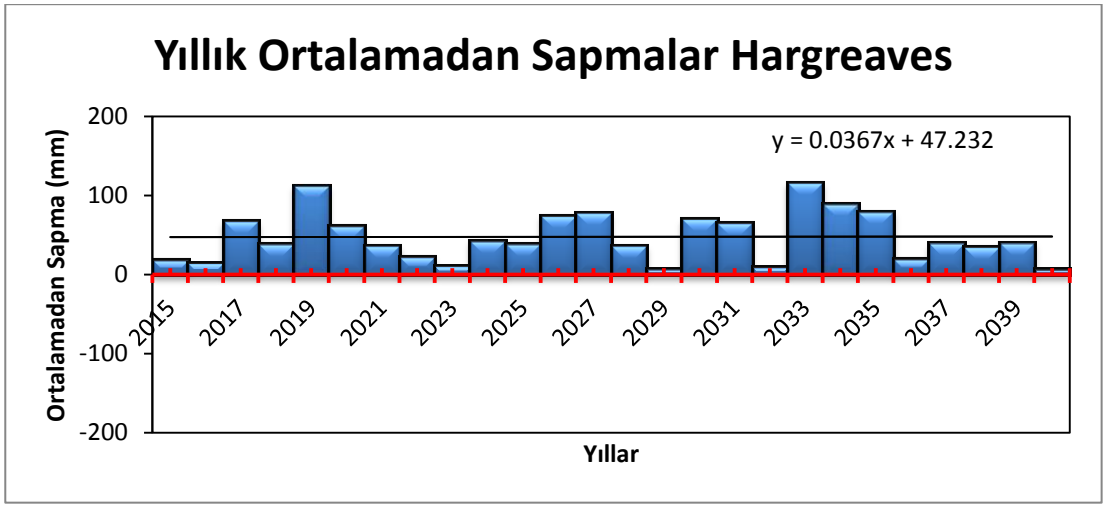
Şekil G.5 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 ist.) sapmalar: Tekirdağ.

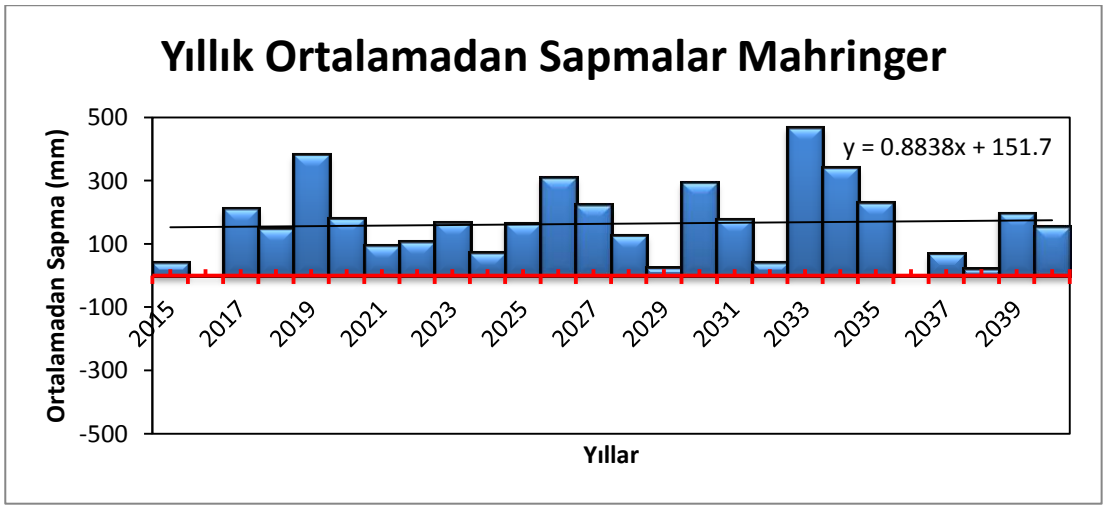




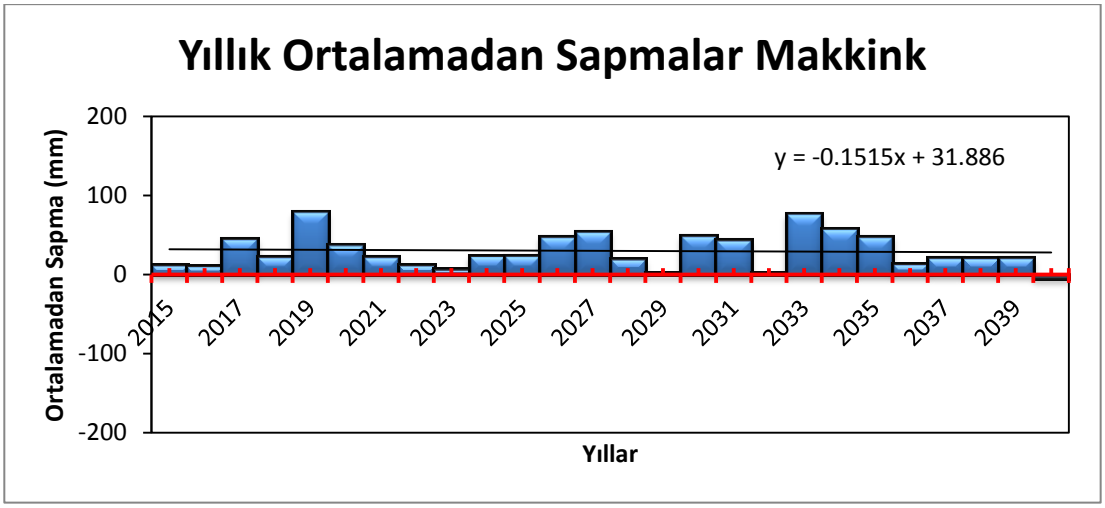
Şekil G.6 : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Tekirdağ.

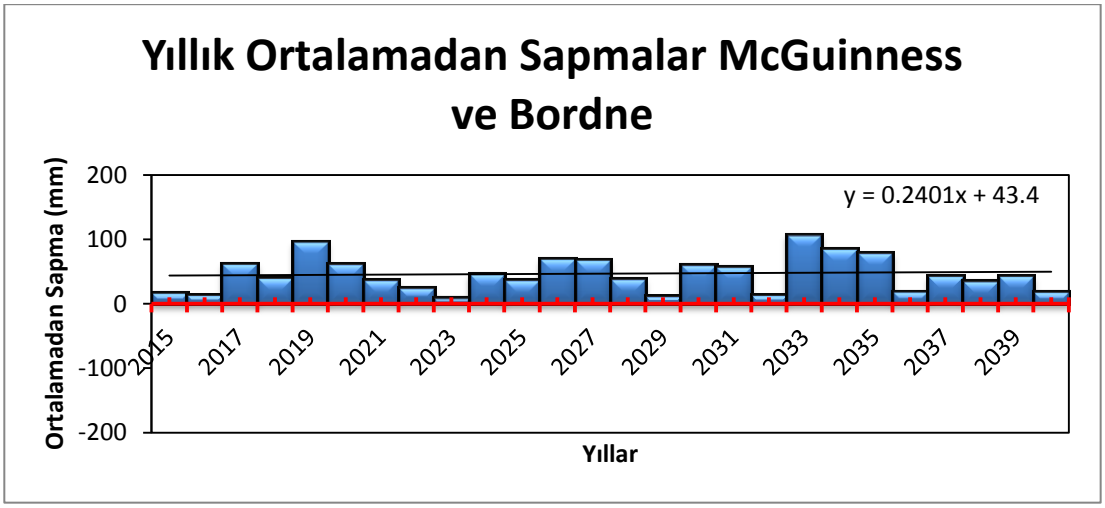


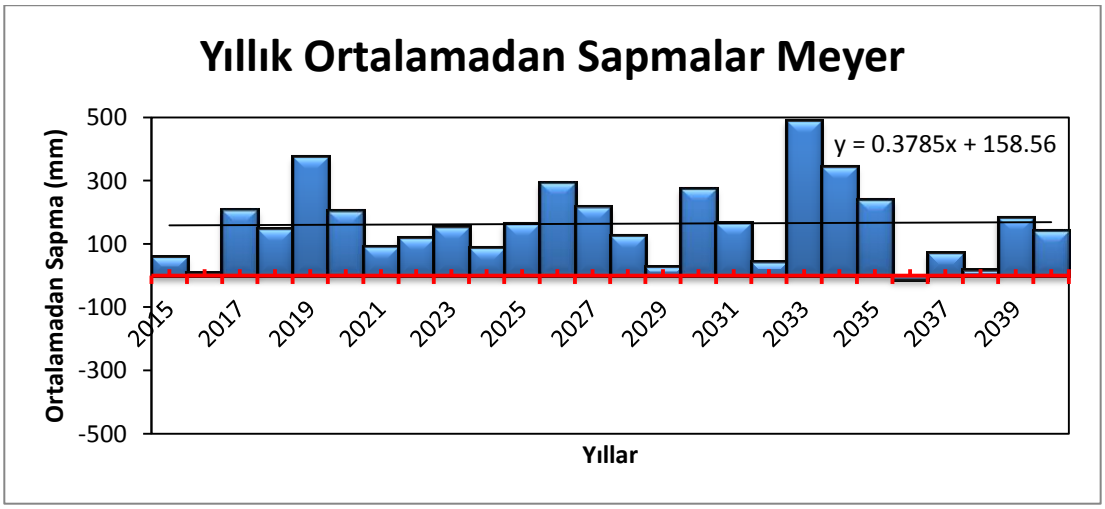




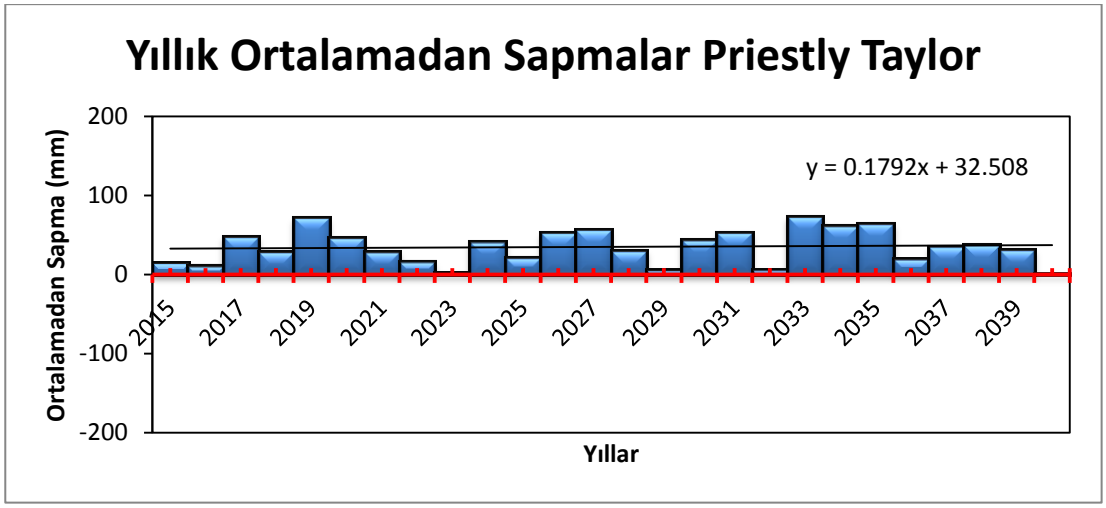
Şekil G.6 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Tekirdağ.

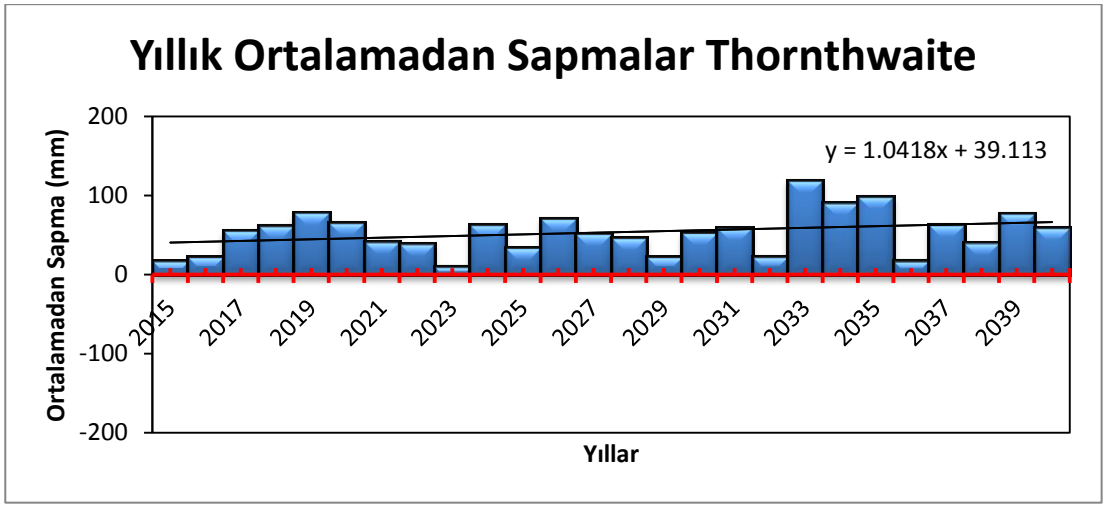


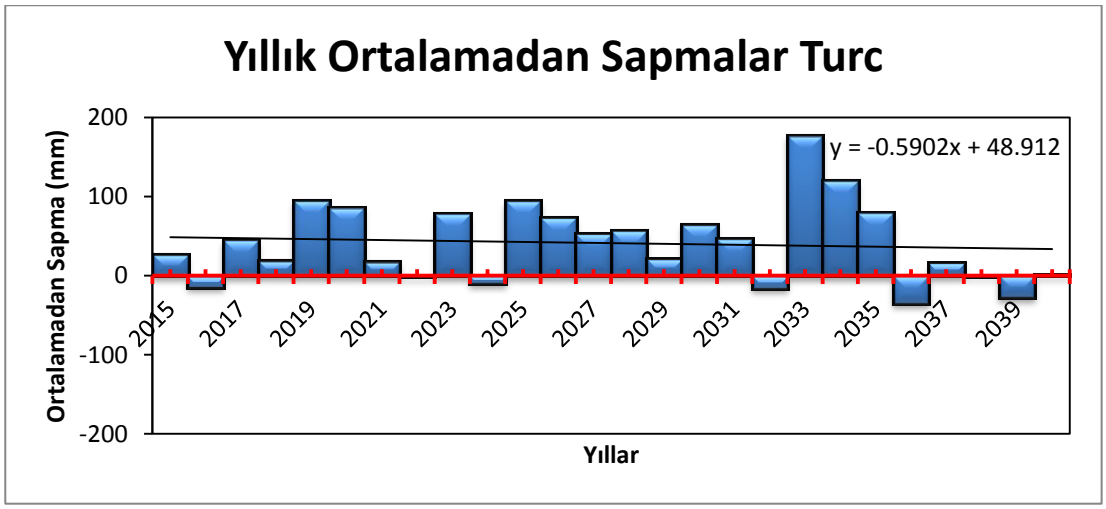




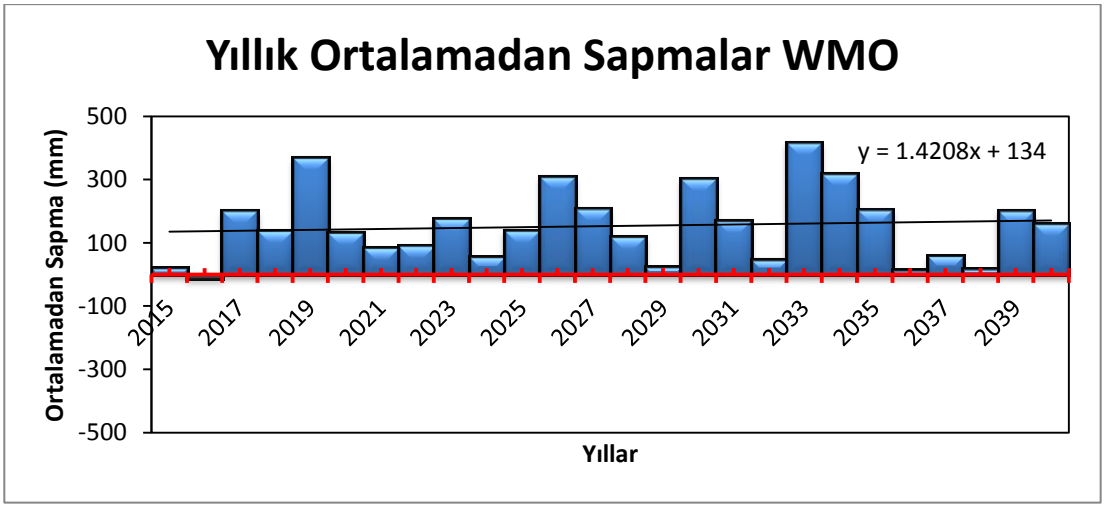
Şekil G.6 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Tekirdağ.

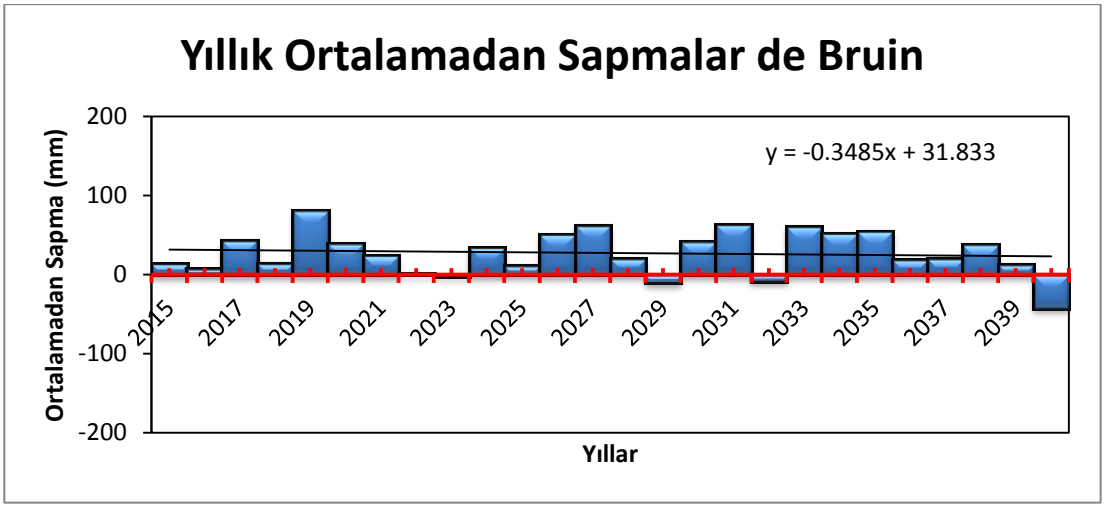


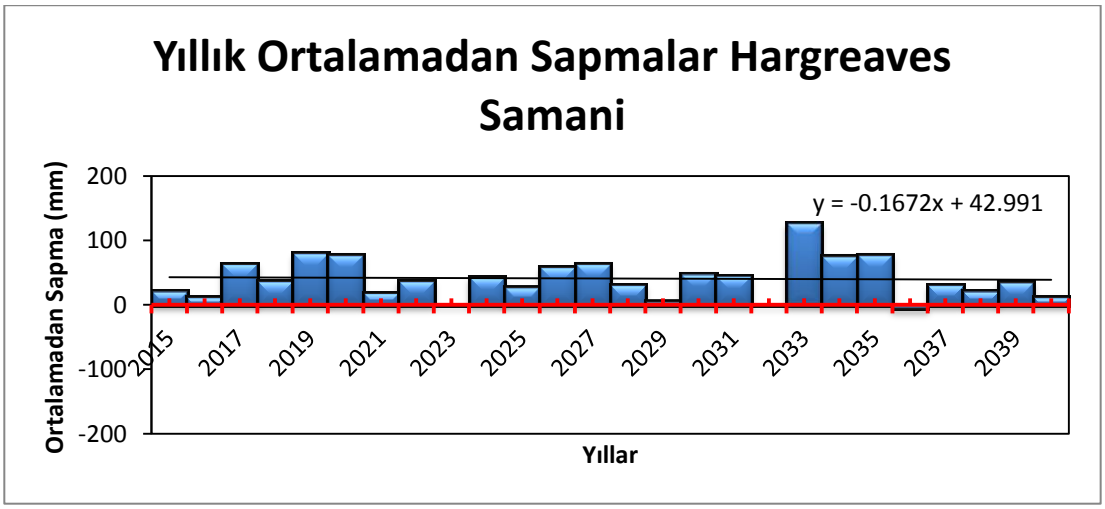




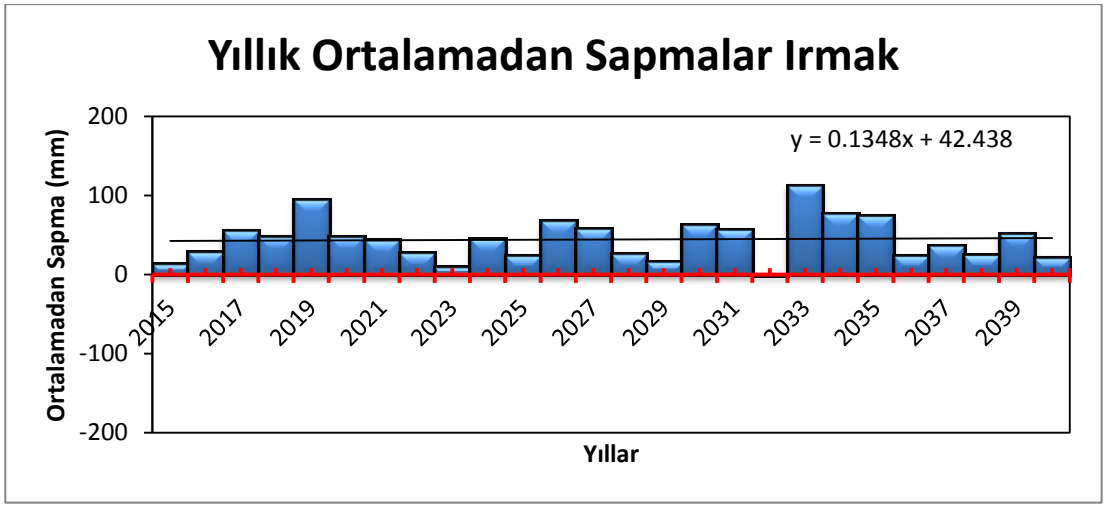
Şekil G.6 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Tekirdağ.

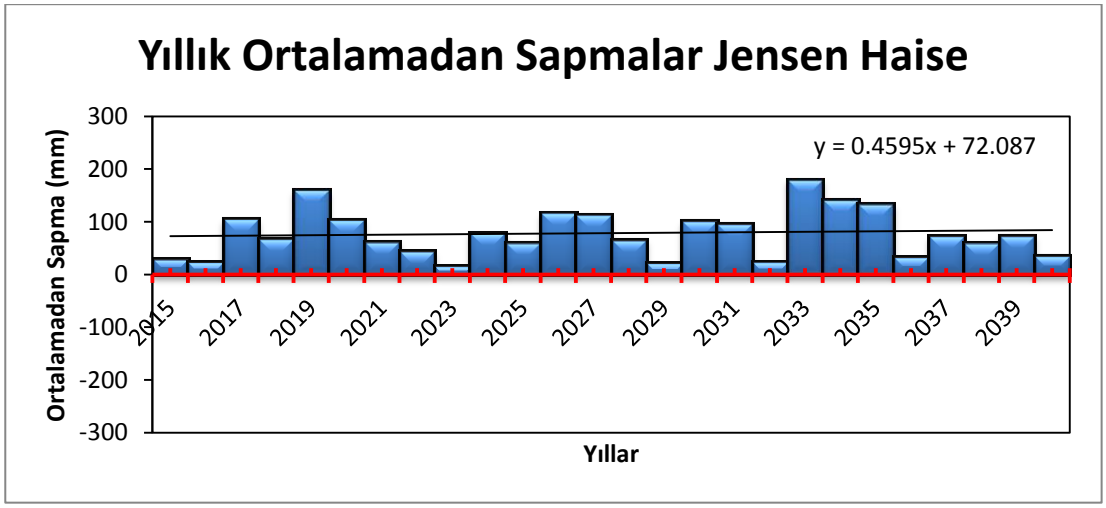


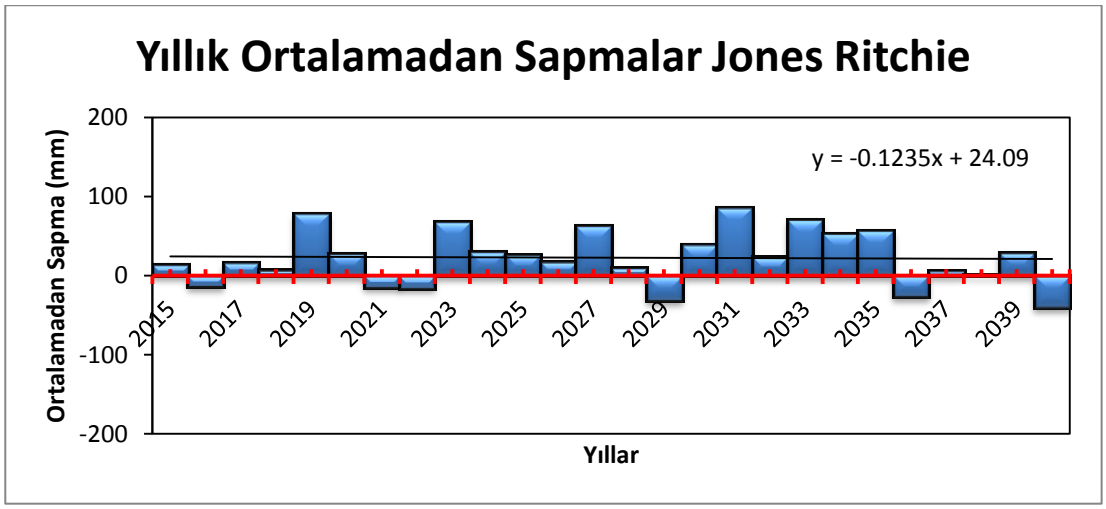




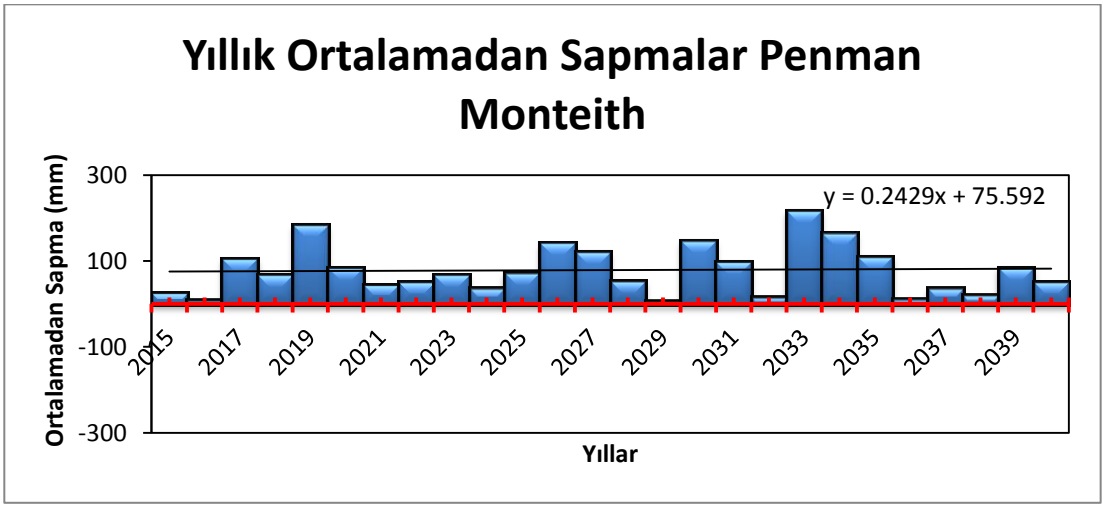
Şekil G.6 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Tekirdağ.

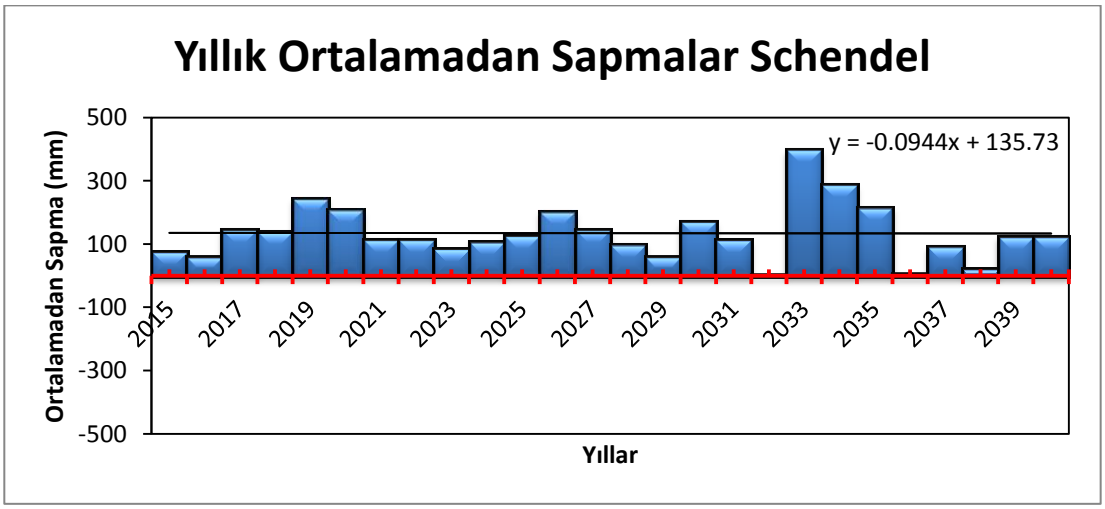


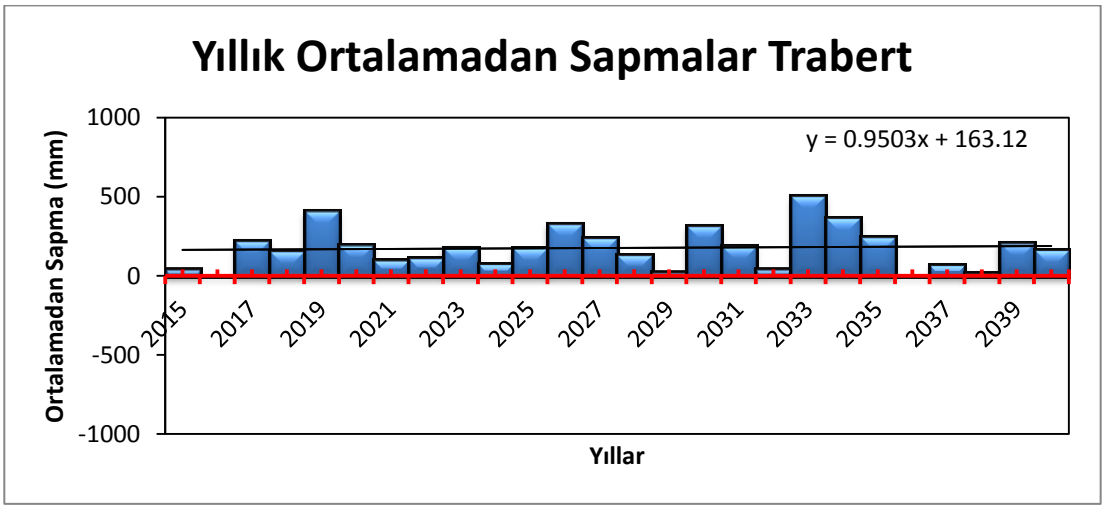




Şekil G.6 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Tekirdağ.

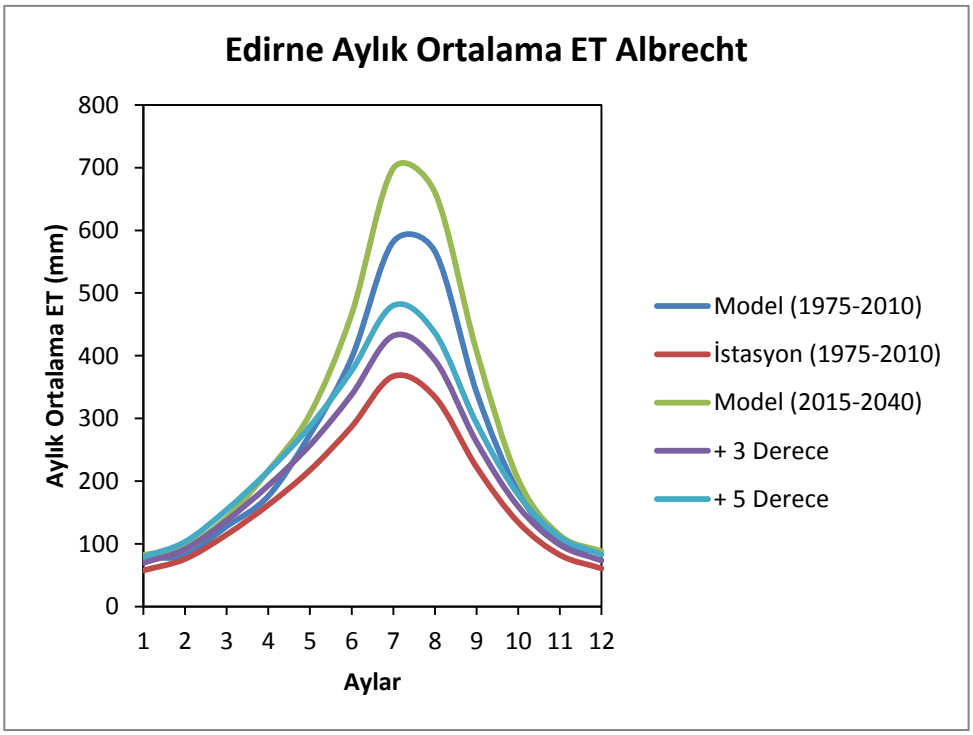


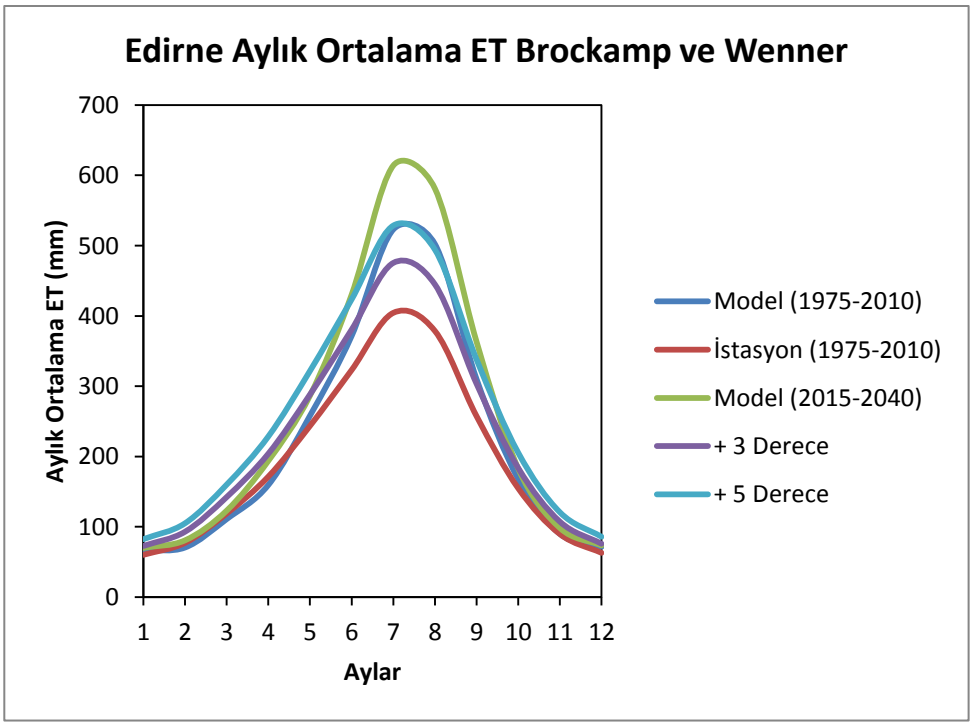




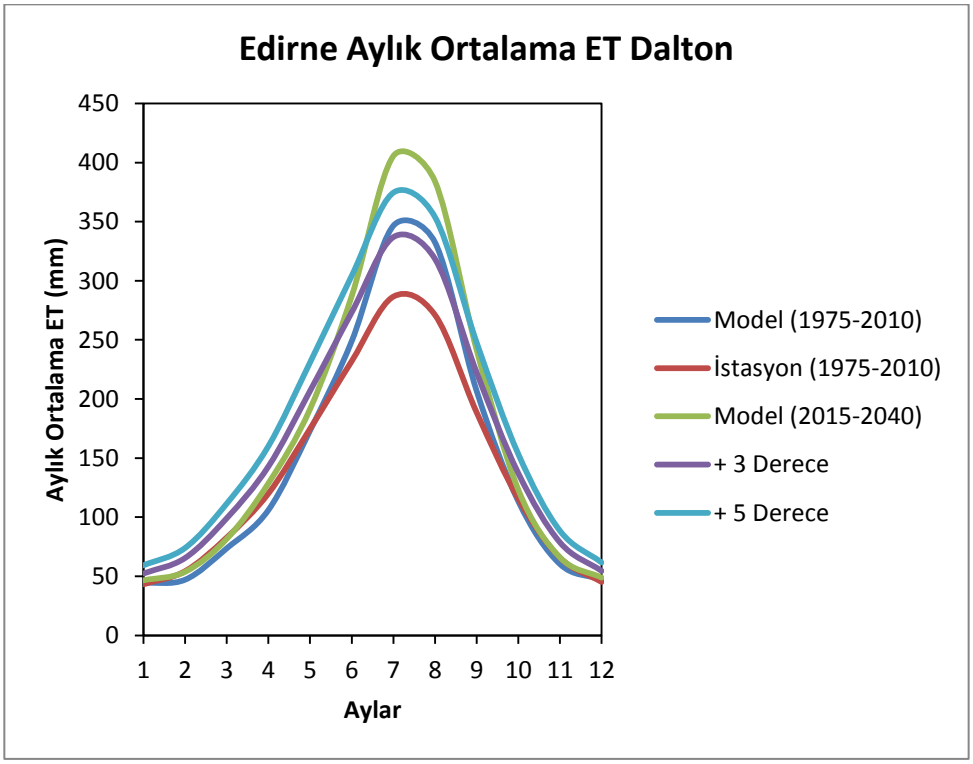
Şekil G.6 (devam) : Ort yıllık toplam ET'den (1975-2010 md.) sapmalar: Tekirdağ.

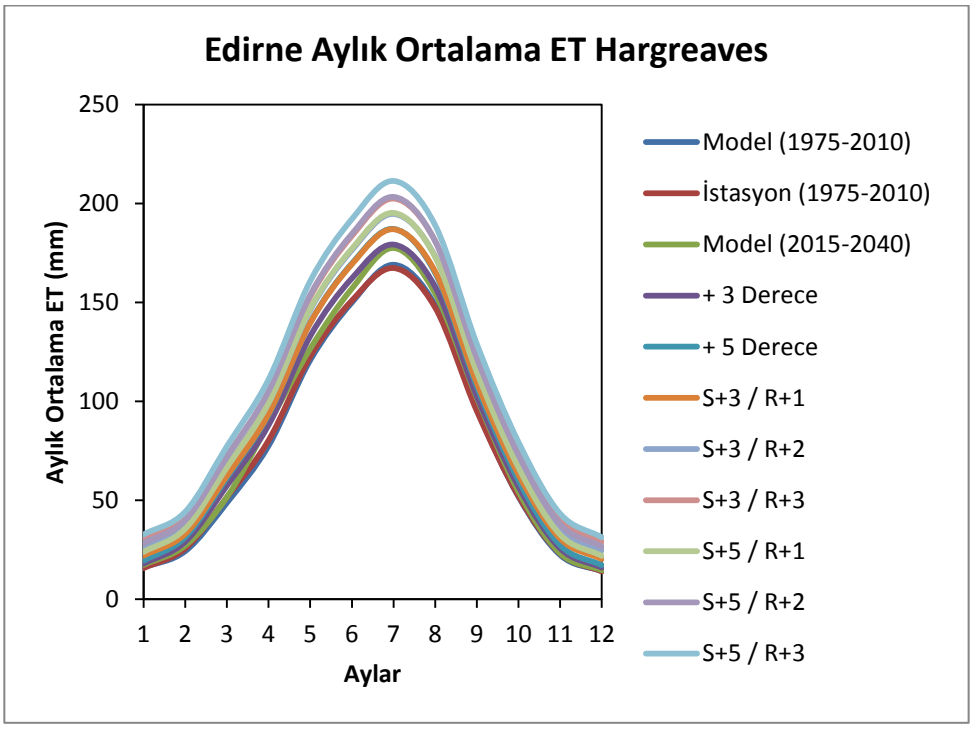
EK H Uzun Yıllar Aylık Ortalama ET





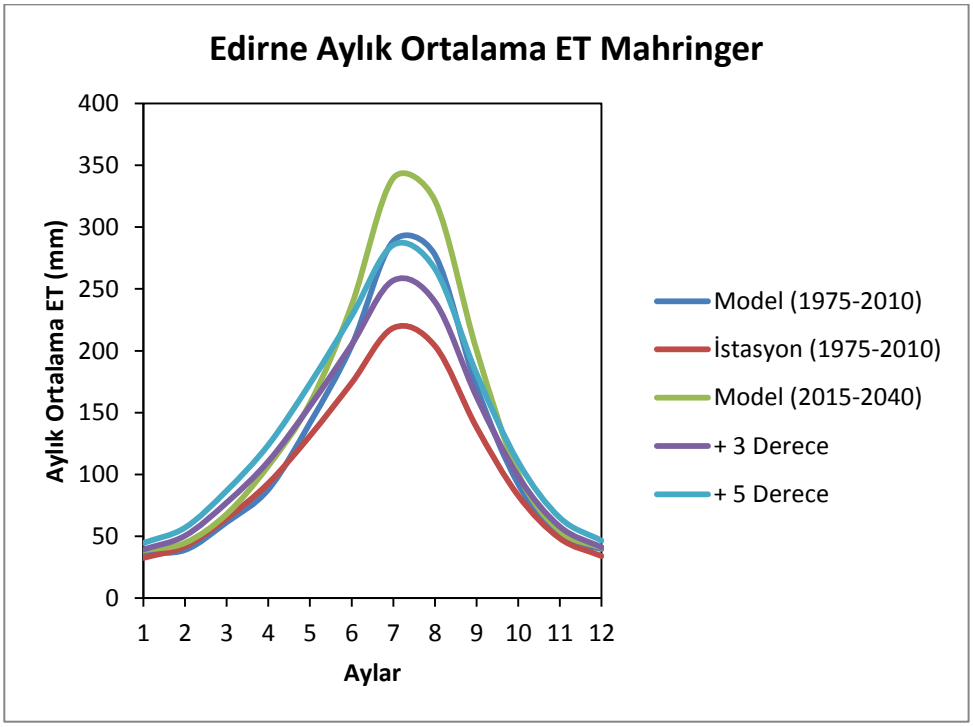
Şekil H.1 : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Edirne.

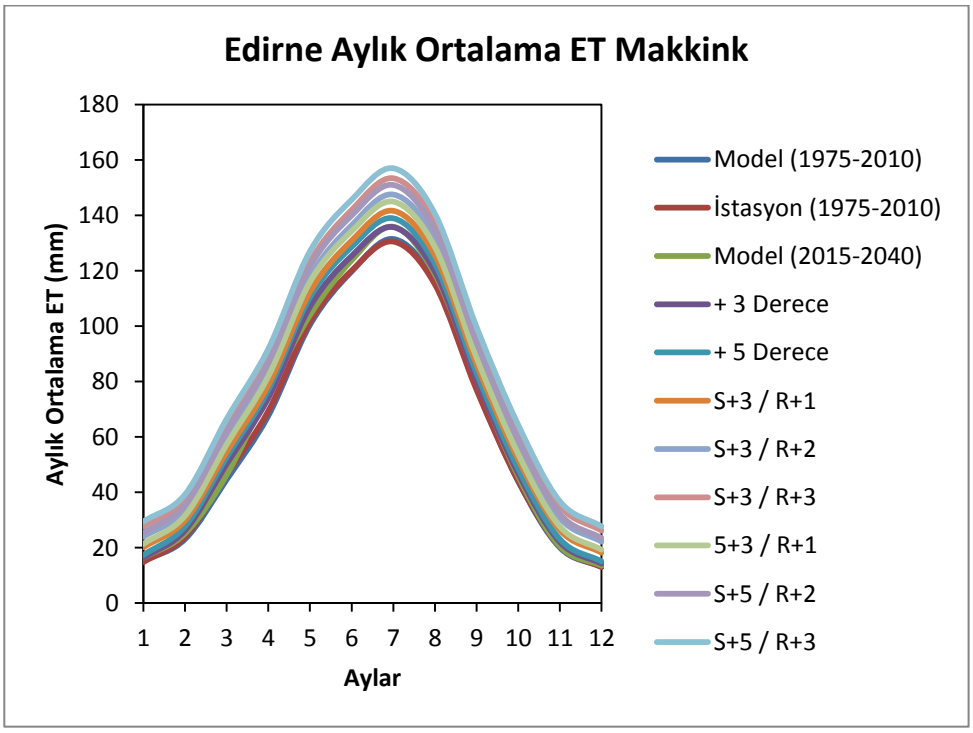




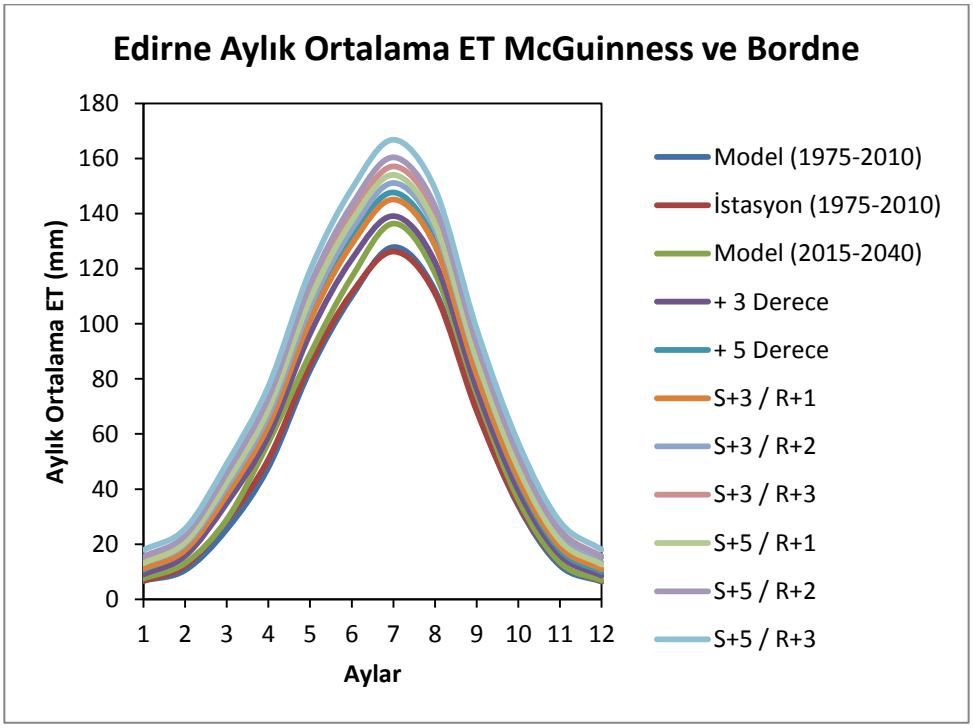
,

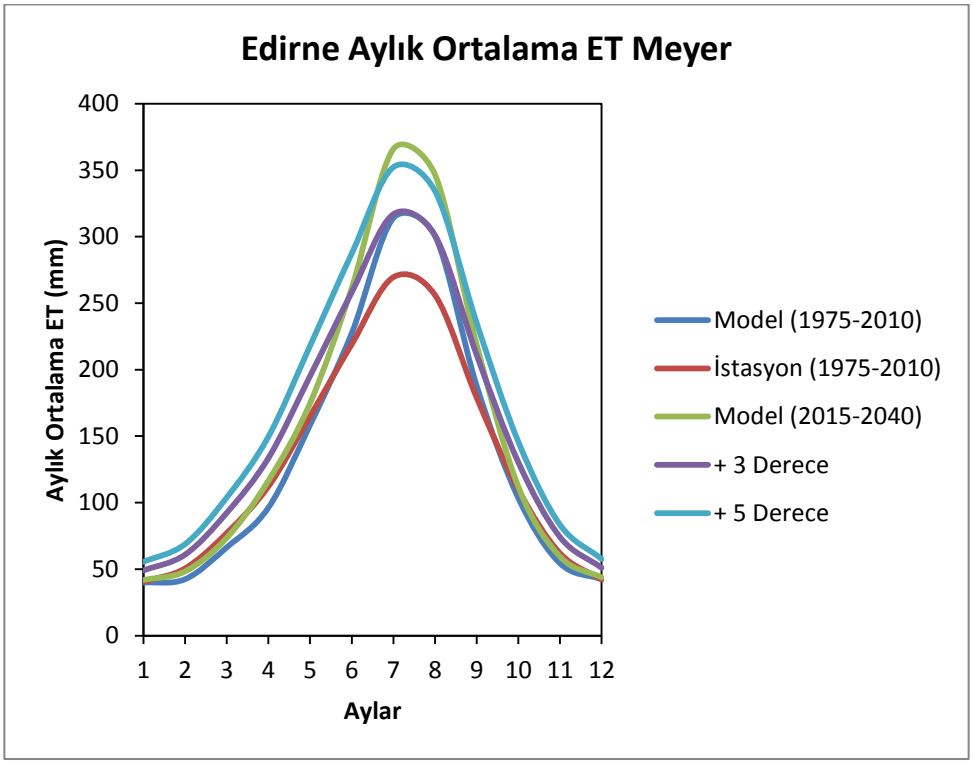
Şekil H.1 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Edirne.



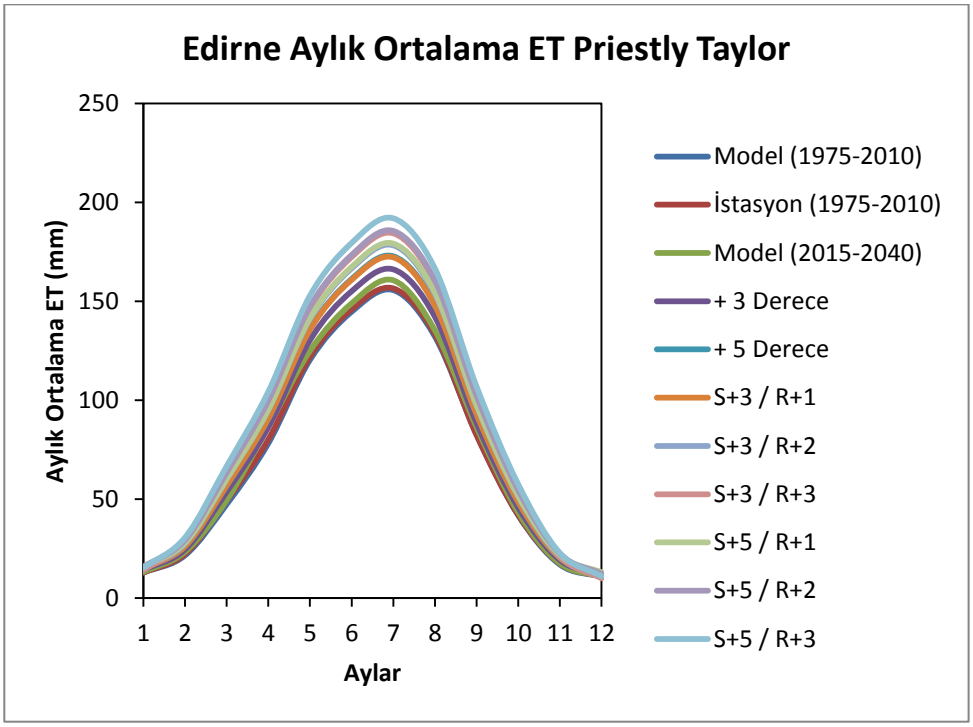


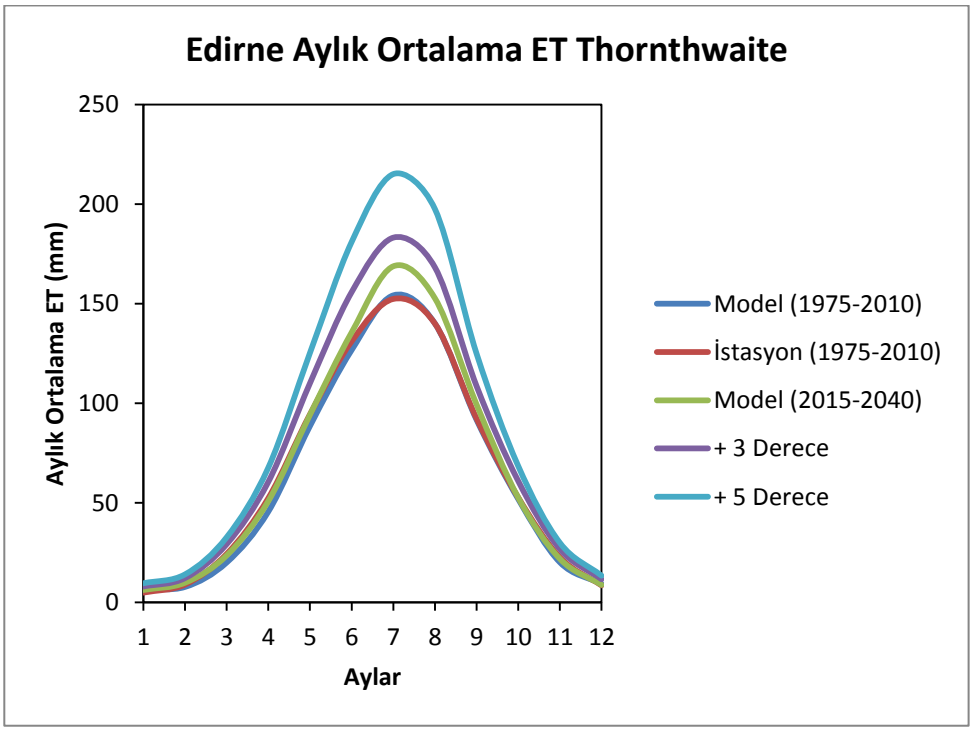
Şekil H.1 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Edirne.



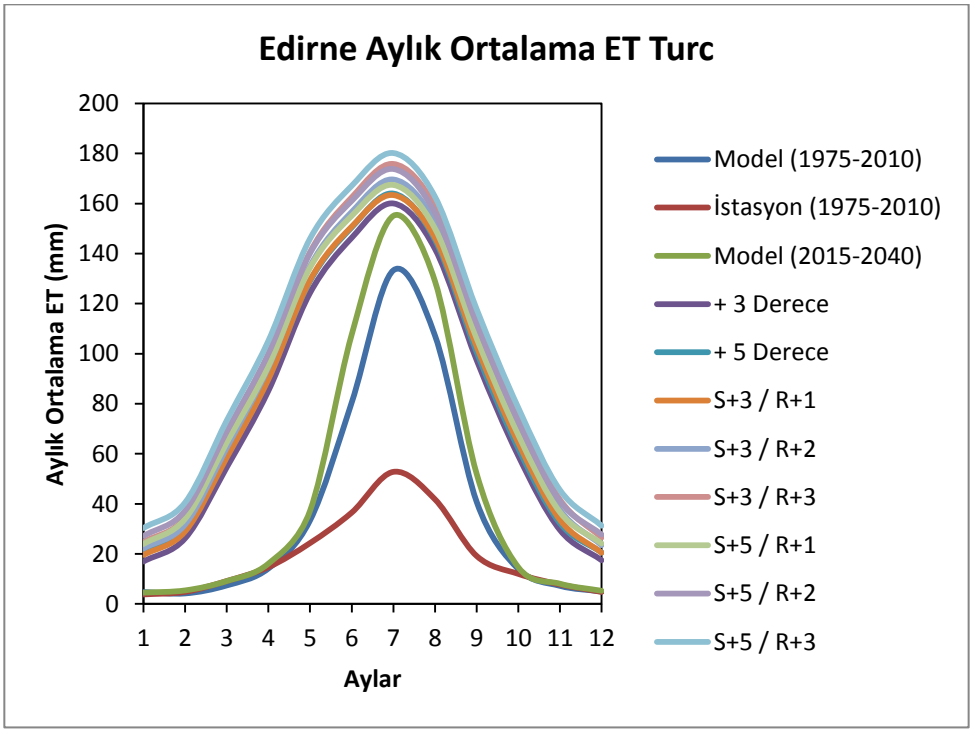


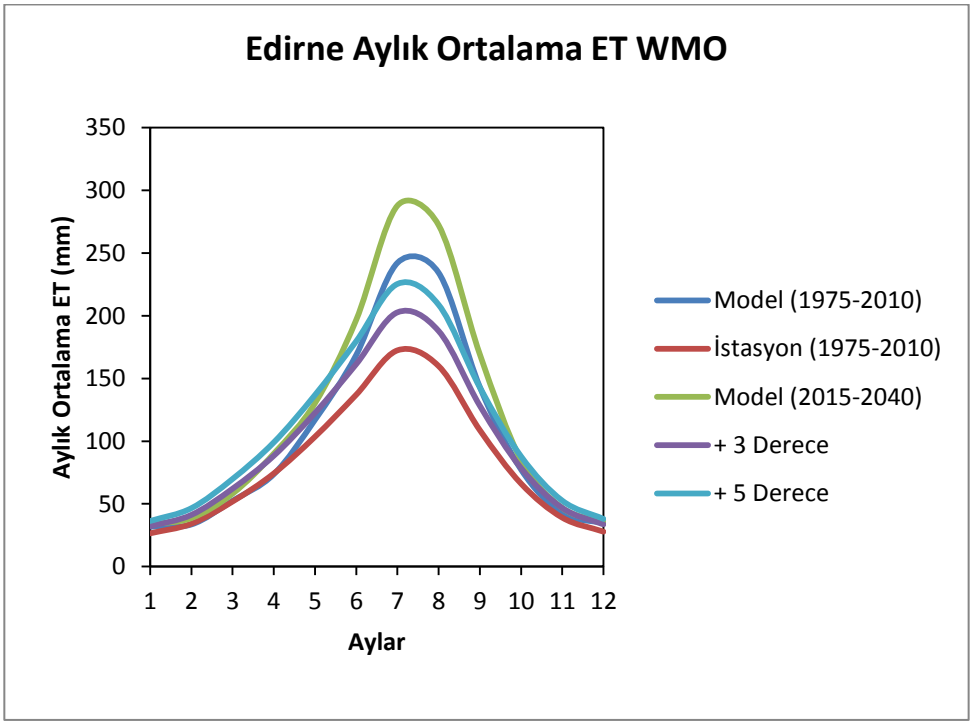
Şekil H.1 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Edirne.



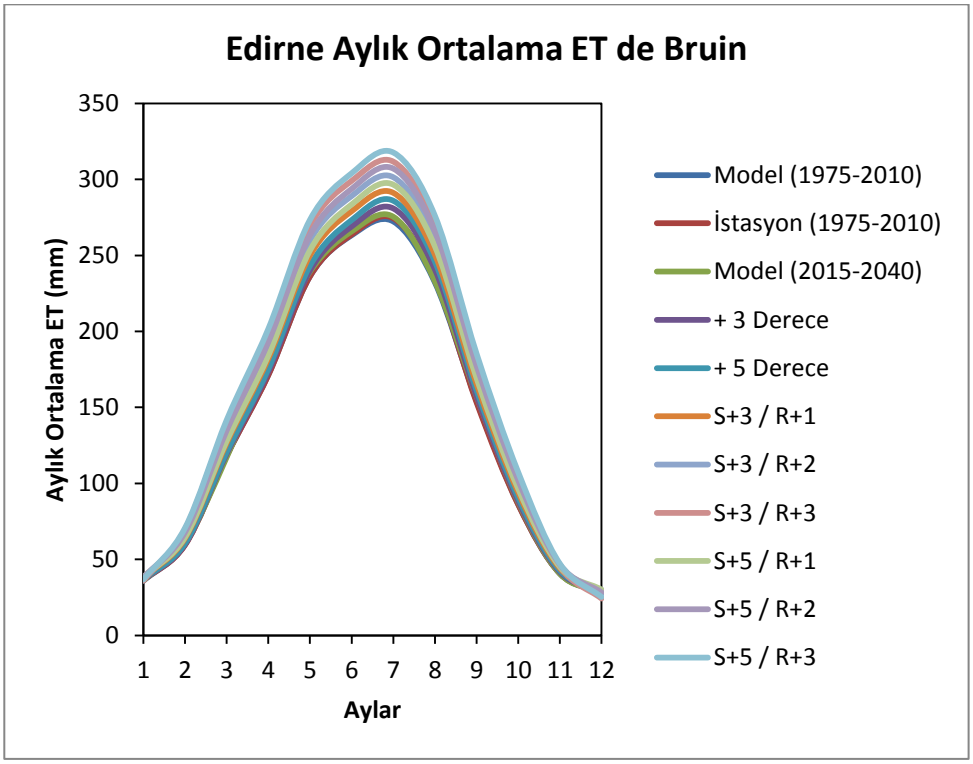


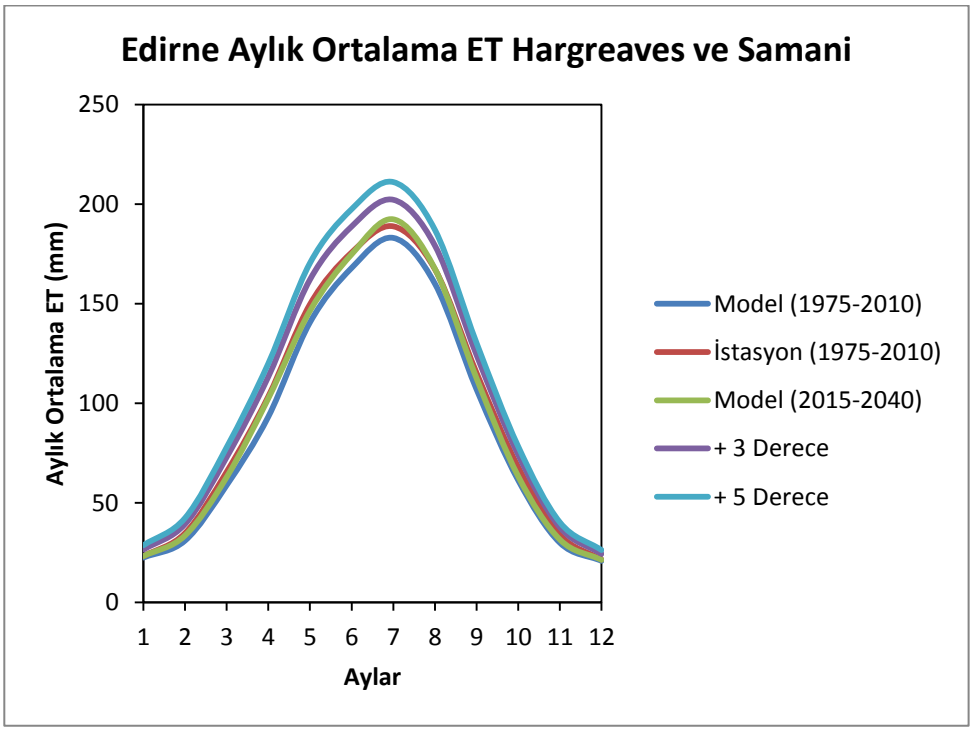
Şekil H.1 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Edirne.



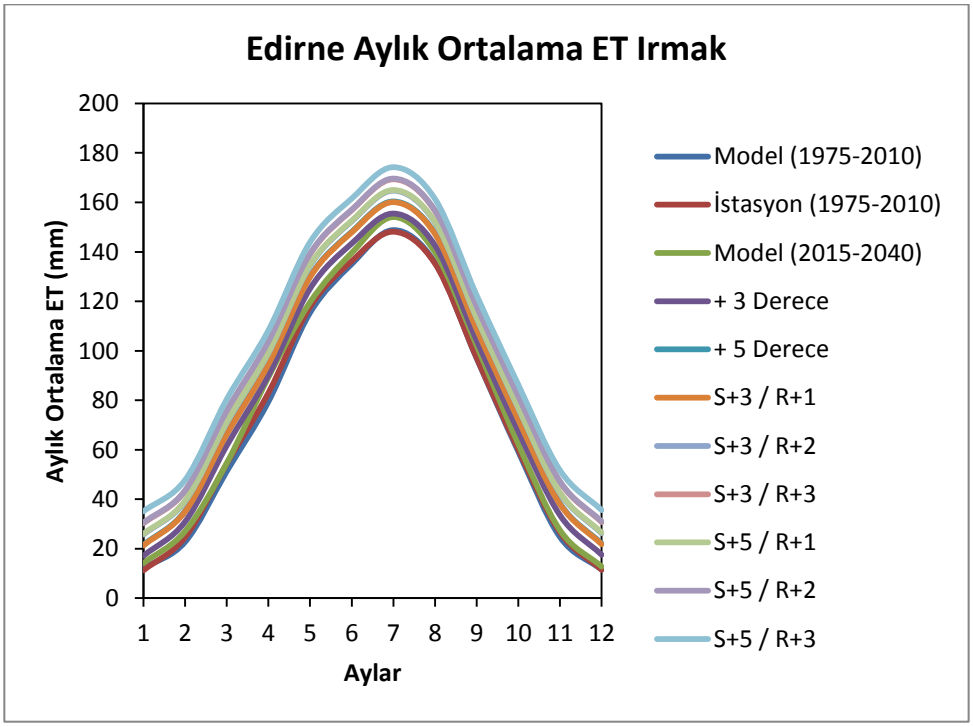


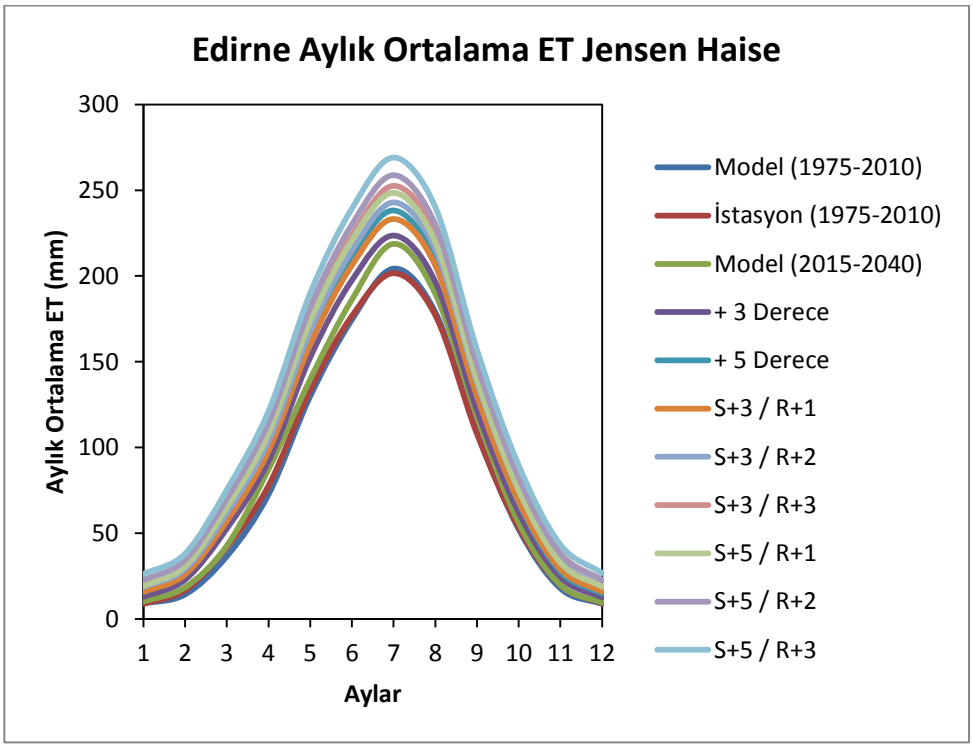
Şekil H.1 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Edirne.



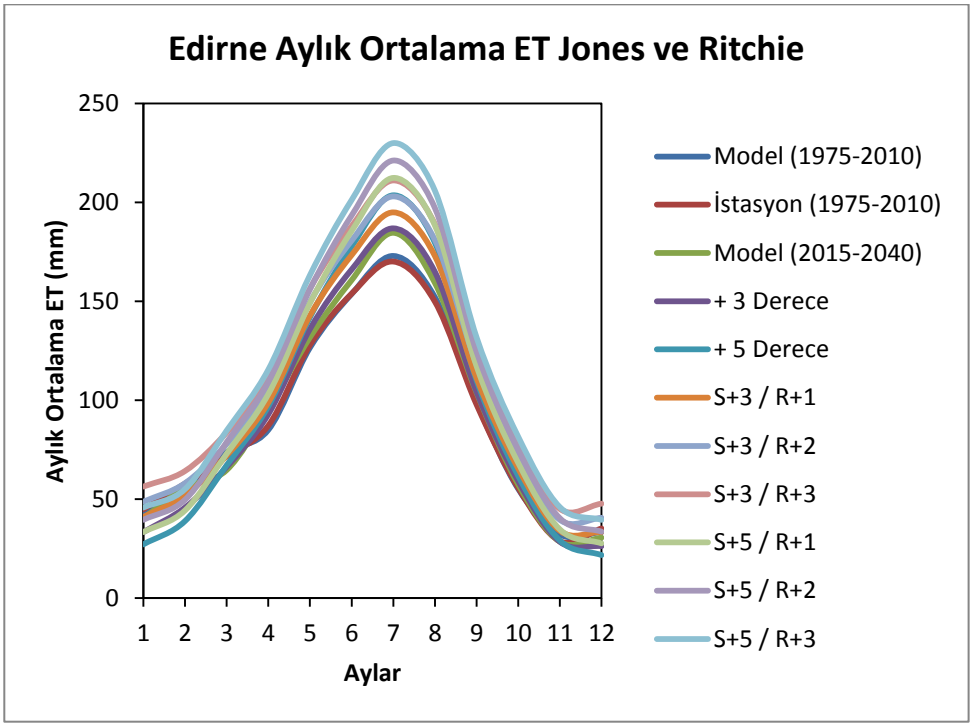


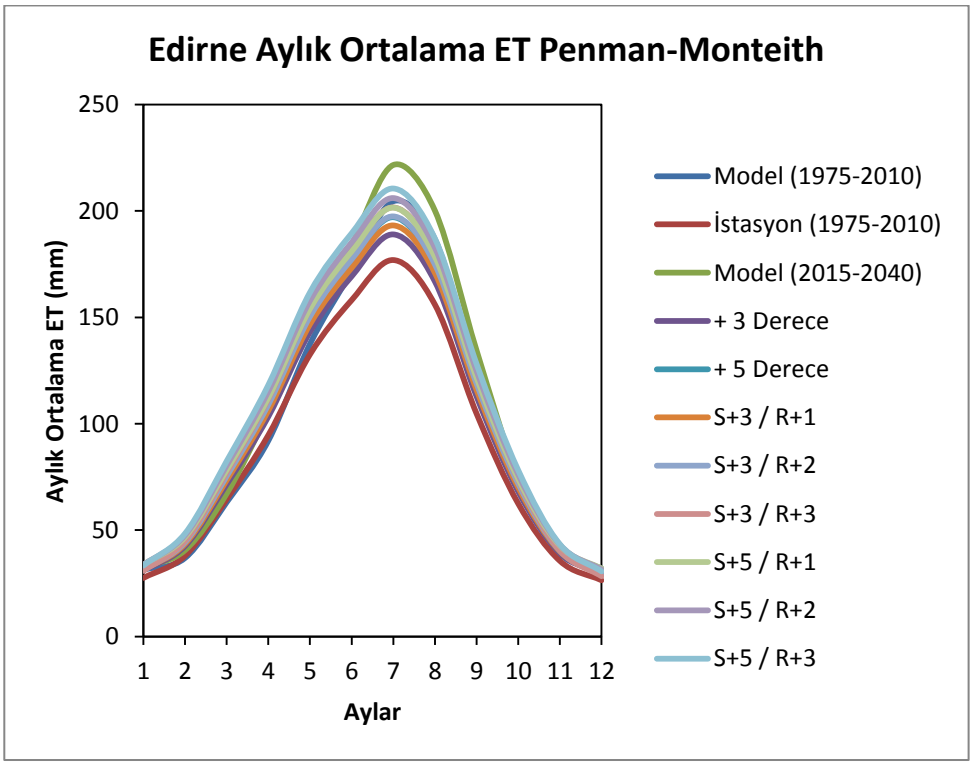
Şekil H.1 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Edirne.



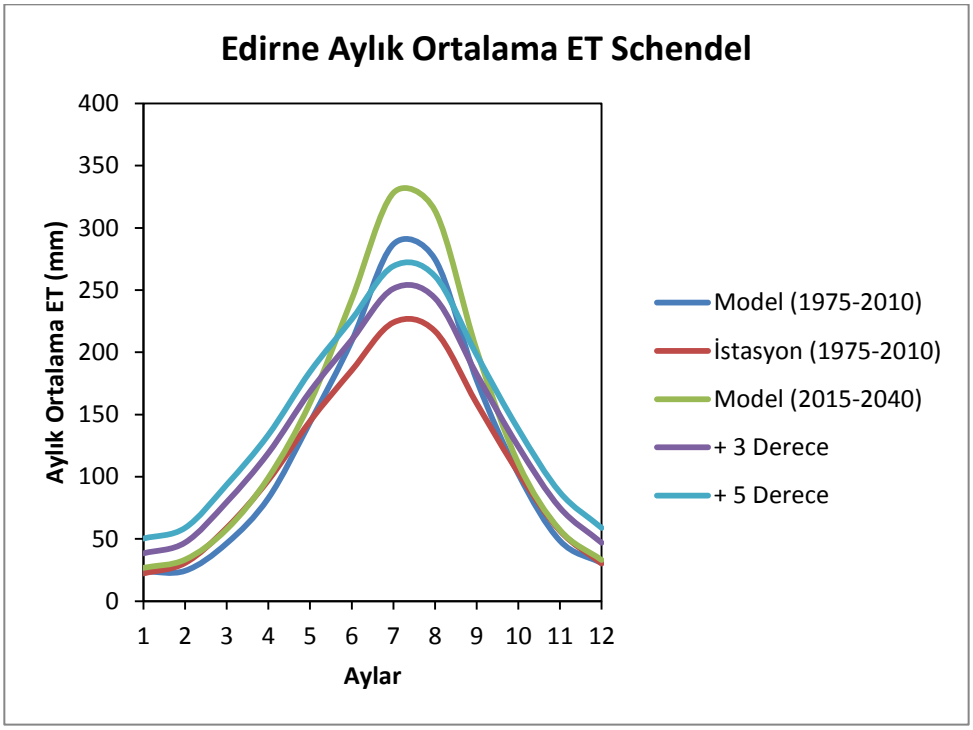


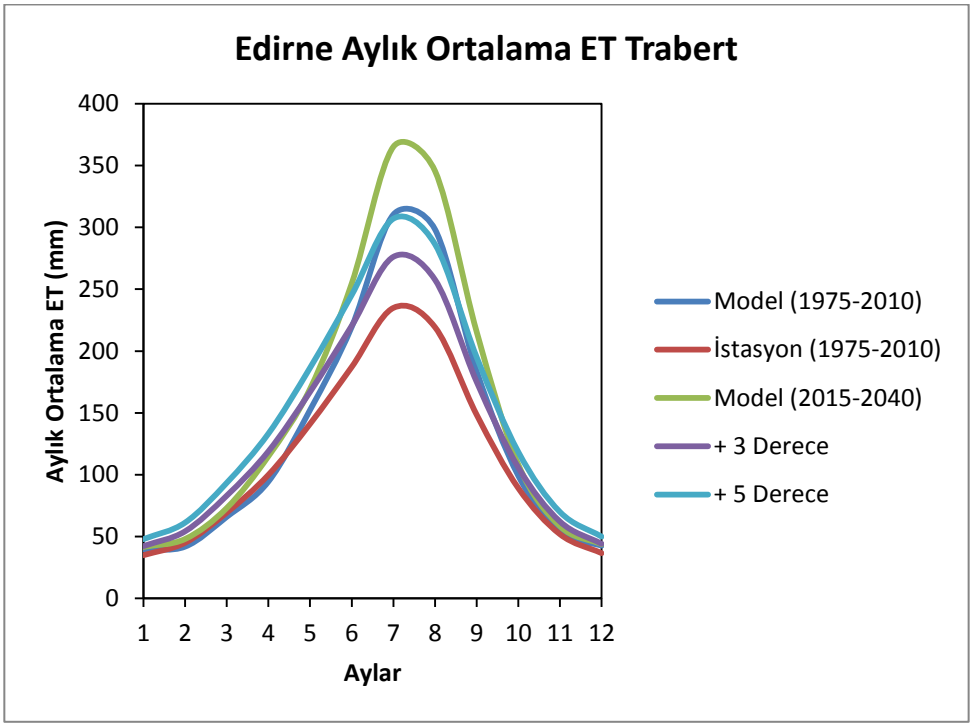
Şekil H.1 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Edirne.



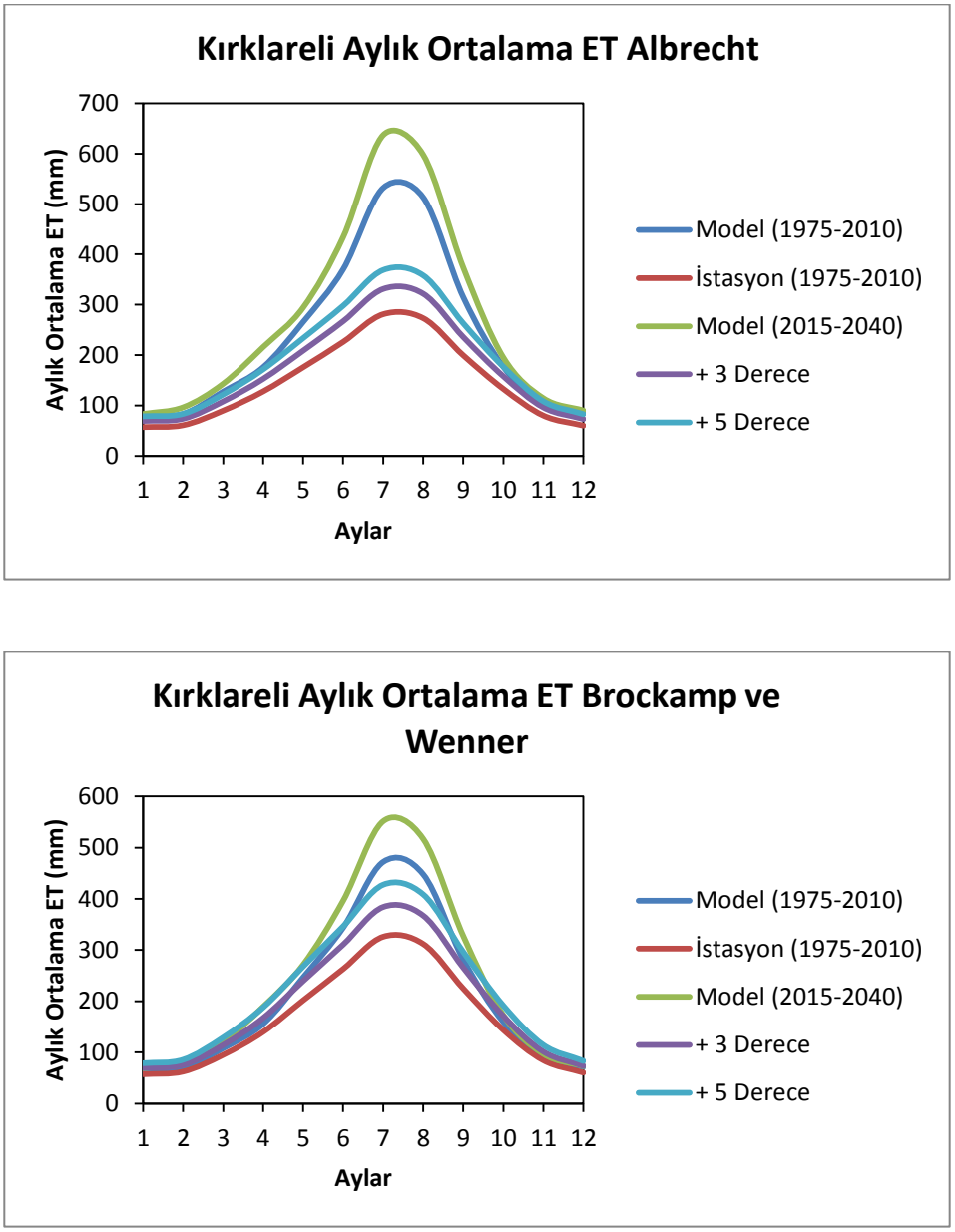


Şekil H.1 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Edirne.

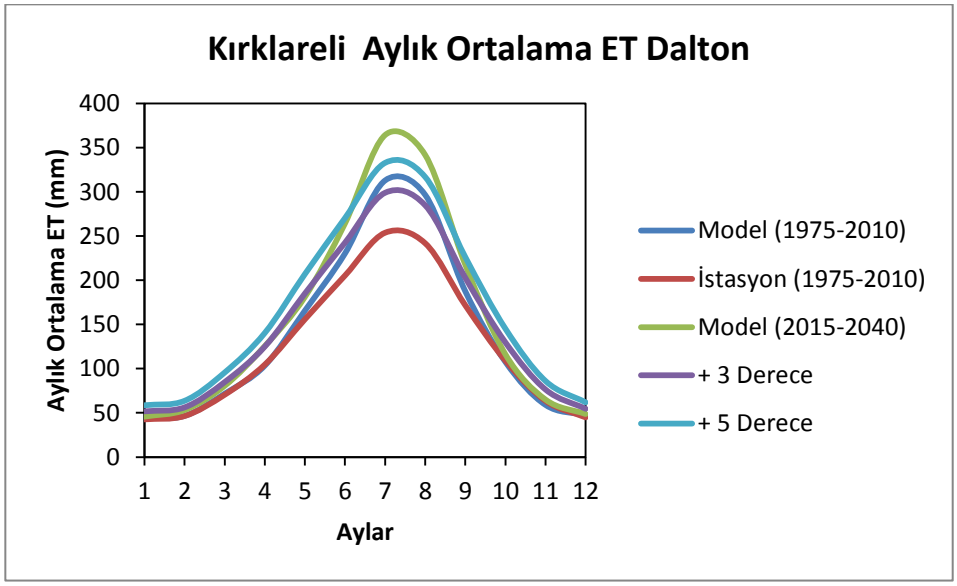


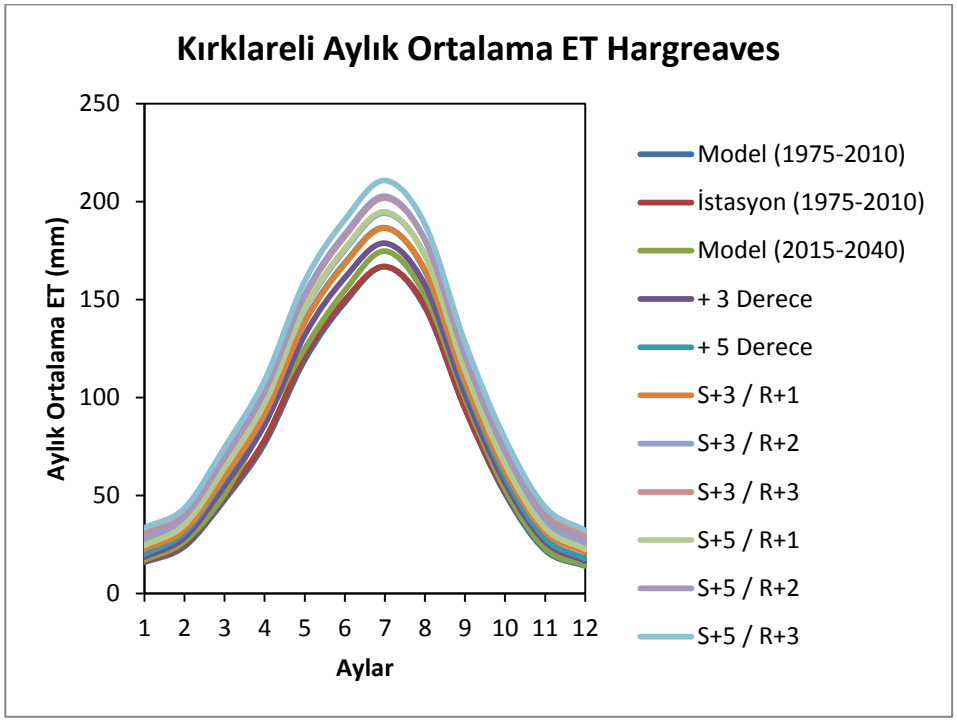


Şekil H.1 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Edirne.

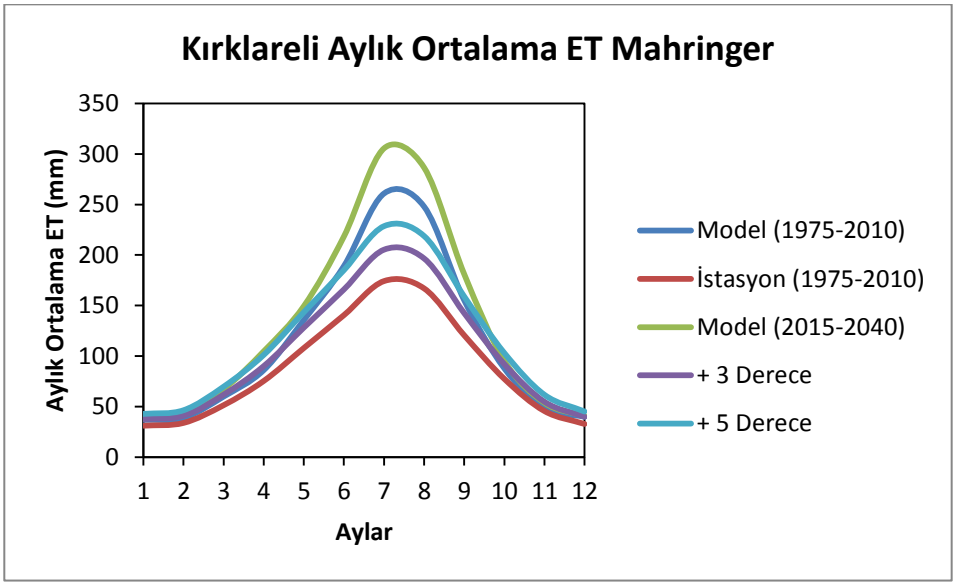


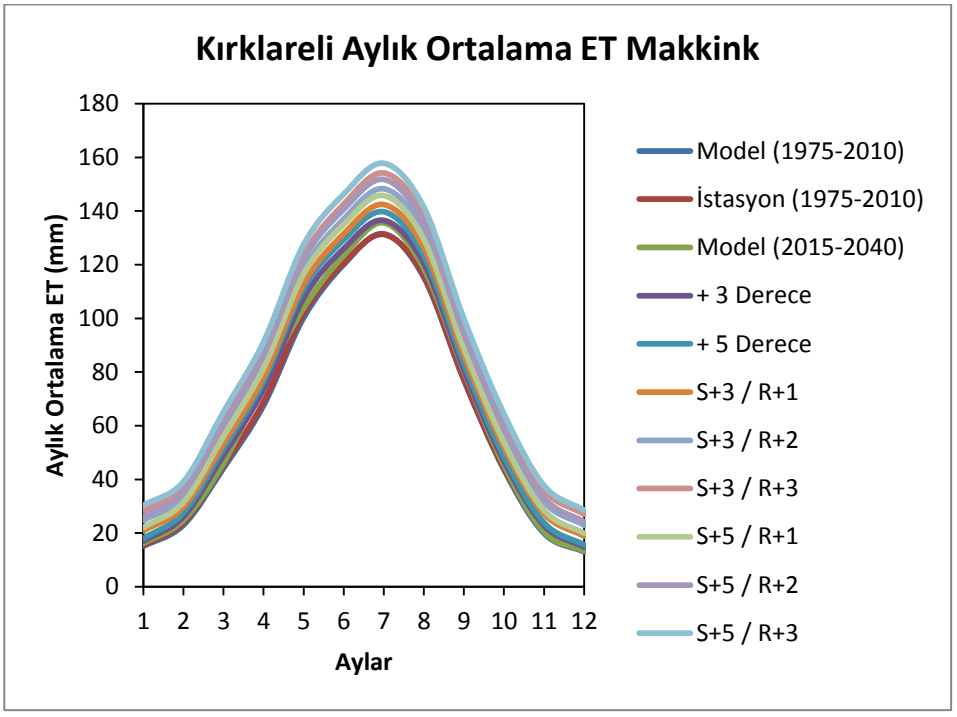
Şekil H.2 : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Kırklareli.



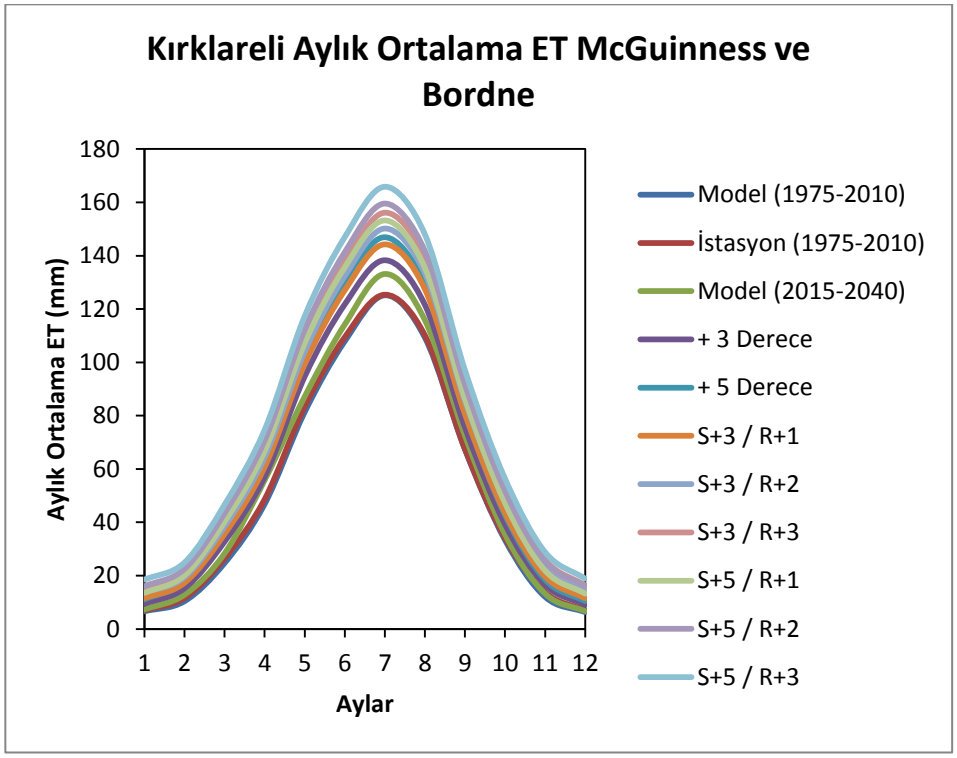


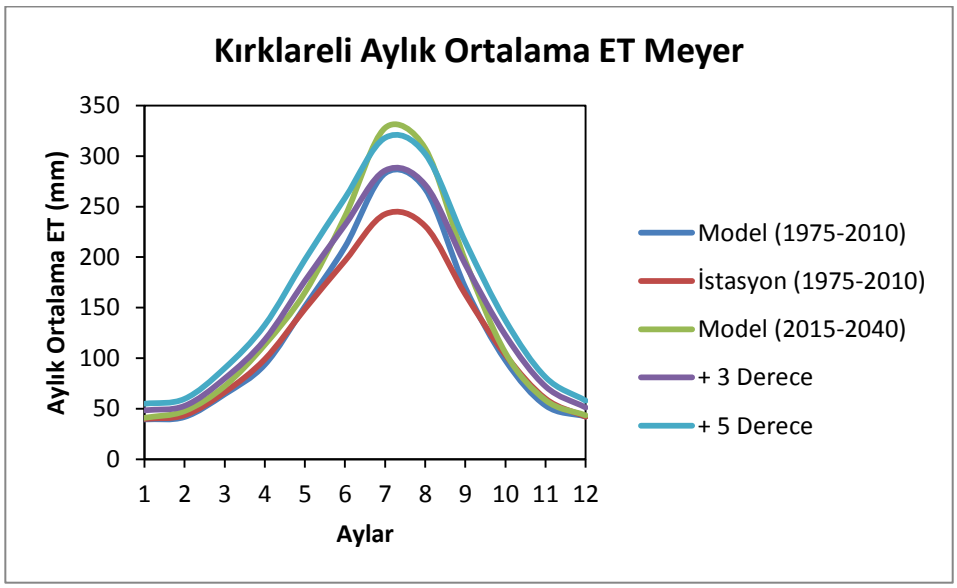
Şekil H.2 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Kırklareli.



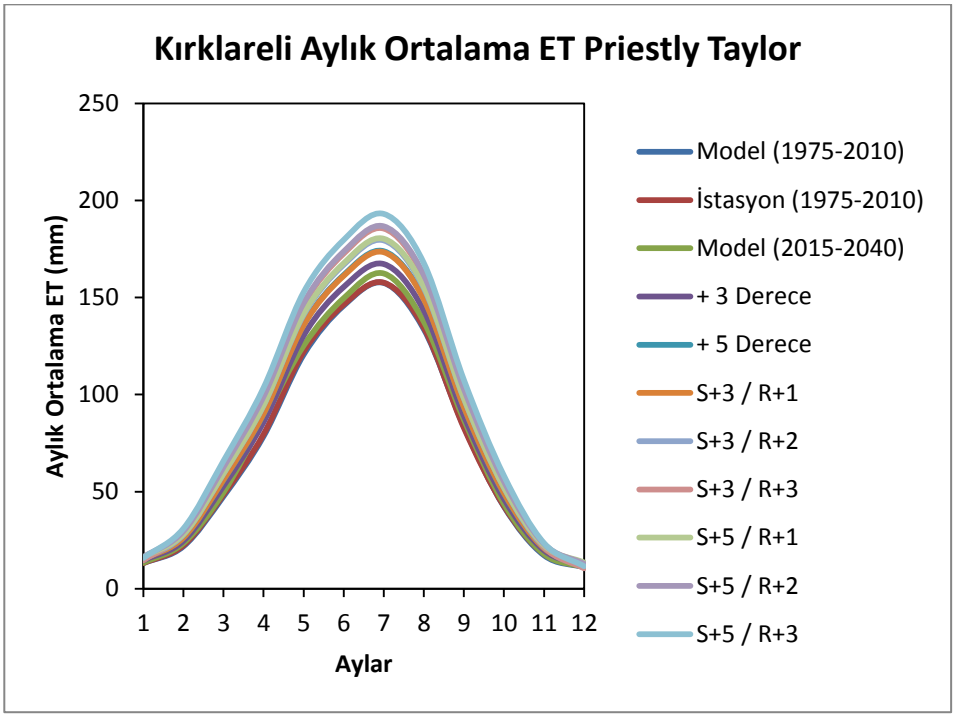


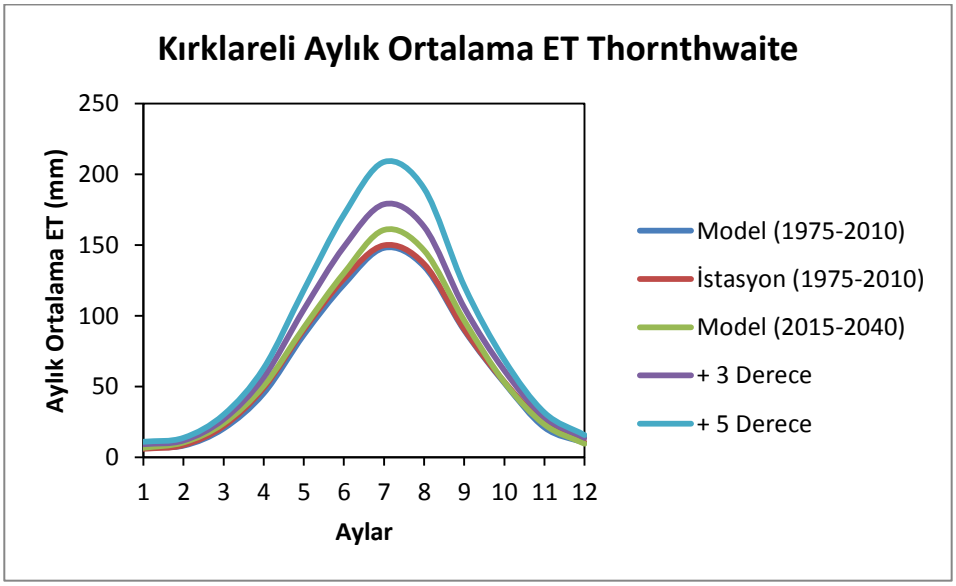
Şekil H.2 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Kırklareli.



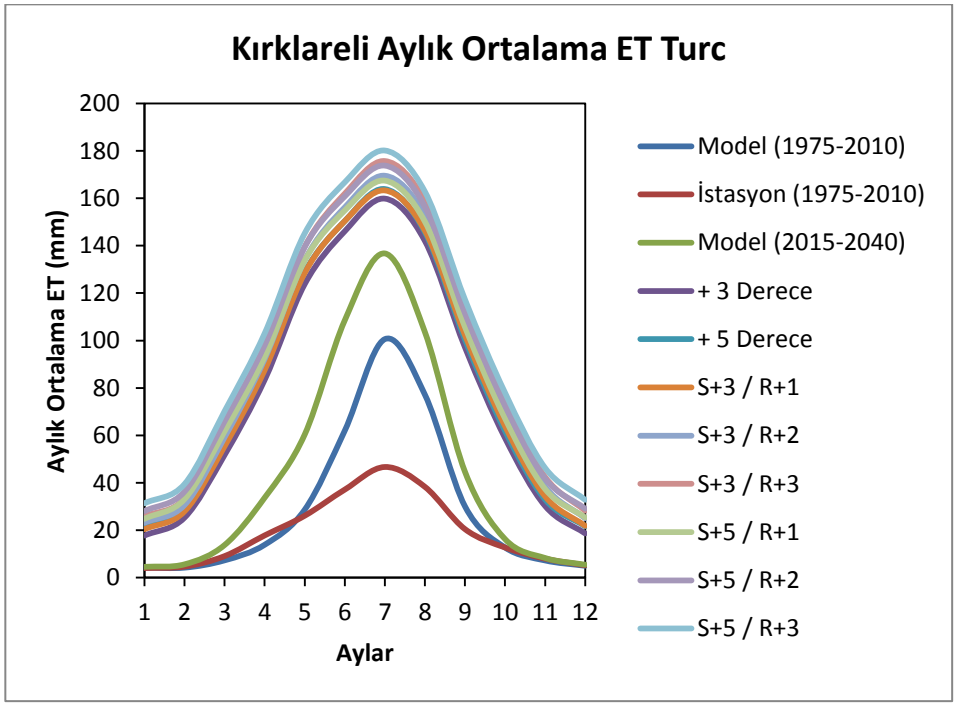


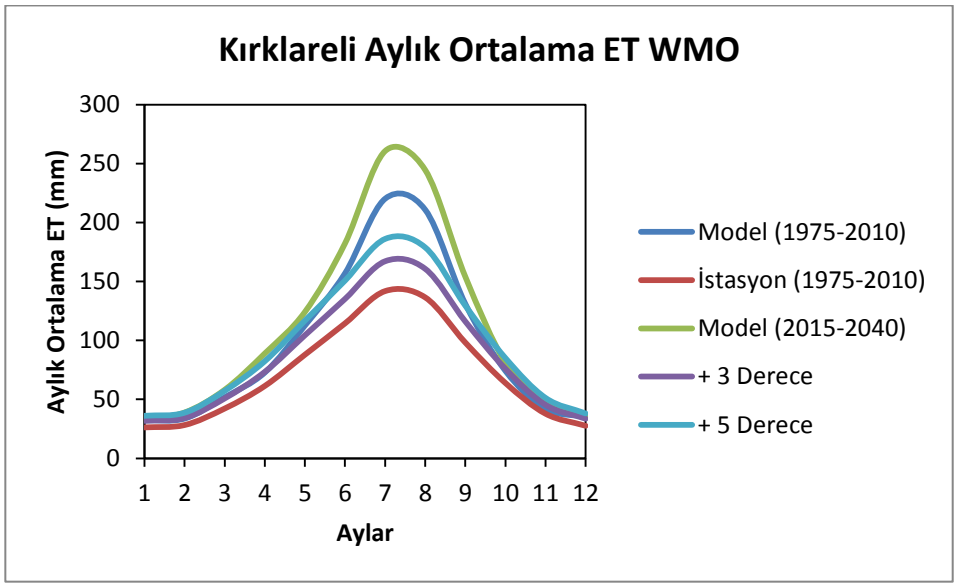
Şekil H.2 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Kırklareli.



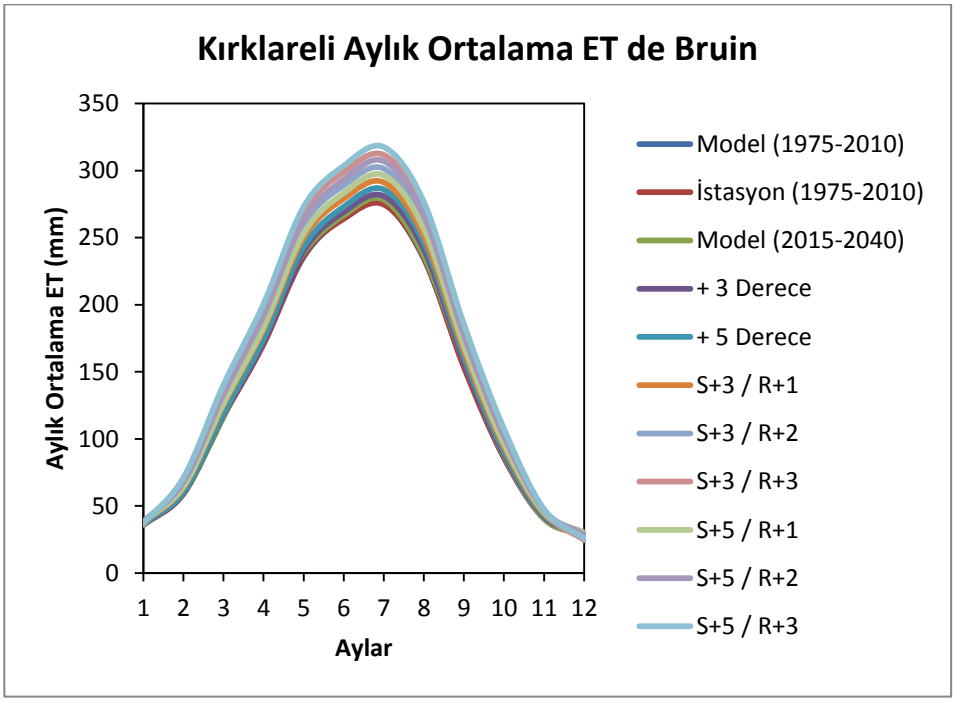


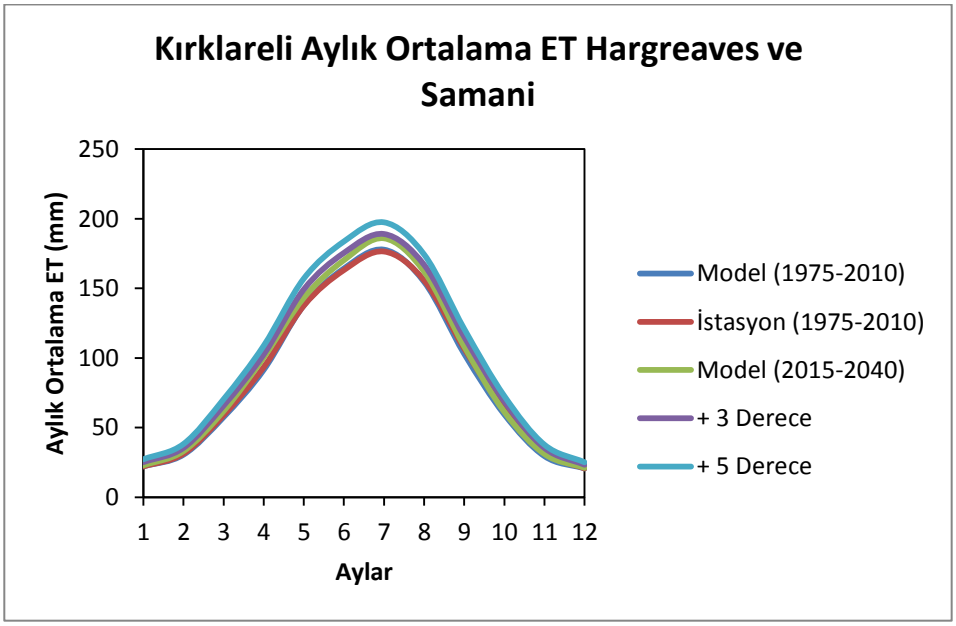
Şekil H.2 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Kırklareli.



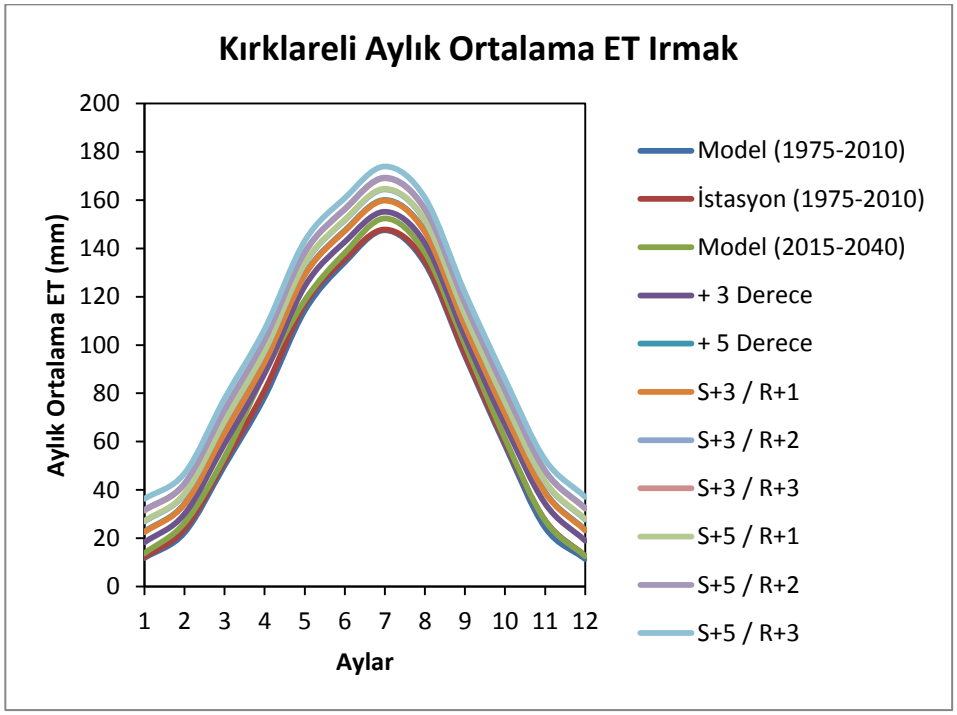


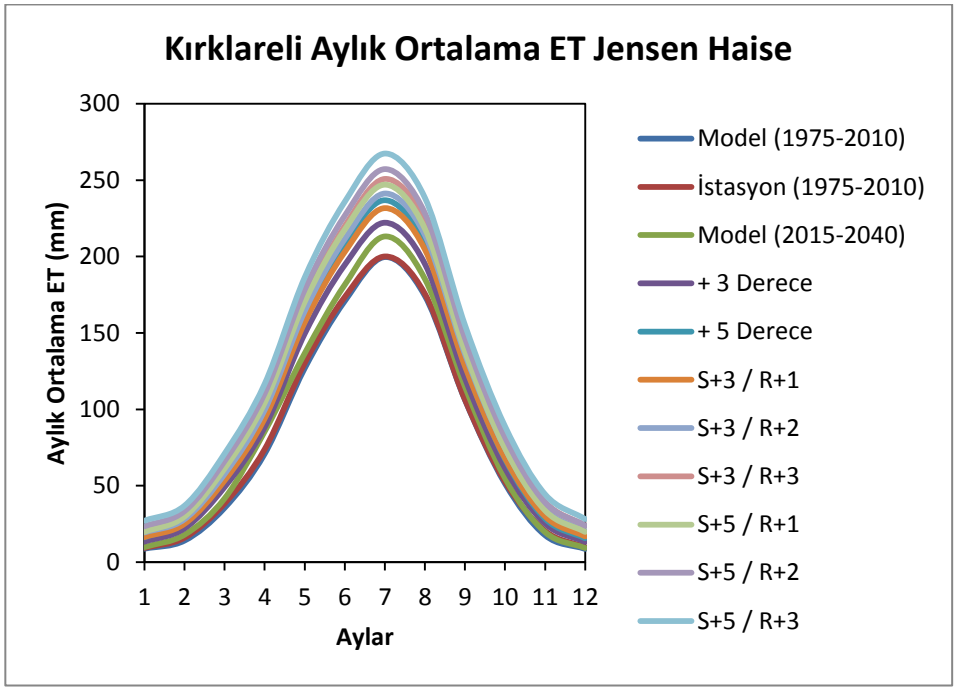
Şekil H.2 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Kırklareli.



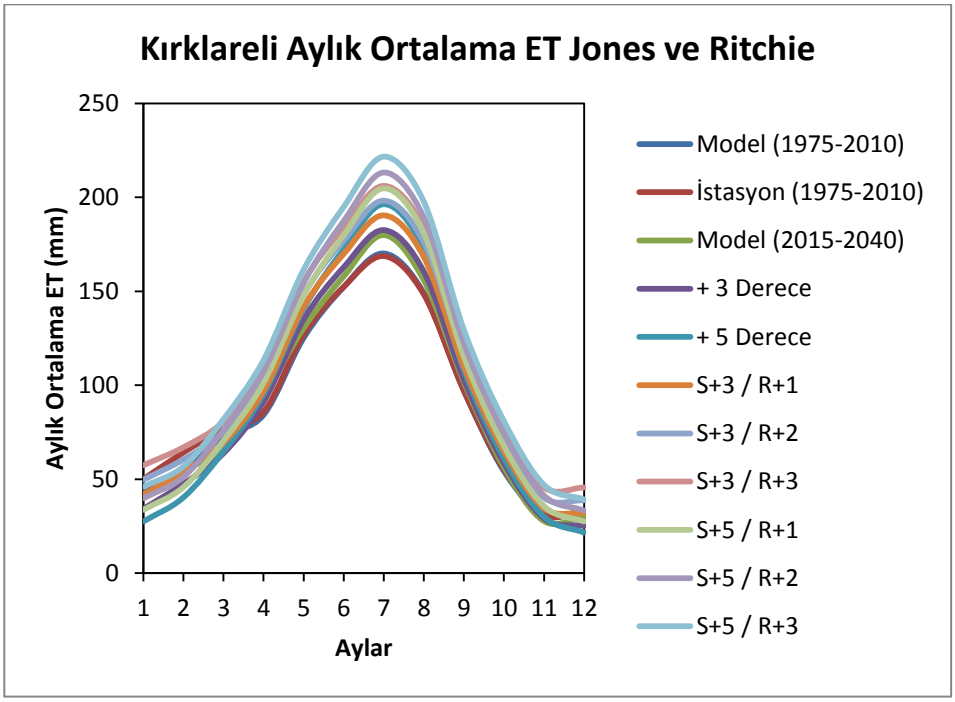


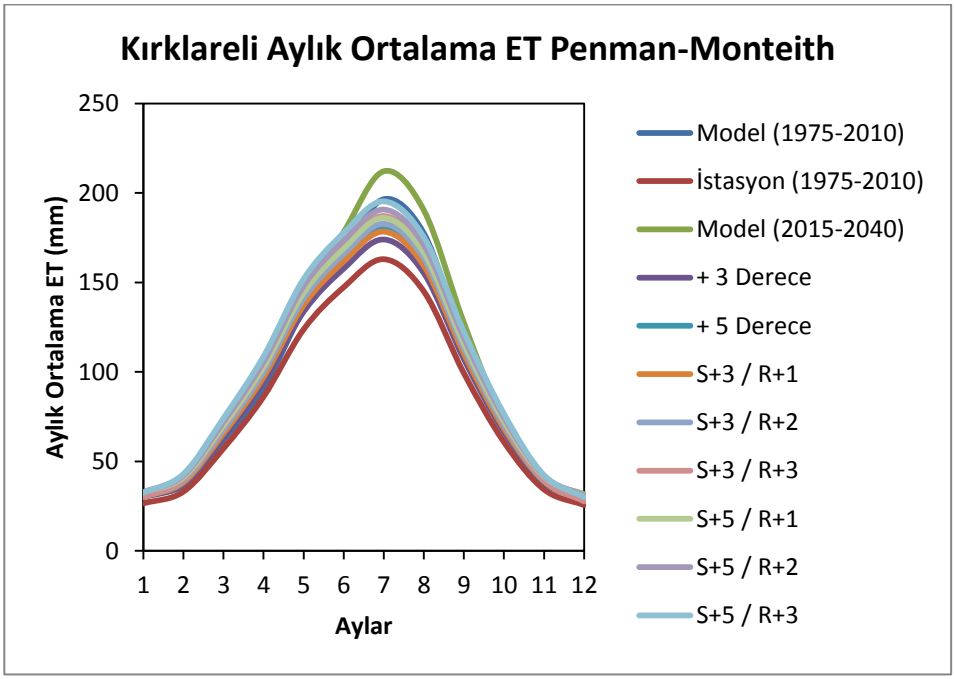
Şekil H.2 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Kırklareli.



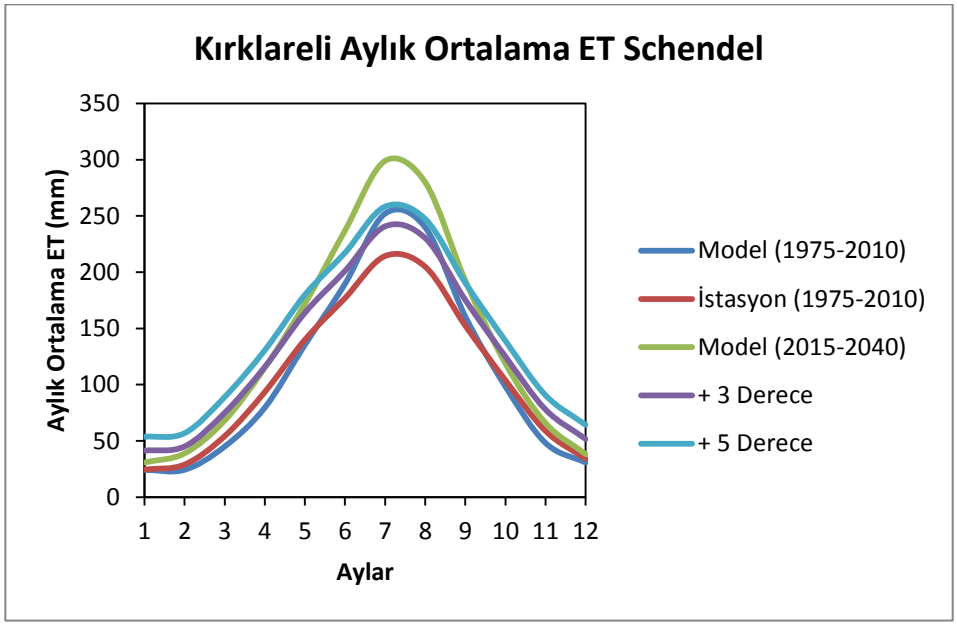


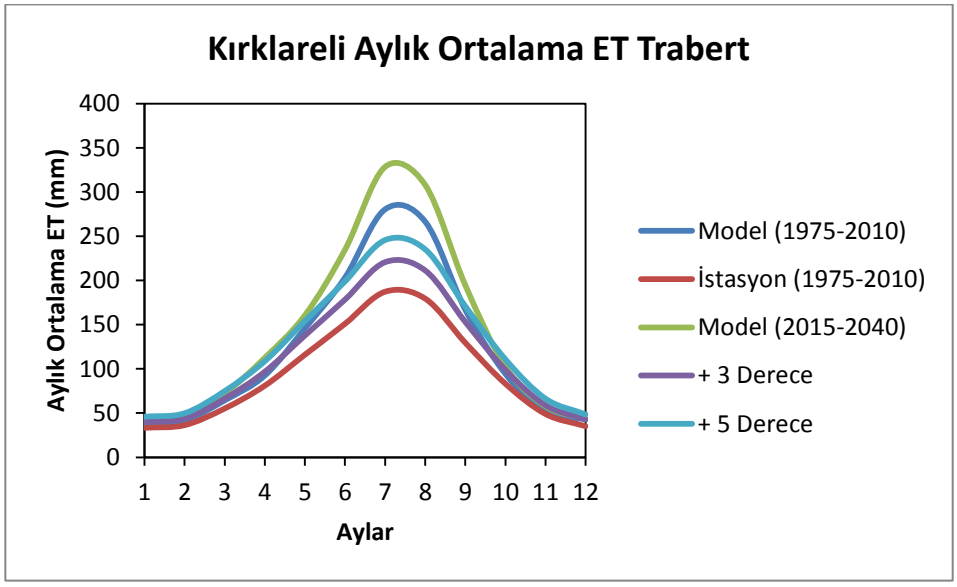
Şekil H.2 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Kırklareli.



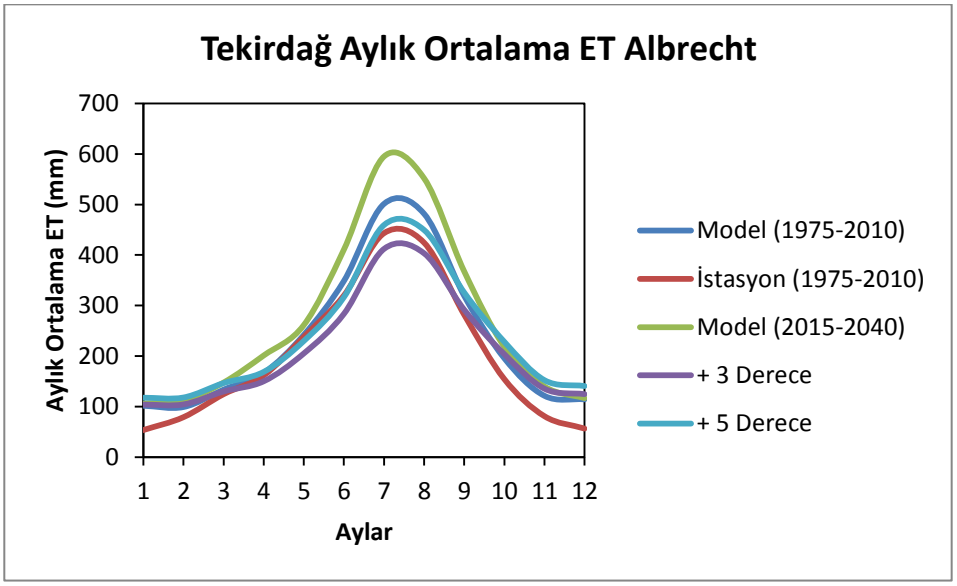


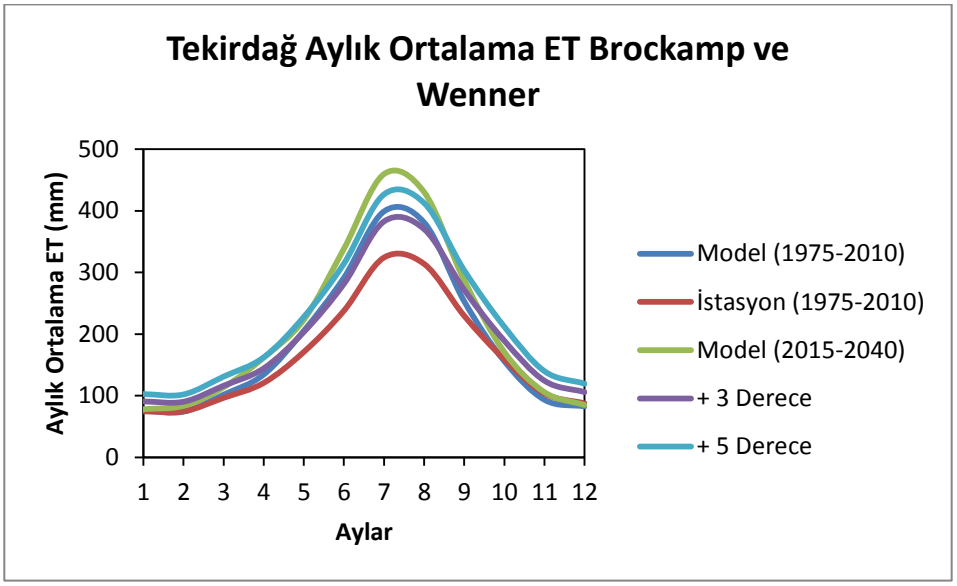
Şekil H.2 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Kırklareli.



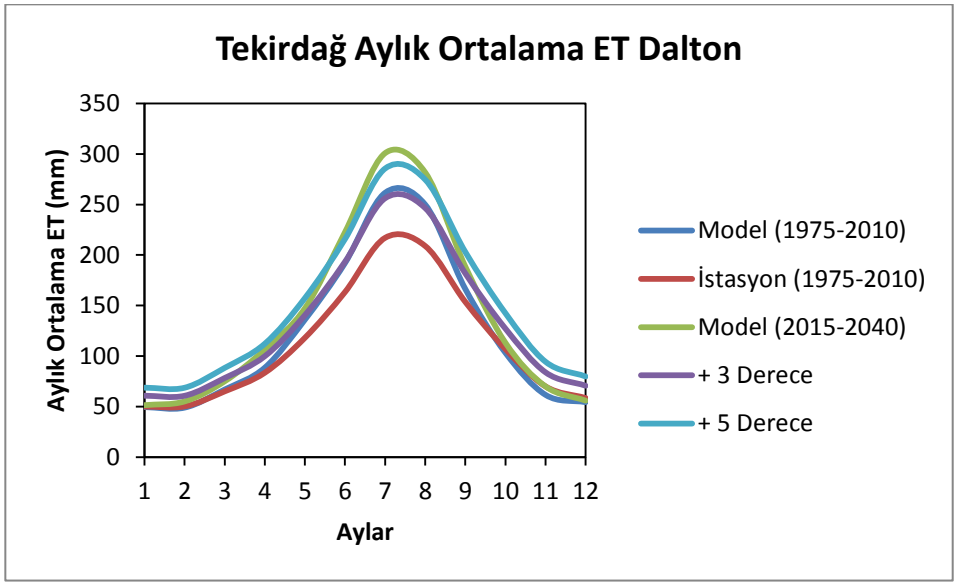


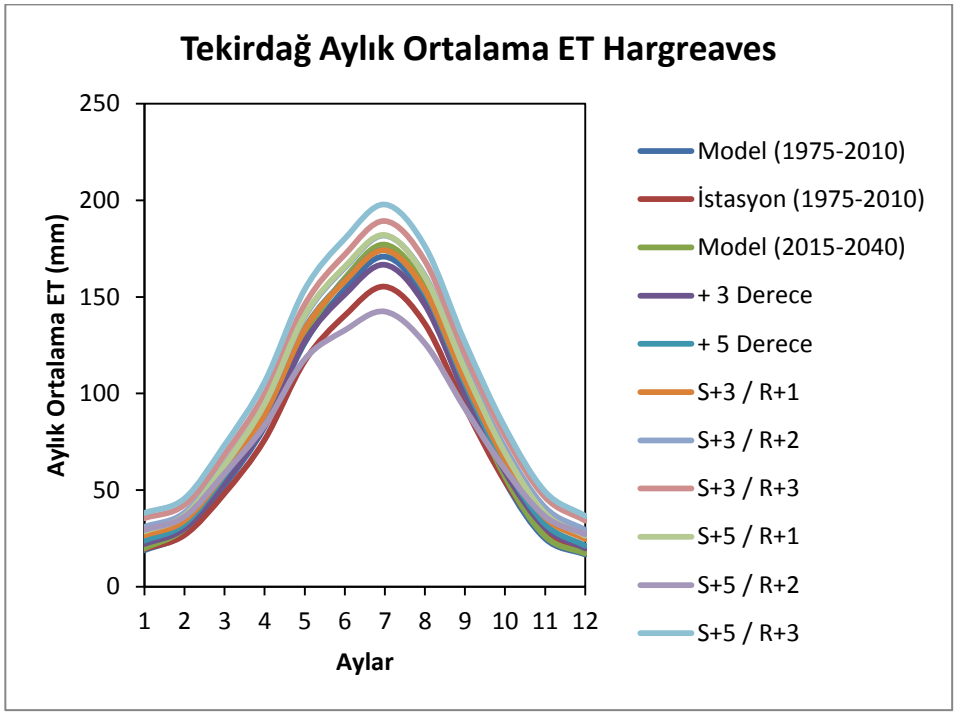
Şekil H.2 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Kırklareli.



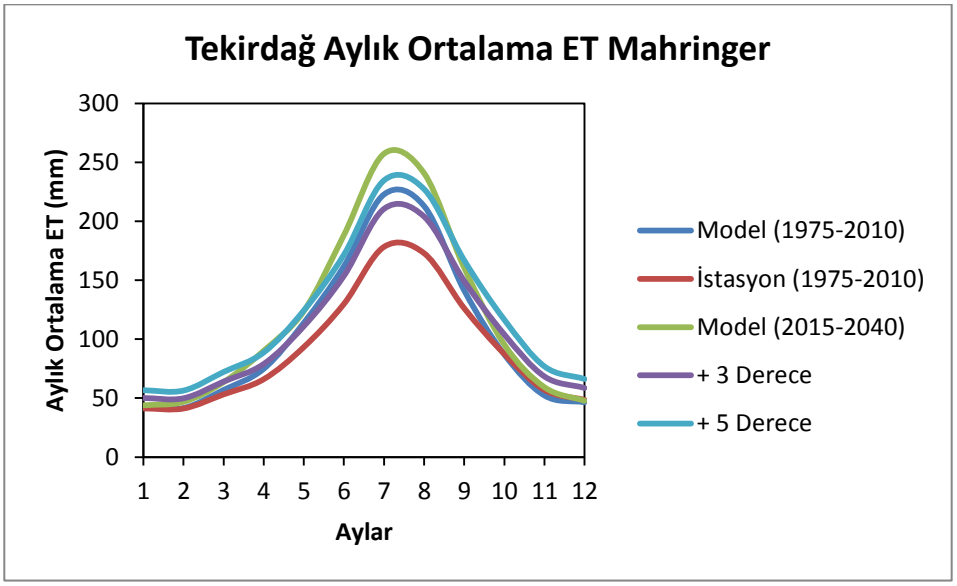


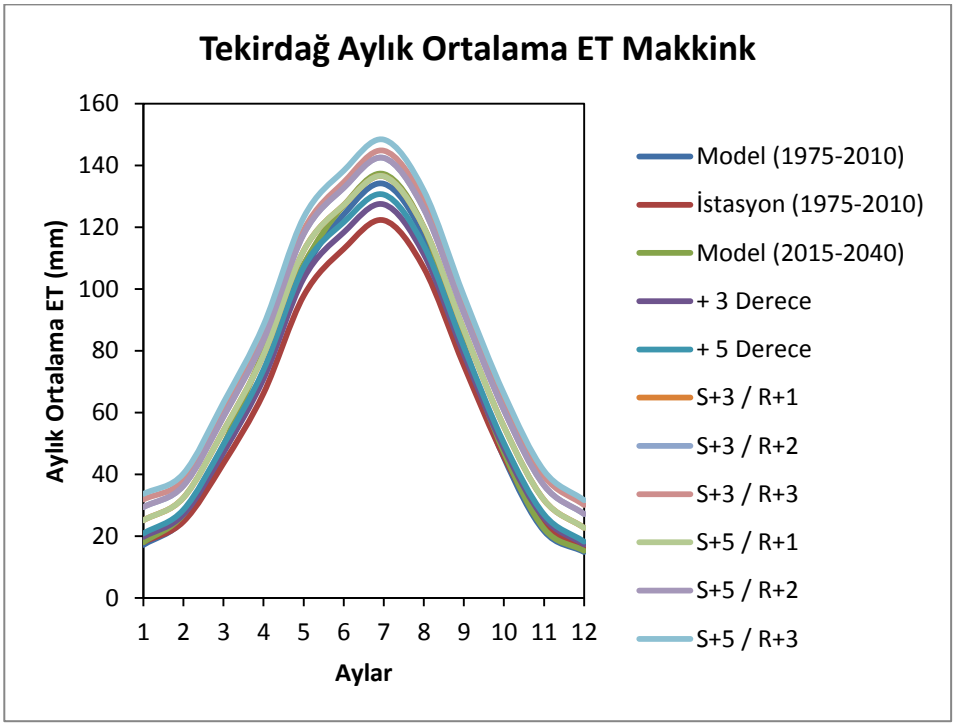
Şekil H.3 : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Tekirdağ.



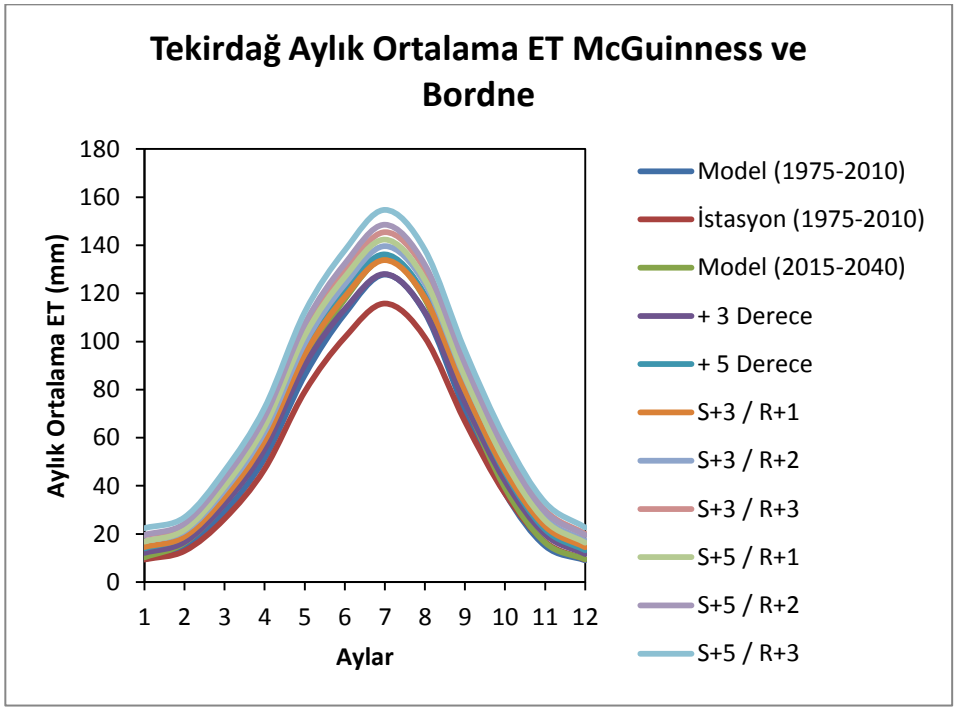


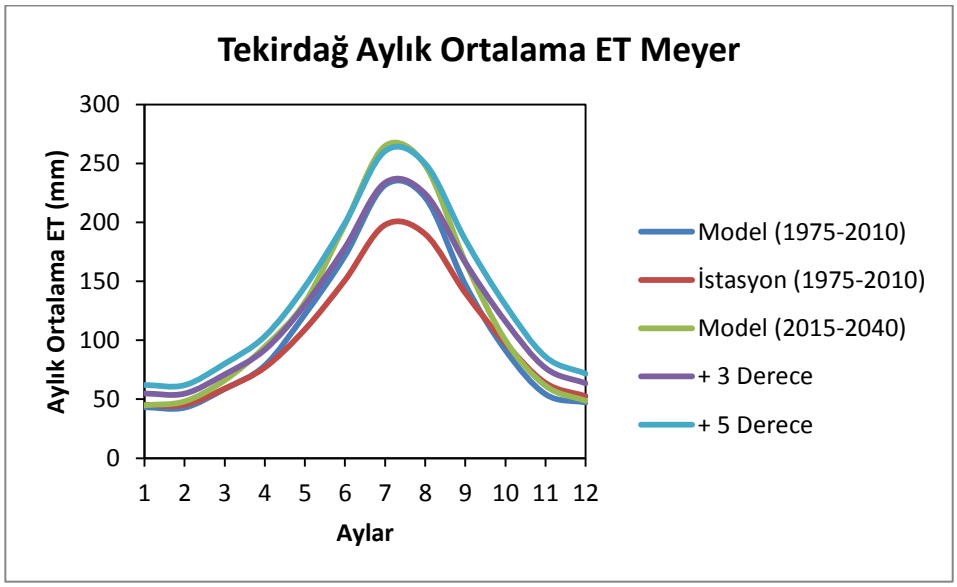
Şekil H.3 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Tekirdağ.



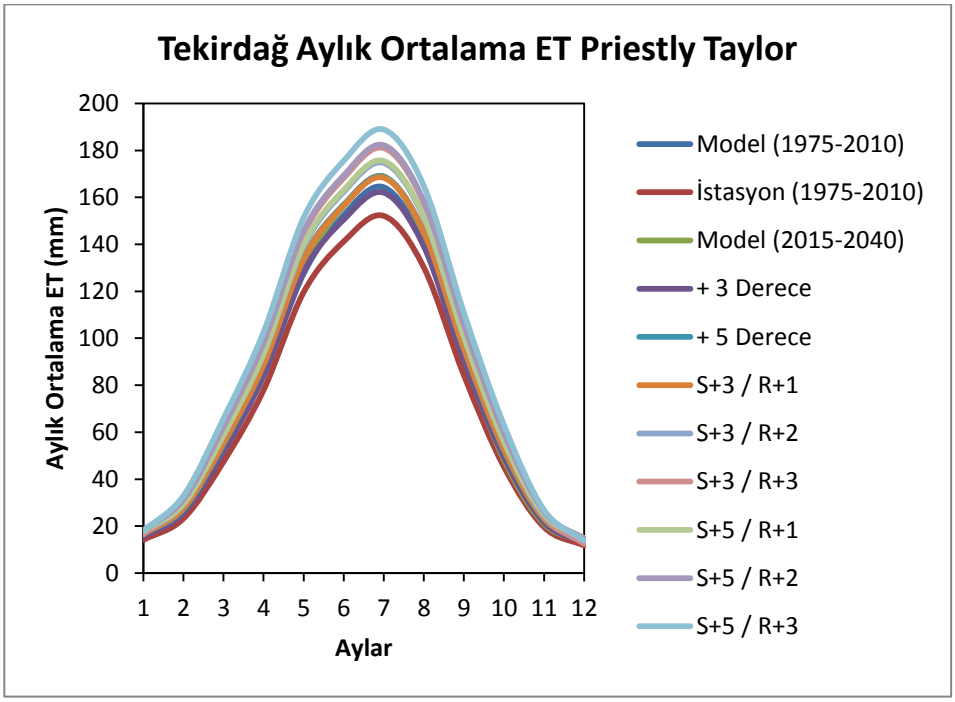


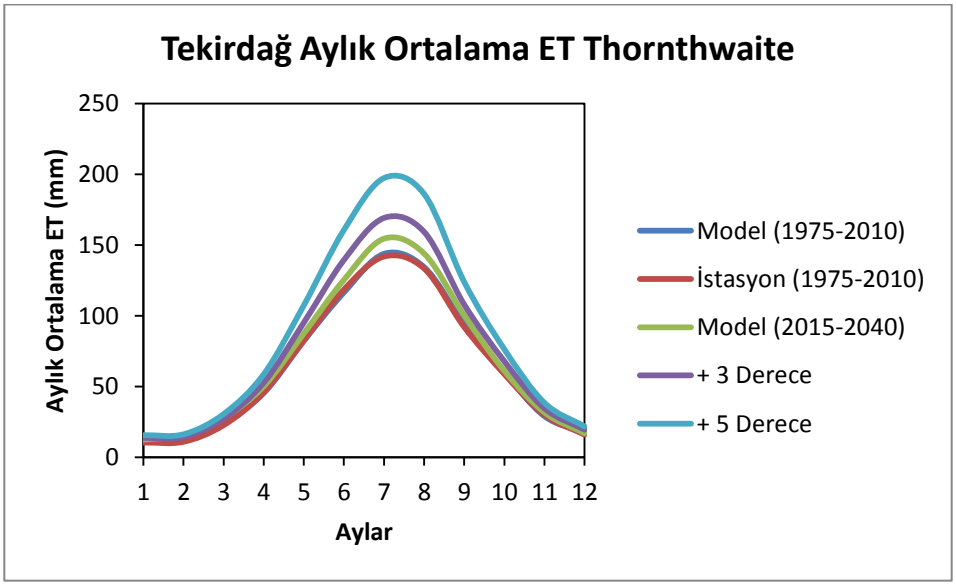
Şekil H.3 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Tekirdağ.



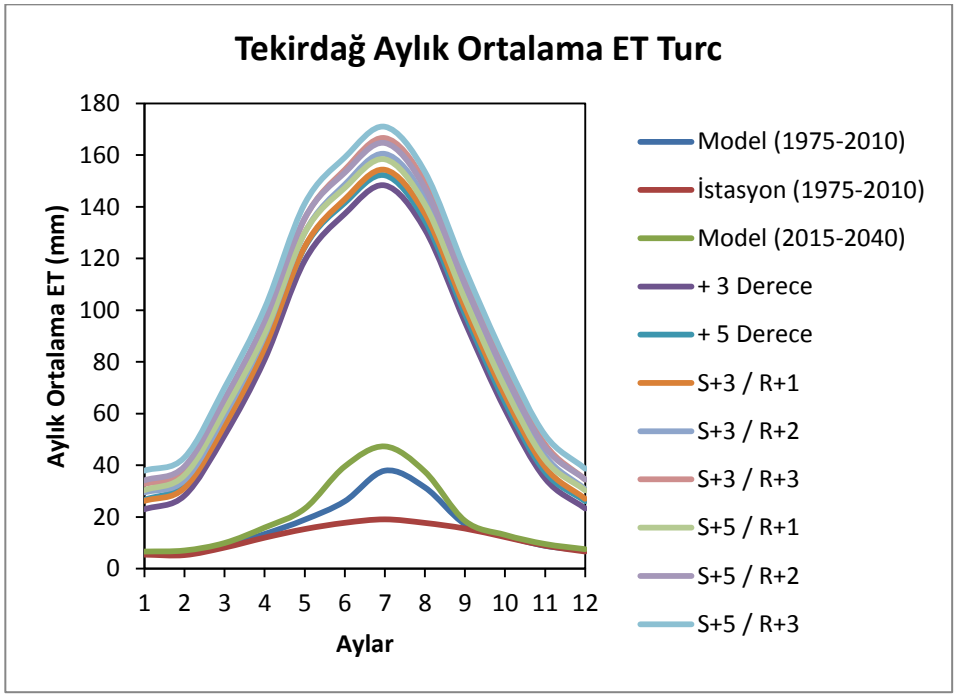


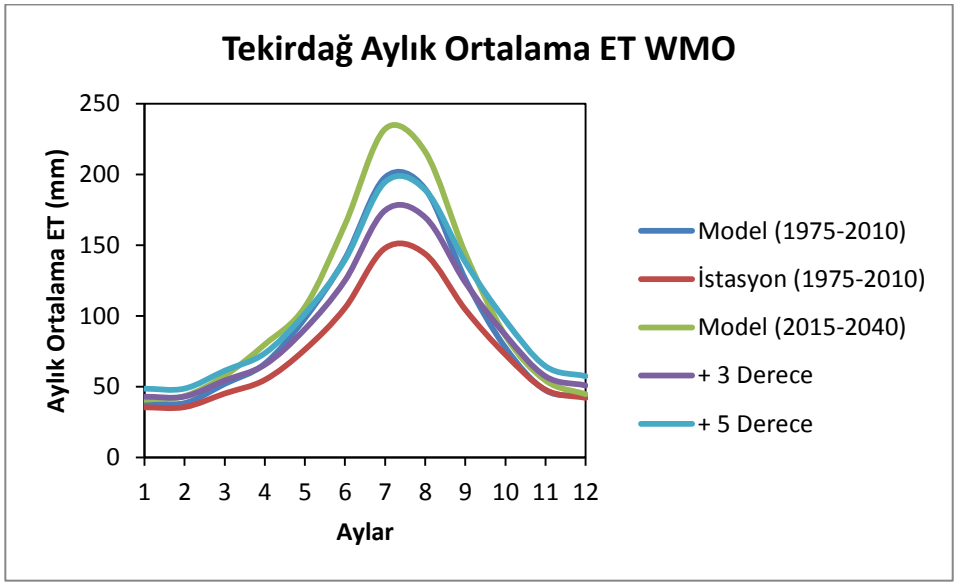
Şekil H.3 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Tekirdağ.



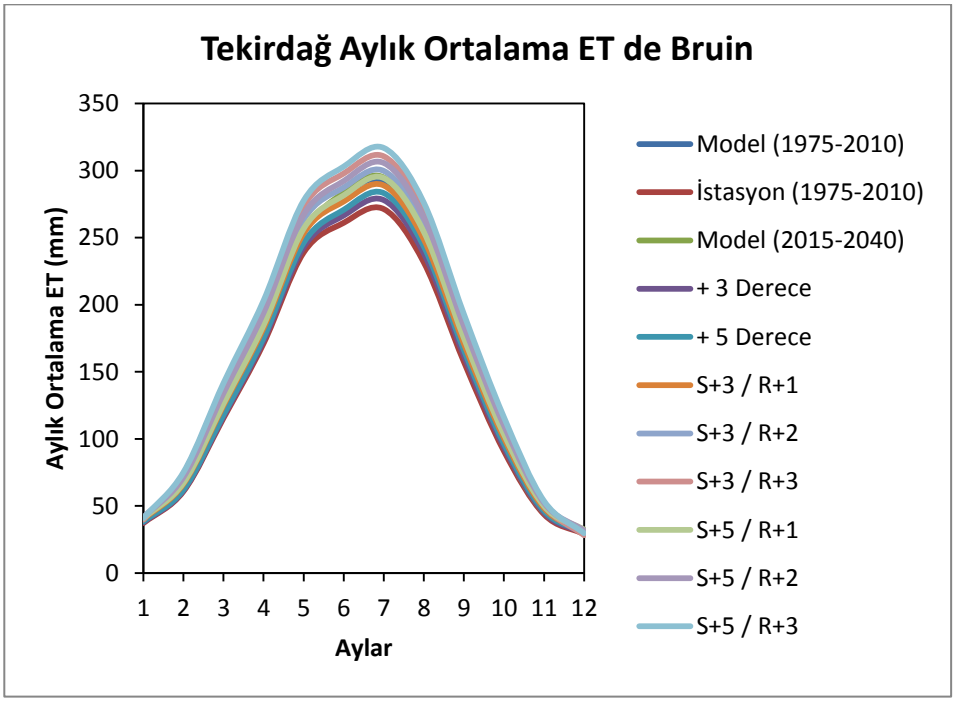


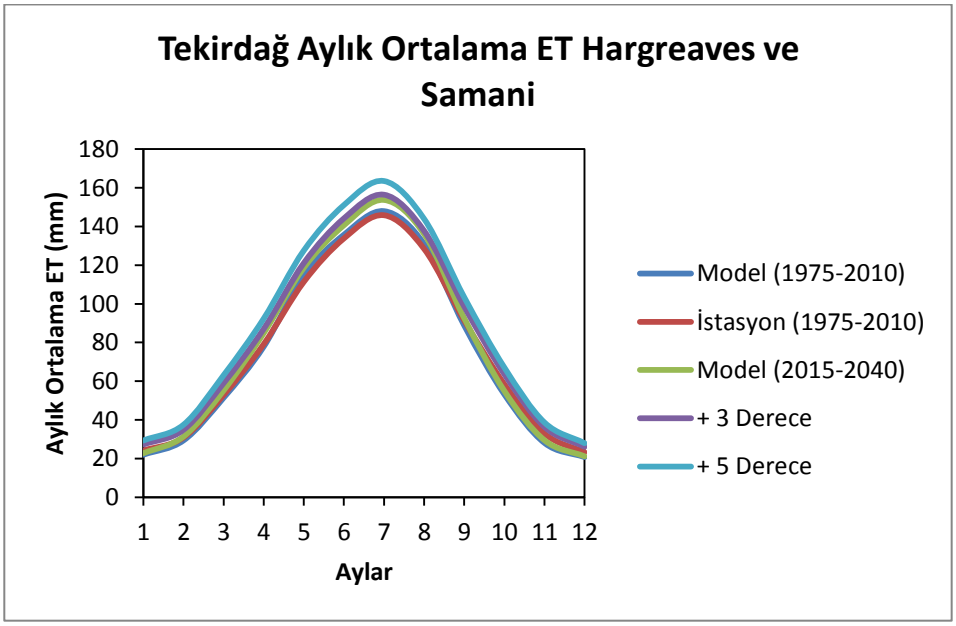
Şekil H.3 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Tekirdağ.



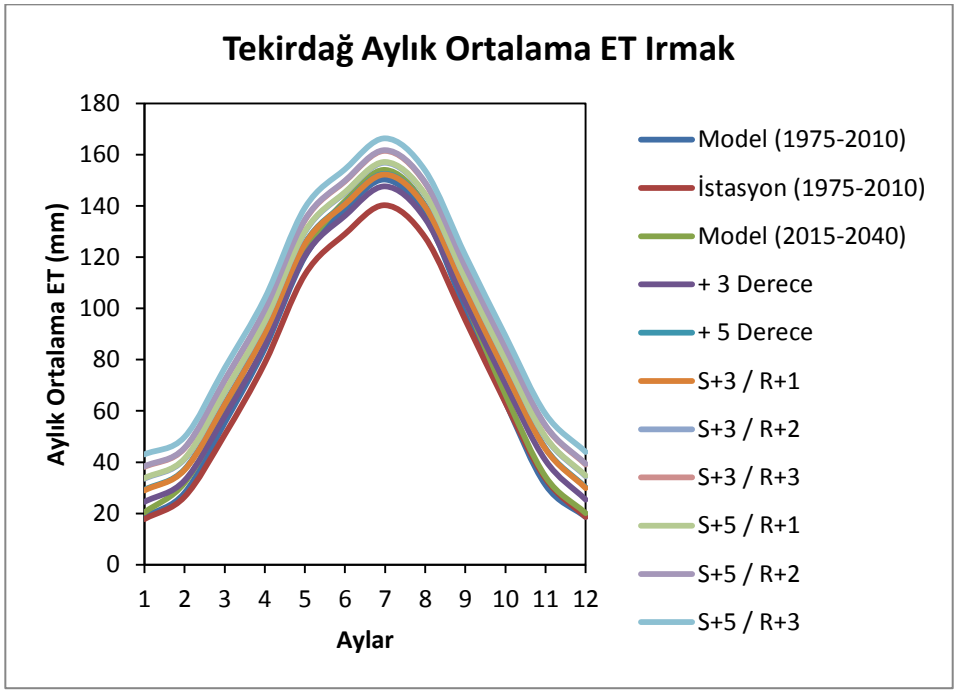


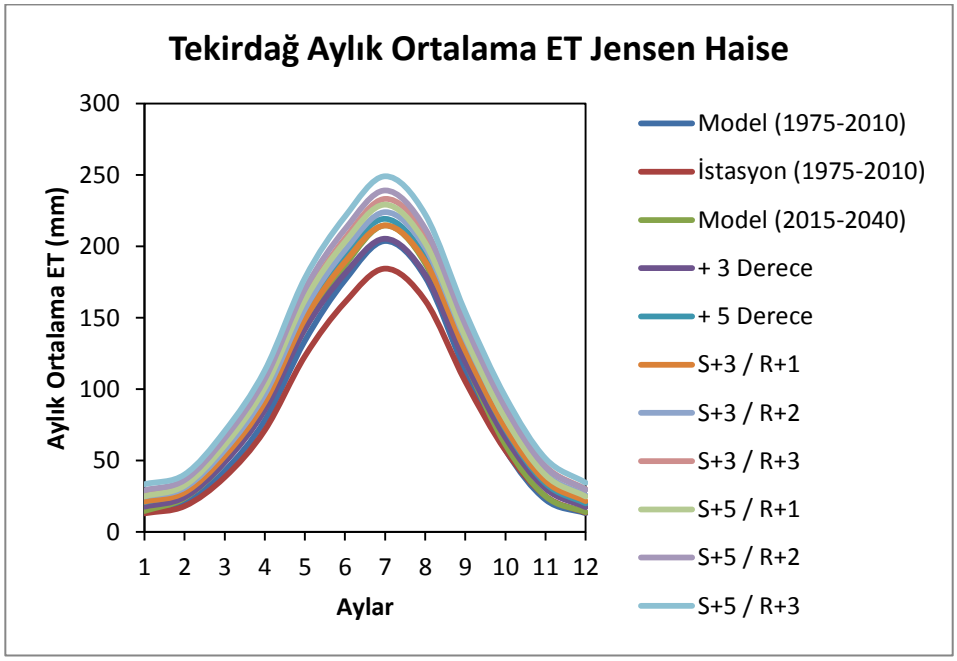
Şekil H.3 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Tekirdağ.



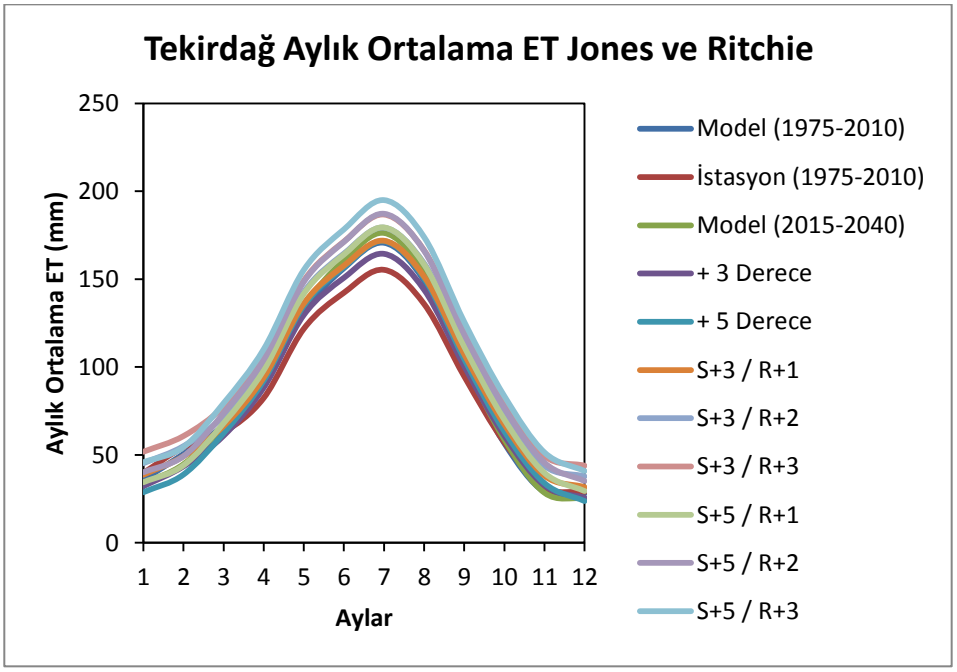


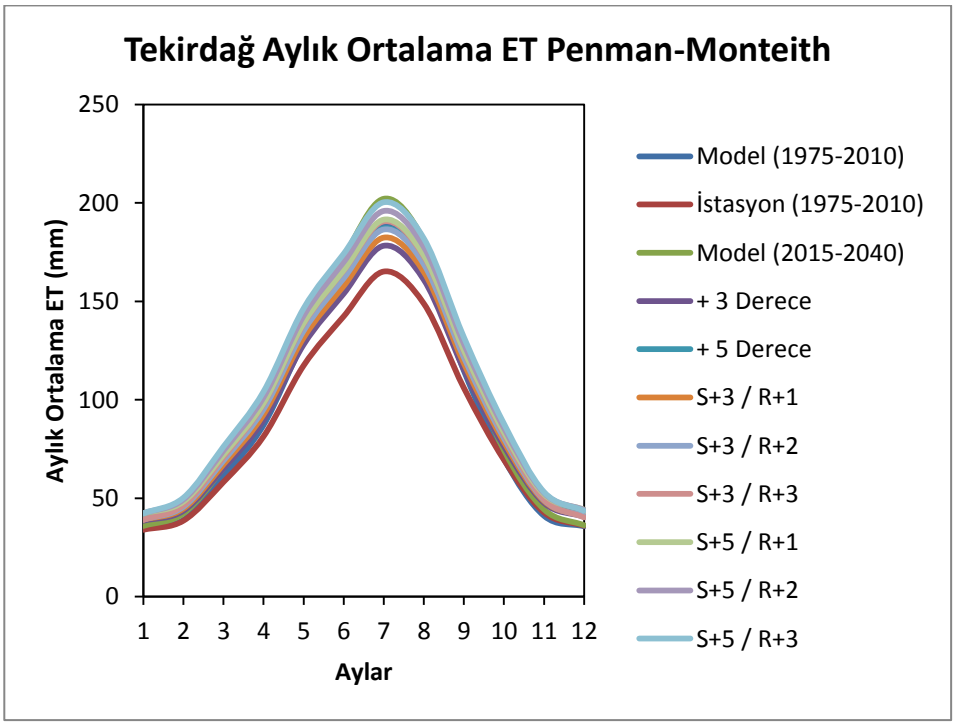
Şekil H.3 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Tekirdağ.



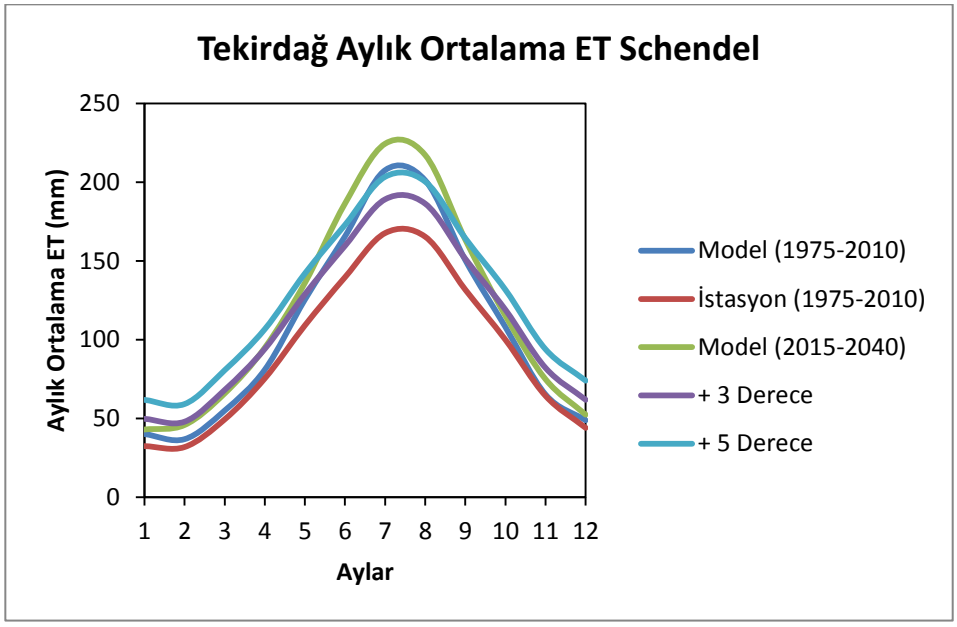


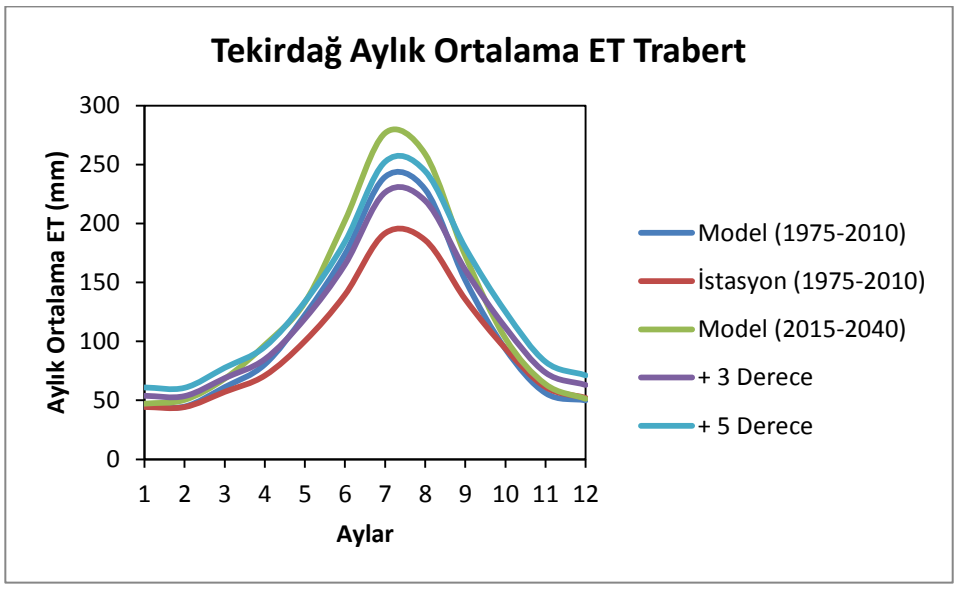
Şekil H.3 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Tekirdağ.





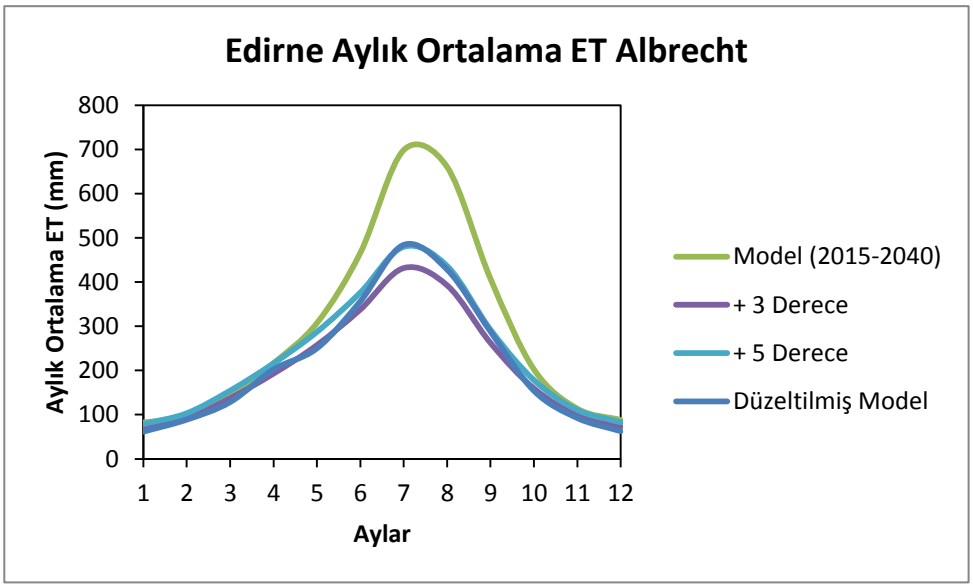
Şekil H.3 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Tekirdağ.

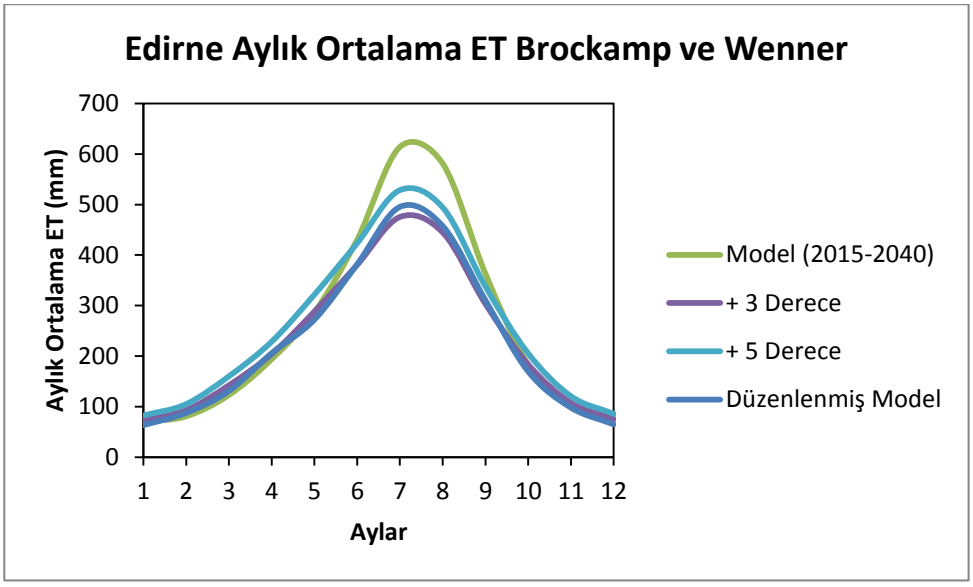




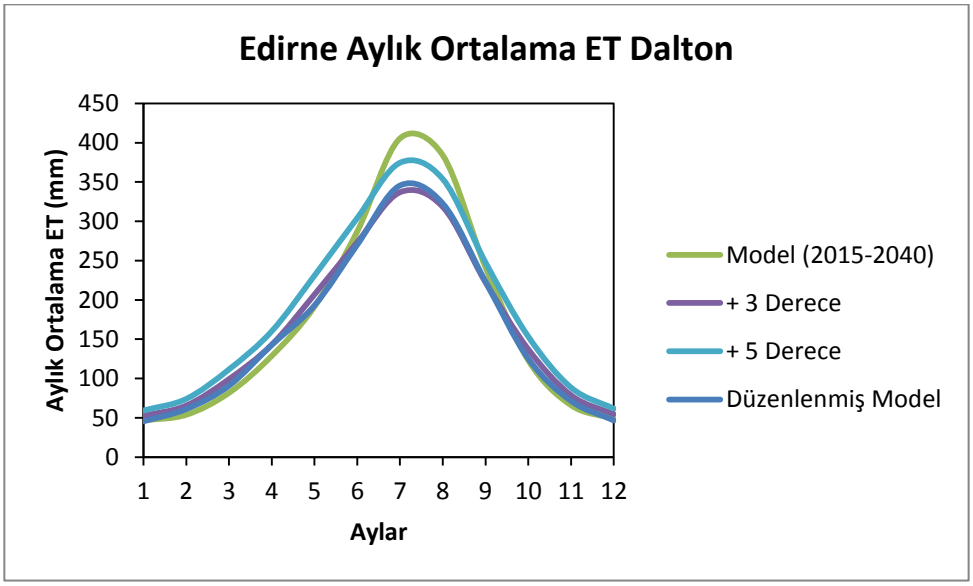
Şekil H.3 (devam) : Uzun yıllar aylık ortalama ET: Tekirdağ.

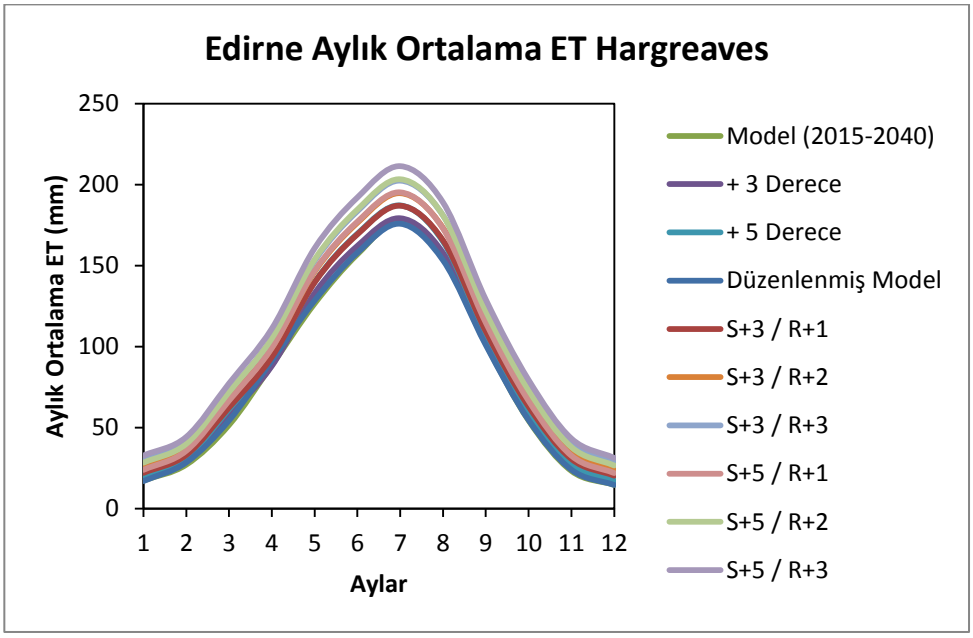
EK I Düzeltilmiş ET Model Verileri Uzun Yıllar Aylık Ortalaması



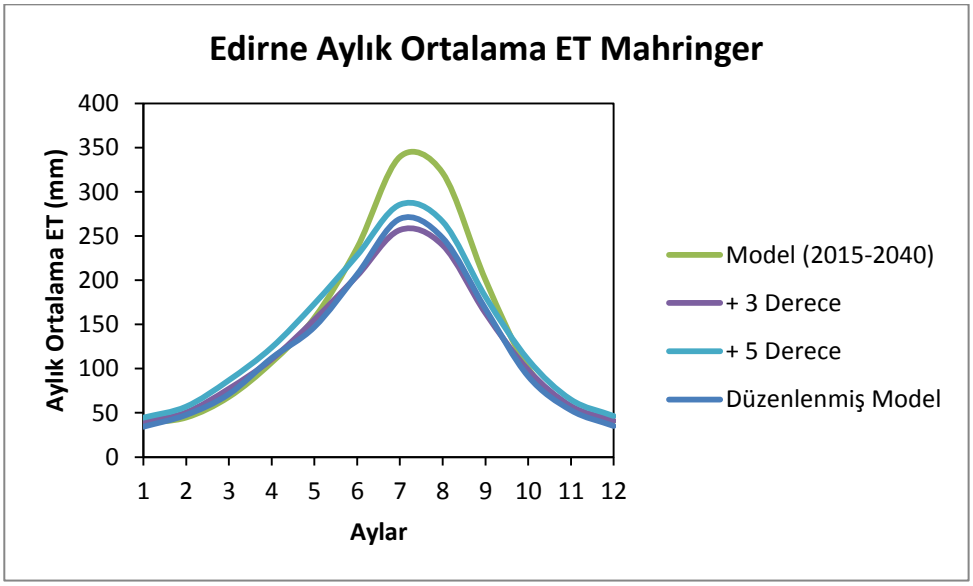


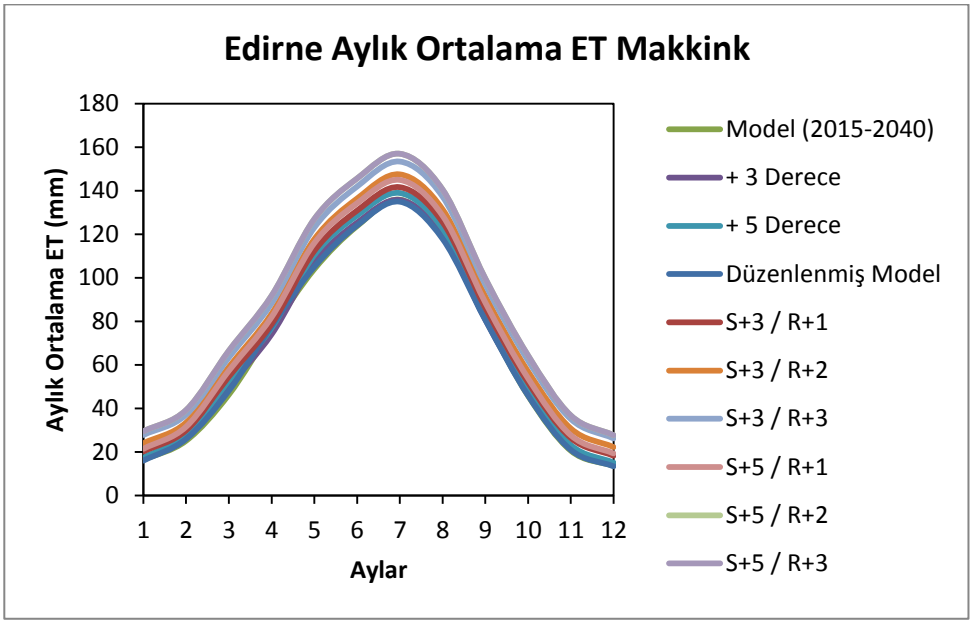
Şekil I.1 : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort ET model verileri: Edirne.



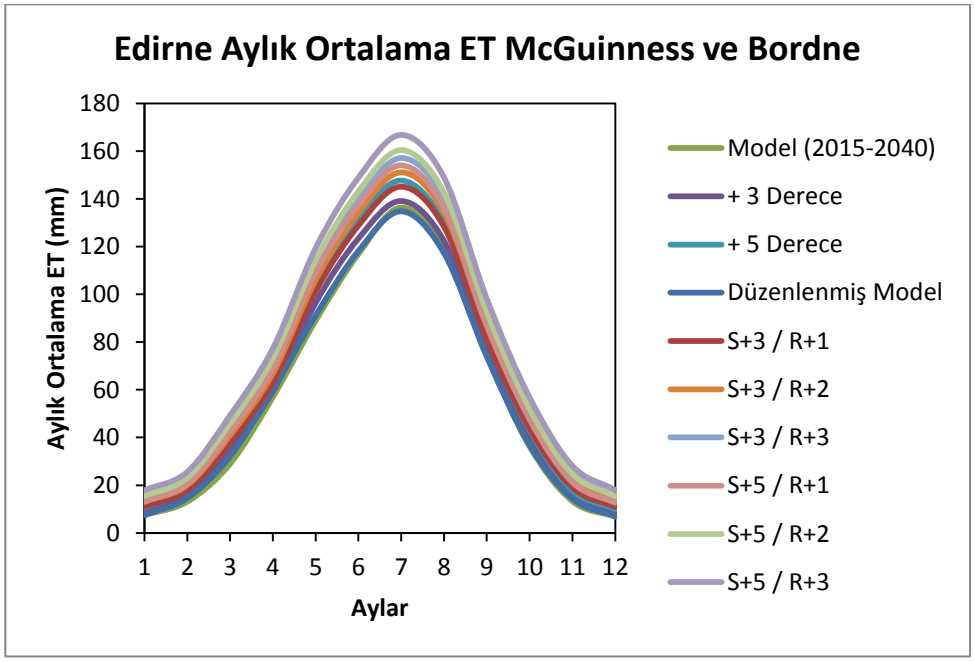


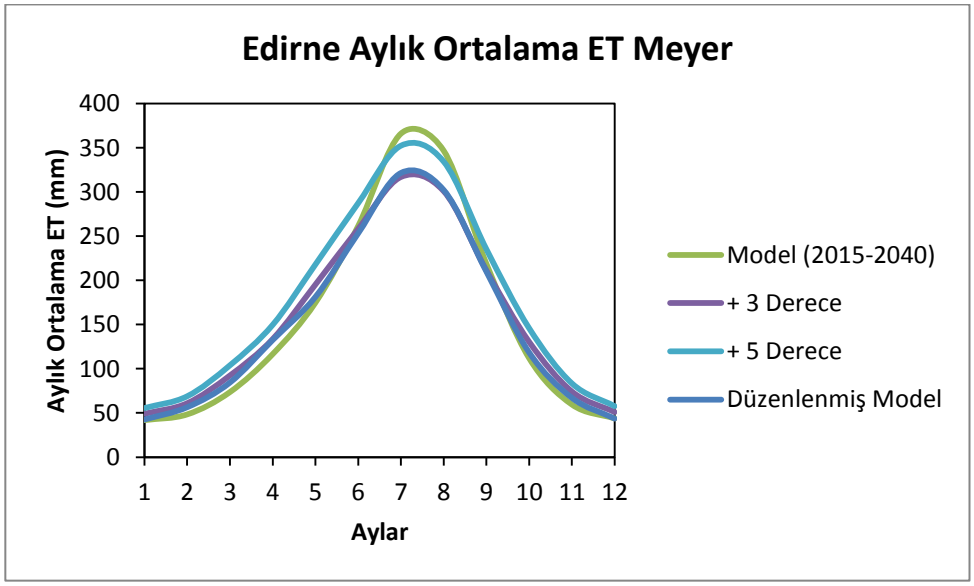
Şekil I.1 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort ET model verileri: Edirne.



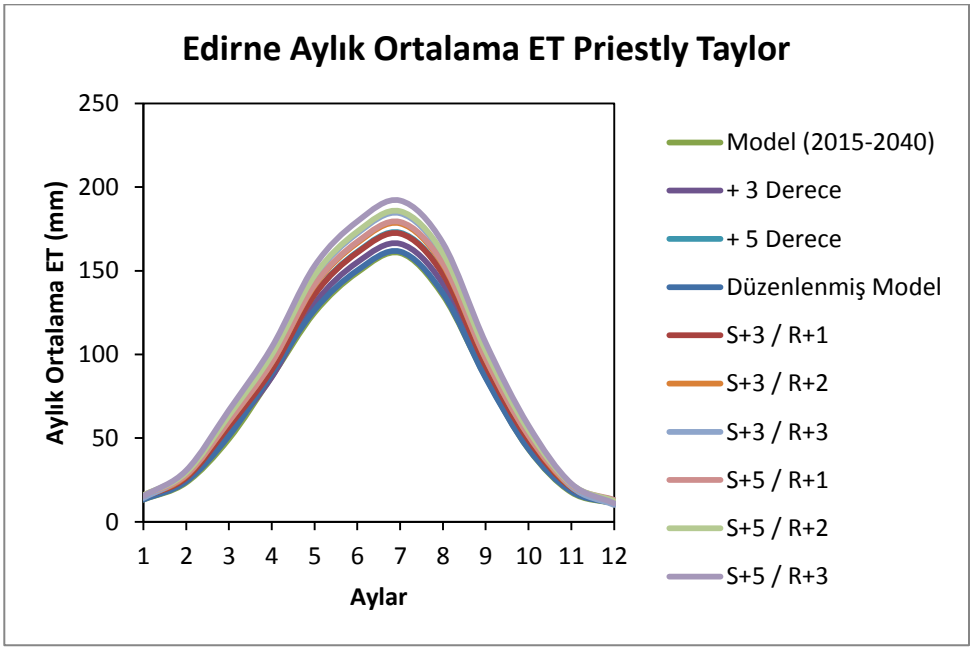


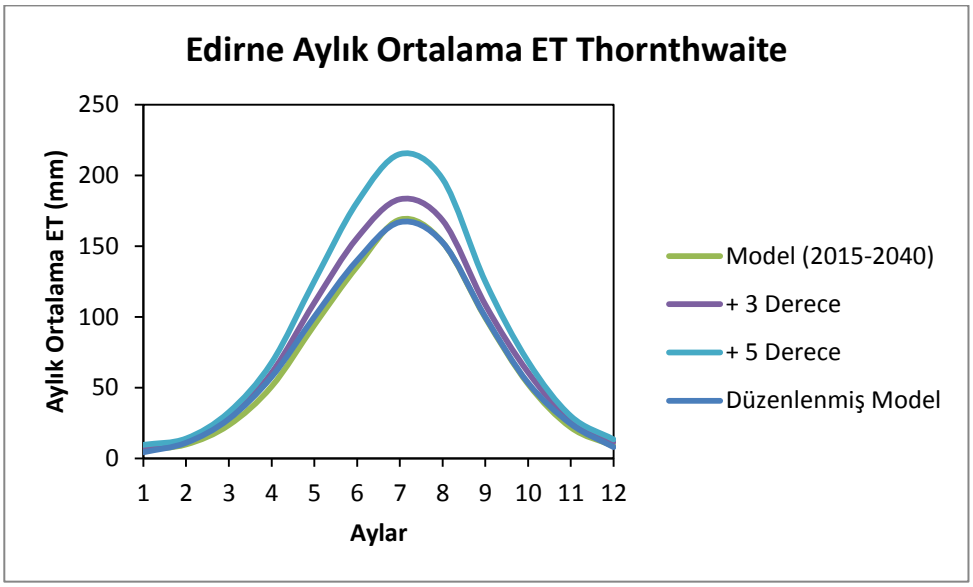
Şekil I.1 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort ET model verileri: Edirne.



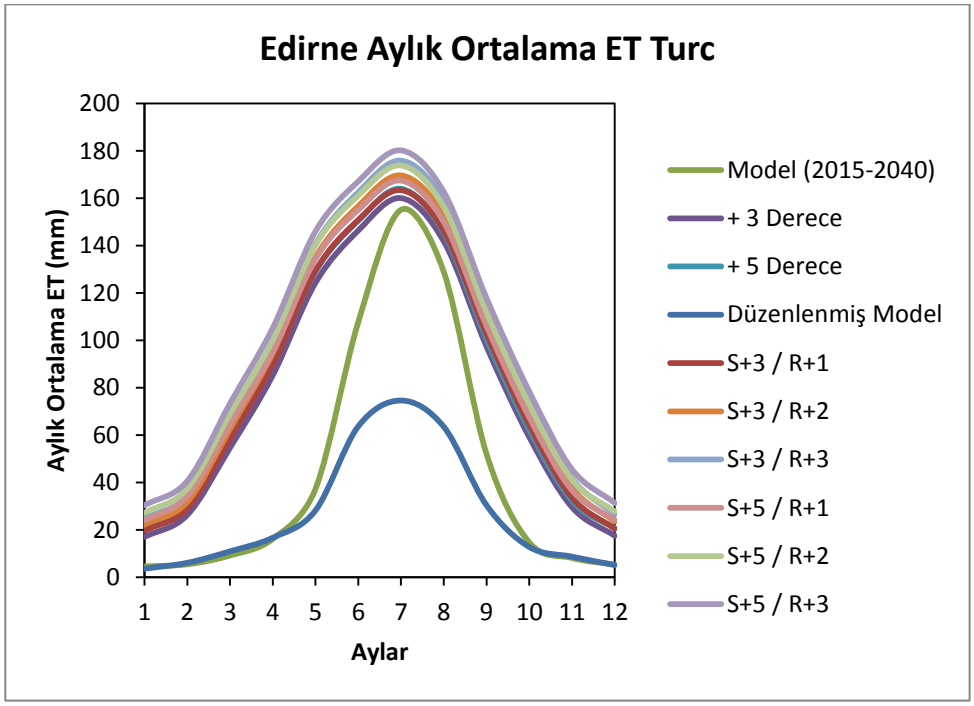


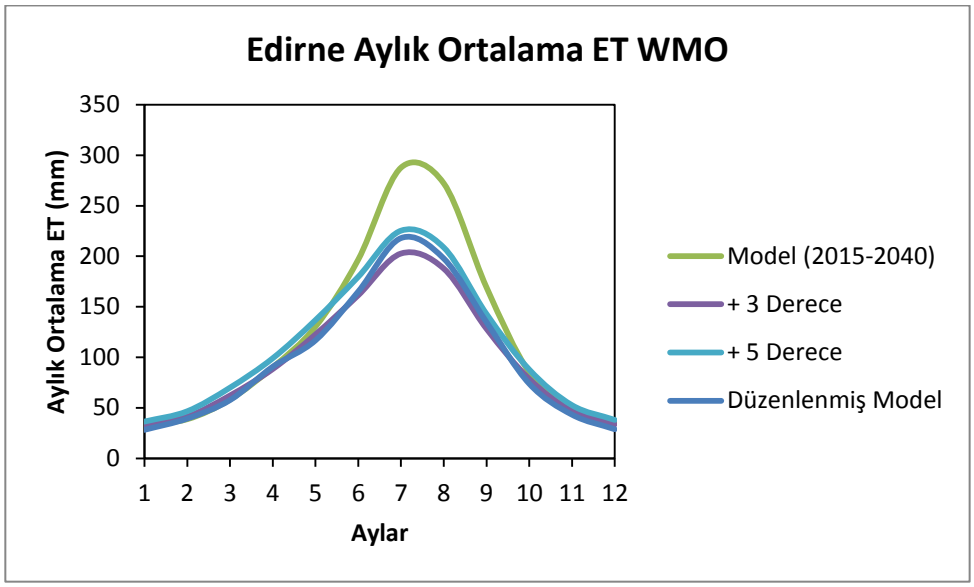
Şekil I.1 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort ET model verileri: Edirne.



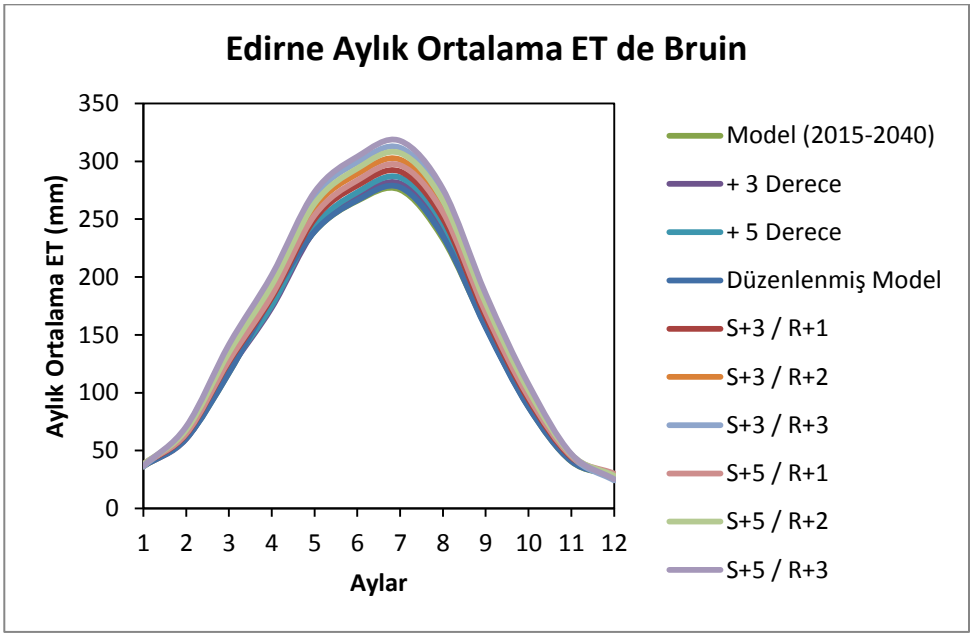


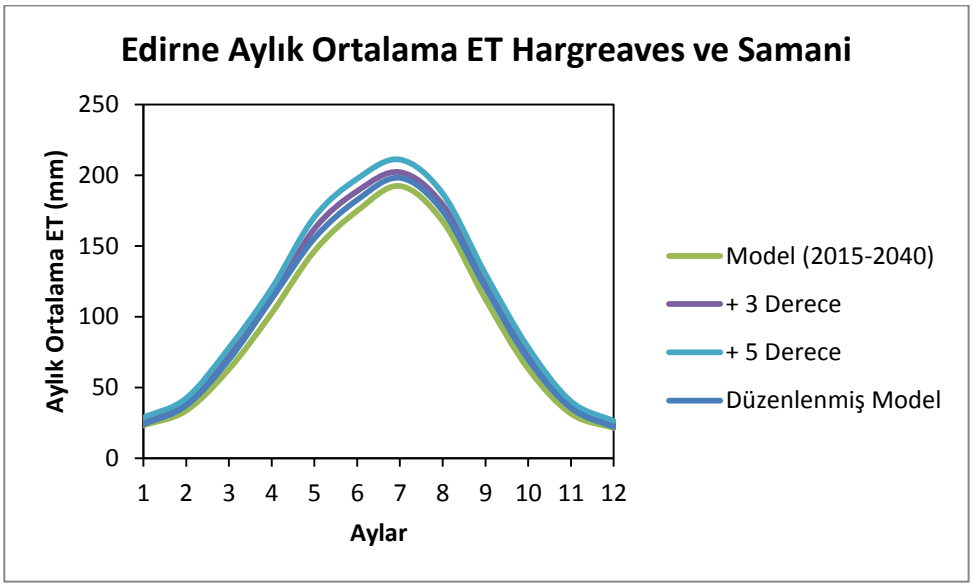
Şekil I.1 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort ET model verileri: Edirne.



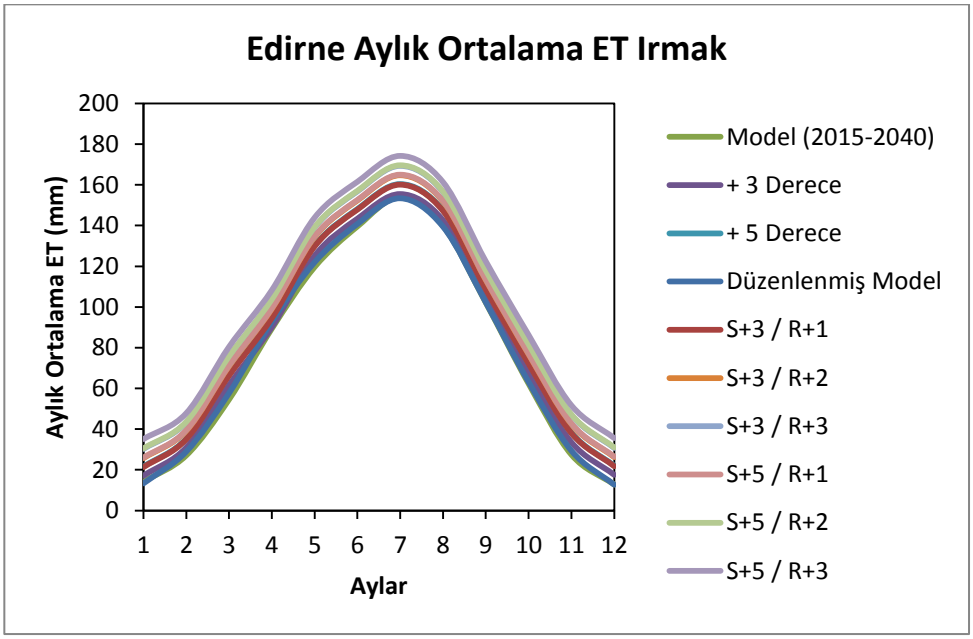


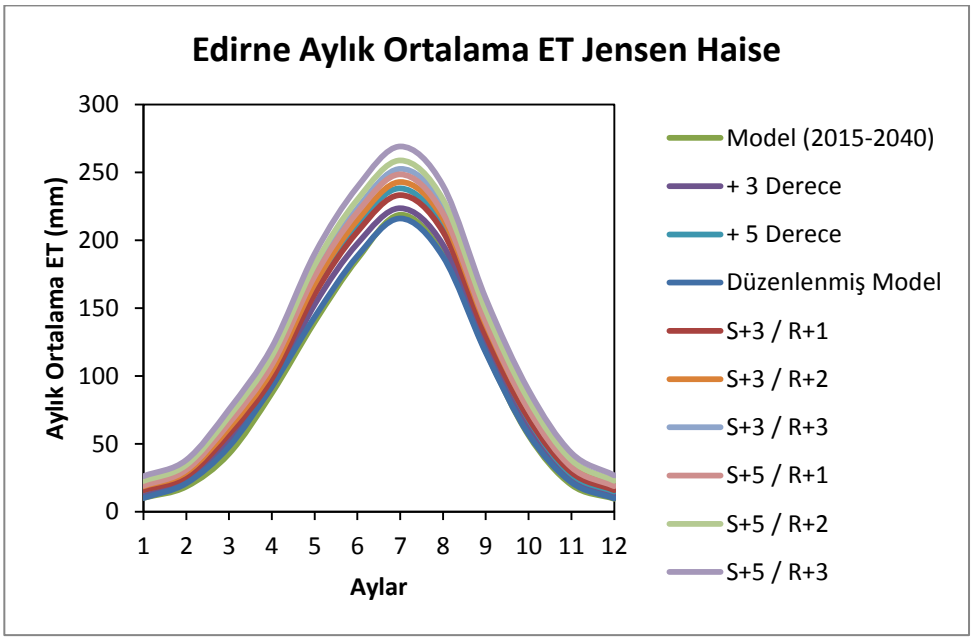
Şekil I.1 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort ET model verileri: Edirne.



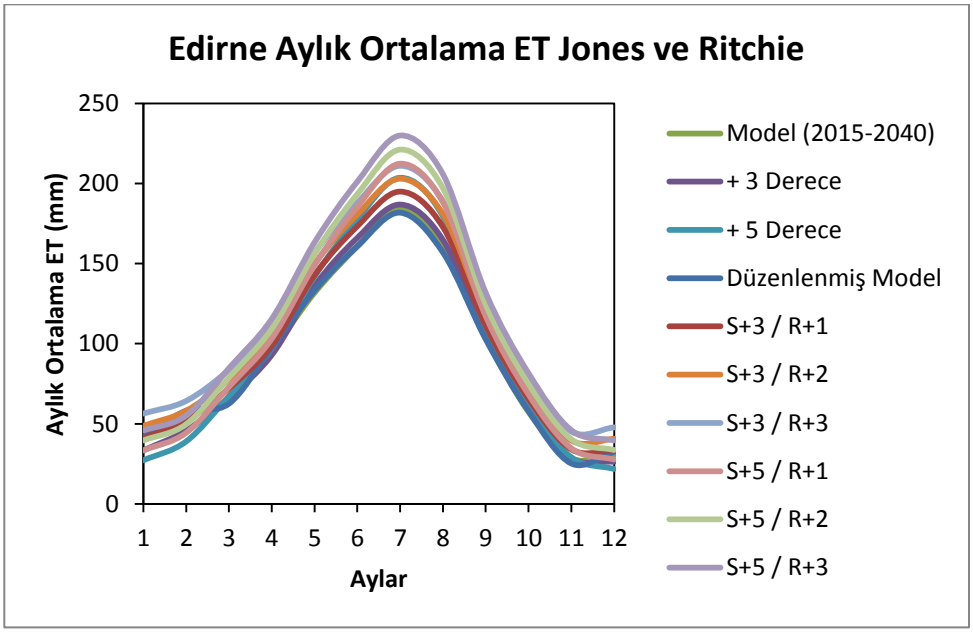


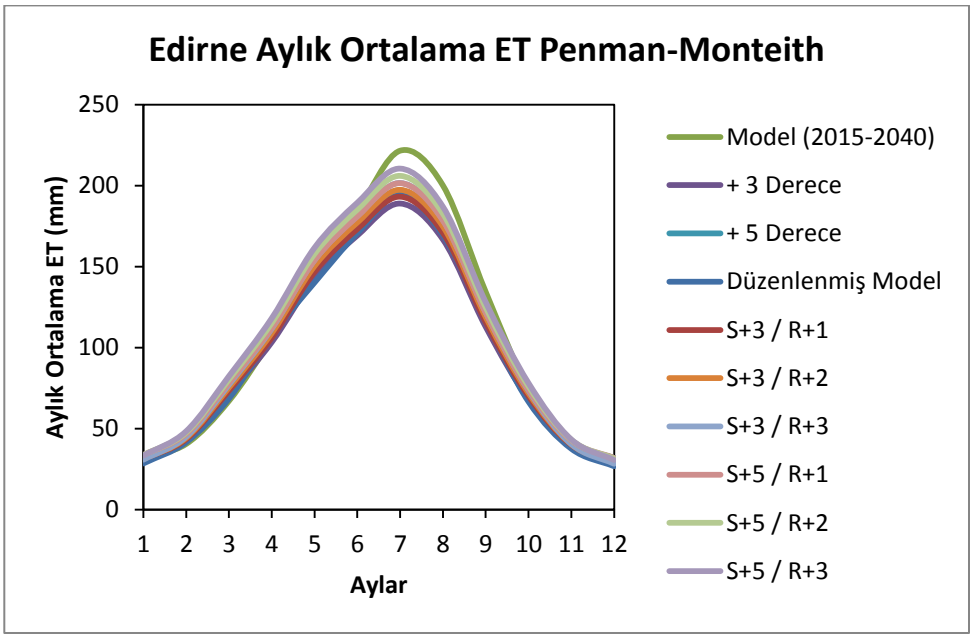
Şekil I.1 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort ET model verileri: Edirne.



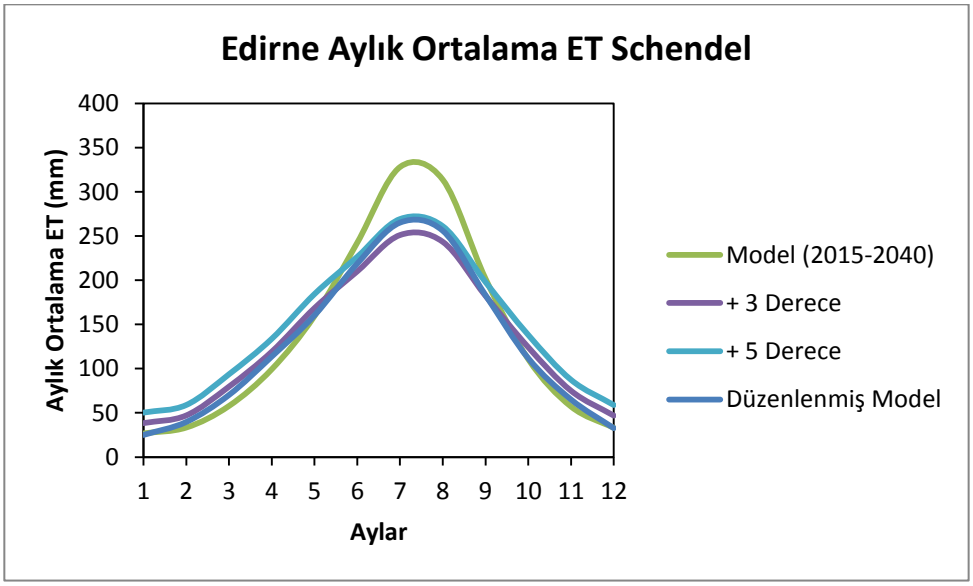


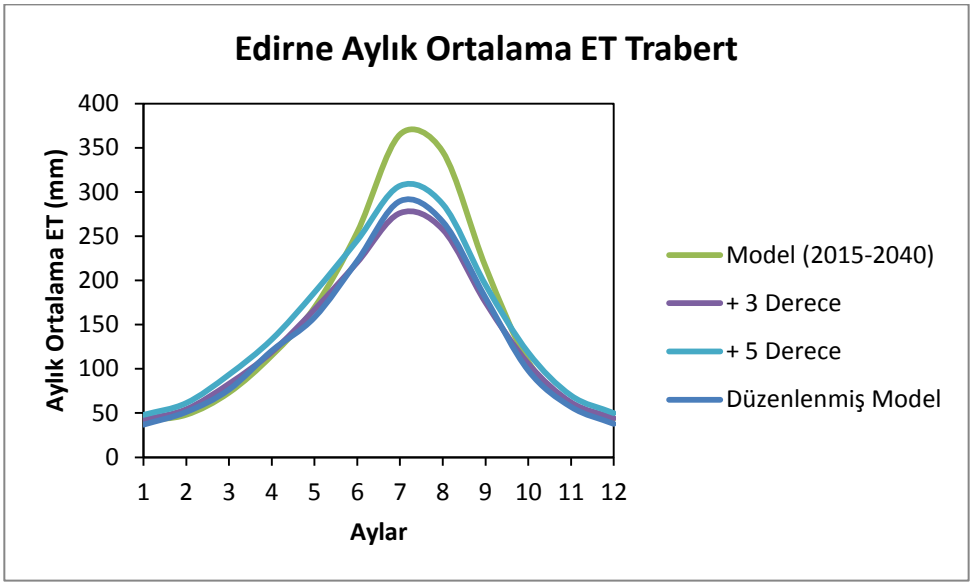
Şekil I.1 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort ET model verileri: Edirne.



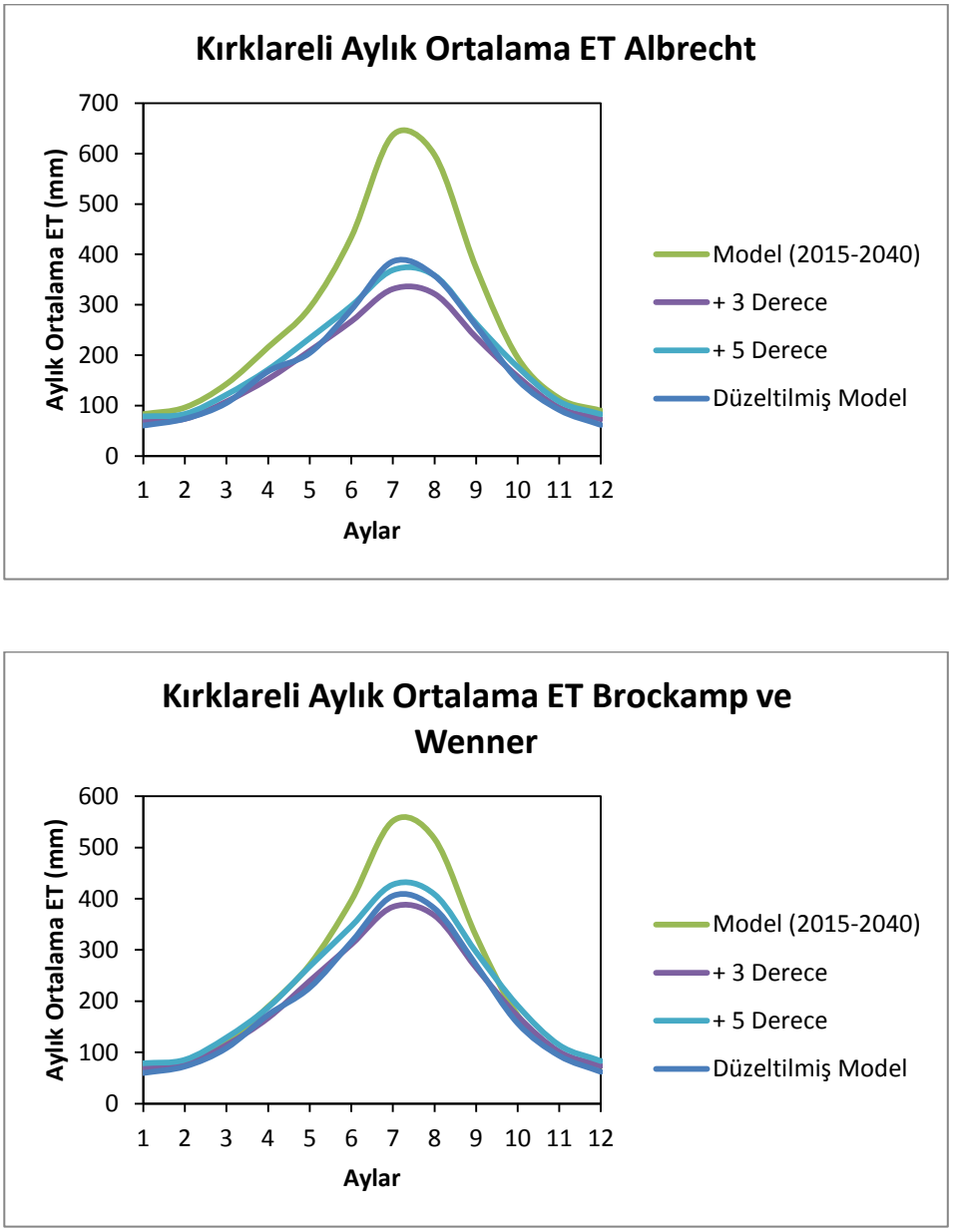


Şekil I.1 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort ET model verileri: Edirne.

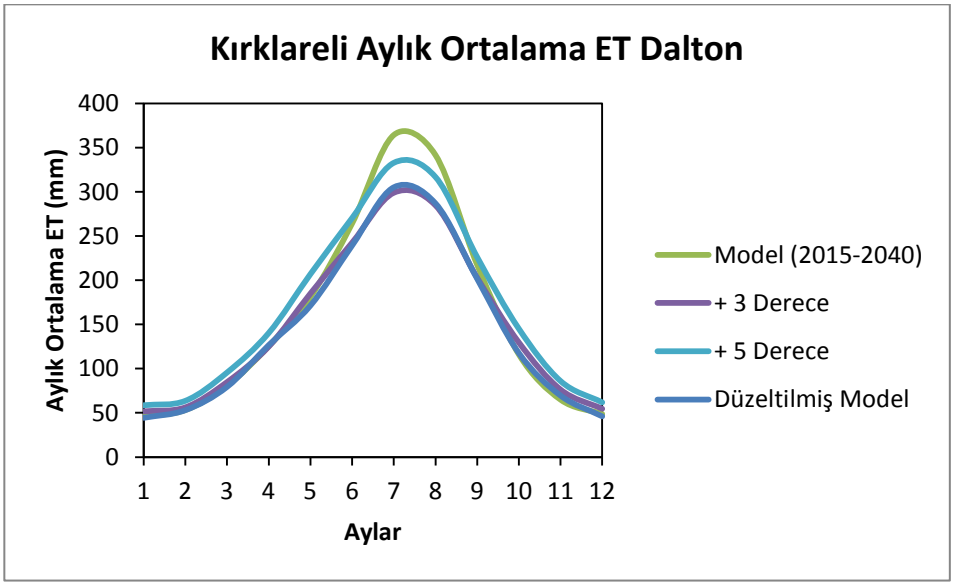


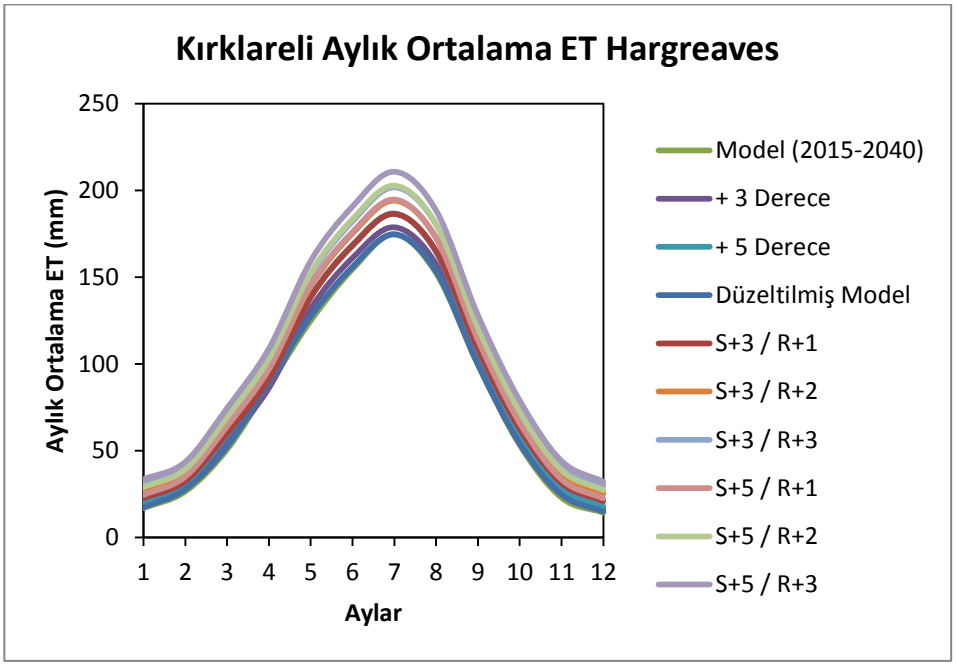


Şekil I.1 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort ET model verileri: Edirne.

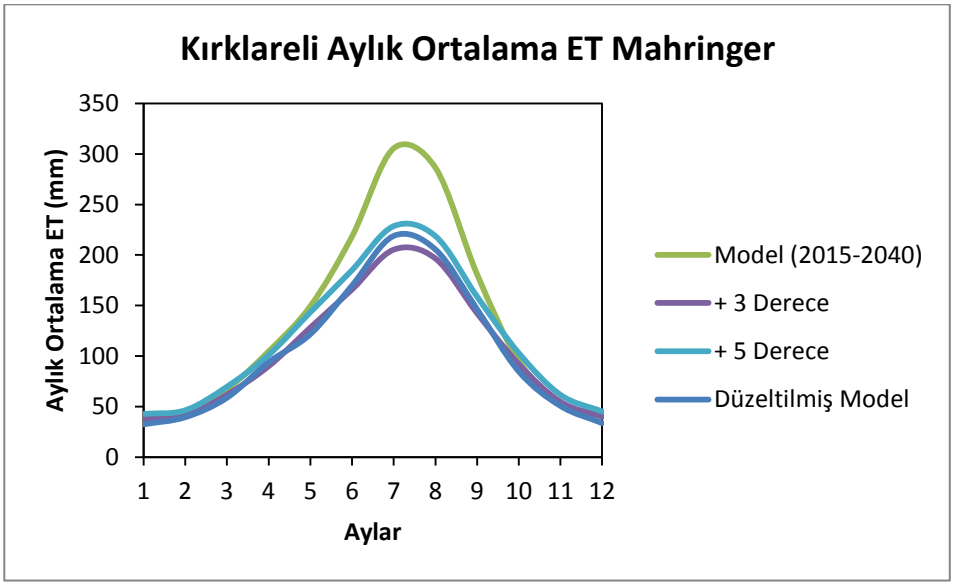


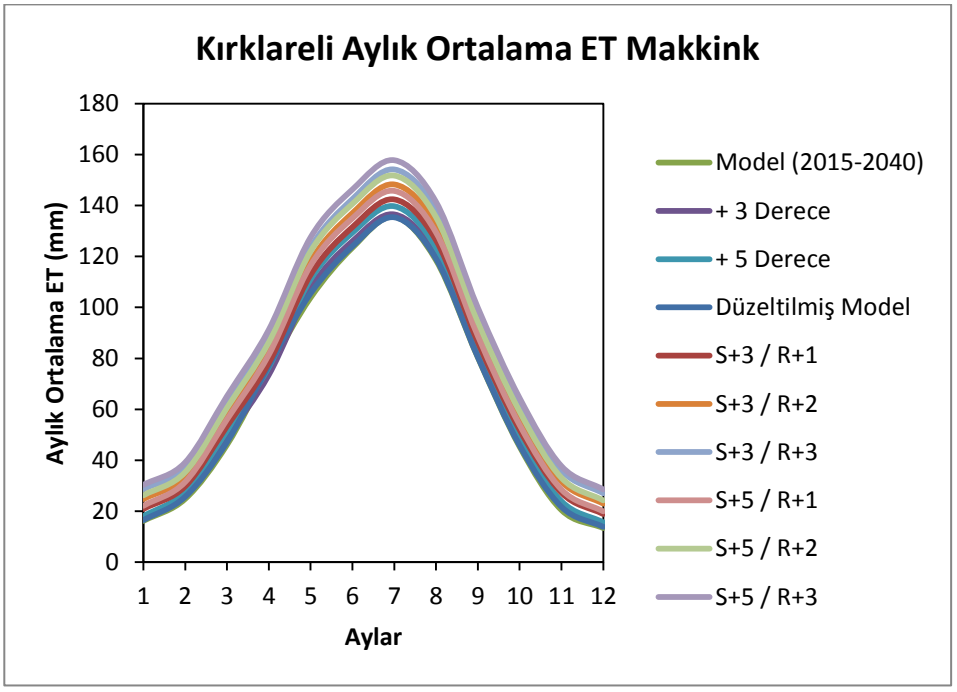
Şekil I.2 : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort ET model verileri: Kırklareli.



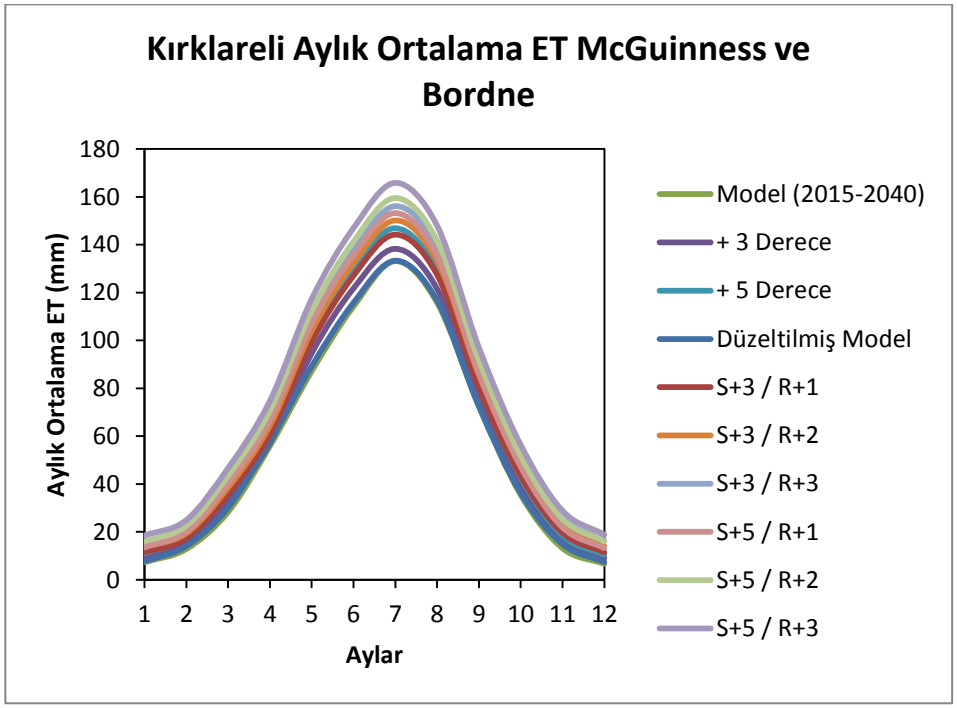


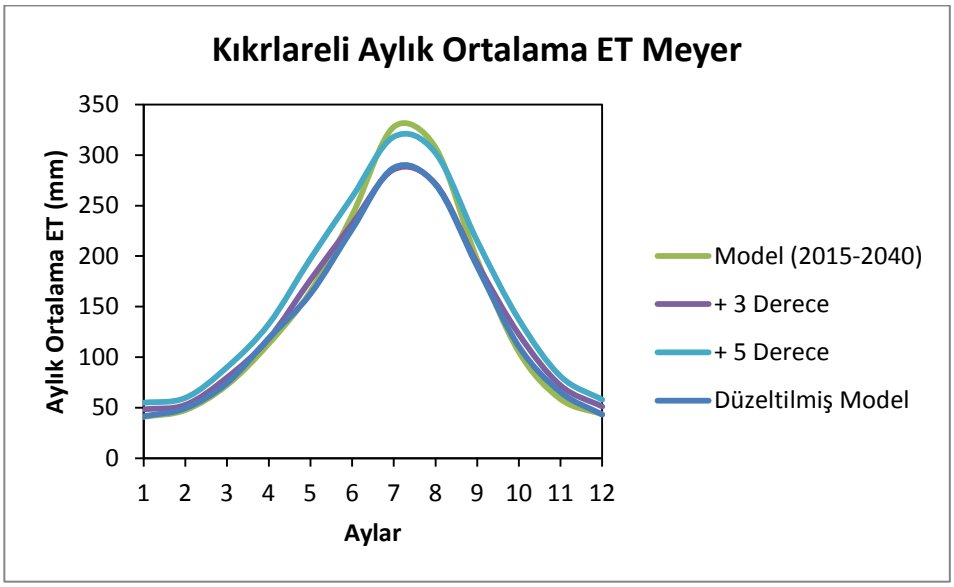
Şekil I.2 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort ET model verileri: Kırklareli.



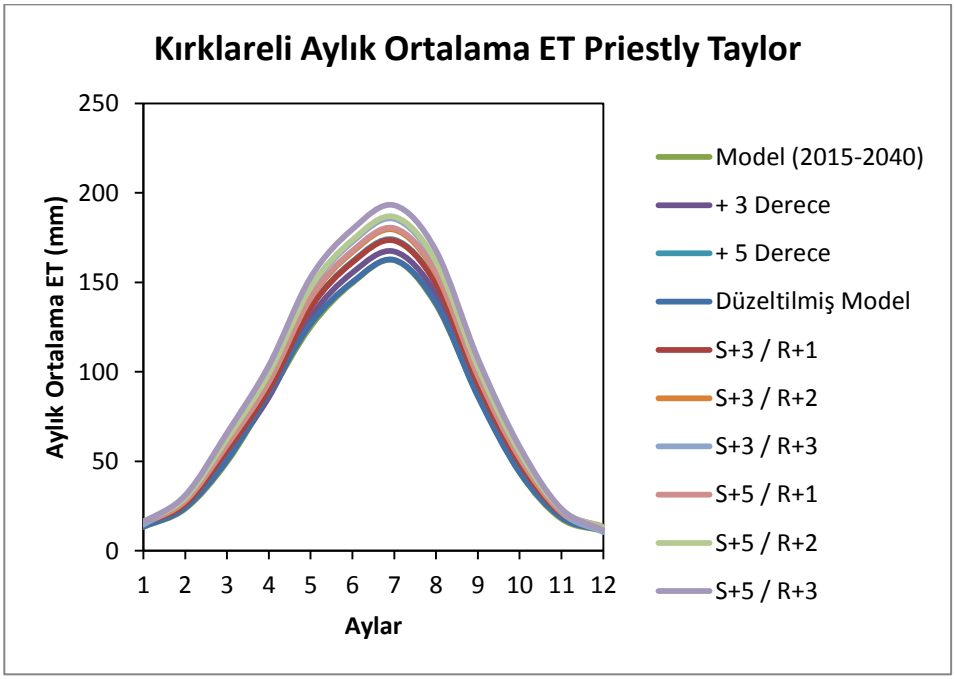


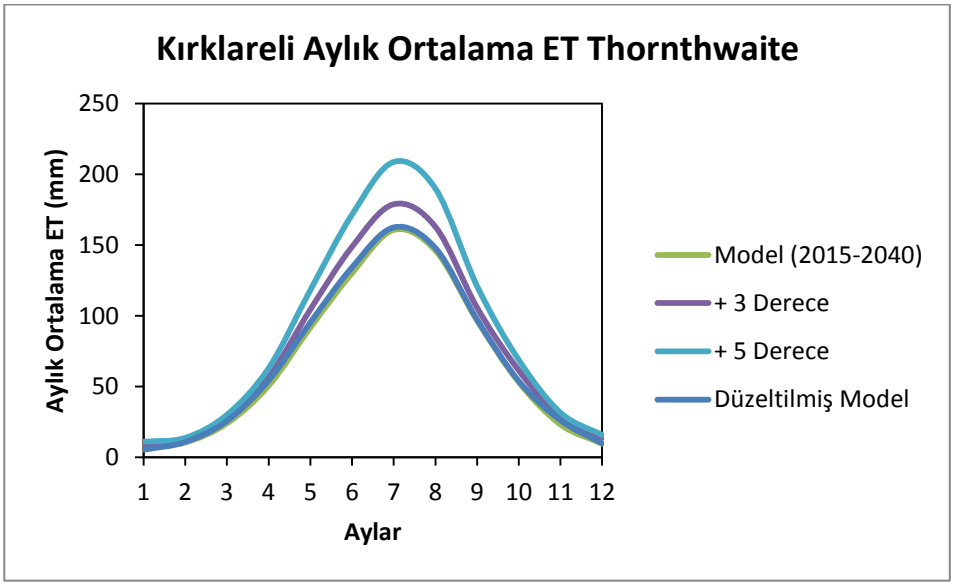
Şekil I.2 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort ET model verileri: Kırklareli.



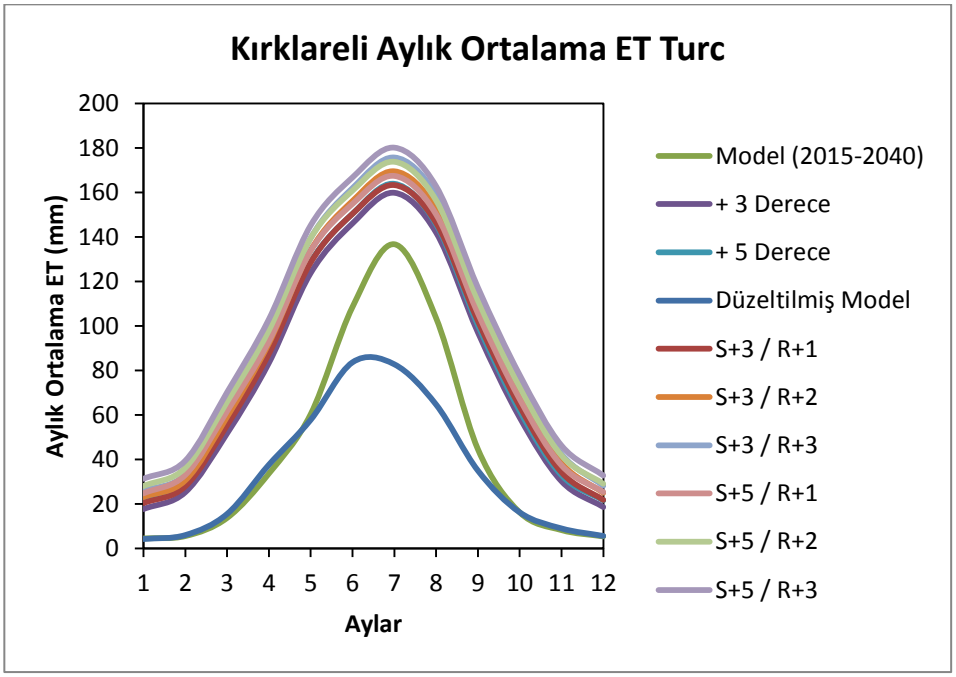


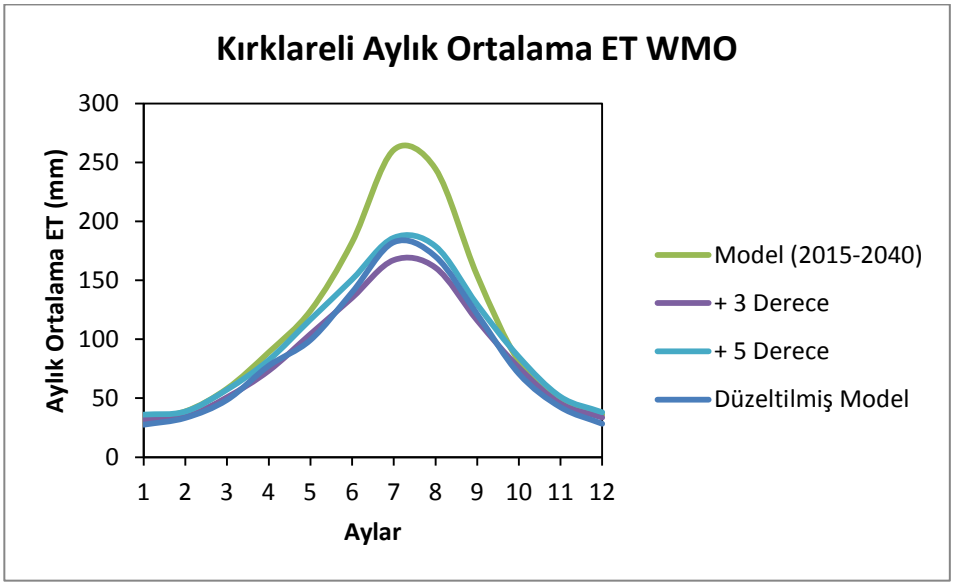
Şekil I.2 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort ET model verileri: Kırklareli.



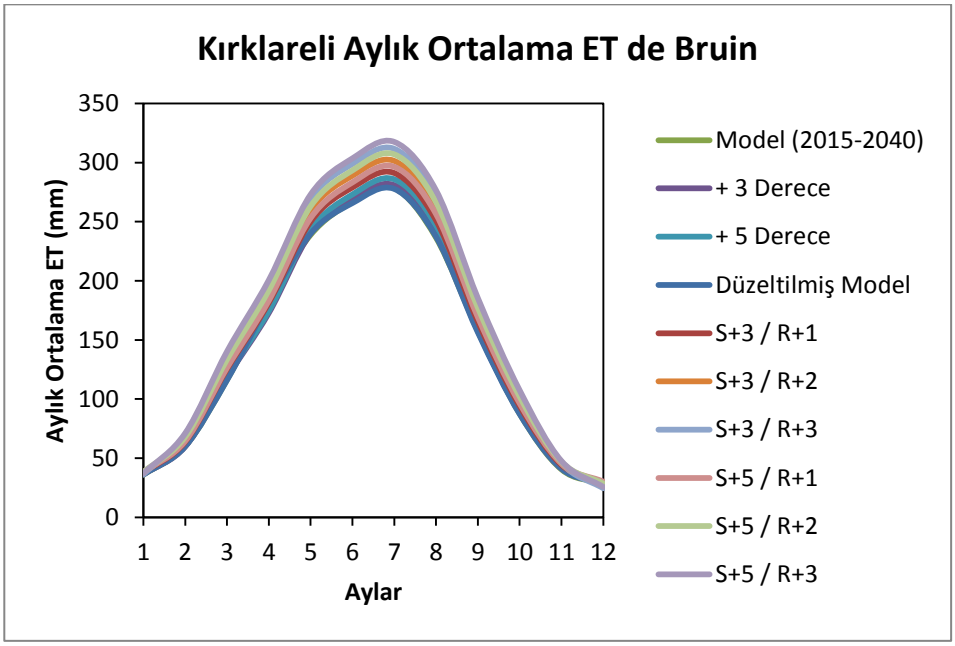


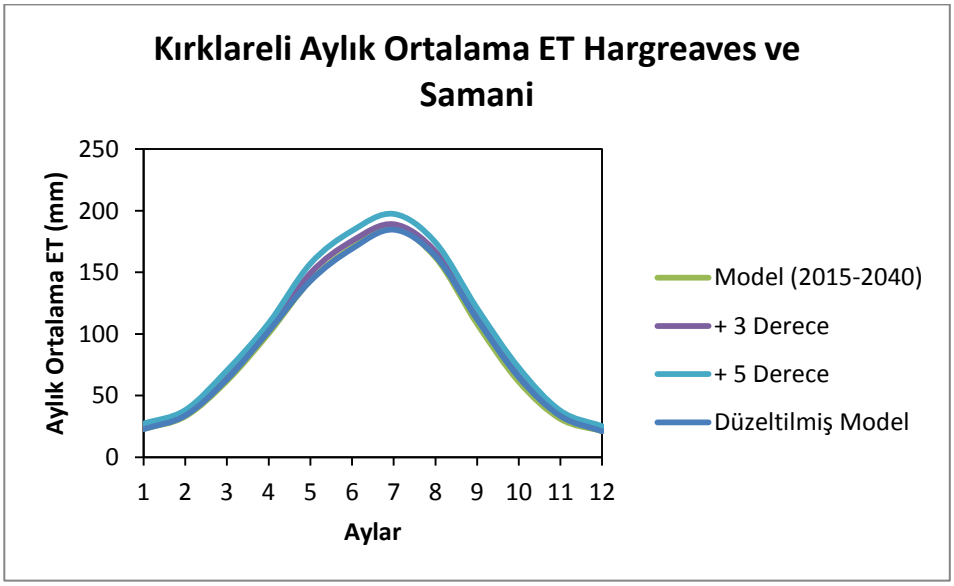
Şekil I.2 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort ET model verileri: Kırklareli.



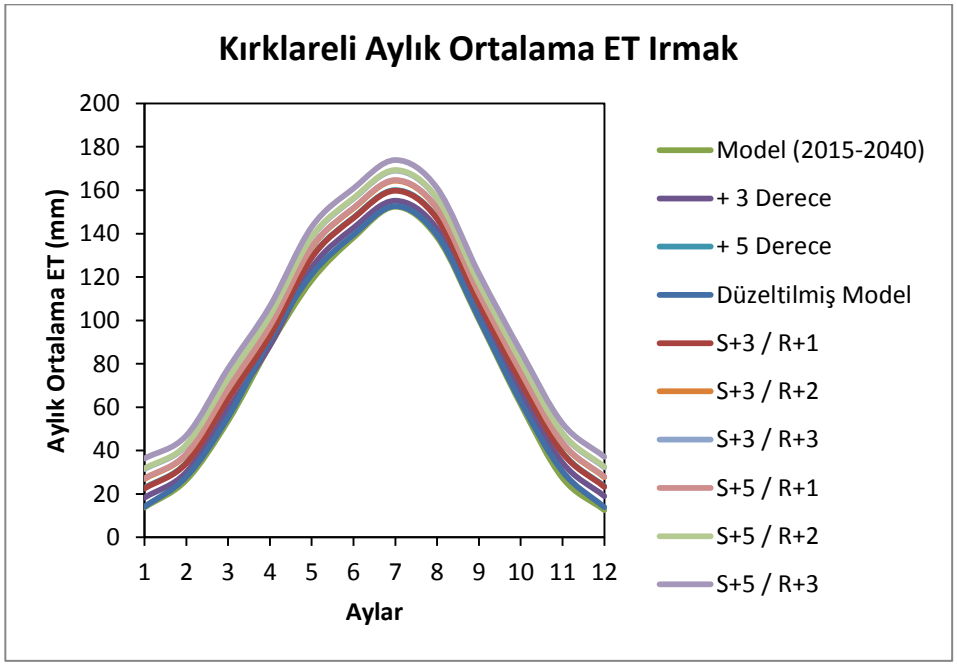


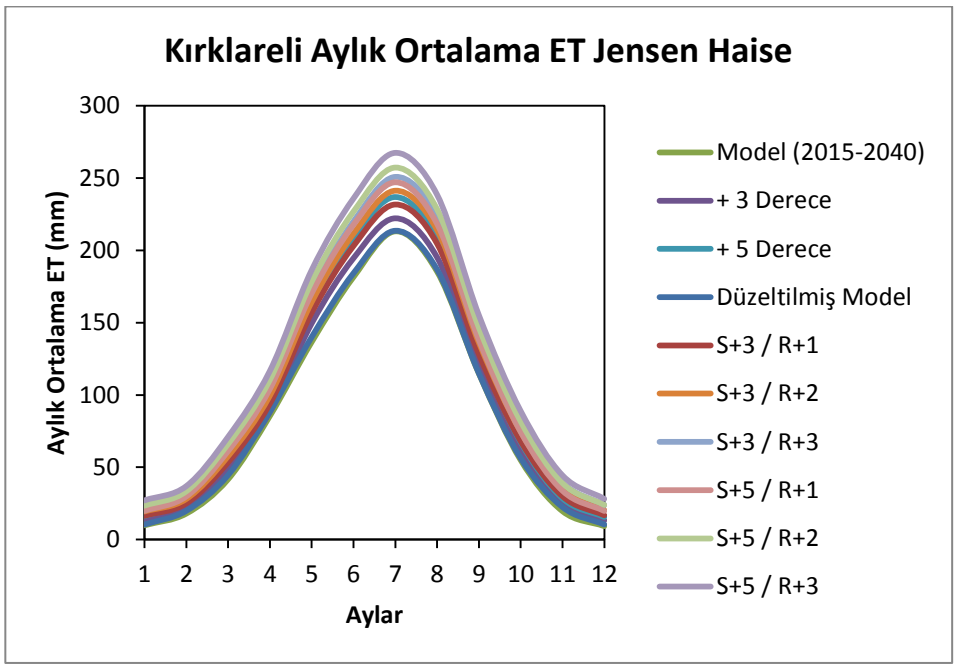
Şekil I.2 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort ET model verileri: Kırklareli.



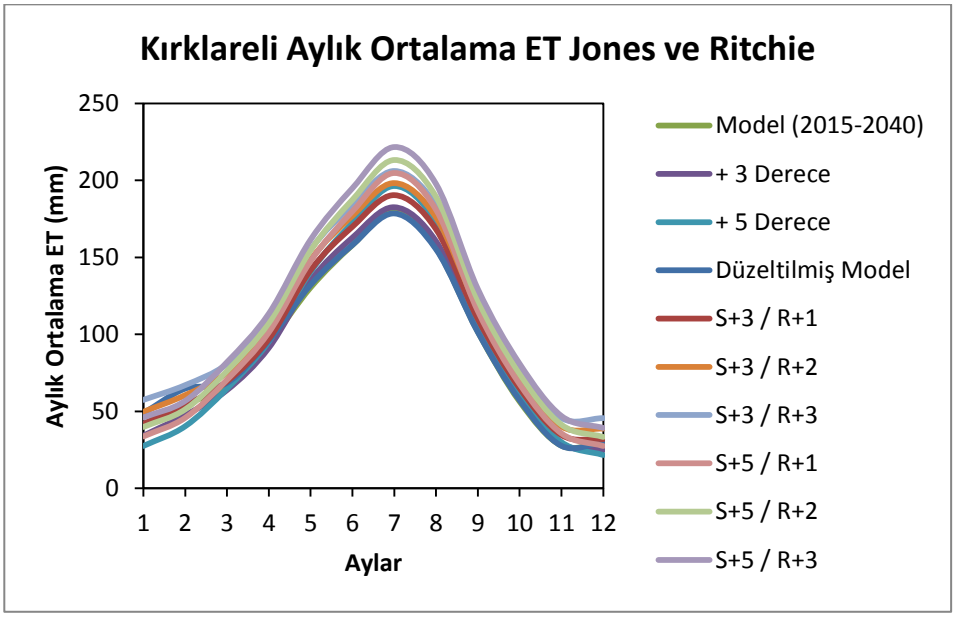


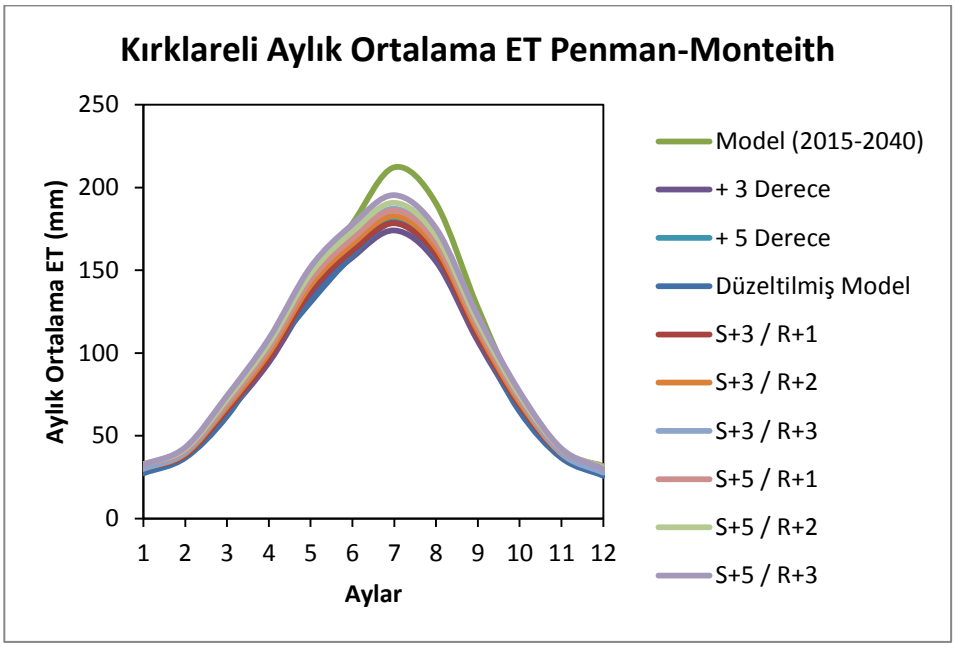
Şekil I.2 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort ET model verileri: Kırklareli.



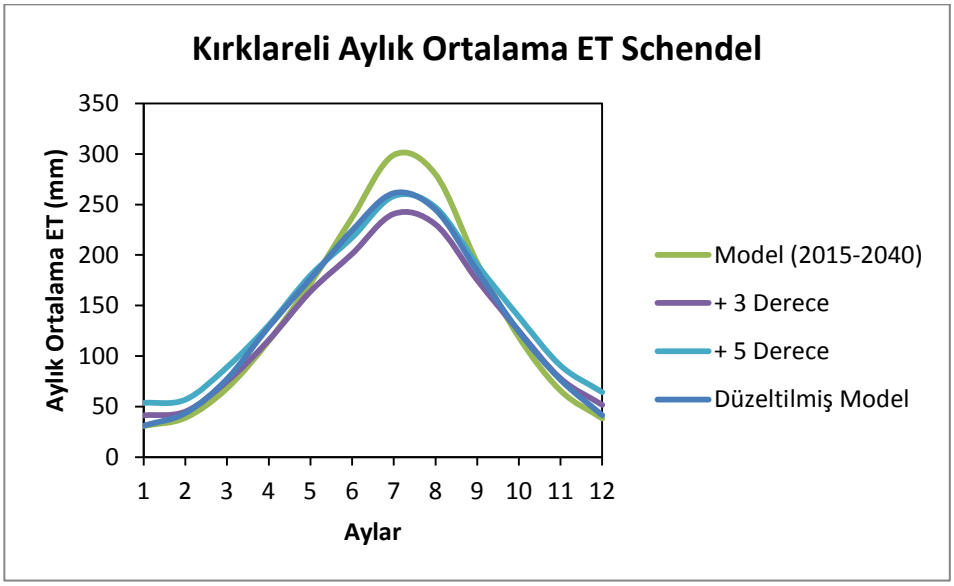


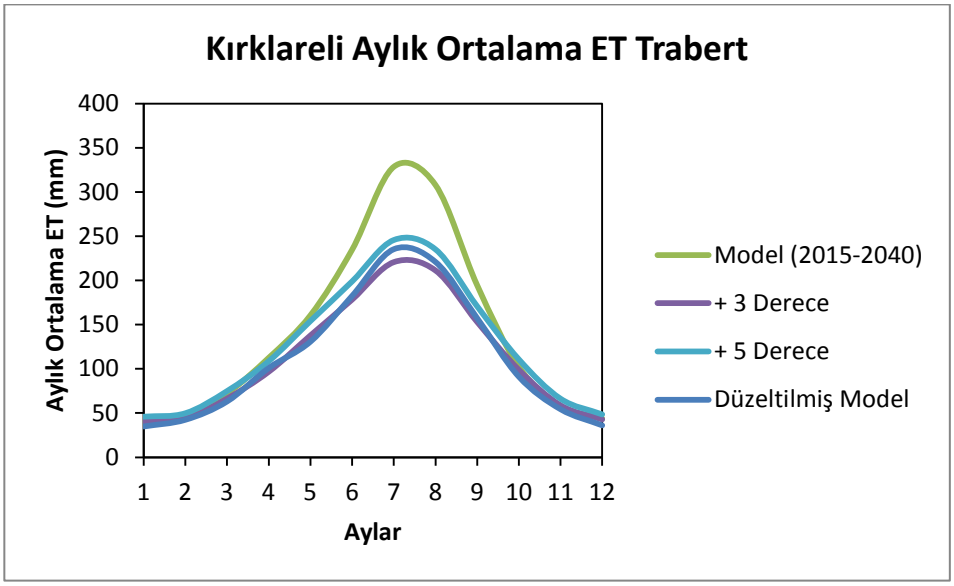
Şekil I.2 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort ET model verileri: Kırklareli.



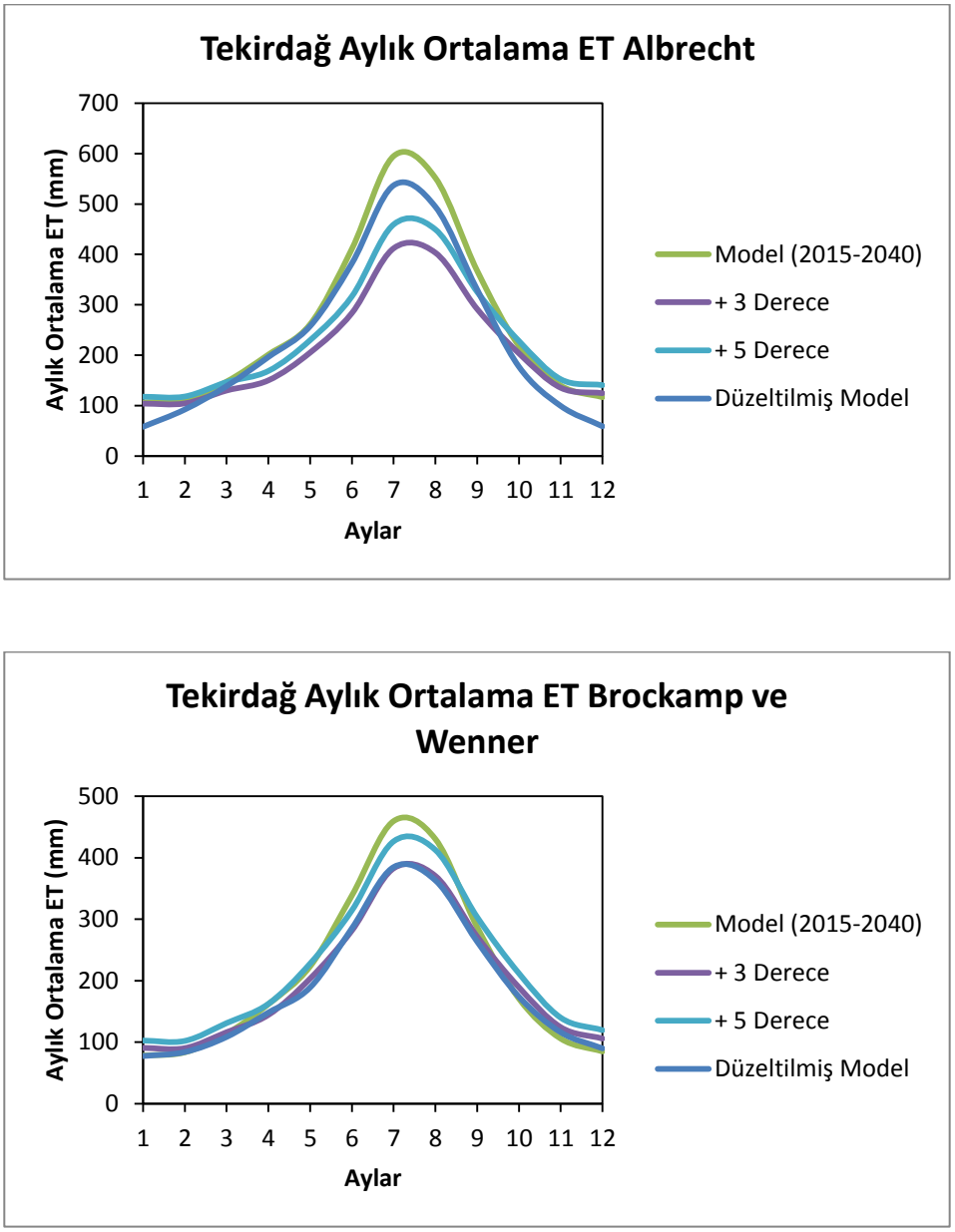


Şekil I.2 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort ET model verileri: Kırklareli.

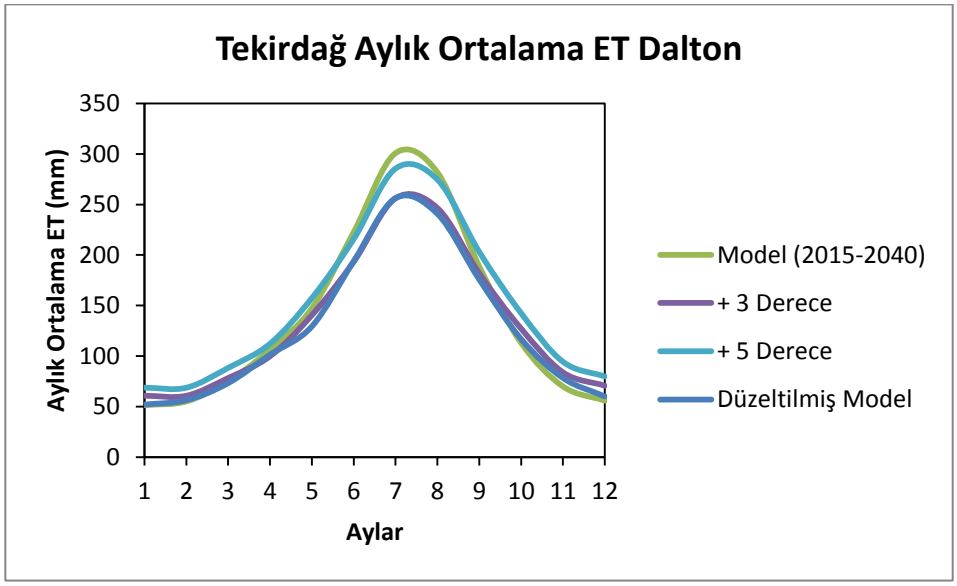


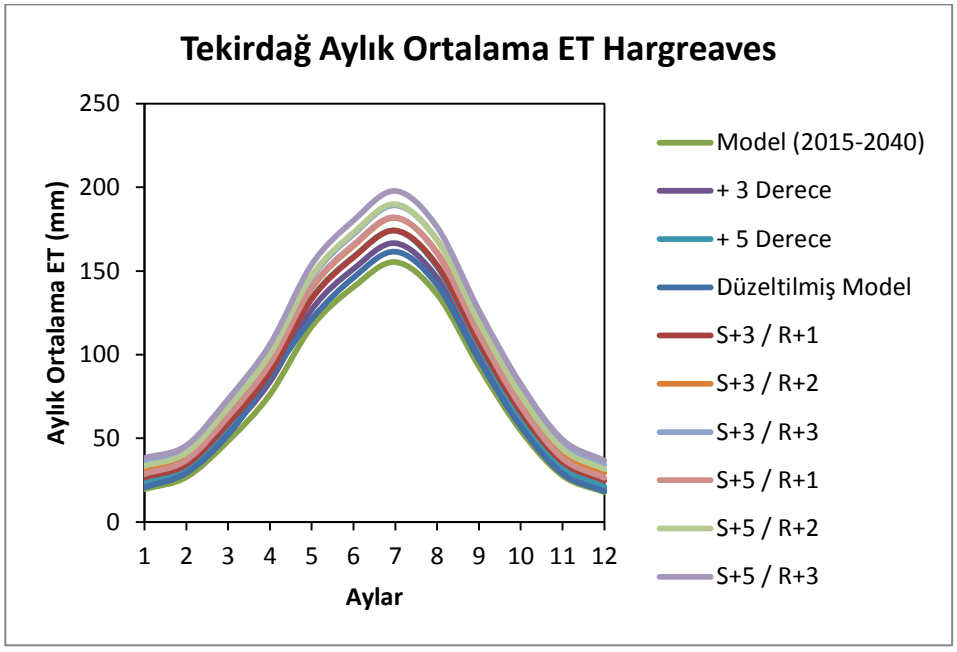


Şekil I.2 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort ET model verileri: Kırklareli.

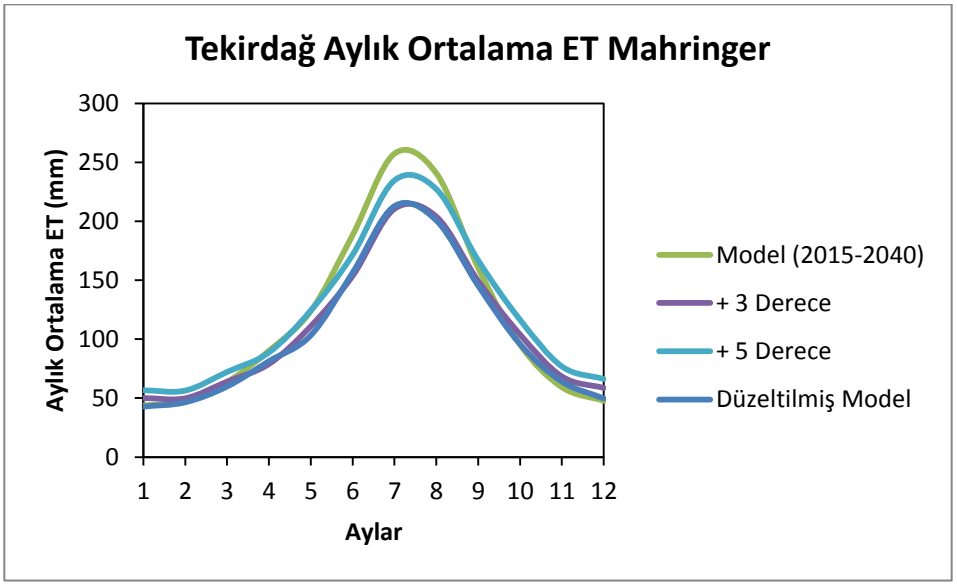


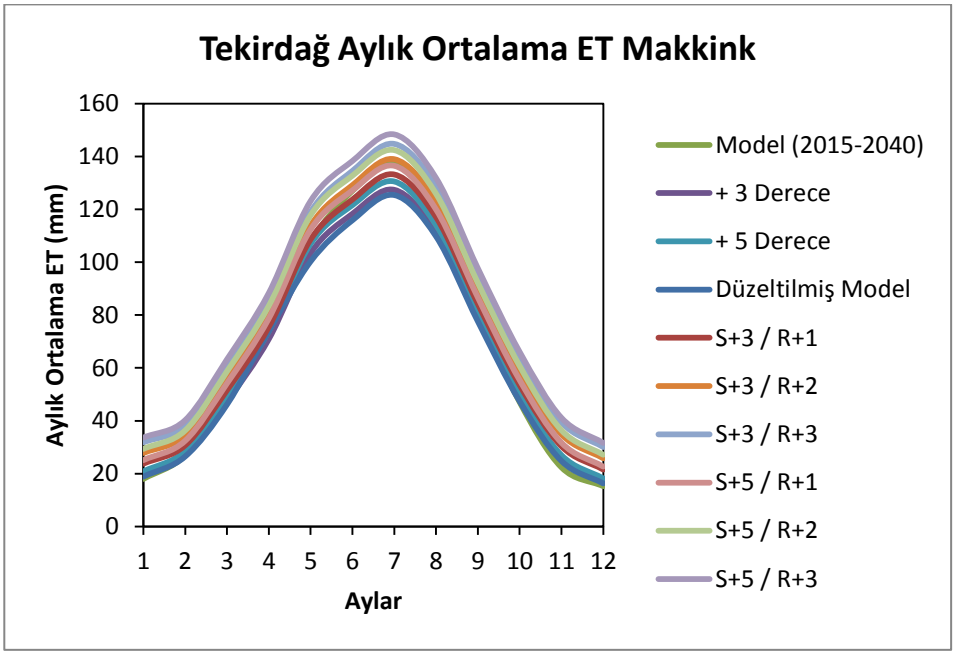
Şekil I.3 : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort. ET model verileri: Tekirdağ.



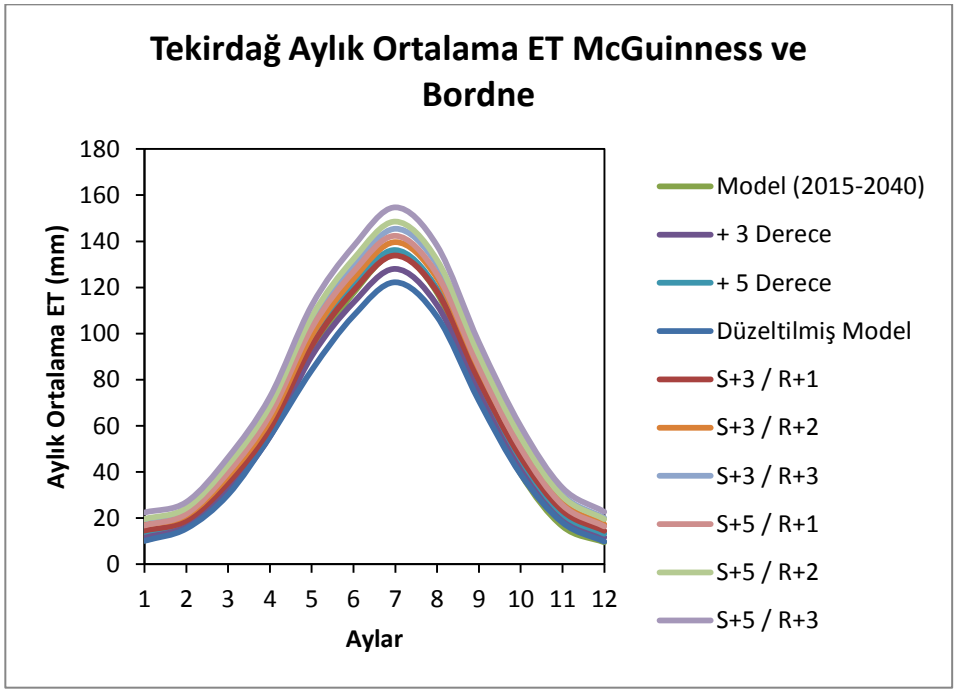


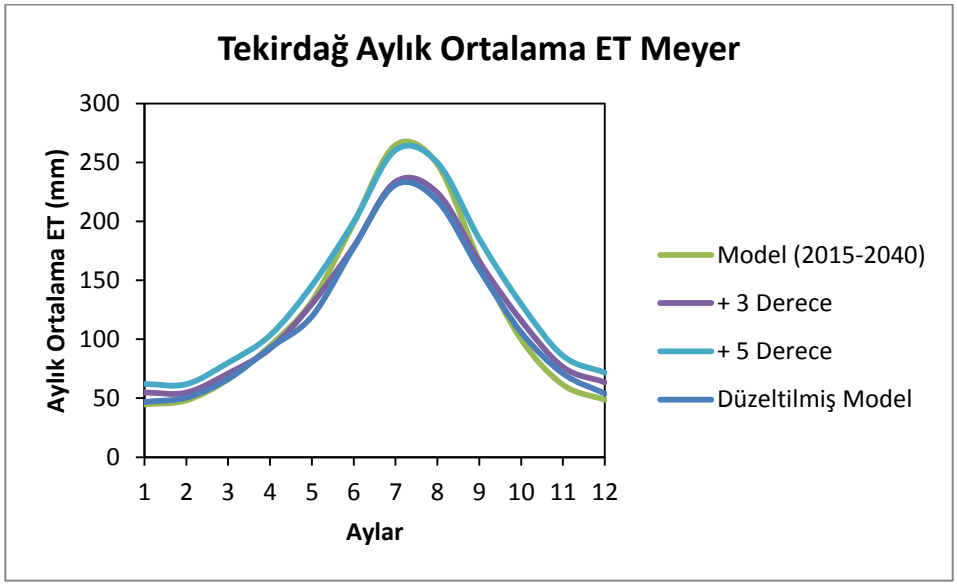
Şekil I.3 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort. ET model verileri: Tekirdağ.



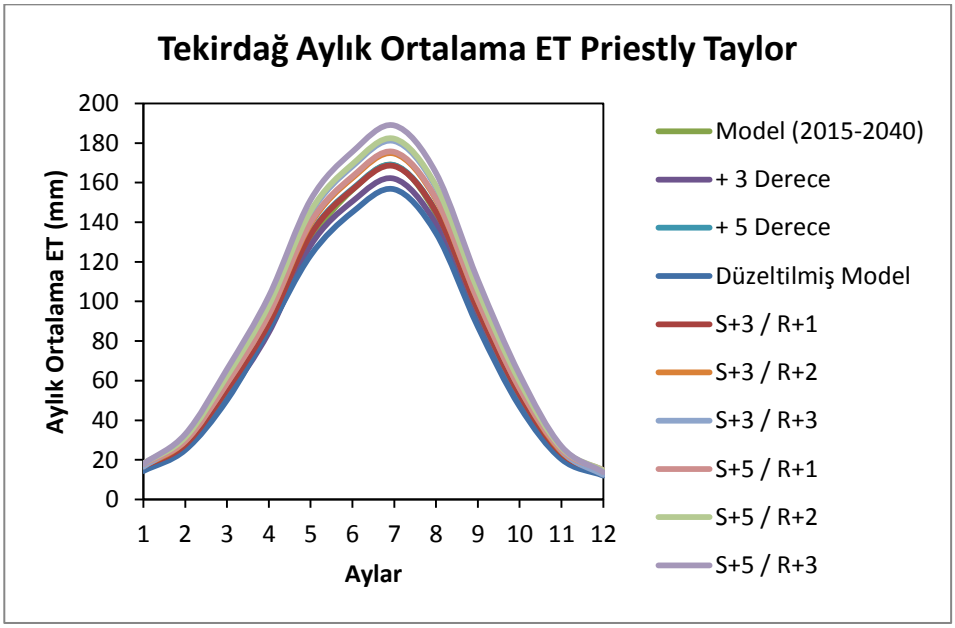


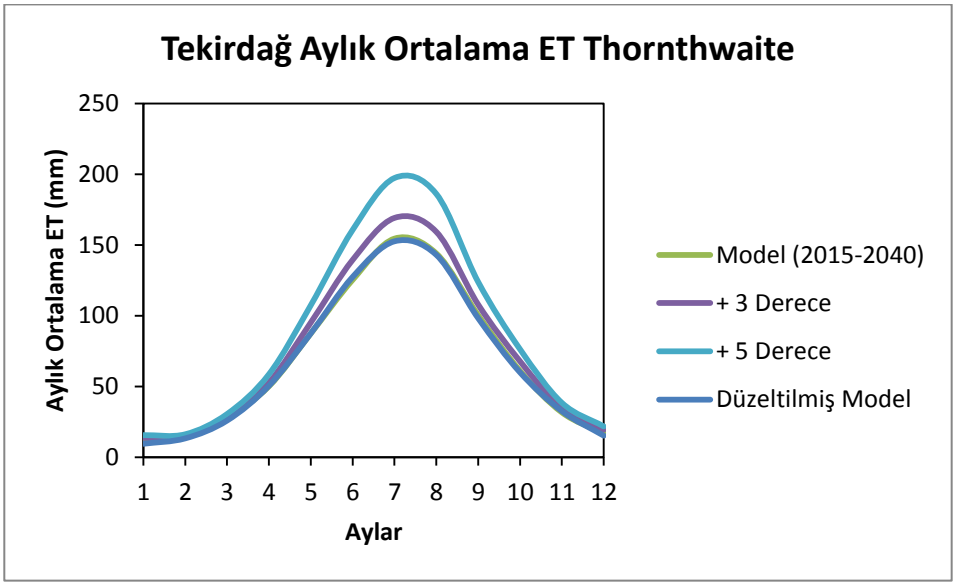
Şekil I.3 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort. ET model verileri: Tekirdağ.



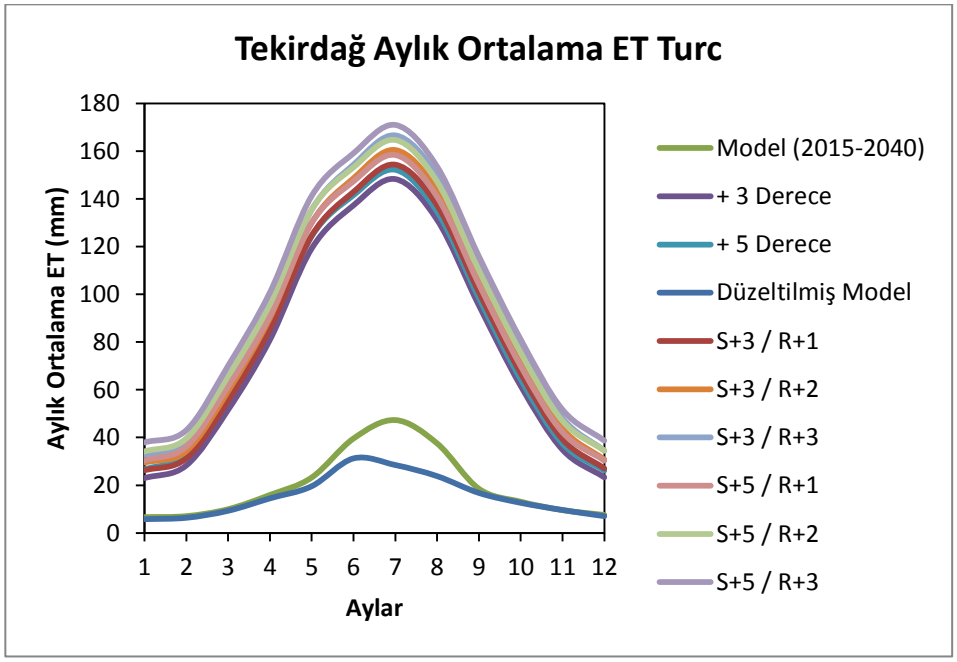


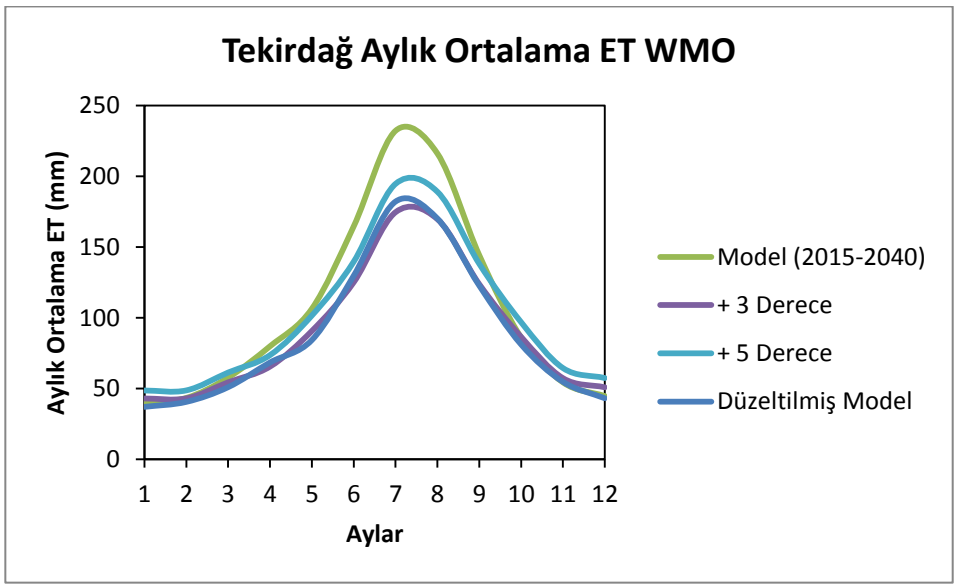
Şekil I.3 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort. ET model verileri: Tekirdağ.



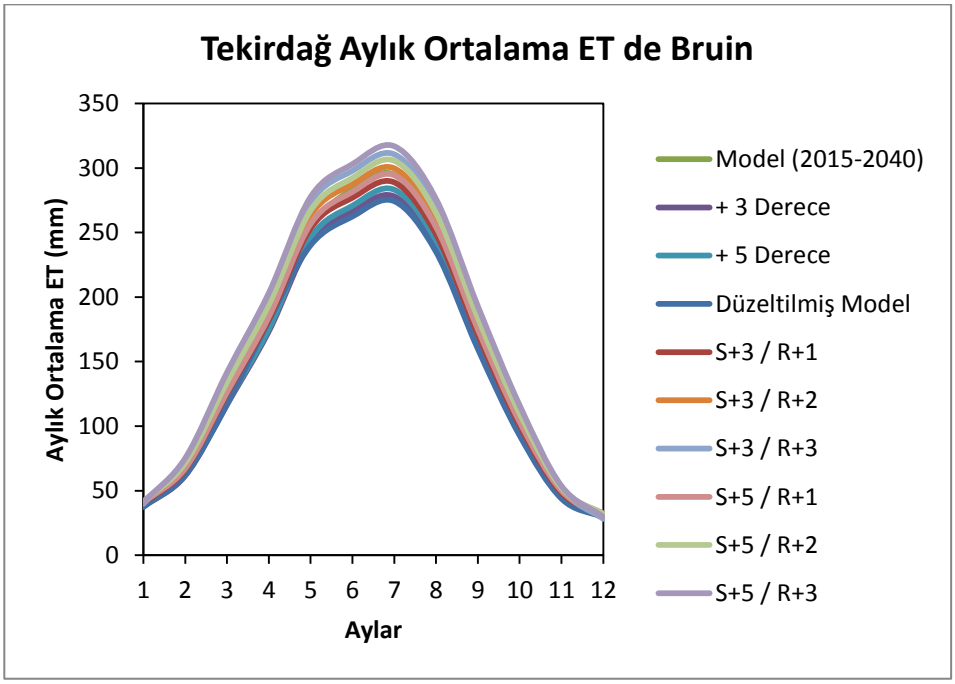


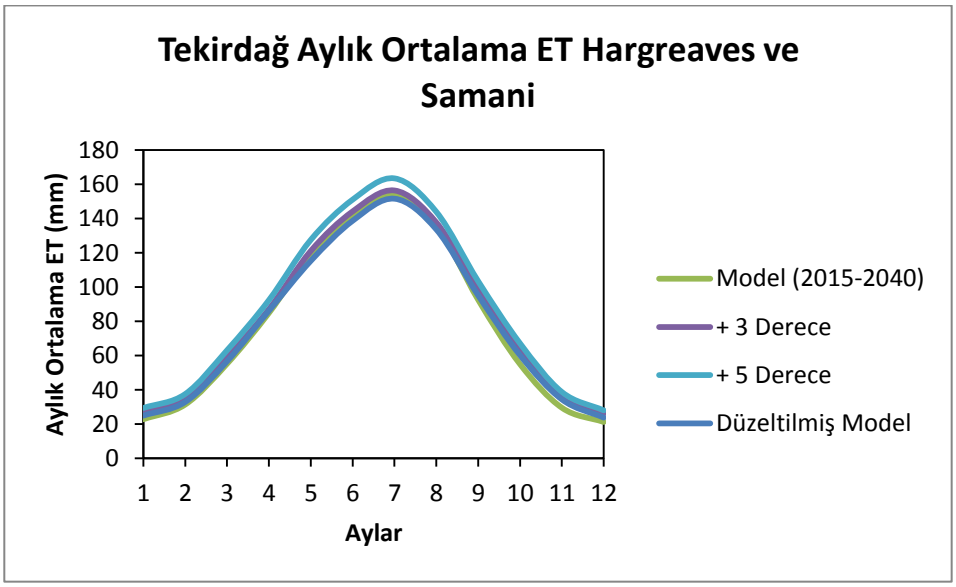
Şekil I.3 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort. ET model verileri: Tekirdağ.



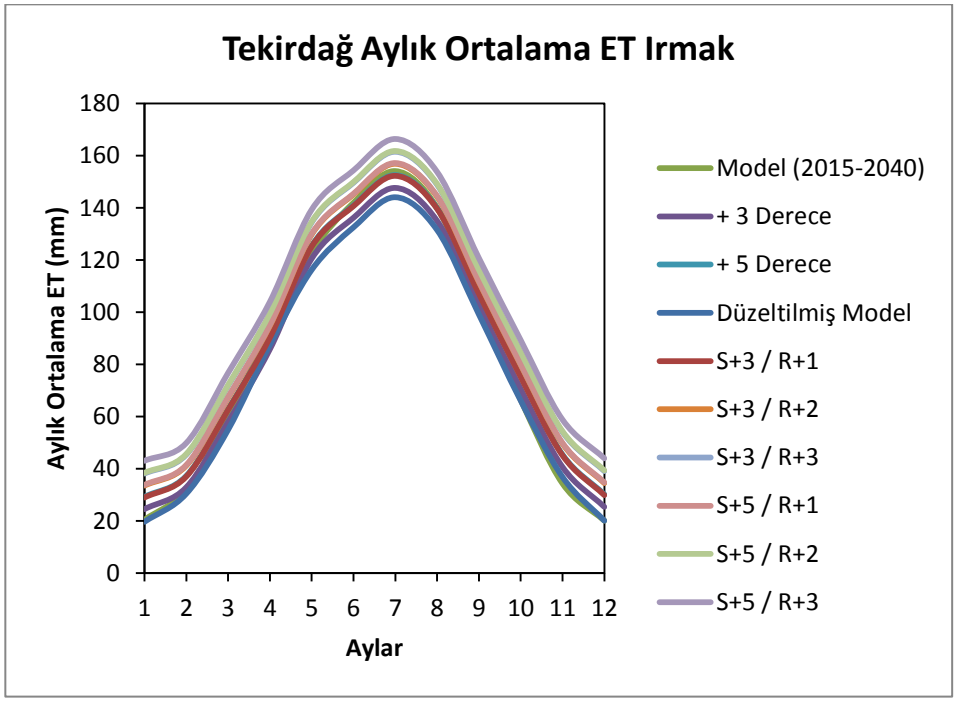


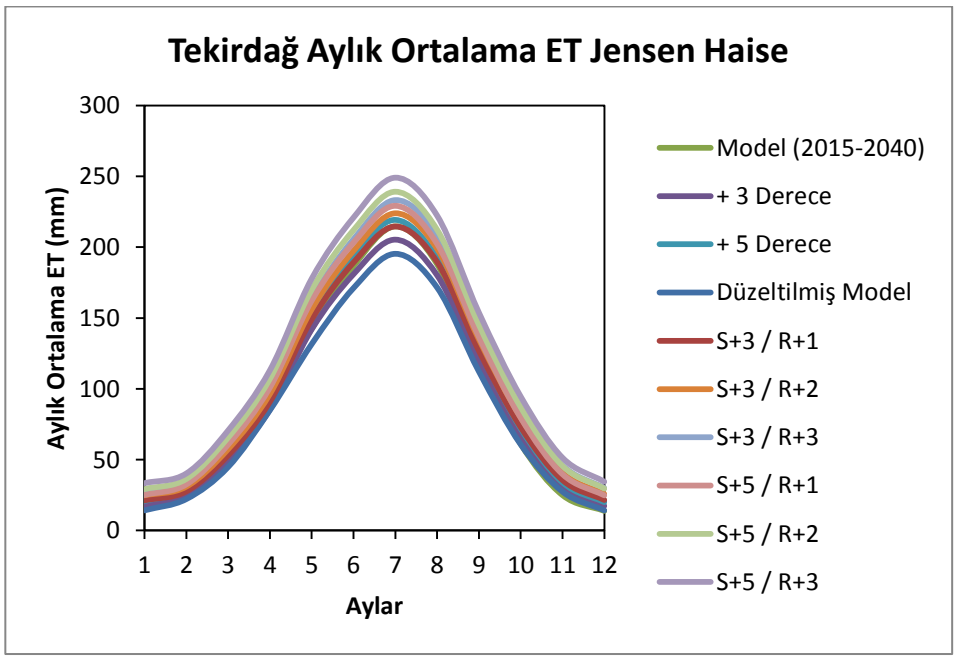
Şekil I.3 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort. ET model verileri: Tekirdağ.



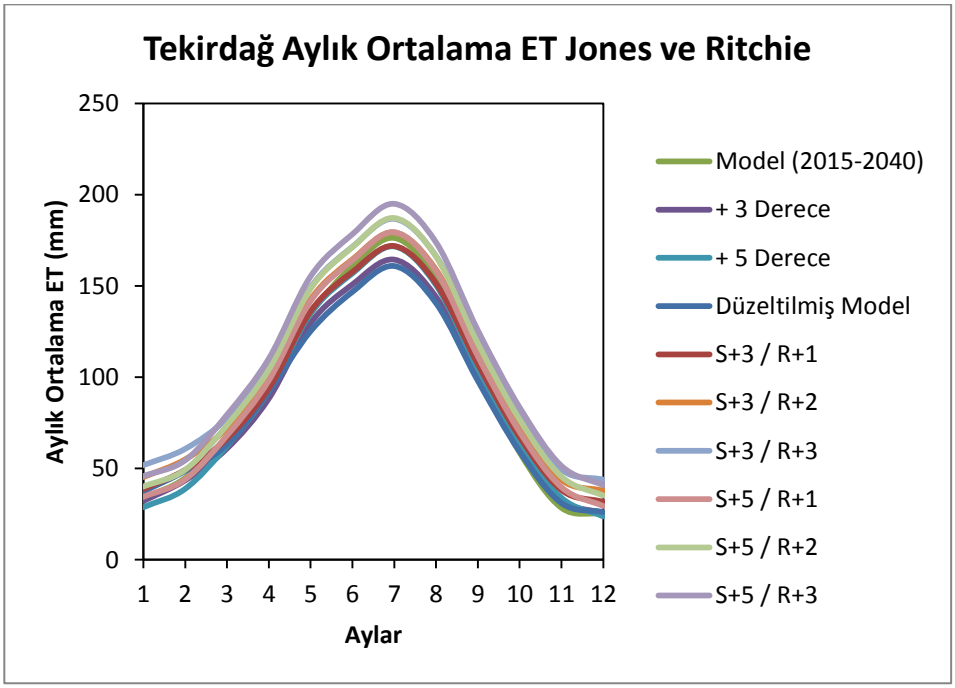


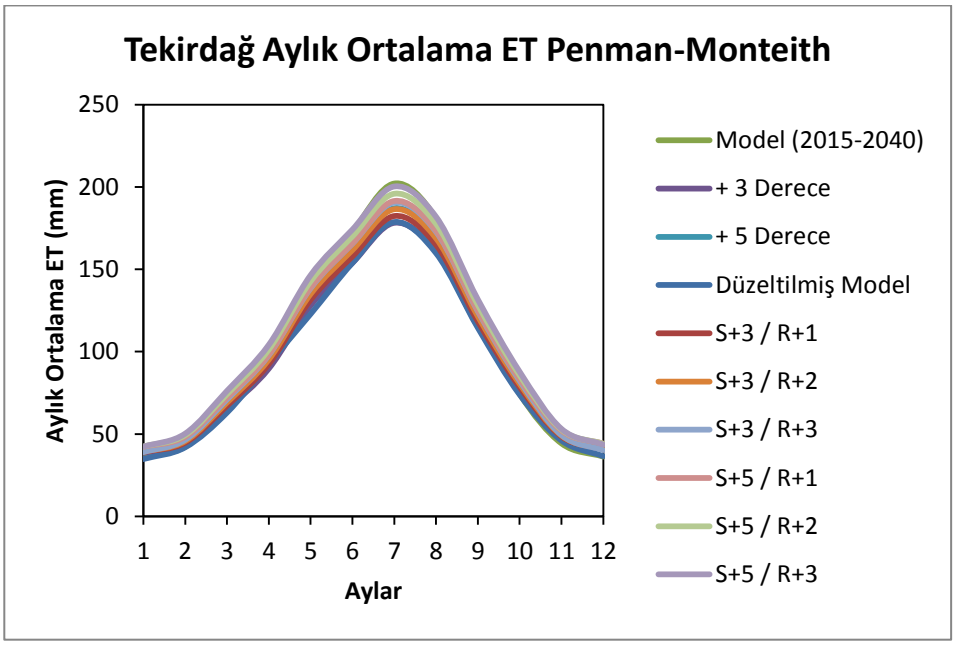
Şekil I.3 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort. ET model verileri: Tekirdağ.



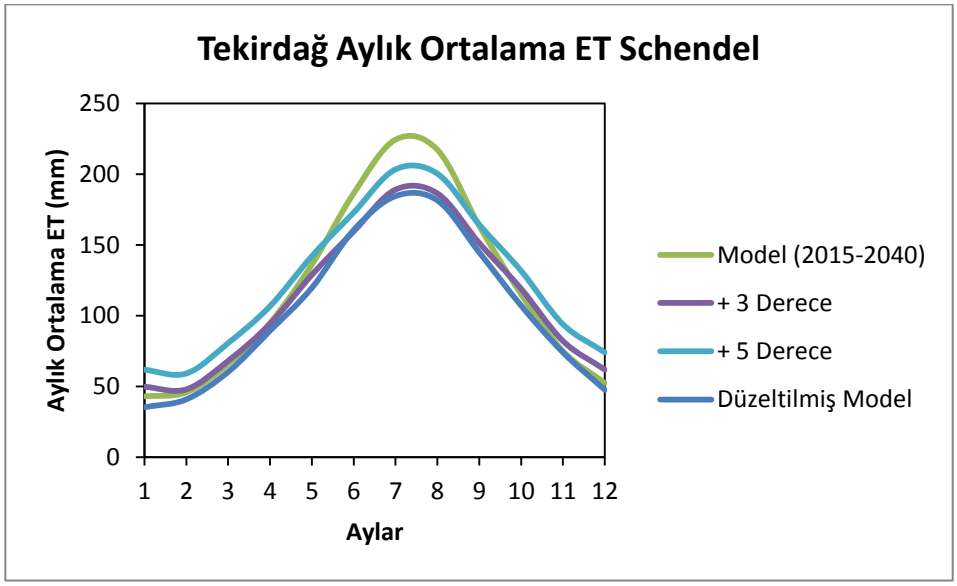


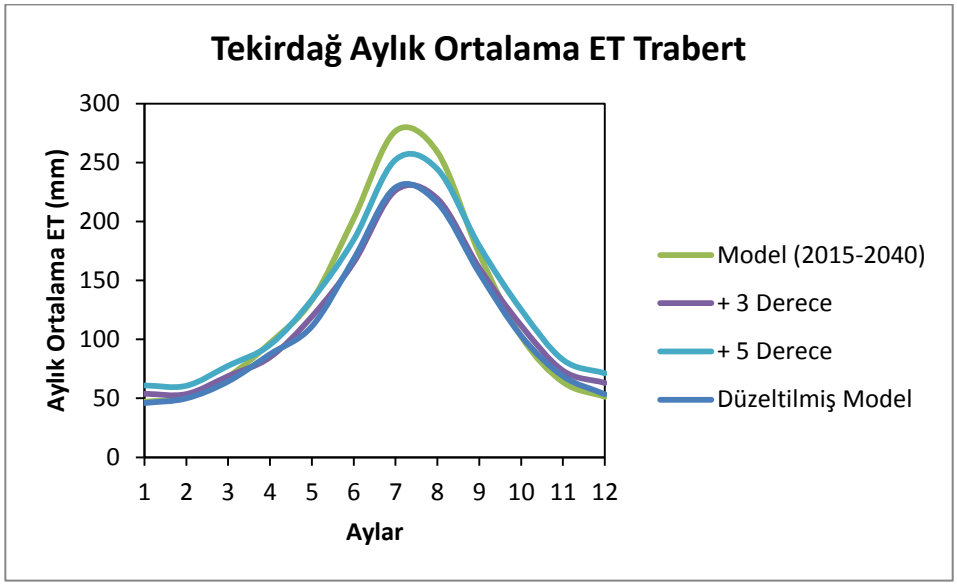
Şekil I.3 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort. ET model verileri: Tekirdağ.





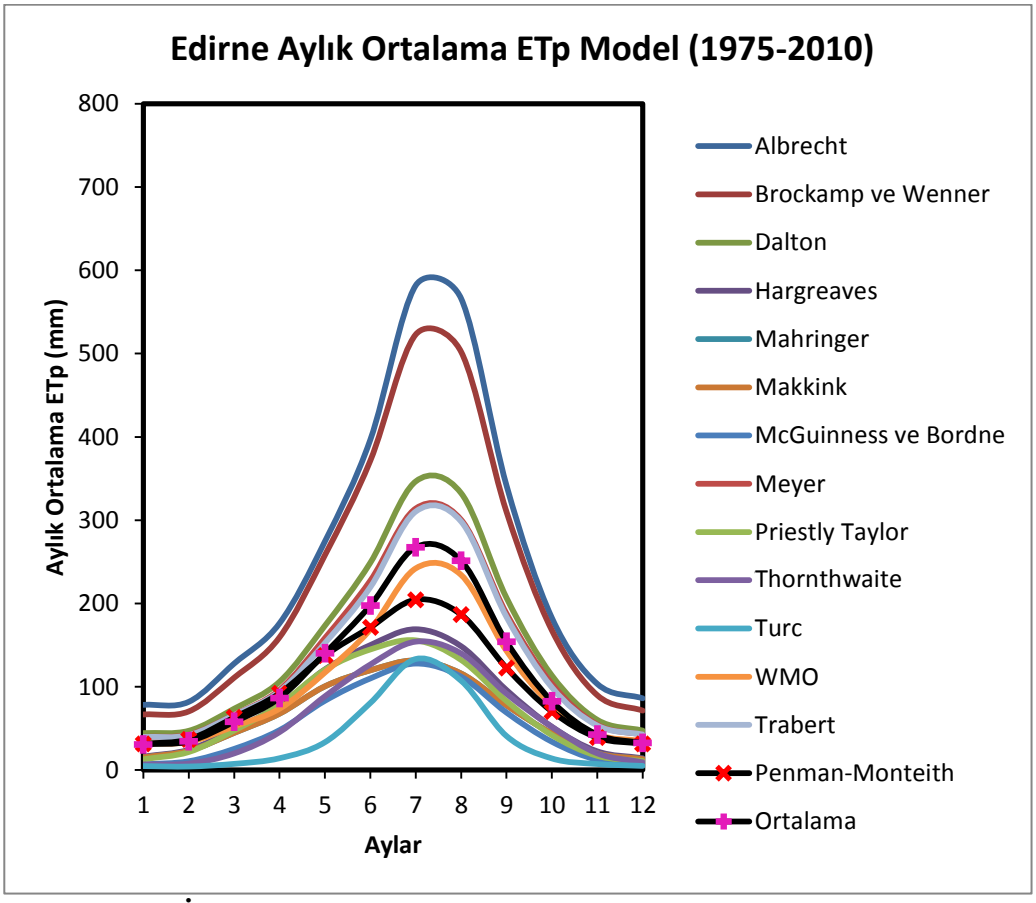
Şekil I.3 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort. ET model verileri: Tekirdağ.



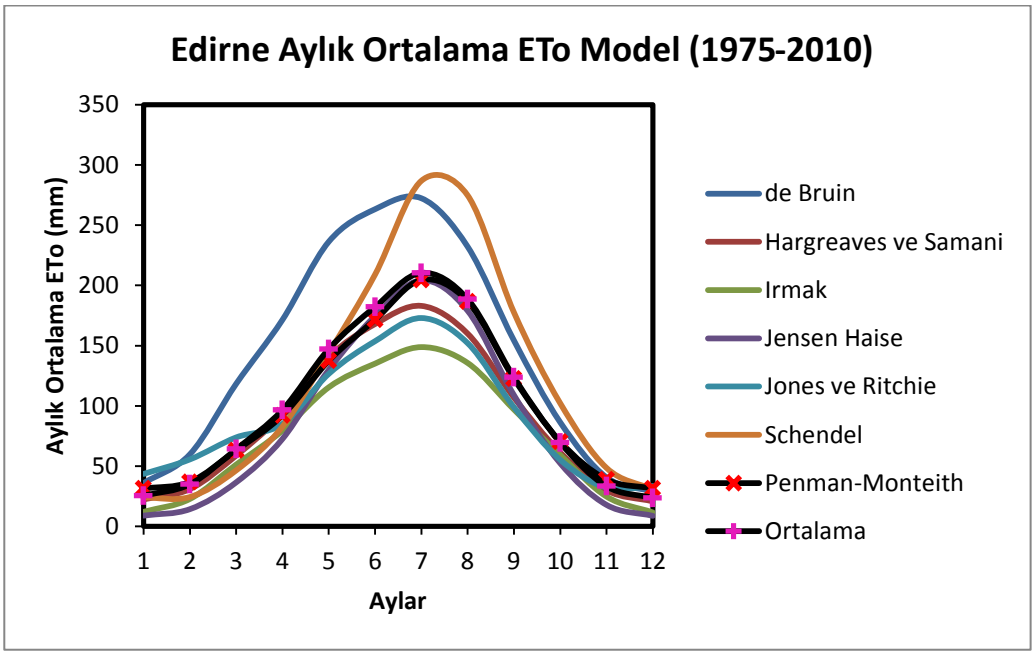


Şekil I.3 (devam) : Düzeltilmiş uzun yıllar aylık ort. ET model verileri: Tekirdağ.

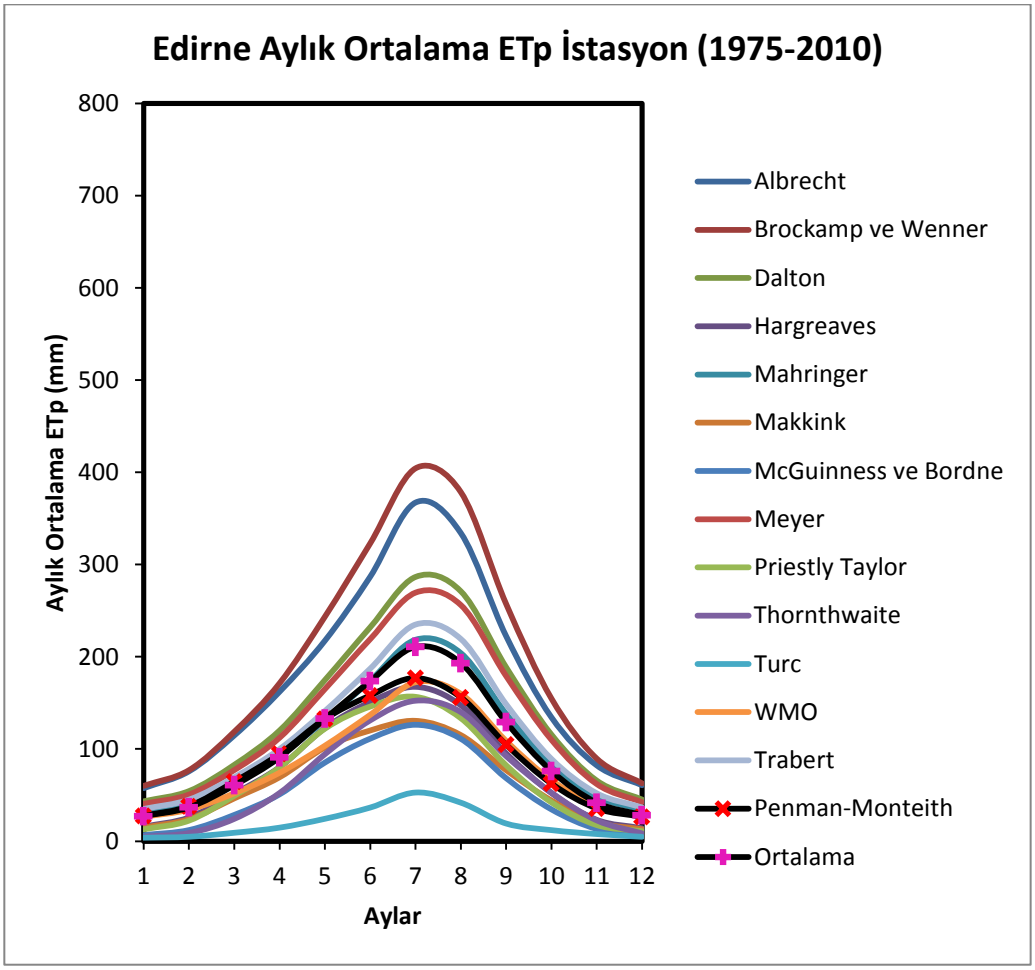
EK İ ETp ve ETo Metotlarının Aylık Toplamının Uzun Yıllar Ortalaması



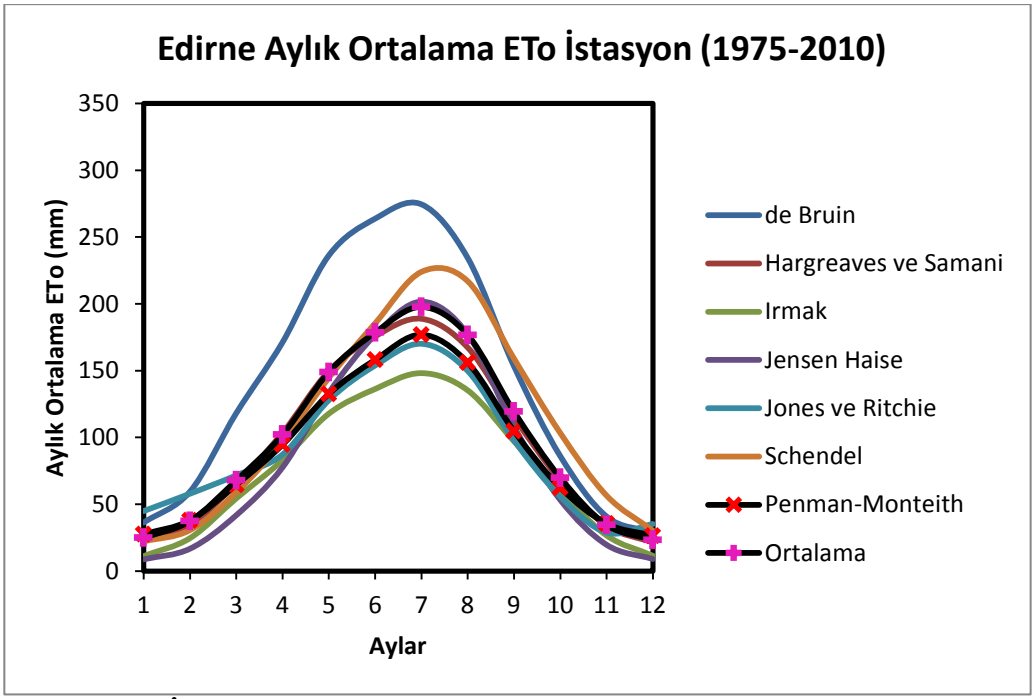
Şekil İ.1 : ETp metotlarının aylık top. ortalaması: Edirne model.



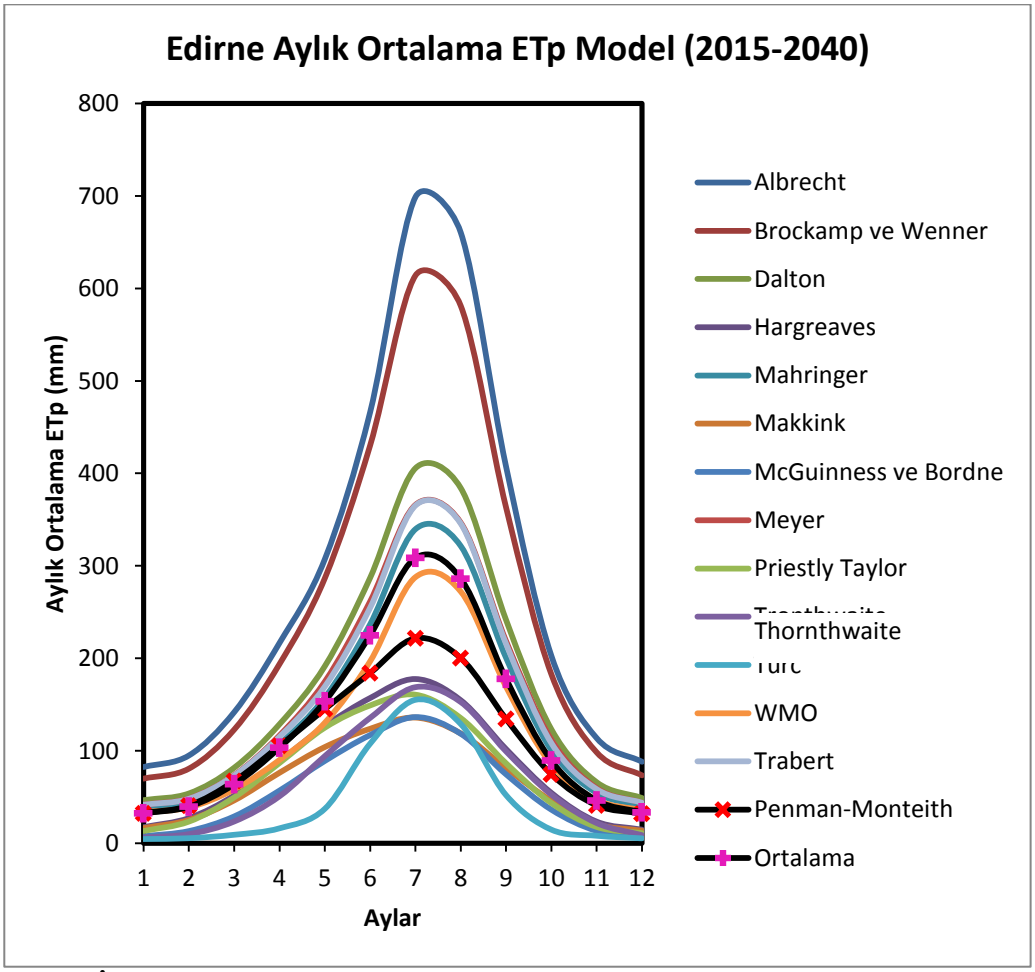
Şekil İ.2 : ETo metotlarının aylık top. ortalaması: Edirne model.



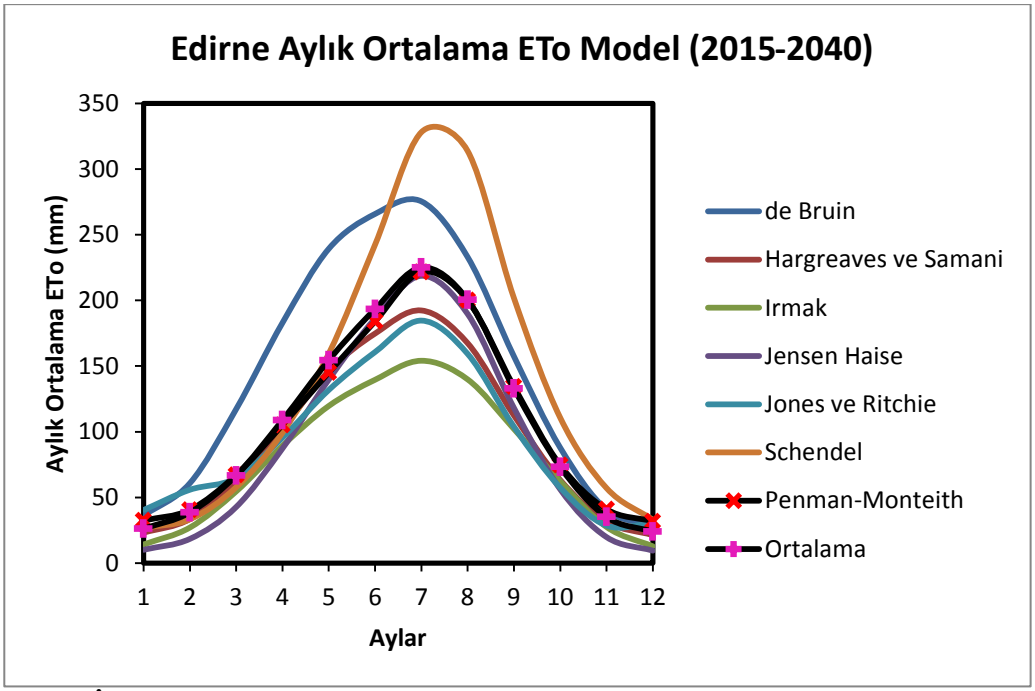
Şekil İ.3 : ETp metotlarının aylık top. ortalaması: Edirne istasyon.



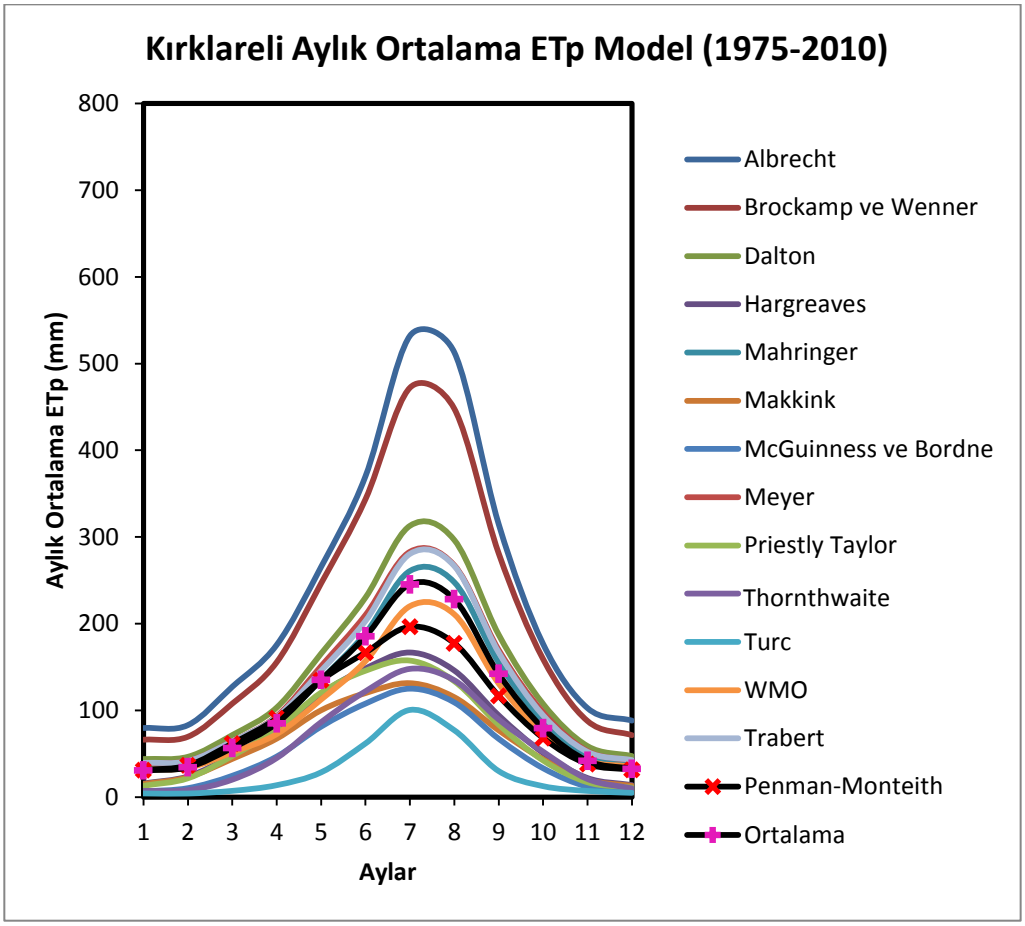
Şekil İ.4 : ETo metotlarının aylık top. ortalaması: Edirne istasyon.



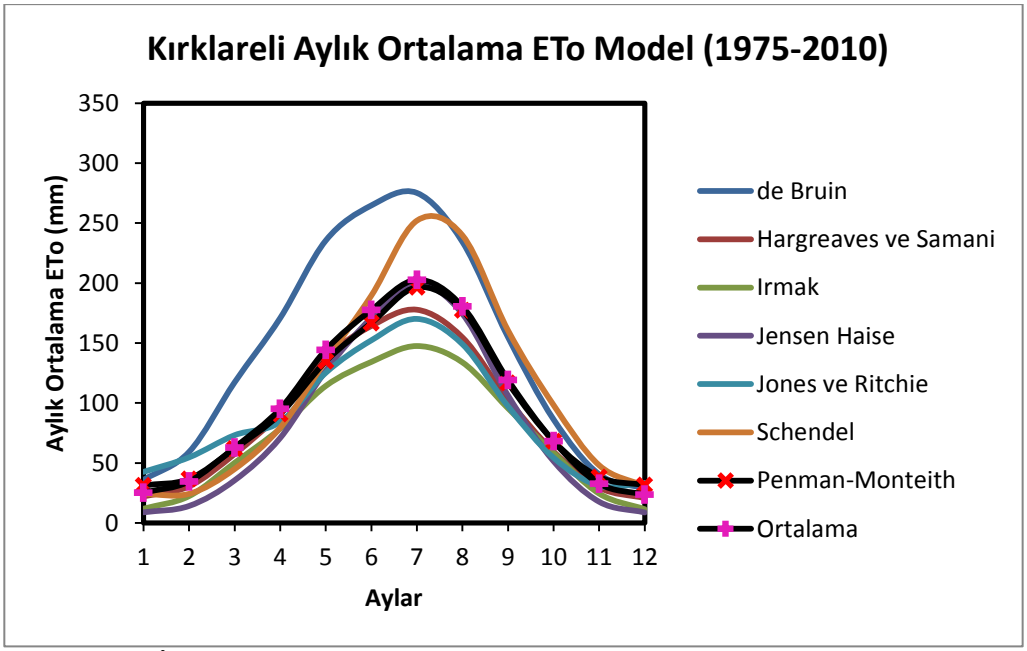
Şekil İ.5 : ETp metotlarının aylık top. ortalaması: Edirne model (2015-2040).



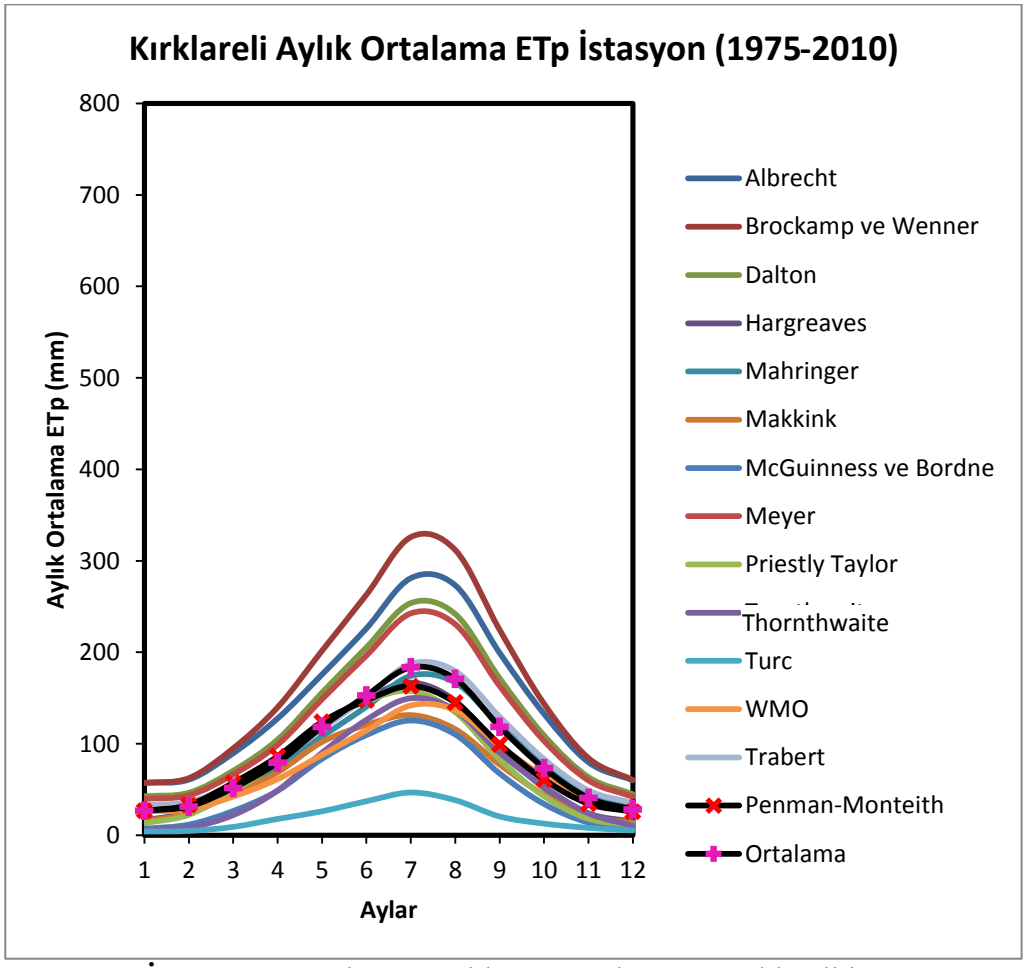
Şekil İ.6 : ETo metotlarının aylık top. ortalaması: Edirne model (2015-2040) .



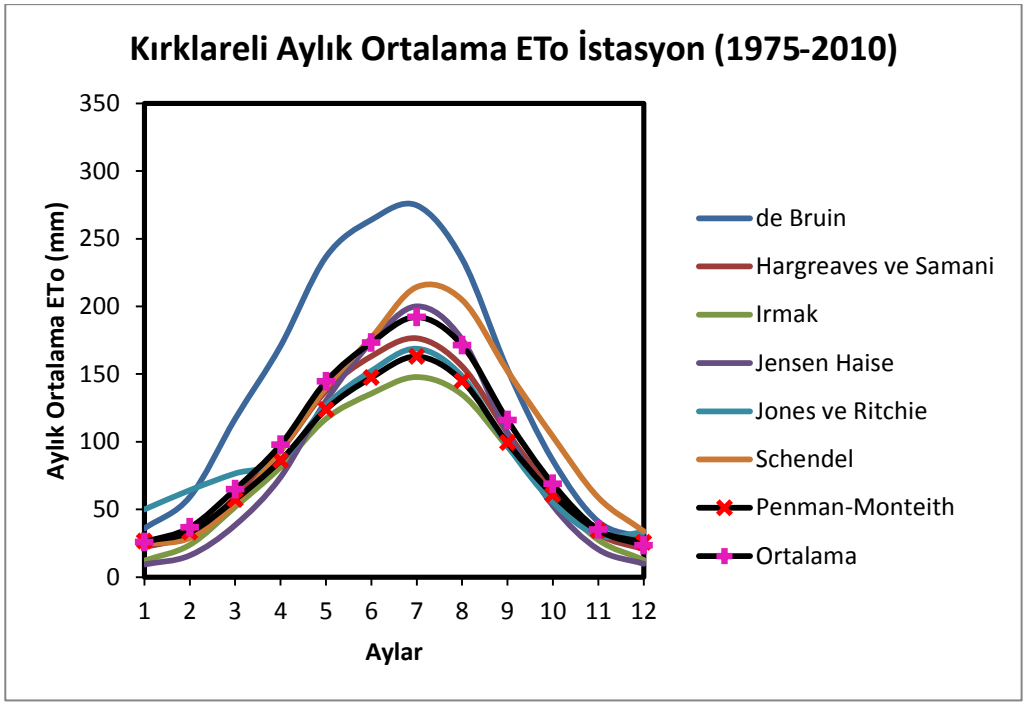
Şekil İ.7 : ETp metotlarının aylık top. ortalaması: Kırklareli model.



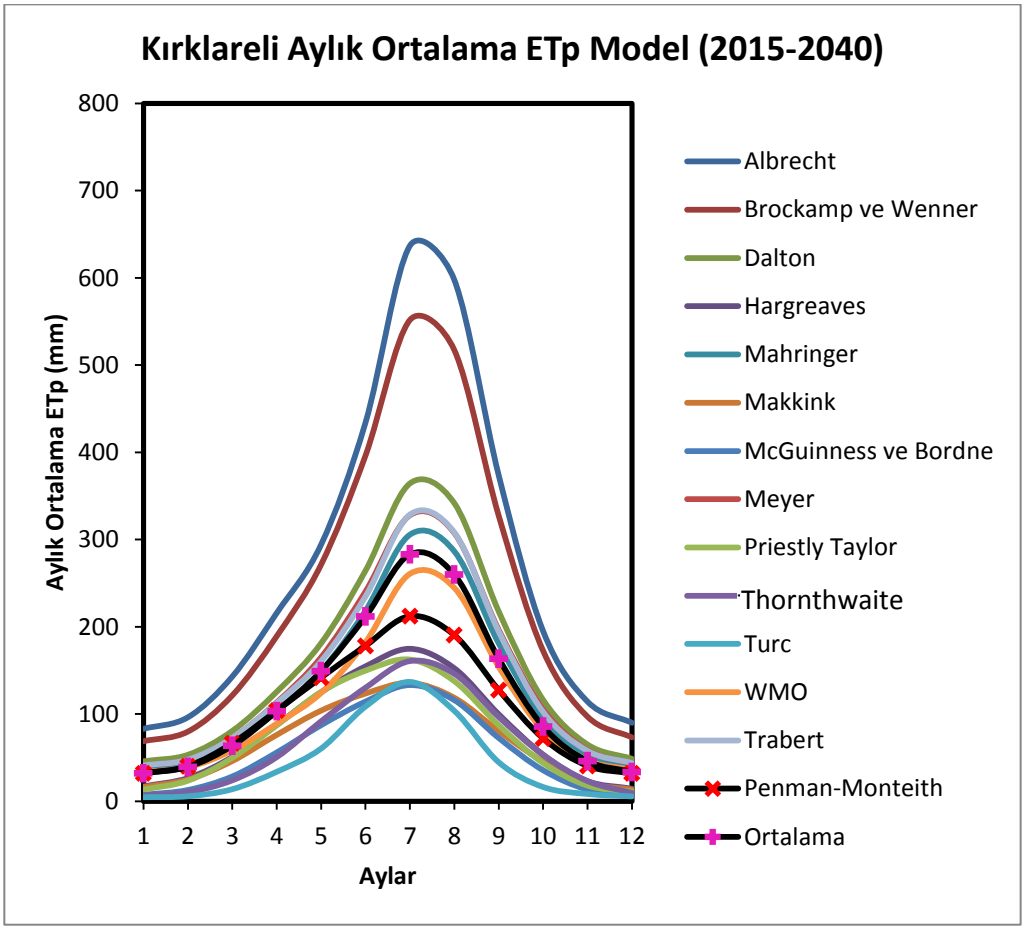
Şekil İ.8 : ETo metotlarının aylık top. ortalaması: Kırklareli model.



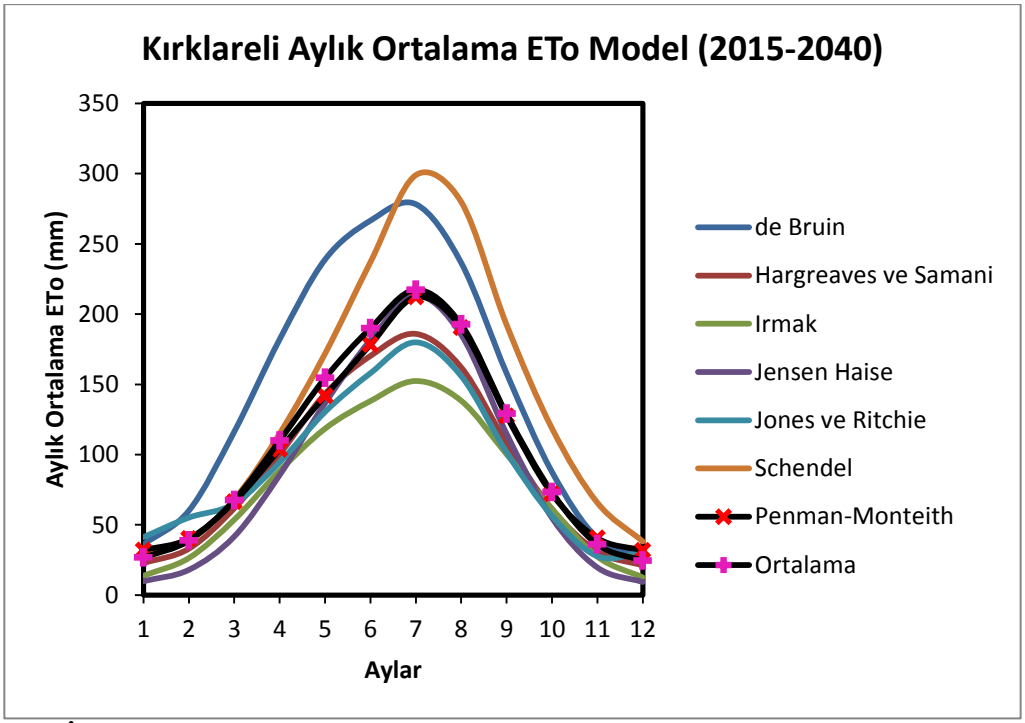
Şekil İ.9 : ETp metotlarının aylık top. ortalaması: Kırklareli istasyon.



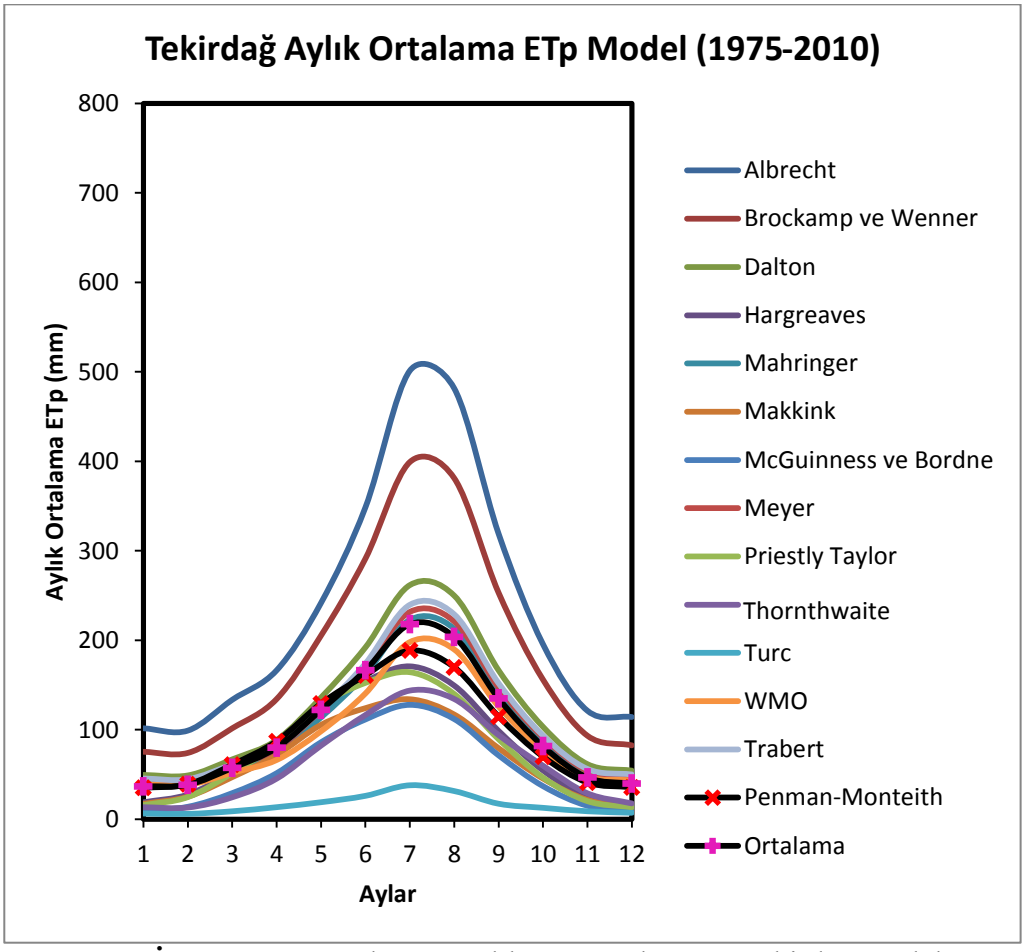
Şekil İ.10 : ETo metotlarının aylık top. ortalaması: Kırklareli istasyon.



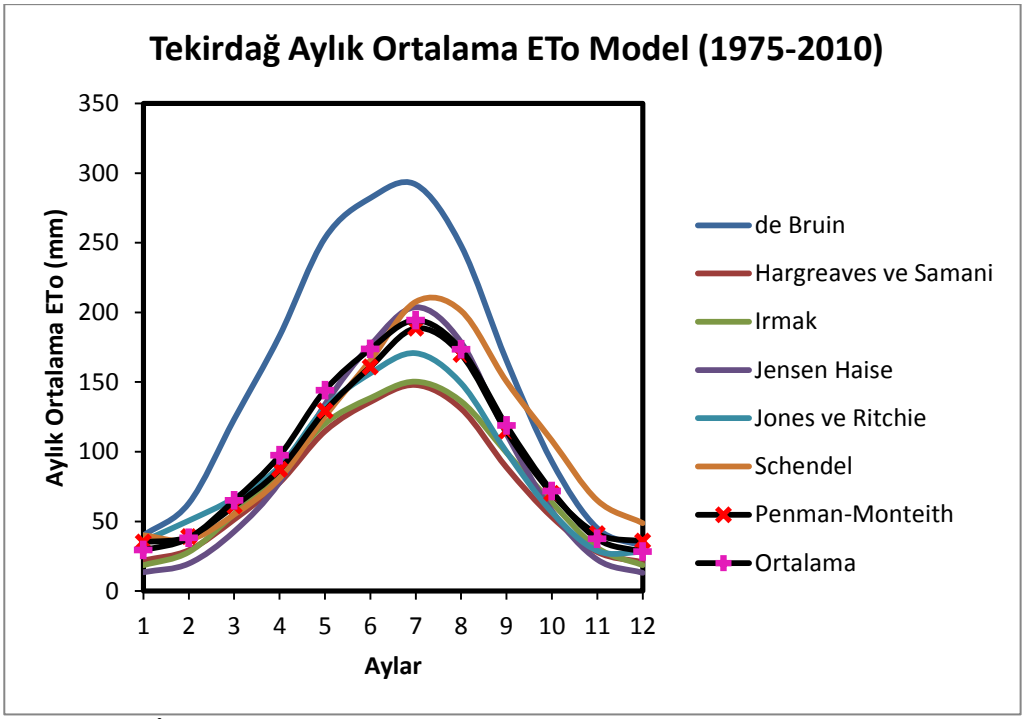
Şekil İ.11 : ETp metotlarının aylık top. ortalaması: Kırklareli model (2015-2040).



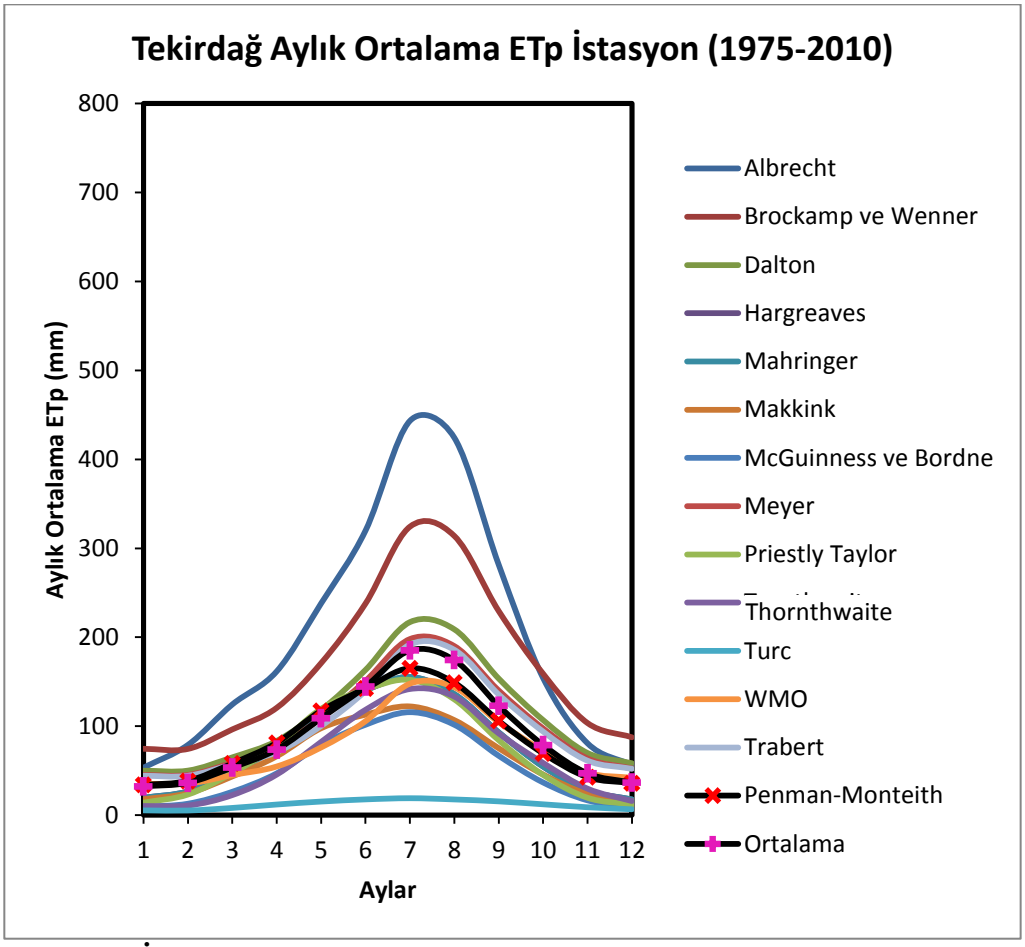
Şekil İ.12 : ETo metotlarının aylık top. ortalaması: Kırklareli model (2015-2040).



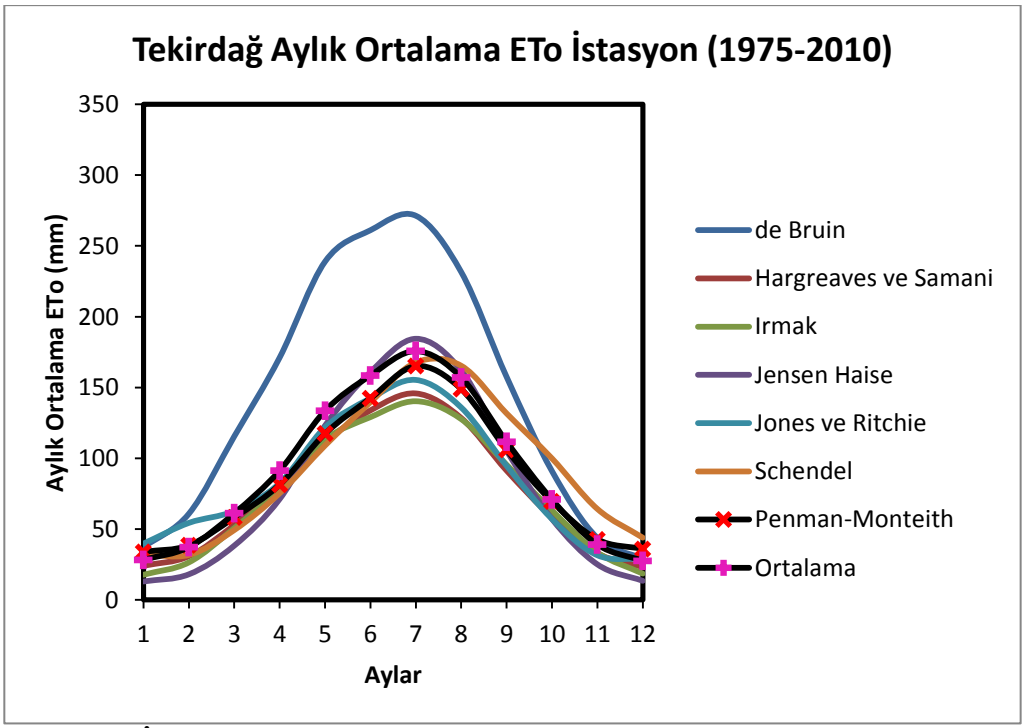
Şekil İ.13 : ETp metotlarının aylık top. ortalaması: Tekirdağ model.



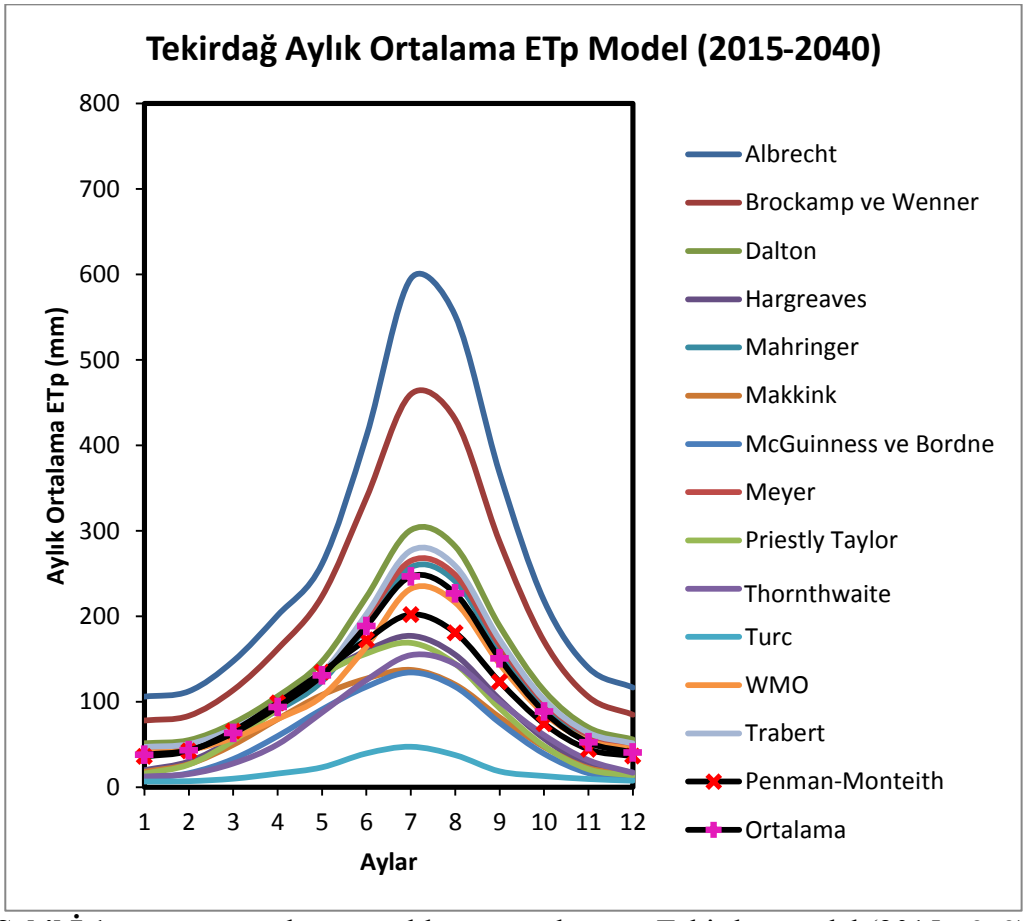
Şekil İ.14 : ETo metotlarının aylık top. ortalaması: Tekirdağ model.



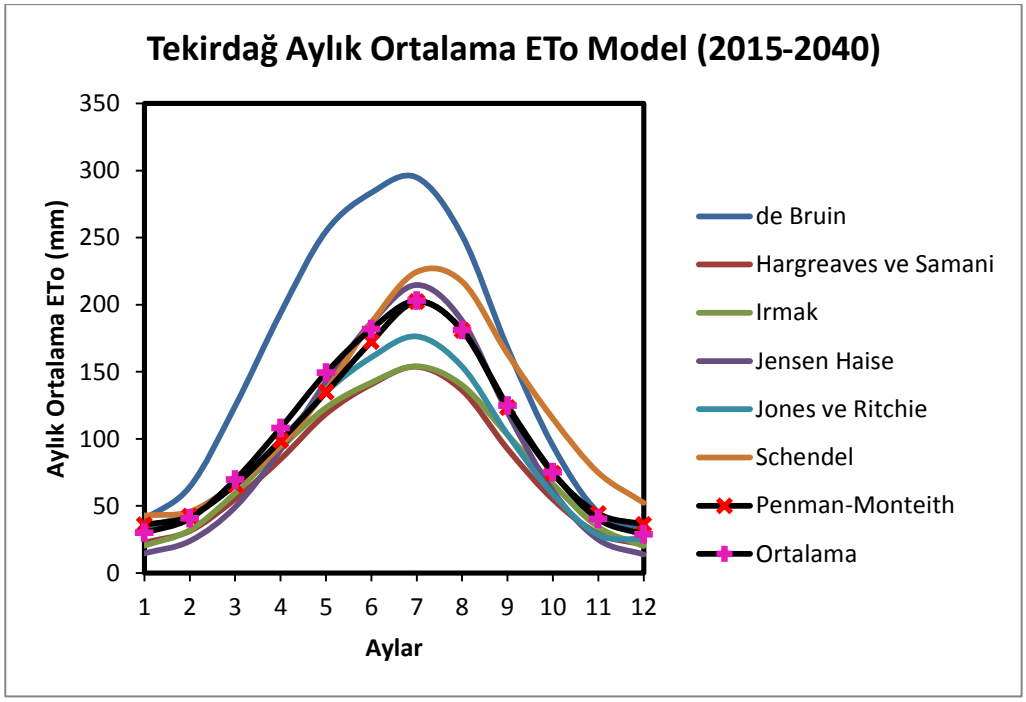
Şekil İ.15 : ETp metotlarının aylık top. ortalaması: Tekirdağ istasyon.



Şekil İ.16 : ETo metotlarının aylık top. ortalaması: Tekirdağ istasyon.



Şekil İ.17 : ETp metotlarının aylık top. ortalaması: Tekirdağ model (2015-2040).



Şekil İ.18 : ETo metotlarının aylık top. ortalaması: Tekirdağ model (2015-2040).

EK J Hata Hesaplama Denklemleri

$$MBE = 100\frac{\frac{1}{\mathrm{n}}\sum_1^{\mathrm{n}}|\mathrm{Metot} - \mathrm{Penman\ Monteith}|}{\frac{1}{\mathrm{n}}\sum_1^{\mathrm{n}}\mathrm{Penman\ Monteith}} \quad \textbf{(J.1)}$$

$$RMSE = 100\frac{\sqrt{\frac{1}{\mathrm{n}}\sum_1^{\mathrm{n}}(\mathrm{Metot} - \mathrm{Penman\ Monteith})^2}}{\frac{1}{\mathrm{n}}\sum_1^{\mathrm{n}}\mathrm{Penman\ Monteith}} \quad \textbf{(J.2)}$$

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad **:** Muhammet AZLAK

Doğum Yeri ve Tarihi **:** Edremit/BALIKESİR 01.11.1989

E-Posta **:** azlak@itu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** **:** 2012, İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

Orman ve Su İşleri Uzman Yardımcısı, 2012-2015

Şube Müdür V., 2015-

HAKKINDA:

Yazar 01.11.1989 tarihinde Edremit / BALIKESİR'de doğmuştur. İlk öğrenimini Edremit Karagözoğlu İlköğretim Okulunda tamamlamıştır. Daha sonra 2003 yılında Edremit Anadolu Lisesine başlamış, 2007 yılında buradan mezun olarak aynı sene içinde İstanbul Teknik Üniversitesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümünde Lisans eğitimine başlamıştır. 2012 yılında İstanbul Teknik Üniversitesinden Meteoroloji Mühendisi olarak mezun olan yazar, mezuniyetinin ardından aynı sene içinde Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nda, Orman ve Su İşleri Uzman Yardımcısı olarak işe başlamıştır. Hala mevcut görevini sürdüren yazar, 2012 yılında başladığı İstanbul Teknik Üniversitesi Atmosfer Bilimleri Yüksek Lisans Programında mezuniyet aşamasındadır.