

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DÜNYA YÜZEYİNE GELEN GÜNEŞ ENERJİSİNİN MODELLENMESİ

CAN EKİCİ

**DOKTORA TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISI PROSES PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. İSMAİL TEKE**

İSTANBUL, 2018

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÜNYA YÜZEYİNE GELEN GÜNEŞ ENERJİSİNİN MODELLENMESİ

Can EKİCİ tarafından hazırlanan tez çalışması 25.12.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. İsmail TEKE
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. İsmail TEKE
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. İsmail Cem PARMAKSIZOĞLU
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Özden AĞRA
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa Osman ISIKAN
Marmara Üniversitesi

Prof. Dr. Hakan DEMİR
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Doktora öğrenimim süresince bana destek olan ve farklı bakış açıları ile yol gösteren tez danışmanım Prof. Dr. İsmail TEKE'ye ve tez izleme komitesi üyelerine teşekkürlerimi sunarım.

Beni çalışma, eğitim ve öğrenim hayatım boyunca destekleyen, doktora çalışmam konusunda yüreklendiren aileme teşekkür ederim.

Aralık, 2018

Can EKİCİ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vi
KISALTMA LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖZET	xi
ABSTRACT.....	xiii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	2
1.2 Tezin Amacı	27
1.3 Hipotez	27
BÖLÜM 2	
MATEMATİKSEL MODELLEME VE UYGULANMASI.....	29
2.1 Meteorolojik Verilerin İncelenmesi	29
2.2 Tahmin Modellerinin Geliştirilmesi	32
2.2.1 Regresyon Yöntemi ile Modeller Oluşturulması.....	32
2.2.2 MATLAB Aracılığıyla Modeller Oluşturulması.....	41
2.2.3 Buckingham Teoremi Kullanılarak Modeller Oluşturulması.....	45
2.3 Tahmin Modellerinin Uygulanması.....	58
2.3.1 Hollanda için Tahmin Modellerinin Uygulanması	58
2.3.2 İrlanda için Tahmin Modellerinin Uygulanması.....	58
2.3.3 ABD için Tahmin Modellerinin Uygulanması	61
2.3.4 Türkiye için Tahmin Modellerinin Uygulanması	62
2.4 Modellerin Ölçüm Belirsizliği Analizleri	73
2.4.1 Literatürdeki Modellerin Ölçüm Belirsizliği Analizi	74
2.4.2 Geliştirilen Modellerin Ölçüm Belirsizliği Analizi.....	78
2.5 Parametre Etki Analizleri	81
BÖLÜM 3	
MODELLERİN KATSAYILARININ GENELLEŞTİRİLMESİ	83

3.1	Eşitlik 2.1 ve Eşitlik 2.2 için Katsayıların Genelleştirilmesi.....	83
3.2	Eşitlik 2.4 için Katsayıların Genelleştirilmesi.....	84
3.3	Eşitlik 2.5 için Katsayıların Genelleştirilmesi.....	86
3.4	Eşitlik 2.15 için Katsayıların Genelleştirilmesi.....	87
BÖLÜM 4		
SONUÇ VE ÖNERİLER		88
KAYNAKLAR.....		94
EK-A		
BUCKINGHAM 2 MODELİ İÇİN SONUÇLAR.....		101
EK-B		
ABD İÇİN SONUÇLAR		103
EK-C		
TÜRKİYE İÇİN SONUÇLAR		111
EK-D		
EŞİTLİK 2.1 VE 2.2 İÇİN ORTAKLAŞTIRILMIŞ KATSAYILARA AİT SONUÇLAR		144
EK-E		
EŞİTLİK 2.4 İÇİN ORTAKLAŞTIRILMIŞ KATSAYILARA AİT SONUÇLAR		146
EK-F		
EŞİTLİK 2.5 İÇİN ORTAKLAŞTIRILMIŞ KATSAYILARA AİT SONUÇLAR		147
EK-G		
EŞİTLİK 2.15 İÇİN ORTAKLAŞTIRILMIŞ KATSAYILARA AİT SONUÇLAR		148
EK-H		
MODELLERE AİT ÖRNEK HESAPLAMALAR.....		149
ÖZGEÇMİŞ		151

SİMGE LİSTESİ

I_{sc}	Solar sabit [$1367 \text{ W/m}^2 \approx 4,921 \text{ MJ/(\gün.m}^2\text{)}$]
H_0	Dünya dışına ulaşan güneş ışıınımı [$\text{MJ/(\gün.m}^2\text{)}$]
H	Yeryüzüne düşen toplam güneş ışıınımı [$\text{MJ/(\gün.m}^2\text{)}$]
E_0	Eksantriklik faktörü
ϕ	Enlem ($^\circ$)
λ	Boylam ($^\circ$)
δ	Güneş düşme açısı ($^\circ$)
ω_s	Güneşin doğuş açısı ($^\circ$)
w'	Atmosferdeki yağışa dönüşebilir su miktarı (mm, μm)
I	Ozon tabakası kalınlığı (mm)
Vis_{min}	Minimum yatay görüş mesafesi (km)
Vis_{max}	Maksimum yatay görüş mesafesi (km)
θ_z	Zenit açısı ($^\circ$)
τ	Atmosfer geçirgenliği
S_0	Maksimum güneşlenme süresi (saat)
S	Güneşlenme süresi (saat)
T_{max}	Maksimum hava sıcaklığı ($^\circ\text{C}$, K)
T_{min}	Minimum hava sıcaklığı ($^\circ\text{C}$, K)
C	Bulutluluk (okta)
RH	Bağıl nem (%rh)
RH_{min}	Minimum bağıl nem (%rh)
RH_{max}	Maksimum bağıl nem (%rh)
e_s	Doyma buhar basıncı (kPa)
P	Atmosfer basıncı (hPa)
P_0	Deniz seviyesindeki atmosfer basıncı (hPa)

KISALTMA LİSTESİ

DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri
GUM	Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (Ölçüm Belirsizliğinin İfadesine Dair Rehber)
MPE	Mean Percentage Error (Ortalama Yüzde Hata)
RMSE	Root Mean Square Error (Kök Ortalama Kare Hata)
MBE	Mean Bias Error (Ortalama Sapma Hatası)
NSE	Nash-Sutcliffe Denklemi
MAE	Mean Absolute Error (Ortalama Mutlak Hata)
MAPE	Mean Absolute Percentage Error (Ortalama Mutlak Yüzde Hata)

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1. 1	Direkt, difüz ve soğurulan güneş ışıını 3
Şekil 1. 2	Rayleigh teorisi ve Mie teorisi saçılımlarının gösterimleri 4
Şekil 1. 3	Karmaşık hava koşullarında güneş ışıını 11
Şekil 2. 1	Ankara için Reg. 1'e ait hesaplanan ve ölçülen değerler arasındaki ilişki 35
Şekil 2. 2	Reg. 1'in Rotterdam için Matlab aracılığı ile uygulanması 36
Şekil 2. 3	Regresyon denklemlerinin kıyaslanması 40
Şekil 2. 4	MATLAB aracılığıyla oluşturulan modellerin kıyaslanması 44
Şekil 2. 5	Buckingham 2 modelinin kıyaslanması 54
Şekil 2. 6	Buckingham 2 modeli aylık performans kıyaslaması 55
Şekil 2. 7	İrlanda'da yapılan uygulamaların kıyaslanması 61
Şekil 2. 8	Cavalier'da yapılan uygulamaların kıyaslanması 62
Şekil 2. 9	Adana için modellerin hata analizlerinin grafiksel gösterimi 63
Şekil 2. 10	Antalya için modellerin hata analizlerinin grafiksel gösterimi 64
Şekil 2. 11	Diyarbakır için aylık hata analizlerinin grafiksel gösterimi 66
Şekil 2. 12	Şırnak için aylık hata analizlerinin grafiksel gösterimi 66
Şekil 2. 13	Ankara için modellerin hata analizlerinin grafiksel gösterimi 67
Şekil 2. 14	Beyşehir için modellerin hata analizlerinin grafiksel gösterimi 68
Şekil 2. 15	Malatya için modellerin hata analizlerinin grafiksel gösterimi 68
Şekil 2. 16	Erzincan için modellerin hata analizlerinin grafiksel gösterimi 69
Şekil 2. 17	Rize için aylık hata analizlerinin grafiksel gösterimi 70
Şekil 2. 18	İstanbul için aylık hata analizlerinin grafiksel gösterimi 71
Şekil 2. 19	Tekirdağ için aylık hata analizlerinin grafiksel gösterimi 72
Şekil 2. 20	Kırklareli için aylık hata analizlerinin grafiksel gösterimi 72

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 1. 1 Dalgaboyuna göre zayıflatma katsayıları.....	5
Çizelge 1. 2 Atmosferin temizliğine göre Angstorm türbidite katsayıları.....	6
Çizelge 1. 3 Ozon için değişik dalgaboylarında zayıflatma katsayıları.....	7
Çizelge 1. 4 Düzenli olarak karışmış gazlar için zayıflatma katsayıları.....	8
Çizelge 1. 5 Su buharı için zayıflatma katsayıları.....	8
Çizelge 1. 6 Güneşlenme ölçümü yapan istasyonlar.....	26
Çizelge 2. 1 Ankara için Hargreaves, Allen, Bristow-Campbell ve Chen modelinin katsayıları.....	33
Çizelge 2. 2 Hargreaves, Chen, Bristow Campbell ve Allen modellerinin Ankara için hata analizi	33
Çizelge 2. 3 Regresyon denklemleri için katsayılar.....	34
Çizelge 2. 4 Reg. 1, Reg. 2 ve Reg. 3 için hata analizi (Ankara)	35
Çizelge 2. 5 Hollanda meteoroloji istasyonları coğrafi bilgileri.....	37
Çizelge 2. 6 Hollanda için literatürdeki modellerin katsayıları.....	37
Çizelge 2. 7 Hollanda için literatürdeki modellerin hata analizleri.....	38
Çizelge 2. 8 Hollanda için Reg 1 denkleminde ait katsayılar.....	39
Çizelge 2. 9 Hollanda için Reg 1 denkleminin hata analizleri	40
Çizelge 2. 10 Hollanda için sıcaklık ve bağıl neme bağlı model katsayıları.....	42
Çizelge 2. 11 Hollanda için sıcaklık ve bağıl neme bağlı model hata analizleri.....	43
Çizelge 2. 12 Hollanda için Eşitlik 2.15'in kullanımında elde edilen katsayılar	47
Çizelge 2. 13 Hollanda için Eşitlik 2.15 hata analizleri	48
Çizelge 2. 14 Bulutsuz günlerde Buckingham 2 için yüzde sapmalar.....	56
Çizelge 2. 15 Bulutlu günlerde Buckingham 2 için yüzde sapmalar	56
Çizelge 2. 16 Yüksek sıcaklığa sahip günlerde Buckingham 2 için yüzde sapmalar	57
Çizelge 2. 17 Yüksek ışıının olduğu günlerde Buckingham 2 için yüzde sapmalar	57
Çizelge 2. 18 Düşük ışıının olduğu günlerde Buckingham 2 için yüzde sapmalar	58
Çizelge 2. 19 Dublin için tahmin modellerine ait katsayılar	59
Çizelge 2. 20 Dublin için tahmin modellerine ait hata analizleri	60
Çizelge 2. 21 Allen modeli için tahmini ölçüm belirsizliği bütçesi	75
Çizelge 2. 22 Bristow-Campbell modeli için tahmini ölçüm belirsizliği bütçesi.....	76
Çizelge 2. 23 Chen modeli için tahmini ölçüm belirsizliği bütçesi	77
Çizelge 2. 24 Chen modeli için örnek belirsizlik hesaplaması	77
Çizelge 2. 25 Eşitlik 2.4 için örnek belirsizlik hesaplaması.....	80
Çizelge 2. 26 Modeller için parametre etki analizi sonuçları	82
Çizelge 3. 1 Eşitlik 2.1 ve Eşitlik 2.2'ye ait ortaklaştırılmış katsayılar.....	84

Çizelge 3. 2	Yüksekliğe göre atmosfer basıncı oranları.....	85
Çizelge 3. 3	Eşitlik 2.15 için ortaklaştırılmış katsayılar	87
Çizelge 4. 1	Tez kapsamında oluşturulan modeller	89
Çizelge 4. 2	Modellerin hata analizleri açısından en iyi sonucu verme sayıları	89
Çizelge 4. 3	Modellerin yüksek yüzdelik hata verme sayıları	91
Çizelge A. 1	Buckingham Model 2 için Türkiye'ye ait katsayılar.....	101
Çizelge A. 2	Buckingham Model 2 için Türkiye'ye ait hata analizleri	102
Çizelge B. 1	Kuzey Dakota (ABD) için modellere ait katsayılar	103
Çizelge B. 2	Kuzey Dakota için literatürdeki modellere ait hata analizleri.....	105
Çizelge B. 3	Kuzey Dakota için tezde elde edilen modellere ait hata analizleri	107
Çizelge C. 1	Türkiye için istasyonların coğrafi bilgileri	111
Çizelge C. 2	Türkiye için modellere ait bölgesel katsayılar.....	112
Çizelge C. 3	Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri.....	121
Çizelge D. 1	Eşitlik 2.1 ve 2.2 için ortaklaştırılmış katsayılar ile yapılan uygulamalara ait sonuçlar.....	144
Çizelge E. 1	Eşitlik 2.4 için ortaklaştırılmış katsayılar ile yapılan uygulamalara ait sonuçlar.....	146
Çizelge F. 1	Eşitlik 2.5 için ortaklaştırılmış katsayılar ile yapılan uygulamalara ait sonuçlar.....	147
Çizelge G. 1	Eşitlik 2.15 için ortaklaştırılmış katsayılar ile yapılan uygulamalara ait sonuçlar.....	148
Çizelge H. 1	Eşitlik 2.32 için örnek hesaplama	149
Çizelge H. 2	Eşitlik 2.4, 2.6 ve 2.1 için örnek hesaplama	150

DÜNYA YÜZEYİNE GELEN GÜNEŞ ENERJİSİNİN MODELLENMESİ

Can EKİCİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İsmail TEKE

Güneş enerjisi yaşam için ana enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi mühendislik uygulamalarında, enerji sektöründe ve mimari tasarımlarda önemli rol oynamaktadır. Bu değerin bilinmesi ölçüm ile mümkündür. Özellikle, gelişmekte olan ülkelerde kurulum, bakım, onarım ve kalibrasyon gerekliliklerinden dolayı güneşlenme ölçümlerinin yapılmadığı durumlara rastlanmıştır.

Bazı meteoroloji istasyonlarında ana parametrelerin ölçümleri yapılırken güneşlenme rasadı ölçümlerinin alınmadığı görülmektedir. Belirli büyük meteoroloji istasyonlarında güneşlenme rasadı ölçümleri yapılırken, daha küçük yerleşim yerlerinde yer alan istasyonlarda bu verilerin olmadığı durumlara rastlanmıştır. Güneşlenme ölçümlerinin yapılmadığı bölgelerde veya veri setinde eksikliklerin olduğu durumlarda yer yüzeyine düşen güneş ışınımı değerini elde etmek için tahmin modelleri kullanılmaktadır. Bu modeller, ölçümü yapılan diğer meteorolojik parametreler yardımıyla tahmine imkân sağlamaktadır.

Literatürde yer alan tahmin modelleri genellikle belirli coğrafi bölgeler için üzerinde çalışılmış matematiksel ifadelerdir. Literatürdeki çoğu çalışmanın uygulanması belli bölgelerle sınırlı kalmış ve modeller bu bölgeler dışında uygulanıp doğrulanmamıştır. Çoğu durumda, kullanıcı bir tahmin modelini kullanırken kendi deneysel katsayılarını çıkartarak modelleri önceden işlemesi ve kalibre etmesi gerekmektedir. Literatürde Türkiye için uygulanabilir ve kullanıma hazır tahmin modelleri konusunda eksiklik bulunmaktadır. Tez kapsamında, farklı meteorolojik parametreler kullanılarak güneş enerjisi hesaplamaları için tahmin modelleri geliştirilmiştir. Bu modeller kullanıma hazır

bir şekilde verilmiş ve Türkiye coğrafyasının büyük bir bölümü için kullanılabilir hale getirilmiştir. Tez kapsamında geliştirilen yedi adet model, literatürdeki modellerle kıyaslanmıştır. Ayrıca bu modeller dünyadaki başka bölgeler için de uygulanmış ve modellerin performansları farklı coğrafyalar için de görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi tahmin modelleri, meteoroloji, regresyon denklemleri, Buckingham teoremi, matematiksel modelleme

MODELING THE GLOBAL SOLAR ENERGY

Can EKİCİ

Department of Mechanical Engineering

Ph. D. Thesis

Adviser: Prof. Dr. İsmail TEKE

Solar energy is the main energy source for the life. Solar energy plays an important role in engineering applications, energy sector and architectural designs. It is possible to know solar radiation value by measurements. Especially in developing countries, sometimes solar radiation cannot be measured due to installation, maintenance, repair and calibration requirements of the measuring devices.

At some meteorological stations, main parameters have been measured, but solar radiation measurements may not be available. There are some cases like; measurements of solar radiation are recorded at certain large meteorological stations, but these measurements are not available in small settlements. Estimation models are used to obtain solar radiation values where there are deficiencies in data sets and where solar measurements are not performed. Experimental models allow to estimate solar radiation with the aid of other measured meteorological parameters.

Existing estimation models are mathematical expressions that have been studied for a specific geographical region. The application of most models in the literature are limited to certain areas, and the models have not been generally verified outside these regions. In most cases, when the user wishes to use an estimation model, it is necessary to calibrate the models by deriving their coefficients for a region. There are lack of studies in the literature on solar radiation prediction models that are applicable and ready-to-use for Turkey. Within the scope of this thesis, seven solar radiation estimation models were developed by using different meteorological parameters.

These models are ready-to-use for Turkey's geography and were compared with the existing models. Proposed models have been applied to the other regions of the world and the performances of the models have been seen for different geographies.

Keywords: Solar energy estimation models, meteorology, regression equations, Buckingham theorem, mathematical modeling

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Güneş enerjisi, ekosistem için ana enerji kaynağıdır, biyofiziksel aktivitelerde, enerji sektöründe, mimari tasarımlar ve benzeri faaliyetlerde kilit rol oynamaktadır. Dünya yüzeyine güneşten gelen enerji, doğadaki en temel yenilenebilir enerji kaynağıdır ve bu enerji tipinin üzerinde antik çağlardan beri çalışılmaktadır.

Meteoroloji istasyonlarının birçoğunda ana parametreler ölçülmektedir, fakat bazı istasyonlarda, ekipman kurulum, bakım, onarım maliyetleri ve kalibrasyon gereklerinden dolayı güneşlenme ölçümlerinin yapılmadığı durumlara rastlanmıştır. Bir fiziksel değeri elde etmenin en iyi yolu ölçümdür. Ölçümün yapılmadığı veya mümkün olmadığı durumlarda güneş enerjisi miktarını belirlemek için tahmin modelleri kullanılmaktadır. Bu modeller, ölçülen diğer meteorolojik parametrelerin yardımı ile yeryüzüne düşen güneş enerjisinin tahminine imkân sağlamaktadır. Yapılan incelemelerde, ülkemizde, özellikle küçük yerleşim bölgelerinde bulunan bazı istasyonlar için güneşlenme verilerinin mevcut olmadığı görülmüştür. Güneşlenme ölçümlerinin yapıldığı istasyonların veri setlerinde ise kısmen kopukluklara ve eksikliklere rastlanmıştır. Tahmin modelleri, bu eksikliklerin kapatılması veya hiç ölçüm alınmayan bölgelerde uygulanması için sunulan matematiksel ifadelerdir. Bu ifadeler, genellikle diğer meteorolojik parametreler ile dünya yüzeyine düşen güneş ışınımı değerleri arasındaki ilişkiyi deneysel olarak ifade etmektedir. Tahmin modellerinde en çok ilişki kurulan parametreler; güneşlenme süresi, maksimum hava sıcaklığı, minimum hava sıcaklığı ve bulutluluk verileridir.

Güneş enerjisinin tahmini üzerine, ilk çalışmalar güneşlenme süresi kullanılarak yapılmıştır. Angstorm tarafından ortaya koyulan ve Prescott tarafından da geliştirilen

Angstorm-Prescott modeli 20.yüzyılın başlarında geliştirilmiş, bu modelin üzerinde başka araştırmacılar da çalışmıştır. Bu sürecin devamında, farklı araştırmacılar tarafından yeni matematiksel modeller sunulmuştur.

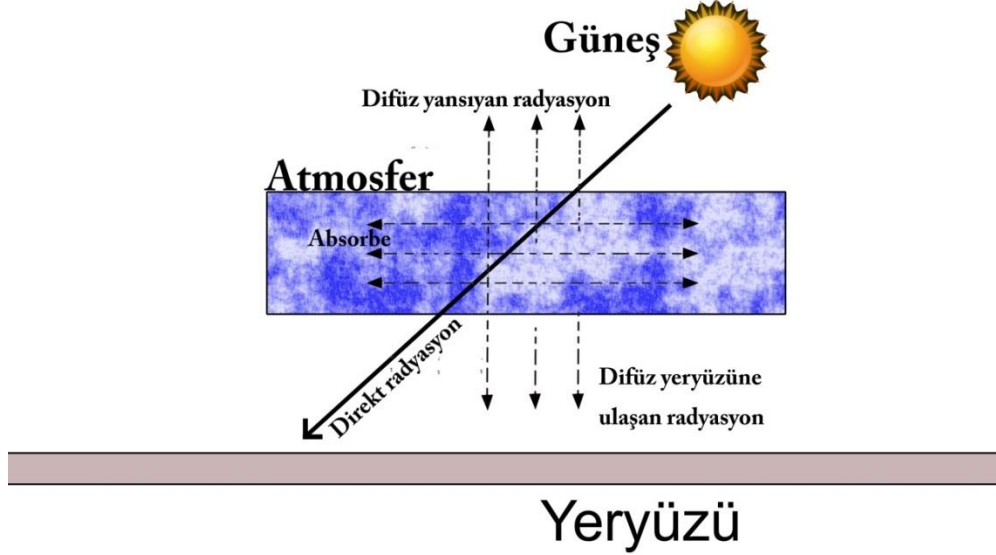
Literatürde sunulan modeller, belli bölgelerde üzerinde çalışılmış matematiksel ifadelerdir. Örneğin; Coppolino İtalya’da yaptığı bir çalışma ile güneşlenme süresine bağlı güneş enerjisinin tahmini için bir model ortaya koymuştur. Bu çalışmayı, İtalya’nın belli bölgelerinde doğrulamıştır. Aynı şekilde, Hargreaves yaptığı çalışmayı Senegal için gerçekleştirerek bir model sunmuştur. Bu çalışmaların ardından, başka araştırmacılar bu modelleri farklı bölgeler için kullanarak, modellerin çalışma yaptıkları bölgeye ne derece uyduğuna dair yayınlar yapmışlardır. Literatürde bulunan ve sadece belirli bölgeler için doğrulanmış modellerin, başka bölgeler için doğrudan kullanımı mümkün görünmemektedir. Modellerin kullanımının, öncelikle meteorolojik verilere ulaşp, daha sonra bu veriler ışığında modellere ait katsayıların çıkartılıp, model o bölge için kalibre edildikten sonra gerçekleştirilebileceği görülmüştür. Tezin ana amacı, yeni tahmin modelleri geliştirmek ve bu modelleri ülkemiz için kalibre edilmiş, katsayıları verilmiş şekilde kullanıma sunmaktır.

1.1 Literatür Özeti

Dünyanın atmosfer tabakası dışına ulaşan ışıının spektral dağılımı, uydu sistemlerinin fotovoltvaik güç sistemleri gibi uygulamalar için önemlidir. Bu bilginin varlığı, uzay araçları için uygun malzemelerin seçimi açısından da önemlidir. Ayrıca, fotosentez, fotokimyasal süreçler için de bu dağılım önemlidir [1].

Güneş ışıını yeryüzüne ulaşırken, difüz, yansıyan ve direkt ışıınım olarak ayrılır. Güneş ışıınının, bir kısmı atmosferde soğurulurken, bir kısmı ise geri yansıtılır. Difüz ışıınım, saçılarak veya dağılarak yeryüzüne ulaşan ışıındır. Bulutların, aerosollerin, hava moleküllerinin etkisi ile difüz ışıınının bir kısmı dağılarak yeryüzeyine ulaşırken, bir kısmı ise saçılarak atmosfere geri dönmektedir. Ayrıca, ışıınının atmosferde soğurulan bir kısmı da bulunmaktadır. Saçılmadan ve dağılmadan yeryüzeyine direkt olarak ulaşan güneş ışıını ise direkt ışıınım olarak ifade edilir. Difüz, direkt ve soğurulan ışıınım ile ilgili olarak Şekil 1.1 incelenebilir. Yeryüzüne ulaşan toplam güneş ışıını, direkt ve difüz ışıınının toplamı ile ifade edilir [1]. Homojen bir atmosferden geçen

güneş ışınımının yeryüzündeki değeri için teorik ifadelerin kullanımı göreceli olarak daha kolaydır. Fakat homojen olmayan ve bulutların kalınlığının, şeklinin, tipinin vb. bilinmediği bir gökyüzü için dünya yüzeyine düşen güneş ışınımının değerinin teorik olarak elde edilmesi oldukça zor görünmektedir.



Şekil 1. 1 Direkt, difüz ve soğurulan güneş ışınımı

Homojen bir tabakadan giren spektral ışınım akısı $I_{0n\lambda}$, m kadar yolu kat ettiğinde $I_{n\lambda}$ akısına dönüşmektedir. Bu akı, dünya atmosferine girdiğinde birçok işlemten geçerek k_λ zayıflama katsayısı vasıtasıyla azalmaktadır. Homojen bölgeden geçen ışınımın zayıflaması teorik olarak Bouguer Yasası ile ifade edilebilmektedir. Bouguer Yasası Eşitlik 1.1’de görülmektedir [1].

$$I_{n\lambda} = I_{0n\lambda} \cdot \exp(-k_\lambda m) \quad (1.1)$$

Atmosferin geçirgenliği güneş ışınımı ile ilgili önemli bir terimdir. Geçirgenlik, atmosfere giren ve çıkan ışınımın oransal bir ifadedir. Direkt ışınımın geçirgenlik ifadesi Eşitlik 1.2’de görülmektedir [1].

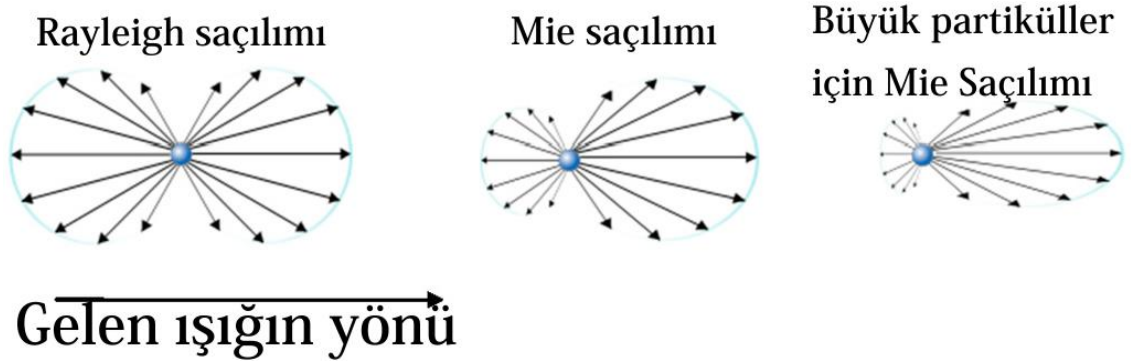
$$\tau_0 = \frac{I_{n\lambda}}{I_{0n\lambda}} = \prod_{i=1}^{i=j} \tau_{i\lambda} \quad (1.2)$$

Bouguer Yasası gazlardan ve aerosollerden saçılma ve soğurulma sonucu zayıflama süreçlerini doğru bir şekilde açıklar. Fakat ışınımın gazlarda soğurulması oldukça karmaşıktır. Bu yasa gazlarda soğurulma için geçerli değildir [1].

Yeryüzüne düşen, tüm dalga boylarında toplam direkt normal ışıınım akısı Eşitlik 1.3'teki gibi yazılabilmektedir. Burada, r_0 dünya ile güneş arasındaki ortalama uzaklık, r ise dünya ile güneş arasındaki gerçek uzaklıktır. Yeryüzünün yatayına düşen ışıma akısı değeriinin hesaplanmasında atmosferin geçirgenliğinin ($\tau_{i\lambda}$) tespit edilmesi önemli bir husustur [1].

$$I_n = \left(\frac{r_0}{r}\right)^2 \sum_{\lambda=0}^{\infty} (I_{0n\lambda} \prod_{i=0}^{i=j} \tau_{i\lambda}) \Delta\lambda \quad (1.3)$$

Güneş ışıını yeryüzüne ulaşırken, atmosferde bulunan partiküllerden saçılmalar olmaktadır. Mie ve Rayleigh, çalışmalarında hava moleküllerinden, aerosollerden, su ve toz parçacıklarından kaynaklı ışıınım saçılmalarının teorilerini sunmuştur. Rayleigh teorisi, ışıının dalga boyundan çok küçük küreler boyutunda elastik saçılımı tanımlamıştır. Bu durum bulutsuz havalarda geçerlidir. Mie ise, bulutlu havalarda saçılımın partikül boyutlarından daha büyük olacağını, hatta havada aerosollerin bulunduğu durumlarda, bu partiküllerin boyutlarının gelen ışıının dalga boyundan bile büyük olabileceğini ifade etmiştir [1, 2, 3]. Mie teorisi ve Rayleigh teorisi Şekil 1.2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. 2 Rayleigh teorisi ve Mie teorisi saçılmalarının gösterimleri

Leckner, Penndorf'un saçılım üzerine sunduğu teori üzerine çalışarak, kuru hava için zayıflama katsayısını Eşitlik 1.4'teki gibi tanımlamıştır [4, 5]. Elterman da zayıflama katsayısı hesaplamıştır [6], bu denklemde çıkan sonuçlar ile Elterman'ın sonuçları arasında küçük de olsa farklılıklar bulunmaktadır. Çizelge 1.1'de dalga boylarına göre Rayleigh zayıflama katsayıları görülmektedir. Burada görülen katsayılar deniz seviyesindeki standart basınç ve sıcaklıkta geçerlidir. Diğer yüksekliklerdeki sonuçlar için Elterman'ın çalışması [6] incelenebilir.

$$k_{r\lambda} = 0,008735\lambda^{-4,08} \quad (1.4)$$

Çizelge 1. 1 Dalgaboyuna göre zayıflatma katsayıları

Dalgaboyu (μm)	$k_{r\lambda}$	
	Eşitlik 1.4	Elterman'a göre
0,270	1,831	1,928
0,280	1,573	1,645
0,300	1,187	1,222
0,320	0,912	0,927
0,340	0,713	0,717
0,360	0,564	0,564
0,380	0,453	0,450
0,400	0,367	0,364
0,450	0,227	0,223
0,500	0,148	0,145
0,550	0,100	0,098
0,600	0,070	0,069
0,650	0,051	0,050
0,700	0,037	0,037
0,800	0,022	0,021
0,900	0,013	0,013
1,026	0,008	0,007
1,060	0,007	0,003
1,670	0,001	0,001
2,170	0	0
3,500	0	0
4,000	0	0

Rayleigh saçılımı için geçirgenlik ifadesini yukarıdaki eşitlikten sonra yeniden yazmakta fayda vardır, geçirgenlik ifadesi Eşitlik 1.5'da görülmektedir [1].

$$\tau_{r\lambda} = \exp(0,008735\lambda^{-4,08} \cdot m_a) \quad (1.5)$$

Toz partiküllerinin boyutlarının, dağılımlarının, formlarının ve yapılarının farklı olmasından dolayı Mie teorisinin işletilmesi zor olmaktadır. Literatürde, kuru hava molekülleri dışındaki partiküllerden saçılımlar için iki adet basit prosedür bulunmaktadır. Bu prosedürlerden birisi Moon [7, 8], diğeri ise Angstorm [9] tarafından geliştirilmiştir. Moon tarafından sunulan, su buharından saçılım ile ilgili ifade Eşitlik 1.6'da, toz parçacıkları için ifade ise Eşitlik 1.7'de görülmektedir [7, 8].

$$k_{ws\lambda} = 0,008635\lambda^{-2} \quad (1.6)$$

$$k_{d\lambda} = 0,08128\lambda^{-0,75} \quad (1.7)$$

Geçirgenlik ifadeleri aşağıda yazılmıştır. Su buharı için geçirgenlik Eşitlik 1.8'de, toz partikülleri için ise Eşitlik 1.9'da görülmektedir [1].

$$\tau_{ws\lambda} = \exp(-0,008635\lambda^{-2} \cdot w \cdot m_r) \quad (1.8)$$

$$\tau_{d\lambda} = \exp(-0,008128\lambda^{-0,75} \cdot (\frac{d}{800}) \cdot m_a) \quad (1.9)$$

Işınının zayıflamasına sebep olan bir diğer partikül grubu aerosollerdir. Aerosollerle ilgili olarak Angstorm türbidite formülü denilen bir yaklaşım mevcuttur. Bu yaklaşım Eşitlik 1.10'da görülmektedir. Burada α dalgaboyu üssü, λ mikrometre cinsinden dalgaboyu, β ise Angstorm türbidite katsayıdır. Atmosfer koşullarına göre β ve α değerleri Çizelge 1.2'de verilmiştir [1, 9].

$$k_{a\lambda} = \exp(\beta \cdot \lambda^{-\alpha}) \quad (1.9)$$

Çizelge 1. 2 Atmosferin temizliğine göre Angstorm türbidite katsayıları

Atmosferin durumu	β	α	Görüş mesafesi (km)
Çok temiz	0,00	1,30	340
Temiz	0,10	1,30	28
Türbid	0,20	1,30	11
Çok türbid	0,40	1,30	< 5

Türbidite katsayısı, görüş mesafesi 5 km'den büyükse Eşitlik 1.10'da gösterildiği gibi ifade edilebilmektedir, burada Vis ifadesi görüş mesafesini km cinsinden belirtmektedir [1].

$$\beta = (0,55^\alpha) \left(\frac{3,912}{Vis} - 0,01162 \right) [0,02472(Vis - 5) + 1,132] \quad (1.10)$$

Aerosollerin geçirgenlik ifadesi Eşitlik 1.11'deki gibidir.

$$\tau_{a\lambda} = \exp(-\beta \cdot \lambda^{-\alpha} \cdot m_a) \quad (1.11)$$

Atmosferde güneş ışınımını zayıflatan bir diğer gaz ise ozondur. Bununla ilgili olarak geçirgenlik ifadesi Eşitlik 1.12'de görülmektedir, denklemde m_r ozonun optik kütlesidir. Değişik dalga boylarında ozonun zayıflatma katsayısı Çizelge 1.3'te verilmiştir [5].

$$\tau_{o\lambda} = \exp[-k_{o\lambda} \cdot l \cdot m_r] \quad (1.12)$$

Atmosferde oksijen, karbondioksit gazları düzenli karışmış şekilde bulunmaktadır. Düzenli olarak karışmış gazlar ve su buharı için spektral geçirgenlik ifadesi literatürde bulunmaktadır. Gazların soğurma etkisi için geçirgenlik ifadesi Eşitlik 1.13'te yer almaktadır. Su buharı için geçirgenlik ifadesi ise Eşitlik 1.14'teki gibidir [1].

$$\tau_{g\lambda} = \exp\left[\frac{-1,41k_{g\lambda} \cdot m_a}{(1+118,93k_{g\lambda} \cdot m_a)^{0,45}}\right] \quad (1.13)$$

$$\tau_{wa\lambda} = \exp\left[\frac{-0,2385k_{wa\lambda} \cdot w \cdot m_r}{(1+20,07k_{wa\lambda} \cdot w \cdot m_r)^{0,45}}\right] \quad (1.14)$$

Çizelge 1. 3 Ozon için değişik dalgaboylarında zayıflatma katsayıları

λ (μm)	$k_{o\lambda}$ (cm^{-1})	λ (μm)	$k_{o\lambda}$ (cm^{-1})	λ (μm)	$k_{o\lambda}$ (cm^{-1})
0,290	38,000	0,485	0,017	0,595	0,120
0,295	20,000	0,490	0,021	0,600	0,125
0,300	10,000	0,495	0,025	0,605	0,130
0,305	4,800	0,500	0,030	0,610	0,120
0,310	2,700	0,505	0,035	0,620	0,105
0,315	1,350	0,510	0,040	0,630	0,090
0,320	0,800	0,515	0,045	0,640	0,079
0,325	0,380	0,520	0,048	0,650	0,067
0,330	0,160	0,525	0,057	0,660	0,057
0,335	0,075	0,530	0,063	0,670	0,048
0,340	0,040	0,535	0,070	0,680	0,036
0,345	0,019	0,540	0,075	0,690	0,028
0,350	0,007	0,545	0,080	0,700	0,023
0,355	0,000	0,550	0,085	0,710	0,018
0,445	0,003	0,555	0,095	0,720	0,014
0,450	0,003	0,560	0,103	0,730	0,011
0,455	0,004	0,565	0,110	0,740	0,010
0,460	0,006	0,570	0,120	0,750	0,009
0,465	0,008	0,575	0,122	0,760	0,007
0,470	0,009	0,580	0,120	0,770	0,004
0,475	0,012	0,585	0,118	0,780	0,000
0,480	0,014	0,590	0,115	0,790	0,000

Düzenli olarak karışmış gazların spektral zayıflatma katsayıları için Çizelge 1.4 incelenebilir, su buharının spektral zayıflatma katsayısı örnek olarak Çizelge 1.5'te verilmiştir [5].

Moleküler soğurucuların toplam spektral geçirgenliği, Eşitlik 1.15'teki gibi yazılabilmektedir [1].

$$\tau_{ma\lambda} = \tau_{o\lambda} \cdot \tau_{g\lambda} \cdot \tau_{wa\lambda} \quad (1.15)$$

Bu durumda toplam spektral geçirgenliği ise Eşitlik 1.16'daki gibi yazmak mümkündür [1].

$$\tau_{\lambda} = \tau_{c\lambda} \cdot \tau_{ma\lambda} = \tau_{r\lambda} \cdot \tau_{a\lambda} \cdot \tau_{o\lambda} \cdot \tau_{g\lambda} \cdot \tau_{wa\lambda} \quad (1.16)$$

Çizelge 1. 4 Düzenli olarak karışmış gazlar için zayıflatma katsayıları

λ (μm)	$k_{g\lambda}$ (cm^{-1})	λ (μm)	$k_{g\lambda}$ (cm^{-1})	λ (μm)	$k_{g\lambda}$ (cm^{-1})
0,76	0,300E+01	1,85	0,145E-03	3,30	0,190E+01
0,77	0,210E+00	1,90	0,710E-02	3,40	0,130E+01
0,78	0,0	1,95	0,200E+01	3,50	0,750E-01
1,24	0,0	2,00	0,300E+01	3,60	0,100E-01
1,25	0,730E-02	2,10	0,240E+00	3,70	0,195E-02
1,30	0,400E-03	2,20	0,380E-03	3,80	0,400E-02
1,35	0,110E-03	2,30	0,110E-02	3,90	0,290E+00
1,40	0,100E-04	2,40	0,170E-03	4,00	0,250E-01
1,45	0,640E-01	2,50	0,140E-03		
1,50	0,630E-03	2,60	0,660E-03		
1,55	0,100E-01	2,70	0,100E+03		
1,60	0,640E-01	2,80	0,150E+03		
1,65	0,145E-02	2,90	0,130E+00		
1,70	0,100E-04	3,00	0,950E-02		
1,75	0,100E-04	3,10	0,100E-02		
1,80	0,100E-04	3,20	0,800E+00		

Çizelge 1. 5 Su buharı için zayıflatma katsayıları

λ (μm)	$k_{wa\lambda}$ (cm^{-1})
0,69	0,160E-01
0,79	0,175E+01
0,89	0,630E-01
0,99	0,125E+00
1,10	0,730E+01
1,30	0,290E+01
1,50	0,150E+02
1,70	0,510E+00
.	.
.	.
.	.
4,00	0,450E-02

Herhangi bir dalgaboyunda yüzey normalinde direkt spektral ışınlam akısı değeri Eşitlik 1.17 ve Eşitlik 1.18'deki gibi hesaplanabilmektedir. Bu hesaplama, güneş ile dünya

arasındaki ortalama uzaklık için geçerlidir. $I_{0n\lambda}$ dünya dışına gelen spektral ışınlam akısını ($W m^2 \mu m^{-1}$) temsil etmektedir [1].

$$I_{n\lambda} = I_{0n\lambda} \cdot \tau_{\lambda} \quad (1.17)$$

$$I_{b\lambda} = I_{0n\lambda} \cdot \cos(\theta_z) \cdot \tau_{\lambda} \quad (1.18)$$

Difüz ışınlam yeryüzüne ulaştığında bir kısmı yer tarafından geri yansıtılmaktadır. Bu işlem hep devam eder ve sonsuzdur. Atmosfer ve yeryüzeyi arasındaki bu çoklu yansıma, difüz radyasyonun toplam değerine eklenmelidir [1]. Yeryüzüne düşen spektral ışınlam akısı değeri ile ilgili Eşitlik 1.19 incelenebilir. Burada; $I_{d\lambda}$ yatay yüzeye düşen spektral ışınlam akısını, $I_{dr\lambda}$ Rayleigh saçılımından kaynaklı ve atmosferden ilk geçişte yeryüzüne ulaşan difüz spektral ışınlam akısını, $I_{da\lambda}$ aerosollerden kaynaklı ve atmosferden ilk geçişte yeryüzüne ulaşan difüz spektral ışınlam akısını, $I_{dm\lambda}$ çoklu yansımadan kaynaklı spektral ışınlam akısını ifade etmektedir.

$$I_{d\lambda} = I_{dr\lambda} + I_{da\lambda} + I_{dm\lambda} \quad (1.19)$$

Rayleigh saçılımından kaynaklı ve atmosferden ilk geçişte oluşan spektral ışınlam akısı değeri Eşitlik 1.20’de verilmiştir.

$$I_{dr\lambda} = I_{0n\lambda} \cos(\theta_z) \tau_{ma\lambda} [0,5(1 - \tau_{r\lambda}) \tau_{a\lambda}] \quad (1.20)$$

Aerosollerden kaynaklı ve atmosferden ilk geçişte yeryüzüne ulaşan difüz spektral ışınlam akısı Eşitlik 1.21’de ifade edilmiştir [1].

$$I_{da\lambda} = I_{0n\lambda} \cos(\theta_z) \tau_{ma\lambda} [F_c(1 - \tau_{a\lambda}) \tau_{r\lambda}] \quad (1.20)$$

$$F_c = \frac{\text{ileri yönde saçılan enerji}}{\text{toplam saçılan enerji}} \quad (1.21)$$

F_c değerleri için literatürde tablolar mevcuttur [1, 10]. Difüz ışınlamı ait akı Eşitlik 1.22’deki gibi yazılabilmektedir. Toplam spektral ışınlam akısına ise Eşitlik 1.23’teki gibi ulaşılabilir [1].

$$I_{d\lambda} = (I_{dr\lambda} + I_{da\lambda}) \left(\frac{1}{1 - \rho_{g\lambda} \cdot \rho'_{a\lambda z}} \right) + I_{n\lambda} \cdot \cos(\theta_z) \left(\frac{\rho_{g\lambda} \cdot \rho'_{a\lambda z}}{1 - \rho_{g\lambda} \cdot \rho'_{a\lambda z}} \right) \quad (1.22)$$

$$I_{\lambda} = \frac{(I_{n\lambda} \cdot \cos(\theta_z) + I_{dr\lambda} + I_{da\lambda})}{1 - \rho_{g\lambda} \cdot \rho'_{a\lambda z}} \quad (1.23)$$

Yeryüzüne düşen toplam ışıınım akısı değeri ise Eşitlik 1.24'teki gibi yazılabilir. Burada, $\Delta\lambda$ dalga boyu aralığını temsil etmektedir, bu değeri literatürde bulunan tablolarda ışıının rengine göre belirtilmiştir [1, 11, 12].

$$I = \sum_{\lambda=0}^{\infty} [(I_{n\lambda} \cdot \cos(\theta_z) + I_{dr\lambda} + I_{da\lambda}) \frac{1}{1 - \rho_{g\lambda} \cdot \rho'_{a\lambda z}}] \cdot \Delta\lambda \quad (1.24)$$

Özetlemek gerekirse, direkt ışıının bulutsuz havalarda yeryüzüne ulaşmasında atmosferin geçirgenliği önemli bir parametredir. Geçirgenlik, Eşitlik 1.25'teki gibi direkt normal güneş ışıını ile solar sabitin oranı olarak ifade edilebilir [1].

$$\tau = \frac{I_n}{I_{sc}} \quad (1.25)$$

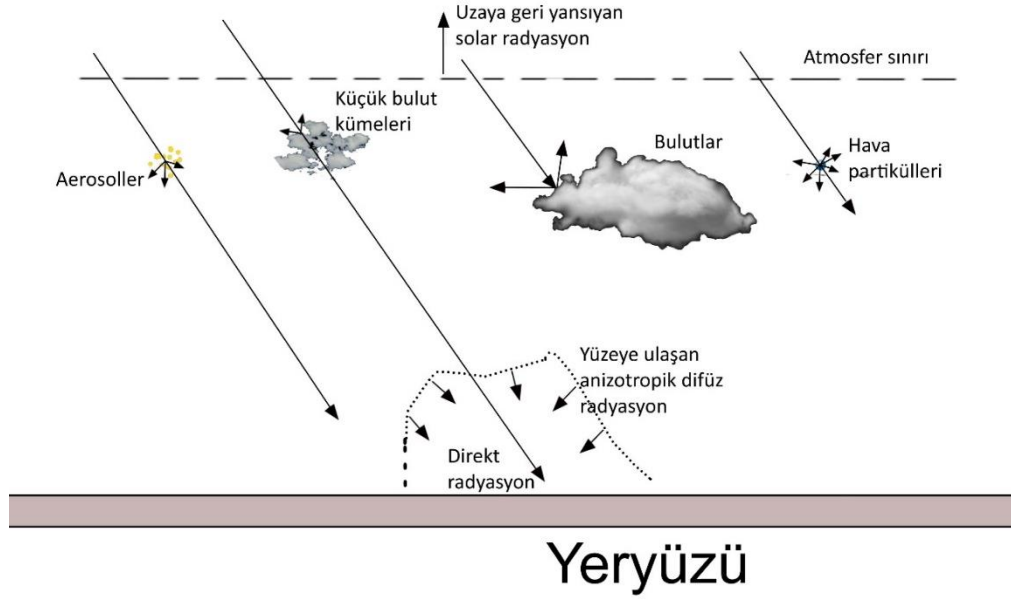
Geçirgenlik, ozon tabakası kalınlığı (l), yağışa dönüşebilir su miktarı (w), bulanıklık parametreleri (β ve α) ve hava kütlesinin (m) fonksiyonudur (Eşitlik 1.26) [1].

$$\tau = f(l, w, \beta, \alpha, m) \quad (1.26)$$

Bulutsuz havalarda geçirgenlik τ , ozon tabakasındaki geçirgenlik τ_o , düzenli olarak karışmış gazlardan olan geçirgenlik τ_g , su buharından olan geçirgenlik τ_w , hava moleküllerinin Rayleigh saçılım etkisinin geçirgenliği τ_r ve τ_a aerosollerin geçirgenlikleri çarpımına eşittir. Bu durum Eşitlik 1.27'de görölmektedir [1].

$$\tau = \tau_o \tau_g \tau_w \tau_r \tau_a \quad (1.27)$$

Bu kısımdan önce, açık gökyüzü koşullarında güneş ışıının ifadesine değinilmiştir, bulutlu havalarda durum farklı olmaktadır. Direkt ışıının etkisi, bulutlar tarafından zayıflatılmaktadır. Zayıflatma, bulut tipine, kalınlığına ve tabaka sayısına göre değışiklik göstermektedir (Şekil 1.3). Bu özellikler ölçölmesi zor parametreler olduğu için, bu durumla ilgili genellikle deneysel olarak çalışılmaktadır. Literatürde mevcut olan deneysel modeller genellikle H/H_0 oranını tahmin etmek üzerine kuruludur. Literatürde sıkça kullanılan modeller eşitliklerde görölmektedir. Angström-Prescott modeli [13, 14] Eşitlik 1.28'de, Almorox-Hontoria modeli [15] Eşitlik 1.29'da, Ampratwum-Dorvlo modeli [16] Eşitlik 1.30'da, Coppolino modeli [17] Eşitlik 1.31'de, Allen modeli [18] Eşitlik 1.32'de, Hargreaves modeli [19] Eşitlik 1.33'te, Chen modeli [20], Eşitlik 1.34'te, Bristow-Campbell modeli [21] Eşitlik 1.35'te, Badescu modeli [22] Eşitlik 1.36'da, Supit-Kapel modeli [23] Eşitlik 1.37'de verilmiştir.



Şekil 1. 3 Karmaşık hava koşullarında güneş ışınımı

$$\frac{H}{H_0} = a + b \frac{S}{S_0} \quad (1.28)$$

$$\frac{H}{H_0} = a + b * \exp\left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (1.29)$$

$$\frac{H}{H_0} = a + b * \log\left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (1.30)$$

$$\frac{H}{H_0} = e^a \left(\frac{S}{S_0}\right)^b \quad (1.31)$$

$$\frac{H}{H_0} = a * (T_{max} - T_{min})^{0,5} \quad (1.32)$$

$$\frac{H}{H_0} = a * (T_{max} - T_{min})^{0,5} + b \quad (1.33)$$

$$\frac{H}{H_0} = a * \ln(T_{max} - T_{min}) + b \quad (1.34)$$

$$\frac{H}{H_0} = a * [1 - \exp\{-b * (\Delta T)^c\}] \quad (1.35)$$

$$\frac{H}{H_0} = a + bC \quad (1.36)$$

$$\frac{H}{H_0} = \left[a\sqrt{(T_{max} - T_{min})} + b\sqrt{\left(1 - \frac{C}{8}\right)} \right] + c \quad (1.37)$$

İlgili modellerde yer alan dünya dışına düşen güneş ışınımı değerinin hesaplanması için Eşitlik 1.38 kullanılmaktadır [1].

$$H_0 = \frac{24}{\pi} \cdot I_{sc} \cdot E_0 \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(\delta) * \left[\left(\frac{\pi}{180} \right) \cdot \omega_s - \tan(\omega_s) \right] \quad (1.38)$$

Solar sabit, Dünya'nın yörüngesi üzerinde, bir metrekareye düşen tüm dalgalı boyundaki toplam güneş ışıınıımı ifade etmektedir. Bu değeri esasında sabit değildir, yıllar geçtikte bu değeri yüzdeliğinin onda biri gibi küçük değerişiklikler yaşanmaktadır, bu sabit I_{sc} ile ifade edilmektedir [1].

Dünyanın eksenden kaçıklığını ifade eden eksantriklik faktörü, sadeleştirilmiş şekilde olan ifade Eşitlik 1.39'da görölmektedir. Burada; "J" takvim gününü ifade etmektedir [1].

$$E_0 = 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot J}{365}\right) \quad (1.39)$$

Güneş doğuş açısı ile ilgili matematiksel ifade Eşitlik 1.40'ta görölmektedir [1].

$$\omega_s = \cos^{-1}[-\tan(\phi) \cdot \tan(\delta)] \quad (1.40)$$

Güneş düşme açısı ile ilgili olarak ise Eşitlik 1.41'e bakılabilir [1].

$$\sin\delta = 0,39785 * \sin[278,97 + 0,9856J] + 1,9165 * \sin(356,6 + 0,9856J) \quad (1.41)$$

Tez kapsamında oluşturulan matematiksel modeller de H/H_0 oranını tahmin etmek üzerine kurulmuştur. Kurulan matematiksel modellerde önceki kısımda verilen ifadeler sıkça kullanılacaktır.

Performanslarının görölmesi amacıyla, tez kapsamında elde edilen modellere hata analizleri uygulanacaktır. Literatürde sıkça uygulanan hata analiz yöntemlerinden burada bahsedilmiştir. Modellerin incelenmesinde ve hata değeriendirmesinde, MPE, MBE, RMSE yöntemleri kullanılmıştır. NSE yöntemi de model değeriendirilmesinde kullanılmıştır. NSE değeri 1'e ne kadar yaklaşırsa, modelin gerçek değeriilerle örtüşmesinin o kadar arttığı kabul edilmektedir. Bu yöntemler, meteoroloji ile ilgili tahmin modellerinin hata analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır. MPE, MBE ve RMSE hesaplama yöntemleri sırasıyla Eşitlik 1.42, 1.43 ve 1.44'te verilmiştir. Burada; $H_{i,m}$ i'inci ölçülen değeri, $H_{i,c}$ i'inci hesaplanan değeri ve N ise toplam ölçüm sayısını vermektedir [24].

$$MPE = \sum_{i=1}^n \frac{\left[\frac{H_{i,m} - H_{i,c}}{H_{i,m}} \right] * 100}{N} \quad (1.42)$$

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n H_{i,c} - H_{i,m}}{N} \quad (1.43)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_{i,c} - H_{i,m})^2}{N}} \quad (1.44)$$

MPE değerini, ölçülen ve hesaplanan arasındaki yüzde sapma olarak tanımlamak mümkündür. MBE yöntemi ise modelin uzun dönem performansı hakkında bilgi vermektedir. Düşük MBE değerleri tercih nedenidir. RMSE değeri ise modelin kısa dönem performansı hakkında bilgi vermektedir. Bu değer de küçük olması önerilmektedir [24].

Literatürdeki çalışmalarda RMSE yönteminin ortalama model performansı konusunda yeterli bir yöntem olmadığını belirten çalışmalar mevcuttur, ortalama model performansını incelemek için MAE yönteminin kullanılmasının daha iyi olacağı savunulmuştur. Fakat Chai ve Drexler tarafından yapılan çalışmada ise, eğer hata için normal dağılım mevcutsa RMSE yönteminin kullanımının model performansını belirlemek için uygun olduğu belirtilmektedir. RMSE yöntemi meteoroloji, hava kalitesi ve iklimlerle ilgili çalışmalarda model performansını belirlemek için standart istatistiksel yöntemlerden birisidir. MAE yöntemi de başka bir hata analiz metotudur. MAE hata analiz yöntemi Eşitlik 1.45'te görülmektedir [25].

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |H_{i,c} - H_{i,m}| \quad (1.45)$$

Hyndman ve Koehler tarafından yapılan çalışmada ise, tüm seriler aynı aralıklar içinde ise MAE yönteminin tercih edilebileceği ve hatayı basit bir şekilde açıklayabileceği ifade edilmiştir [26]. Eğer veriler pozitif ve birçoğu sıfırdan büyükse MAPE yönteminin kullanılmasının uygun olabileceği, eğer veriler sıfırdan küçük ve yakın ise de MASE yönteminin kullanımının uygun olabileceği ifade edilmiştir. MAPE hata analiz yöntemi Eşitlik 1.46'da görülmektedir [26]. Tez kapsamında yapılacak olan çalışmada negatif verilerle sık karşılaşmayacağı için MASE yöntemine değinilmeyecektir. Alınan veriler, sıfırdan büyük ve belli aralıklarda olacağı için sadece bilgi verme amacıyla MAPE yöntemi burada verilmiştir.

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \left| \frac{H_{i,m} - H_{i,c}}{H_{i,m}} \right| \quad (1.46)$$

Bunların dışında; Nash-Sutcliffe denklemi de model değerlendirilmesinde kullanılabilir. Nash-Sutcliffe denklemi Eşitlik 1.47’de görülmektedir. Burada; $\bar{H}_m$ ölçülen güneş ışınımının ortalamasını ifade etmektedir. NSE değeri, 1’e yaklaştıkça modelin daha etkili ve kullanışlı olduğu anlaşılmaktadır [20, 24, 27].

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (H_{i,m} - H_{i,c})^2}{\sum_{i=1}^n (H_{i,m} - \bar{H}_m)^2} \quad (1.47)$$

Kısaca özetlemek gerekirse; RMSE, hesaplanan ve ölçülen değerler arası farkı kıyaslayarak korelasyonun kısa dönem performansı ile ilgili fikir vermektedir. MBE sistematik hatayı verirken, uzun dönem performans hakkında bilgi sunmaktadır. MPE ise ölçülen ve hesaplanan değerler arasındaki yüzdelik hatayı vermektedir. MBE sıfıra yaklaştıkça model için ideal performans ortaya çıkmaktadır. RMSE ve MPE değerlerinin düşük çıkması modelin başarılı olduğunu gösterir [1]. MAE yöntemi, aynı aralıktaki veriler için kullanışlı iken, MASE yöntemi ise negatif verilerin değerlendirilmesinde etkilidir. Veri setlerinde negatif verilerin ağırlıklı olmayışı ve farklı mevsimlerde verilerin farklı aralıklarda olduğu düşünülerek MASE ve MAE yöntemleri tez kapsamında kullanılmayacaktır. Burada bahsi geçen hata analiz yöntemleri kullanılarak, tez kapsamında elde edilen modellerin performansları incelenecek ve yüzdesel sapmaları, kısa dönem performansları, uzun dönem performansları değerlendirilecek ve modellerin aylık yüzdesel sapmaları da analiz edilecektir.

Dünya yüzeyine düşen güneş ışınımının ölçümünde meteoroloji istasyonlarında bulunan piranometreler kullanılmaktadır. Piranometreler yatay yüzeydeki direkt ve difüz ışınımın toplamını ölçmektedir. Piranometreler tüm yönlerden gelen güneş ışınımını 2π ’lik açıyla ölçer [1, 28]. Meteoroloji istasyonlarında güneşlenme ölçümlerinin yapılması maksadıyla bulunan piranometrelerden alınan veriler yardımıyla, tahmin modellerinin kalibrasyonları gerçekleştirilir. Literatürde farklı meteorolojik parametreler ile yeryüzüne düşen toplam güneş enerjisi arasında ilişkiler kuran modeller bulunmaktadır. Bu modeller, güneşlenme süresi, maksimum ve minimum hava sıcaklıkları, bulutluluk gibi farklı meteorolojik parametreler ile difüz, direkt veya toplam güneş ışınımı değerleri arasındaki ilişkiyi deneysel olarak yansıtmaktadır. Bölümün devamında, literatürde yer alan çalışmalara değinilmiştir.

Isaac Newton, güneş ışıının etkisi ile oluşan sıcaklık değişimlerini gözlemleyerek şiddetini incelemiştir. Güneş ışıının hava sıcaklıklarını arttırdığı uzun yıllardan beri bilinmektedir. Bu konuda, dönemin koşulları elverdiği ölçüde deneyler yapılmıştır. Güneş ışıını etkisi altındaki termometrelerin durumları incelenerek, çıkarımlar yapılmaya çalışılmıştır [29].

Liu ve Scott Avustralya’da bir çalışma yapmıştır [30]. Çalışmada, Avustralya için farklı modeller, yer yüzeyine düşen güneş ışıının tahmini için değerlendirilmiştir. Çalışmada, bir meteoroloji istasyonunda güneşlenme verileri mevcut değilse, benzer iklim özelliklerine sahip bir bölgedeki başka bir istasyonunun verileri kullanılarak tahmin yapılabileceği öne sürülmüştür. Çalışma, Avustralya’daki yağış ve sıcaklık verilerini kullanarak yapılmıştır. Meteoroloji verileri Avustralya’da 39 istasyondan alınmıştır. Çalışmada, hem literatürdeki modeller kullanılmış, hem de Avustralya için bu konuda yeni denklemler önerilmiştir. Uygulanan modeller, minimum sıcaklığa ve yağış miktarına bağlı modellerdir. Literatürde bulunan üç ayrı model Avustralya için kalibre edilerek, hata analizi sonuçları her istasyon için ayrı ayrı verilmiştir. Sıcaklığa bağlı Bristow-Campbell modelinin Avustralya’daki meteoroloji istasyonlarında kalibre edilmesi sonucu R^2 değeri 0,7 civarında seyrederken bazı istasyonlarda 0,28, 0,44 gibi değerlere rastlanılmıştır. Ayrıca RMSE değerlerinin 2 ila 3 MJ/m² civarında seyrettiği görölmektedir. Bu durumun sadece yağış verilerini kullanarak tahmin yapan modellerde de benzer olduğu görölmektedir (McCaskill modeli). Hem yağış hem sıcaklık verilerini kullanan modelde durumun biraz daha iyi olduğu ifade edilmiştir. Sonuçları yüksek hatalı çıkan istasyonlarda sıcaklık varyasyonlarının güneş ışıını varyasyonlarından daha fazla olduğu düşünölmüştür [30].

Almorox, İspanya Aranjuez için literatürde bulunan 14 adet tahmin modelini uygulamıştır. Bu modeller değişik meteorolojik parametrelere bağlıdır. Aranjuez için doyma buhar basıncı, yağış miktarı ve günlük minimum bağlı neme bağlı yeni bir denklem önerilmiştir. Bu denklemin Aranjuez için yer yüzüne düşen güneş ışıını diğer modellerden daha iyi ifade ettiği belirtilmiştir. Çalışmada literatürde bulunan modeller Aranjuez için kalibre edilmiştir. Maksimum ve minimum sıcaklığa bağlı Hargreaves-Samani modeli, Annandale modeli ve Goodin modelinin yüzde hata analiz değerlerinin %15 ile %20 dolaylarında çıktığı, yağış miktarı ve maksimum-minimum

sıcaklık değerlerine bağlı Richardson-Reddy modeli, maksimum sıcaklık ve bağıl neme bağlı Skeiker modellerinin yüzde hata analizlerinin %15 civarında olduğu görülmektedir [31].

Türkiye için, yer yüzeyine düşen günlük güneş ışınımının miktarının tahminini sağlayan, basit bir model, literatürde yer almaktadır. Çalışmada yılın günleri ile ifade edilen istatistiksel bir model geliştirilmiştir. Model; diğer meteorolojik parametreleri direkt yansıtmamakla birlikte, yılın o gününe ait meteorolojik verileri, istatistiksel olarak işleyerek bir sonuç vermektedir. Çalışmada sunulan matematiksel modelin yüzdelik hataları %20 ile %40 mertebelerinde çıkmıştır. Ayrıca, Karadeniz’de yüksek yağışlı bölgelerde modellerin korelasyon katsayılarının daha düşük çıktığı görülmüştür. Verilen matematiksel model sonucunda günlük toplam güneş ışınımı değeri elde edilmekte, farklı yılların aynı günlerinde aynı değerin çıkması beklenmektedir [32]. Farklı yıllardaki aynı günlerde dünyanın güneşe konumlanması benzer olsa da bulutluluk değerlerinin ve diğer meteorolojik parametrelerin farklı olması mümkündür.

Menges, Ertekin ve Sonmete, literatürdeki tahmin modellerini incelemiş, bunları Konya üzerinde uygulamışlardır. Konya’nın meteorolojik ve coğrafi verileri kullanılarak, literatürde bulunan 50 model, aylık ortalama güneş ışınımı miktarının tahmini için kullanılmıştır. Çıkan sonuçlara göre modeller kıyaslanmış ve istatistiksel hata testlerine tâbi tutulmuştur. Çalışma sonucunda, Konya için bir adet model önerilmiştir. Yazarlar, literatürde bulunan 50 adet modelin kalibrasyonunu Konya için gerçekleştirerek, modelleri Konya için kullanıma sunmuştur [24].

Wu, Liu ve Wang tarafından Çin’de yapılan çalışmada, sıcaklık ve güneşlenme verilerine bağlı Chen Modeli, sıcaklık verilerine Bristow-Campbell Modeli, güneşlenme süresine bağlı Bahel Modeli, sıcaklık, yağış ve çiy noktası verilerine bağlı Wu Modeli kullanılarak tahmin yapılmıştır. Çin’de yapılan çalışmada %70 ilâ %90 arasında doğruluklara ulaşılmıştır [33].

Chen ve diğerleri, literatürde bulunan beş tahmin modelini Çin’de 45 meteoroloji istasyonu için uygulayarak modellerin Çin için kalibrasyonunu gerçekleştirmiştir. Bu modeller, Angström, Bristow-Campbell, Allen, Hargreaves ve Bahel modelleridir. Modellerin kalibrasyonu Çin için 1994 ile 1998 arasında kaydedilmiş günlük

meteorolojik veriler ile gerçekleşmiş ve modeller için katsayılar çıkartılmıştır. Modellerin hata analizleri yapılmış ve bunun sonucunda hava sıcaklığını girdi parametresi olarak kullanan modellerin Çin için uygun olmayacağı ihtimali belirtilmiştir. Bristow-Campbell, Allen ve Hargreaves modelleri yer yüzeyine düşen günlük toplam güneş ışınımının tahmini için Çin’de yapılan analizde yüksek hatalarla sonuçlar vermiştir. Çalışmada iki adet yeni model önerilmiş, fakat modellerden ilki günlük tahmin için literatürdeki diğer modellerden daha iyi denilemeyecek sonuçlar elde etmiştir. İkinci model Çin için günlük tahminlerde daha tatmin edici sonuçlar vermiştir. İlk model Eşitlik 1.48’de, ikinci model ise Eşitlik 1.49’da görülmektedir [20].

$$\frac{H}{H_0} = a * \ln(T_{\max} - T_{\min}) + b \quad (1.48)$$

$$\frac{H}{H_0} = a * \ln(T_{\max} - T_{\min}) + b \left(\frac{S}{S_0}\right)^c + d \quad (1.49)$$

Toğrul, Bişkek için coğrafi ve meteorolojik verileri kullanarak, literatürdeki en eski model olan Angström modeli için deneysel katsayılar çıkartmış ve hesaplamalar yapmıştır. Modellerden elde edilen değerler, ölçülen değerler ile kıyaslanmıştır [34].

Spokas ve Forcella, kısıtlı sayıdaki meteorolojik veri ile güneş enerjisinin tahmini üzerine çalışmıştır. Modelde girdi parametreleri olarak enlem, boylam, yükseklik, günlük yağış miktarı, maksimum ve minimum sıcaklıklar kullanılmıştır. Çalışma alanı olarak 18 meteoroloji istasyonu belirlenmiştir. Çalışma alanındaki meteoroloji istasyonları kısıtlı veriye sahip olduğu için, oluşturulan model ölçüm verileri ile doğrulanamamıştır. Doğrulama metodu olarak literatürde bulunan diğer tahmin modelleri kullanılmıştır. Çalışmada geliştirilen modelin, literatürdeki modeller ile uyumlu olduğu bildirilmiştir [35].

Trnka ve diğerleri, Orta Avrupa’nın düşük rakımlı bölgelerinde güneş enerjisinin tahmini üzerine çalışmıştır. Avusturya ve Çek Cumhuriyeti için literatürde bulunan yedi adet modele ait bölgesel katsayılar çıkartılmıştır. Bu modellerin daha güçlü hale getirilmesi için günlük sıcaklıkların ortalamaları yerine gün içindeki sıcaklıkların her birinden seçim yapılarak kullanılmasının daha uygun olacağı söylenmiştir. Bir modelin kullanılmadan önce o bölge için hata analizlerinin yapılmasının gerekliliği bildirilmiştir [36].

Meza ve Varas, Bristow-Campbell ve Allen modellerini Şili'deki meteoroloji verileri üzerinde kullanarak, yer yüzeyine düşen toplam güneş ışınımının aylık ortalamasının tahmini üzerine çalışmıştır. Şili'deki 20 meteoroloji istasyonu için modellerin katsayıları çıkartılmıştır. Literatürde bulunan model katsayılarının Şili için anlamlı olarak kullanılamayacağı ve hatalı sonuçlar verdiği söylenmiştir. Bu durumda her bir modelin kullanılacağı bölgede kalibre edilmesinin gerekliliği belirtilmiştir. Allen modeli için literatürde bulunan basınca bağlı katsayı çıkartma denklemi kullanılmıştır. Fakat bu denklemin kullanımının limitlerinin olduğu ve bazı koşullarda kullanımının uygunsuz olacağı belirtilmiştir. Yüksek sıcaklık farklarının olduğu koşullarda Allen denkleminin kullanımının yüksek hatalar verebileceği bildirilmiştir [37].

Wong ve Chow literatürde bulunan bazı tahmin modellerini Hong Kong özelinde uygulamış ve modelleri kıyaslamıştır [38].

Samani, yaptığı çalışmada enlem, maksimum sıcaklık ve minimum sıcaklık parametrelerini kullanarak metot anlatmıştır. Çalışmada, 1982'de yayınlanmış olan Hargreaves-Samani tahmin modeline bir modifikasyon önerilmiştir. Bu modifikasyonun, modelin hatalarını düşürdüğü belirtilmiştir. Modelin katsayılarına dair düzeltilmiş bir denklem sunulmuştur. Daha önce Allen'ın önerdiği düzeltme katsayısı ile kıyaslandığında yeni önerilen düzeltme katsayılarının, hataları düşürdüğü söylenmiştir. Portland, San Francisco, Tucson, El Paso, Salt Lake ve Hilo'da yapılan çalışmalarda Allen düzeltme katsayıları kullanıldığında hatanın %54 mertebelerine ulaştığı görülürken, yeni önerilen düzeltme katsayıları ile bu hataların %15 mertebelerinde olduğu belirtilmiştir [39].

Okonkwo ve Nwokoye, Nijer'de bulunan Minna bölgesi için güneş enerjisinin tahmini üzerine çalışmıştır. Bu bölgede, güneşlenme, maksimum ve minimum sıcaklık verileri 2000 ile 2012 yılları arasında kaydedilmiştir. Aylara ait yer yüzeyine düşen ortalama günlük güneş ışınımı değerleri, maksimum ve minimum sıcaklıklar kullanılarak tahmin edilmeye çalışılmıştır. Parametreler, lineer, kuadratik ve kübik olarak regresyon işlemine tabii tutulmuş ve denklemler çıkartılmıştır. Sıcaklık oranlarını kullanan kuadratik ve kübik modellemelerin, Mina bölgesi için çıkartılan diğer regresyon denklemlerinden daha iyi sonuçlar verdiği ifade edilmiştir [40].

Bocco, Willington ve Arias, güneş ışınlamı için sinir ağı modelleri ve regresyon denklemlerini karşılaştırmıştır. Çalışmaya konu olan veriler, Arjantin’de bulunan Salta İstasyonu’ndan 1996 ile 2002 yılları arasında alınmıştır. Çalışmada, maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, yağış, bağıl güneşlenme süresi gibi verileri içeren üç adet farklı regresyon denklemi ile maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, yağış gibi parametrelerin girdi olarak kullanıldığı üç adet yapay sinir ağı modeli kıyaslanmıştır. Çalışmada yapay sinir ağları ile oluşturulmuş modellerin kısmen daha iyi performans gösterdiği ifade edilmiştir [41].

Gana ve Akpootu, kuzeydoğu Nijerya’da güneş enerjisinin tahmini için Angström tipi deneysel korelasyon uygulamıştır. Güneşlenme süresi verileri Bauchi, Dutse, Ibitaraba, Maiduguri, Nguru ve Yola için alınmış ve 15 yıllık veriler analiz edilmiştir. Yer yüzeyine düşen aylık ortalama güneş ışınlamı değerleri tahmin edilirken Angström modeli kullanılmış ve modele ait katsayılar literatürde bulunan denklemler kullanılarak türetilmiştir. Çalışmadaki sonuçlar incelendiğinde %60'lara varan hatalar görülmektedir [42].

Yang, Huang ve Tamai, yer yüzeyine düşen toplam güneş ışınlamının tahmini için hibrit bir model geliştirmiştir. Model, yer yüzeyine düşen aylık günlük ortalama ışınlamın hesabında kullanılmıştır. Angstorm modeli, teorik ifadeler de kullanılarak yeniden düzenlenmiştir. Çalışma Japonya’da bulunan 14 meteoroloji istasyonu için uygulanmıştır [43].

Tymivios ve diğerleri, Angström ve yapay sinir ağları yöntemlerini, Kıbrıs özelinde kıyaslamıştır. Angström modelinin deneysel katsayıları, yer yüzeyine düşen aylık ortalama günlük ışınlam miktarı ve yer yüzeyine düşen toplam günlük ışınlam değerleri için ayrı ayrı çıkartılmıştır. Ayrıca her ay için farklı katsayılar çıkarılarak, Angström modeli için Kıbrıs özelinde üç farklı katsayı çıkartma yöntemi denenmiştir. Her ay için ayrı ayrı çıkartılan katsayılarla birlikte Angström modelinin daha iyi çalıştığı görülmüştür. Yapay sinir ağları kullanılarak oluşturulan yöntemlerden birinin, Kıbrıs için, Angström modelinden daha iyi sonuç verdiği belirtilmiştir [44].

Mubiru ve Banda, yapay sinir ağları yardımıyla, yer yüzeyine düşen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınlamı tahmini üzerine çalışmıştır. Çalışma Uganda’da kaydedilen

meteorolojik veriler yardımıyla doğrulanmıştır. Modelde girdi parametreleri olarak, güneşlenme süresi, bulutluluk ve maksimum sıcaklıkla birlikte enlem, boylam ve yükseklik parametreleri kullanılmıştır [45].

Thornton ve Running, güneş enerjisinin, ölçülen sıcaklık, nem ve yağış değerlerinden tahmini için bir algoritma üzerine çalışmıştır. Çalışmada, Amerika'daki 40 istasyondan alınan veriler kullanılmış ve Bristow-Campbell modeline çiy noktası sıcaklığı kullanılarak yeni bir yorum getirilmiştir [46].

Jin ve arkadaşları, Çin'de 69 meteoroloji istasyonunun verisini kullanarak, yer yüzeyine düşen aylık ortalama günlük güneş ışıınımı değerlerinin tahminine dair genel bir formülizasyon üzerine çalışmıştır. Dokuz adet regresyon denkleminin hata analizi yapılmıştır [47].

Sabziparvar, İran'daki kurak çöllerde güneş enerjisinin tahmini üzerine çalışmıştır. Bu ihtiyaç, çöllerde güneşlenme verisi ölçüm sistemlerinin yaygın olmayışından ortaya çıkmıştır. Literatürde yer alan üç farklı tahmin modeli İran çöllerinde yer alan farklı şehirler için yer yüzeyine düşen aylık ortalama günlük güneş ışıının tahmini için revize edilmiştir [48].

Yörükoğlu ve Çelik, güneşlenme süresinden yer yüzeyine düşen toplam güneş ışıınımını tahmin eden modellerle ilgili bir derleme çalışma yapmıştır [49].

Elagib ve Mansell, Sudan'da yer yüzeyine düşen güneş ışıının tahmini için güneşlenme sürelerini incelemiştir. Çalışmada Sudan'da bulunan meteoroloji istasyonlarının verileri kullanılmış, Angström katsayılarının üzerinde durulmuş ve bu katsayılara sahip denklemler üzerinde çalışılmıştır [50].

Jiang, Çin'de aylık ortalama günlük yer yüzeyine düşen güneş ışıının yapay sınır ağları yöntemi ile hesaplanması üzerine çalışmıştır. Yöntemin, Kashi, Geermu, Shenyang, Chengdu ve Zhengzhou bölgelerinde iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir [51].

Myers, güneş ışıınımını ölçmede kullanılan piranometrelerin kalibrasyonu ve yazılımları ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Tahmin modellerinin, izlenebilirliği olan, kalibre edilmiş cihazlardan elde edilen veriler ile sağlıklı olarak doğrulanabileceği kaydedilmiştir [52].

Jiang, aylık ortalama günlük difüz güneş ışıını tahmini üzerine çalışmıştır. Çalışma, Çin'de bulunan sekiz meteoroloji istasyonu için yapılmıştır. Çin için difüz ışıınıını, kuadratik denklemlerin anlamlı şekilde yansıttığı belirtilmiştir [53].

Trabea ve Shaltout, Mısır'da yer yüzeyine düşen güneş ışıınıının meteorolojik parametreler üzerinden korelasyonuna dair çalışmıştır. Parametre olarak; maksimum sıcaklık, bağıl nem, deniz seviyesindeki basınç, buhar basıncı ve güneşlenme süresi analiz edilmiştir. Mısır sınırları dâhilinde kullanılabilecek bir tahmin modeli önerilmiştir [54].

Sabziparvar ve Shetaee, İran'ın kurak ve yarı kurak çöllerinde güneş enerjisinin tahmini için çalışmıştır. Çalışmada, literatürdeki farklı modeller kullanılmıştır. Ykseklіğe bağılı olarak İran'ın kurak ve yarı kurak çölleri için, literatürdeki bir model modifiye edilerek, genel bir formülizasyon sunulmuştur [55].

Almorox ve Hontoria, güneşlenme sürelerini kullanarak İspanya'da yer yüzeyine gşen güneş ışıınıının tahmini üzerine çalışmıştır. İspanya'da bulunan 16 meteoroloji istasyonundan güneşlenme süreleri alınmıştır. Çalışmada Angstrm-Prescott modeli ve onun modifiye edilmiş kuadratik, üçüncü derece, logaritmik ve ekponansiyel halleri kullanılmıştır. Çalışmada nc derece modellerin güneş ışıınıını, İspanya için daha iyi ifade edebileceğinden bahsedilmiştir [15].

Besharat, Dehghan ve Faghih, literatürdeki tahmin modellerini derleyen bir çalışma yapmıştır. Çalışmada, güneşlenme süresine bağılı, bulutluluğa bağılı, sıcaklık temelli ve bunların dışında kalan model tipleri verilmiştir. Ayrıca bu modellerden bazıları İran'ın Yazd meteoroloji istasyonu için uygulanmıştır [56].

Janjai ve diğerkleri, tropik bölgeler için uydu verilerinden yer yüzeyine düşen güneş ışıınıını tahmin eden bir model üzerine çalışmıştır. Çalışmada Tayland'ın tropik bölgelerinin uydu görüntüleri üzerinde analiz yapılmıştır. 25 piranometre istasyonundan alınan veriler doğrulama için kullanılmış, yer yüzeyine düşen aylık ortalama saatlik güneş ışıınıını verilerinin model ile örtüştüğü bildirilmiştir [57].

Kaplanis, yer yüzeyine düşen güneş ışıınıının tahmini için yeni yöntemler üzerine çalışmış ve geliştirdikleri yöntemleri var olan modellerle kıyaslamıştır. Çalışmada,

metotlar Yunanistan'ın en büyük iki kenti için kaydedilen veriler ile hata analizine tabii tutulmuştur [58].

Bakırcı, Türkiye'de yer yüzeyine düşen güneş ışıınının güneşlenme sürelerinden tahmini için korelasyonlar çıkartmıştır. Çalışmada, literatürde bulunan ve yeni geliştirilmiş denklemlerden oluşan yedi adet farklı deneysel denklem, yer yüzeyine düşen aylık ortalama günlük güneş ışıınının tahmini için kullanılmıştır. Türkiye'de bulunan farklı şehirler için hesaplamalar ve hata analizleri yapılmıştır. Bazı bölgelerde 1981 ila 1990 yılları arasındaki meteorolojik verilerle yapılan model analizlerinde modellerin yüksek hatalı sonuçlar verdiği, 1991 ile 2005 yılları arasındaki verilerle yapılan model analizlerinde daha yüksek doğruluklu sonuçlar alındığı belirtilmiştir. Bu durumun da, geçmişteki meteorolojik verilerin yeterli doğrulukta ve kalitede olmayışından kaynaklanabileceği belirtilmiştir [59].

Roderick, yer yüzeyine düşen aylık ve günlük difüz ışıının tahmini için bir çalışma yapmıştır. Çalışmada, Avustralya ve Antartika'daki 25 istasyondan yaklaşık 83000 ölçüm verisi kullanılmıştır. Çalışmada yeni ölçüm cihazları ile ilgili bir vurgu vardır. Çalışmada kullanılan bazı istasyonlar yeni, bazı istasyonlar ise eski istasyonlardır. Eski cihazlarla yapılan ölçümlerde Drummond metodu kullanılarak ölçüm verilerinde düzeltme yapılmıştır [60].

Nguyen ve Pryor, Vietnam'da yer yüzeyine düşen güneş ışıını ve güneşlenme süresi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Yer yüzeyine düşen aylık ortalama günlük güneş ışıını ve güneşlenme süreleri değerleri, Vietnam'da bulunan meteoroloji istasyonlarından elde edilmiştir, Angström katsayıları bu veriler kullanılarak çıkartılmıştır. Daha sonra bu katsayılarla birlikte Angström denklemi Vietnam için yeni bir model geliştirmiştir. Bu model, Çin, ABD ve Suudi Arabistan için kalibre edilmiş ve Angström-Prescott modelinden daha iyi sonuçlar elde edildiği ifade edilmiştir. Çalışmada incelenen modellerin, nemli bölgelerde kuru bölgelere göre daha yüksek hatalar verdiği görülmektedir [61].

Muneer ve Gul, güneşlenme ve bulutluluk değerlerini kullanan modelleri değerlendirmiştir. Çalışmada, modeller meteoroloji istasyonlarından alınan veriler yardımıyla kıyaslanmıştır [62].

Podesta ve arkadaşları, Arjantin Pampas'ta güneş enerjisi tahmini üzerine çalışmıştır. Çalışmada, iki senaryo üzerinde durulmuştur. Bu senaryolardan birisi, güneşlenme süresi verilerinin var olması, diğeri ise sadece günlük sıcaklık verilerinin mevcut olması şeklindedir [63].

Thornton ve arkadaşları, yer yüzeyine düşen güneş ışıınımı ve nem değeriğerlerinin, gözlenen sıcaklık ve yağış değeriğerleri ile tahmini üzerine çalışmıştır. Çalışma, Avusturya'da 24 istasyondan alınan veriler yardımıyla yapılmıştır [64].

Ertekin ve Yıldız, Antalya'da yer yüzeyine düşen aylık ortalama günlük güneş ışıınımı değeriğerlerinin tahmini üzerine çalışmıştır. Çalışmada, dokuz parametrenin çoklu lineer regresyon analizi yapılmıştır. Bu parametrelerden bazıları, toprak sıcaklığı, güneş açısı, bağıl nem, bulutluluk, yağış ve güneşlenme süresidir. Çıkartılan regresyon denkleminin hata analizleri yapılmıştır [65].

Ülgen ve Hepbaşlı, Ankara, İstanbul ve İzmir için, literatürdeki modelleri kullanarak difüz ışıının tahmini üzerine çalışmıştır [66].

Mellit ve arkadaşları, dalga ağı yöntemi (wavelet-network model) ile yer yüzeyine düşen güneş ışıınının önceden tahminini yapan bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda, geleceğe yönelik hava durumu tahminleri gibi güneş enerjisi tahminlerinin de bu yöntem ile makul bir şekilde yapılabileceği bildirilmiştir [67].

Supit ve Van Kappel, güneş enerjisinin tahmini için sade bir model geliştirmiştir. Bu yöntemde ortalama bulutluluk değeri ve maksimum, minimum hava sıcaklıkları değeriğerleri kullanılmaktadır. Çalışmada farklı istasyonlar için katsayılar, hem Angström- Prescott modeli, hem de yeni geliştirilen model için çıkartılmış, hata analizleri yapılmıştır. Genel olarak, çalışma yapılan bölgeler için güneşlenme süresine bağılı olan Angström- Prescott modelinin daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür [23].

Nijmeh ve Mamlook, Umman Ürdün'de yer yüzeyine düşen güneş ışıınınını hesaplamak için iki modeli test etmiştir. Modeller RMSE ve MBE hata analiz yöntemleri ile kıyaslanmıştır. İlgili modeller, Lui-Jordan izotropik modeli ve Hay anizotropik modelleridir. İzotropik modelin yaz aylarında kısmen daha iyi sonuç verdiği, anizotropik modelin ise yılın kalan kısmında daha iyi sonuç verdiği söylenmiştir [68].

Rehman ve Mohandes, sıcaklık ve bağıl nem değerleri yardımıyla, yapay sinir ağı yöntemini kullanarak yer yüzeyine düşen güneş ışınımının tahmini üzerine çalışmıştır. Suudi Arabistan'ın Abha kenti meteoroloji verileri 1998 ile 2002 arasında kullanılmıştır [69].

Iziomon ve Mayer, Almanya'daki meteoroloji istasyonlarından alınan veriler ile literatürdeki bulutluluk tabanlı ve güneşlenme süresi esaslı tahmin modellerini test etmiştir. Çalışmanın yapıldığı bölgede Angstorm-Prescott modelinin tek başına güneş enerjisini ifade etmekle ilgili trendine bakılmıştır. Hava kütlesinin, enlemin ve su buharı terimlerinin bu model üzerindeki etkileri incelenmiştir [70].

Düzen ve Aydın, Van Gölü çevresinde güneşlenme şiddeti tabanlı tahmin modeli üzerine çalışmıştır. Bölgede bulunan yedi meteoroloji istasyonundan alınan veriler yardımıyla, literatürde bulunan Angstorm-Prescott modelinin regresyon denklemlerinin lineer, kübik, kuadratik, logaritmik ve eksponansiyel halleri incelenmiştir. Çalışmada kullanılan bazı meteorolojik verilerin doğru olmaması sebebiyle sıkıntılarla karşılaşıldığından da bahsedilmiştir. Meteorolojik parametrelerin yanlış ölçümleri, tahmin modellerinin yanlış sonuçlar vermesine sebep olabilmektedir [71].

Suckling ve Hay, direkt, difüz ve toplam güneş ışınımının tahmini için bir model üzerinde çalışmıştır. Çalışma, bulutluluk temelinde yapılmış ve Kanada'daki meteoroloji istasyonlarından alınan veriler kullanılmıştır. Modelin hatası, farklı istasyonlar için %10 ila %23 arası değerlerde çıkmıştır [72].

Jacovides ve arkadaşları, Kıbrıs için difüz güneş ışınımı birleşimini incelemiştir. Çalışmada altı yıllık veriler incelenmiş, literatürde bulunan korelasyonlar bu verilere uygulanmış ve hata analizleri yapılmıştır [73].

Benghanem, Mellit ve Alamri, yer yüzeyine düşen güneş ışınımının tahmini için yapay sinir ağıları yöntemini kullanmıştır. Çalışmada Suudi Arabistan'ın Al-Madinah şehri için yapay sinir ağıları oluşturulmuş ve farklı şekilde tasarlanmış yapay sinir ağıları modelleri birbiri ile kıyaslanmıştır [74].

Mohammadi ve diğerleri, yatay düzlemde güneş ışınımını tahmin etmek için Destek Vektör Makinesi (SVM) ile Dalgacık Dönüşümü (WT) algoritmasını birleştirerek yeni bir

karma yaklaşım geliştirmiştir. Tahminler, bir İran kıyı kenti için hem günlük hem de aylık ortalama ölçeklerde gerçekleştirilmiştir. Önerilen SVM-WT yöntemi, etkinliğini ve uygulanabilirliğini göstermek için mevcut diğer tekniklerle karşılaştırılmıştır. İstatistiksel analizlerde, SVM-WT yaklaşımının iyi performansa sahip olduğu ve diğer yaklaşımlardan daha iyi performans gösterdiği belirtilmiştir [75].

Chukwujindu, literatürde yer tahmin modellerini Afrika özelinde incelemiştir [76].

Hassan ve diğerleri, güneş ışımasını tahmin etmek için sıcaklık tabanlı yeni bir model önermiştir. İlgili çalışma, Mısır çevresindeki on farklı yer için yapılmıştır. Elde edilen modelin, özellikle kıyı bölgelerinde iyi tahminler sağladığı belirtilmiştir [77].

Yapılan incelemeler ve literatür taraması sonucunda; güneş enerjisinin modellenmesi ile ilgili olarak aşağıdaki kanılar ve bulgular paylaşılmıştır.

- Literatürdeki çalışmalara dayanılarak; güneş ışımasının çeşitli meteorolojik parametreler ile deneysel olarak ifadesinin mümkün olduğu, güneş ışımasının diğer meteorolojik değişkenlerle ilişkisinin bulunduğu ve farklı meteorolojik veriler arasında ilişkiler kurularak tahmin edilebileceği görülmektedir.
- Yapılan ön çalışma sonucunda, bazı meteorolojik verilere her zaman ulaşılamayacağı görülmüştür.
- Ölçüm cihazlarının kurulum, bakım maliyetleri ve kalibrasyon işlemleri güneşlenme ölçümlerinin yapılmasını zorlaştırmaktadır.
- Literatürde yer alan çalışmalar, çoğunlukla dünya yüzeyine düşen güneş ışıması değerinin aylık ortalamalarının tahmini üzerinden yapılmıştır. Günlük net toplam güneş ışımasının tahminine dair çalışmaların daha az sayıda olduğu görülmüştür.
- Literatürde sunulan modeller, belirli dar bölgeler için üzerinde çalışılmış matematiksel ifadelerdir. Örneğin; Coppolino [67] İtalya'da yaptığı bir çalışma ile bir model ortaya koymuştur. Bu çalışmayı, İtalya'nın belli bölgelerinde doğrulamıştır. Aynı şekilde, Hargreaves [68] yaptığı çalışmayı Senegal için gerçekleştirerek bir model sunmuştur. Bu çalışmaların ardından başka araştırmacılar bu modelleri farklı bölgeler için kullanarak hangi modelin çalışma yaptıkları bölgeye ne derece uyduğuna dair yayınlar yapmışlardır. Türkiye için yeryüzeyine düşen güneş

enerjisinin modellenmesine dair geniş ölçekte yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır.

- Literatürde sunulan modellerin ölçüm belirsizliğine dair yapılmış geniş bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Her bir ölçüm cihazının izlenebilirlik zincirinden kaynaklı ölçüm belirsizliği değeri ölçüm biliminde önemlidir. Bu ölçüm belirsizliği değeri, şüphesiz ki ölçülen diğer parametreler üzerinden oluşturulan matematiksel modellere de yansiyacaktır.
- Ülkemizde kaydedilen meteorolojik veriler incelenirken, belli merkezlerde güneşlenme ölçümlerinin alındığı, küçük yerleşim yerleri veya bazı şehirler için ölçümlerin alınmadığı veya istasyonlarda bu veriler kaydedilse bile ölçüm setlerinde kopukluklar olabildiği görülmüştür. Büyük yerleşim yerlerindeki meteoroloji istasyonlarında da veri kayıtlarında yer yer kopuklukların ve eksik ölçümlerin olduğu tespit edilmiştir. Gelişmekte olan birçok ülke için durumun benzer olduğu literatürde görülmüştür. Tez kapsamında Devlet Meteoroloji İşleri'nden veri temini yapılmıştır, kullanılan verilerin ait olduğu istasyonlar Çizelge 1.6'da görülmektedir.

Çizelge 1. 6 Güneşlenme ölçümü yapan istasyonlar

<i>İstasyon adı</i>						
Adana	Bolu	Şırnak	Kars Bölge	Çanakkale	Karaman	Gümüşhane
Göksun	Elmalı	Solhan	Bursa	Kemalpaşa	Akşehir	Rize
Kilis	Isparta Bölge	Palu	Sivrihisar	Menemen	Beyşehir	Hakkari
Tarsus	Muğla	Malatya Bölge	Samandıra Meydan	Develi	Kulu	Malazgirt
Afyonkarahisar Bölge	Ergani	Doğubeyazıt	Kırklareli	Pınarbaşı	Ulukışla	Van Bölge
Ankara Bölge	Mardin	Ağrı	Tekirdağ	Divriği	Kastamonu	Aksaray
DMI Genel Müdürlük	Bozova	Tercan	Aydın	Gemerek	Ünye	Artvin
Amasra	Ceylanpınar Tigem	Tortum	Burhaniye	Suşehri	Sinop	
			Buğazlıyan	Boğazlıyan	Tokat Bölge	

Yukarıdaki bulguların eşliğinde literatürdeki eksikler göz önünde bulundurularak, yeryüzüne düşen güneş enerjisinin modellemesi yapılmıştır. İlgili modellerin performanslarının gözlenmesi amacıyla hata analizleri yapılmıştır.

1.2 Tezin Amacı

Buraya kadar olan kısımda, literatür taraması ve teorik inceleme yapılmıştır. Güneş ışınlamı, bulutsuz ve açık gökyüzü koşullarında teorik ve fiziksel olarak modellenilebilmekteyken, bulutlu ve karmaşık hava koşullarında bu modellemelerin deneysel yollarla yapıldığı görülmüştür. Bulutlu hava koşullarında kullanılan modeller, ölçümü yapılan diğer meteorolojik parametrelere bağlıdır. Literatürde bulunan modeller belli bölgeler için kullanılmış ve bu bölgeler için katsayıları sunularak hata analizleri yapılmıştır. Literatürdeki çoğu çalışma belirli bölgelerle sınırlı kalmış ve bu bölgeler dışında uygulanıp doğrulanmamıştır. Bir model türetilirken tek bir bölgeden yola çıkılmış, daha sonra başkaları tarafından yapılan çalışmalarla o model başka coğrafyalar için uygulanarak deneysel katsayılar türetilmiştir. Çoğu durumda kullanıcının, bir tahmin modelini kullanırken kendi bölgesel katsayısını elde ederek modelleri önceden işlemesi ve kalibre etmesi gerekmektedir. Genellikle literatürdeki modellerin uygulamaları, aylık, yıllık güneş ışınlamı veya aylık ortalama günlük güneş ışınlamı değerini belirlemek için yapılmıştır.

Güneş ışınlamı değerini elde etmenin en iyi yolu ölçümdür. Fakat kurulum, kalibrasyon, bakım ve onarım maliyetlerinden dolayı birçok bölgede bu ölçümler yapılamamaktadır. Tahmin modelleri, ölçülen diğer meteorolojik parametreler vasıtası ile güneş ışınlamı tahmin etmektedir. Literatürde, tüm Türkiye coğrafyası için uygulanmış, kullanılmış ve kalibre edilmiş modeller yönünden eksiklikler bulunmaktadır. Tez kapsamında, Türkiye coğrafyası için güneş ışınlamının tahminini sağlayacak modeller önerilmesi, literatürdeki mevcut modellerden bazılarının Türkiye için uygulanması ve hata analizlerinin sunulması hedeflenmiştir. Önerilen modeller dünyanın farklı coğrafyalarında da uygulanmış ve modellerin eğilimleri, hataları farklı coğrafyalar için de görülmüştür. Tez kapsamında, literatürdeki mevcut modeller ile tez kapsamında elde edilen modeller arasında kıyaslamalar yapılmıştır.

1.3 Hipotez

Tez kapsamında geliştirilecek tahmin modellerinin beklenen özellikleri aşağıda sıralanmıştır. Tez kapsamında geliştirilen modellerin, aşağıda verilen özelliklerin bir veya birkaçına sahip olması hedeflenmektedir.

- Literatürde yer alan modellere göre daha yüksek doğrulukta çalışmalıdır.
- Mevsimsel koşullara minimum bağlı şekilde, yaz ve kış ayları farketmeksizin düşük yüzdelik hatalar vermelidir.
- Türkiye coğrafyasının büyük bir bölümünde kalibre edilmiş olmalıdır.
- Kolay uygulanabilir ve sade olmalıdır, hesaplama adımları uzun olması halinde doğruluğu yüksek olmalıdır.
- Dünyanın değişik coğrafyalarında da anlamlı sonuçlar vermelidir.
- Kısa ve/ya uzun dönem performansları kabul edilebilir olmalıdır.
- Gerekğinde modellere ait deneysel katsayılar, daha büyük coğrafyalar için genelleştirilebilmeli ve bu genelleştirmeler sonucunda anlamlı sonuçlar alınabilmelidir.

MATEMATİKSEL MODELLEME VE UYGULANMASI

Literatür incelemesinde de görüldüğü üzere, yer yüzeyine düşen toplam güneş ışınımı değeri, güneş enerjisi sistemleri, zirai faaliyetler ve mimari tasarımlar gibi alanlarda bilinmesi gereken önemli bir parametredir. Çoğu meteoroloji istasyonunda, temel meteorolojik parametrelerin ölçümleri yapılmaktadır. Ülkemizde güneşlenme ölçümü yapan bazı istasyonların verilerinde kopukluklar görülmektedir.

Güneşlenme ölçümleri yapılmayan, verilere ulaşmanın zor olduğu veya verilerde kopukluk olan bölgelerde tahmin modelleri, güneş ışınımını hesaplamak için kullanışlı araçlardır. Bu bölümde, tez kapsamında geliştirilen matematiksel ifadeler paylaşılmıştır.

2.1 Meteorolojik Verilerin İncelenmesi

Bu bölümde, parametreler arasındaki matematiksel ilişkinin kurulması amacıyla çeşitli ülkelerdeki meteorolojik verilerin ulaşılabilirlikleri ve veri setlerinin kaliteleri incelenmiştir. Amaç, kurulacak olan matematiksel ilişkilerin izlenebilir, doğru ve hassas ölçümlere dayandırılmasıdır. Doğru ve hassas ölçümlere dayandırılacak olan matematiksel ilişkiler, modellerin daha gerçekçi olmasını sağlayacaktır. Meteorolojik verileri elde etmenin en sağlıklı yolunun, ülkelerin resmi meteoroloji kurumlarından verilerin alınması olduğu düşünülmüş, fakat yapılan araştırmalar sonucunda bazı ülkelerde bu verilerin ücretli olarak paylaşıldığı görülmüştür. Tez kapsamında veri temini için bütçe ayrılmadığından, ücretsiz olarak paylaşılan en sağlıklı verilere ulaşılmaya çalışılmıştır.

İnternet veri tabanları incelenmiş ve bazı meteorolojik veri setlerine ulaşılmıştır. Bu veri setlerinin genel zaafı, eski tarihli oluşları, verilerde kopukluklar olması ve verilerin dağınık olmasıdır. Ayrıca, eski tarihli verilerin eski tip ve/ya hassasiyeti düşük olan ölçüm ekipmanları ile ölçüldüğü durumu da göz önüne alınmıştır. Ayrıca bazı veri setleri, uydu görüntülerinden işlenerek elde edilmiştir. Görüntülerin işlenmesi ile elde edilen değerlerin, ölçülen değerler kadar hassas olamayacağı bilinmektedir. Bu tarz veri setlerine, ABD ulusal çevre gözlemleri yapan NOAA'nın (National Centers for Environmental Information) sitesinde rastlanmıştır.

Kanada hükümeti de bazı veri setlerini paylaşmaktadır. Bu veri setlerinin de dağınık olduğunun tespiti yapılmıştır. Örneğin, en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri istasyonlar için toplu halde bulunurken, başka bir veri setinde ise güneş ışıınımı verileri bulunmaktadır. Bazı verilere ise ulaşılamamıştır. Mevcut verilerin düzeninin, istasyon veya zaman bazında tutmadığı düşünülmüştür. Her bir sıcaklık, nem, radyasyon değerini tek tek satır satır elle eşleştirmek gerekmekte, bu da sayfalarca verinin taranarak her verinin tek tek bulunmasını gerektirmektedir.

İngiltere'nin meteorolojik verileri için kullanıma açık CEDA veri tabanı bulunmaktadır, burada belli aralıklarla İngiliz Meteoroloji Ofisi'nin veri setleri yayınlanmaktadır. Tez kapsamında kullanılması düşünülen bazı meteorolojik parametrelere bu sistem üzerinden ücretsiz olarak ulaşılamamıştır.

Brezilya'nın meteoroloji kurumu INMET, otomatik istasyonlardan elde ettiği verileri halka açık olarak paylaşmaktadır. Veriler geçmişe yönelik sadece son bir yıl için ücretsiz olarak paylaşılmaktadır. Bir yıllık zaman diliminin günlük güneş ışıınımını modellemek için kısıtlı bir zaman olduğu düşünülmekte ve bu zaman diliminin bölgesel meteorolojik eğilimleri tam olarak yansıtamayacağı kanaati oluşmuştur.

Avustralya Meteoroloji Bürosu tarafından, günlük meteoroloji verilerinin bazıları internet sitesi üzerinden ücretsiz olarak paylaşılmaktadır. Tez kapsamında incelenen bazı parametrelerin ücretsiz olarak kullanıma açılmadığı görülmektedir.

Finlandiya'nın meteoroloji servisi Ilmatieteen Laitos'un internet sitesinde temel meteoroloji verilerini ücretsiz olarak paylaştığı görülmektedir. Fakat tez kapsamında kullanılan verilere ücretsiz olarak ulaşılamamıştır.

Tayvan, Singapur ve Hong Kong'un da resmi meteoroloji verileri incelenmiştir. Tez kapsamında incelenen parametrelerin bazılarının ücretsiz olarak paylaşılan veri setinde bulunmadığı tespit edilmiştir.

Ücretsiz olarak ulaşılabilen verilerde karşılaşılan temel sorunlar, verilerin dağınık olması, saat, gün olarak birbirleri ile eşleşmemesi veya verilerin sadece saatlik, günlük zaman dilimlerinden birisi için var olmasıdır. Ücretsiz veriler için, Yeni Zelanda'nın ulusal iklim veritabanında da bu tip bir sorunla karşılaşılmıştır.

ABD'nin Kuzey Dakota eyaletinde NDAWN isimli tarımsal iklim ağı bulunmaktadır. Bu ağa kayıtlı 90 civarında meteoroloji istasyonu bulunmaktadır. Tarım için önem teşkil eden meteorolojik verilerin ölçümü bu istasyonlarda gerçekleştirilmektedir. İlgili sistemden ücretsiz olarak alınan veriler kullanılarak tez kapsamında uygulamalar yapılmıştır.

İrlanda'nın meteoroloji servisi MET Eireann ölçtüğü meteorolojik verilerin bir kısmını ücretsiz olarak paylaşmaktadır. Bu veriler incelendiğinde, her bir meteoroloji istasyonu için farklı parametrelerin paylaşıldığı görülmüştür. Güneşlenme rasadının da içinde bulunduğu ve en çok parametrenin ölçüldüğü Dublin havaalanı istasyonundan veriler alınmış, günlük maksimum ve minimum bağıl nem değerleri saatlik ölçülen verilerden elde edilmiştir.

Şu ana kadar yapılan incelemelerde, meteorolojik verilerin ücretsiz olarak düzenli bir şekilde elde edilebileceği en geniş kapsamlı meteoroloji servisinin Hollanda'da olduğu görülmüştür. Hollanda Kraliyet Meteoroloji Enstitüsü, ölçtüğü tüm meteorolojik verileri ücretsiz olarak ölçüm yaptığı istasyonlar için sunmaktadır. Hollanda'nın büyük yerleşim yerlerinde ölçülen veriler tez kapsamında kullanılmıştır. Bu verilerde herhangi bir kopukluğa rastlanmamış, verilerin sürekliliğe sahip olduğu görülmüştür.

Türkiye'de ise kamu kurumları ve üniversiteler araştırma amaçlı olarak Devlet Meteoroloji İşleri'nden meteoroloji verilerine ücretsiz olarak ulaşabilmektedir. Bunun dışındaki kullanımlarda ise meteoroloji verilerinin temini ücretlidir. Tez kapsamında Türkiye için kullanılacak meteoroloji verileri DMİ'nin veri tabanından alınmıştır. Bazı veri setlerinde kopukluklara rastlanmıştır ve bu kopuklukların olası arızalardan, ölçüm cihazlarının kalibrasyon işlemleri dolayısıyla yerlerinden sökülmesinden, kalibrasyon

laboratuvarında geçen süre boyunca cihazların ölçüm yapamamasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Bir ölçüm cihazının uluslararası ölçüm birimi sistemine dayanarak ölçüm yapabilmesi için o cihazın yaptığı ölçümün izlenebilir olması gerekmektedir. Sekonder seviye kullanımlarda izlenebilirliğin sağlanması, ölçüm cihazının kalibrasyonu ile mümkündür. Kalibrasyonu yapılmamış veya kalibrasyon süresi geçmiş bir ölçüm cihazının kullanımı sonucu ortaya çıkan değerlerin doğruluğu, ölçüm sonucunun kapsadığı aralığı ifade eden ölçüm belirsizliği ve hata eğilimleri bilinemeyeceğinden, bu ölçüm sonuçlarının kullanılmasının sağlıklı olması beklenmemektedir. DMİ kalibrasyon laboratuvarının 2008’de kurulduğu hesaba katılarak, verilerin daha güvenilir ve doğru olacağı düşüncesinden dolayı, 2009 yılı sonrası ölçülen veriler tez kapsamında kullanılmıştır.

2.2 Tahmin Modellerinin Geliştirilmesi

Bu bölümde tahmin modellerinin geliştirilmesi üzerine çalışılmıştır. Geliştirilen modeller Türkiye için uygulanmış ve Türkiye coğrafyası için kalibre edilmiştir. Kıyaslamak amacıyla literatürde öne çıkan modeller meteoroloji verileri yardımıyla bölgelere uygulanmıştır.

2.2.1 Regresyon Yöntemi ile Modeller Oluşturulması

Bu bölümde yer yüzeyine düşen günlük toplam güneş ışınımının regresyon denklemleri ile ifade edilip edilemeyeceği incelenmiştir.

Öncelikle, DMİ’den Ankara’ya ait yer yüzeyine düşen günlük toplam güneş ışınımı, günlük maksimum ve minimum sıcaklık verileri alınarak, MATLAB, Minitab 17 Statistical Software ve Microsoft Excel yazılımları yardımıyla, literatürde öne çıkan Chen, Bristow-Campbell, Hargreaves ve Allen modelleri Ankara’ya ait deneysel katsayılar çıkartılarak kalibre edilmiştir. İlgili modellerin hata sonuçları, regresyon denklemleri ile kıyaslanması amacıyla kullanılacaktır.

Ankara için Hargreaves, Chen, Bristow-Campbell ve Allen Modeli’ne ait deneysel katsayılar Çizelge 2.1’de görülmektedir.

Çizelge 2. 1 Ankara için Hargreaves, Allen, Bristow-Campbell ve Chen modelinin katsayıları

	“a” katsayısı	“b” katsayısı	“c” katsayısı
Hargreaves	0,2055	-0,1734	-
Allen	0,1524	-	-
Bristow-Campbell	0,734	0,041	1,44
Chen	0,307	-0,2138	-

Ankara’ya literatürde yer alan modellerin uygulanmasıyla elde edilen hata sonuçları Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2. 2 Hargreaves, Chen, Bristow Campbell ve Allen modellerinin Ankara için hata analizi

	Aylık MPE				Tüm model için				
	Hargreaves	Allen	Bristow-Campbell	Chen		Hargreaves	Allen	Bristow-Campbell	Chen
Ocak	-38.06	-40,41	-8,30	-8,10	MBE	-0,09	-0,34	0,12	-0,11
Şubat	-20.83	-27,08	-12,16	-13,71	RMSE	3,03	3,20	3,01	3,06
Mart	-14.05	-19,62	-11,38	-12,75	MPE	-8,44	-12,49	-7,14	-6,55
Nisan	-11.31	-8,74	-8,69	-8,71	NSE	0,87	0,86	0,87	0,87
Mayıs	-8.36	-10,75	-13,88	-12,90					
Haziran	-14.34	-6,17	-10,90	-9,18					
Temmuz	-17.63	5,09	-1,61	1,02					
Ağustos	-15.35	6,61	-0,04	2,59					
Eylül	-12.45	5,65	1,02	2,77					
Ekim	-41.35	-9,95	-5,97	-4,05					
Kasım	-31.56	-16,04	-8,81	-8,64					
Aralık	-41.49	-23,19	-1,95	-3,52					

Hargreaves modeline MPE, MBE, RMSE hata analizleri uygulanmış ve NSE değeri hesaplanmıştır. NSE değeri 0,88 çıkmıştır, bu değerin literatür çalışması sonucunda tatmin edici olduğu düşünülmektedir. Ayrıca; aylık olarak MPE değerleri de her bir ay için tabloda verilmiştir. Tüm model için ortalama MPE değeri -8,44% çıkmış ve bu değerin literatürle kıyaslandığında kabul edilebilir olduğu görülmektedir. Aylık MPE değerlerinde, bazı aylarda çıkan yüksek hatalar dikkat çekmektedir. Örneğin; Ocak ve Şubat ayları daha yüksek hatalara sahiptir. En düşük MPE değerleri ise Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında görülmektedir. Modelin yaz ayları için Ankara’da iyi çalıştığı söylenebilmekle birlikte, kış ayları için elde edilen hata sonuçları daha yüksek görünmektedir. Allen modeli için Ocak, Şubat, Mart, Kasım ve Aralık aylarında hesaplanan değerler ve ölçülen değerler arasında yüksek sapmalar olduğu görülmektedir. Bunun dışında RMSE değerinin Hargreaves modelinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Modelin sistematik hatası da Hargreaves modelinden yüksektir. Toplam yüzdesel sapma da Hargreaves modelinden yüksektir. Aylık MPE değerlerinden

Hargreaves modelinin daha kullanışlı olduğu anlaşılmaktadır. Allen modelinde, aylık MPE değerlerinin yüksek çıktığı görülmektedir. Bristow-Campbell modelinde, bazı aylar için MPE değerleri yüksek çıkmıştır. Fakat değerler genel olarak kabul edilebilir görülmektedir. Sistemik hata ve RMSE değerleri Hargreaves modeline benzer eğilim göstermektedir. Tüm modelin MPE analizine bakıldığında Bristow-Campbell modeli, bu uygulama için literatürde incelenen modeller içinde en düşük hata oranına sahiptir. Chen modeli için MBE, MPE, RMSE ve NSE hata analizleri yapılmıştır. Hata analizleri sonuçları, Allen modeli hariç diğer modellere benzer görülmektedir. Toplam MPE analizlerinde kabul edilebilir sonuçlar görünse de, bazı modellerin kış aylarında yüksek sapmalar vermiştir.

Microsoft Excel, MATLAB, Wolfram Mathematica 10 ve Minitab 17 Statistical Software yazılımları yardımıyla üç adet regresyon denklemi çıkartılmıştır. Regresyon analizlerinde; bağıl nem, maksimum hava sıcaklığı ve minimum hava sıcaklığı değişkenleri kullanılmıştır. İlgili regresyon denklemleri Eşitlik 2.1, Eşitlik 2.2 ve Eşitlik 2.3'te verilmiştir. Eşitlik 2.1 "Reg. 1", Eşitlik 2.2 "Reg. 2", Eşitlik 2.3 ise "Reg. 3" olarak anılacaktır. Matematiksel ifadelerdeki "a", "b", "c", "d" ve "e", modellerin uygulama alanlarına göre elde edilen katsayılardır.

$$\frac{H}{H_0} = a \left(\frac{RH}{100} \right) + b(T_{max} - T_{min})^{0,5} + c(T_{max} - T_{min}) + d \left(\frac{RH}{100} \right) (T_{max} - T_{min})^{0,5} + e \quad (2.1)$$

$$\frac{H}{H_0} = a. \ln(RH) + b(T_{max} - T_{min})^{0,5} + c(T_{max} - T_{min}) + d(T_{max} - T_{min})^{0,5}. \ln(RH) + e \quad (2.2)$$

$$\frac{H}{H_0} = a. \ln \left(\frac{RH}{100} \right) + b(T_{max} - T_{min})^{0,5} + c(T_{max} - T_{min}) + d(T_{max} - T_{min})^{0,5}. \ln \left(\frac{RH}{100} \right) + e \quad (2.3)$$

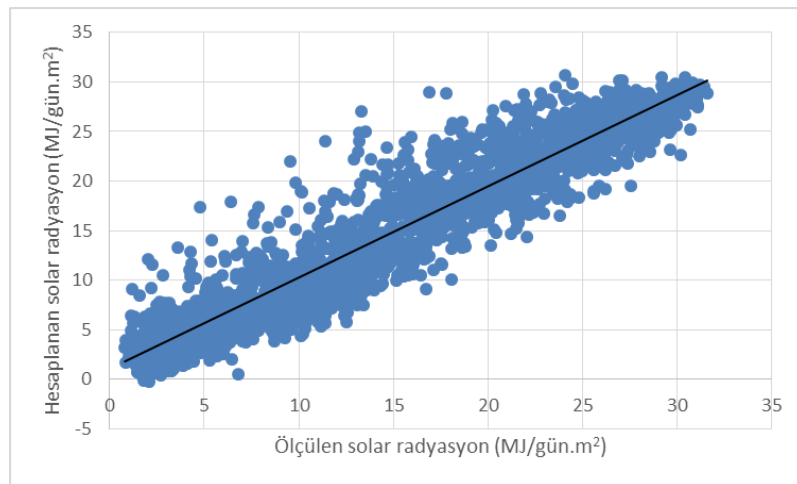
Çizelge 2. 3 Regresyon denklemleri için katsayılar

#	"a" katsayısı	"b" katsayısı	"c" katsayısı	"d" katsayısı	"e" katsayısı
Reg. 1 (Eş. 2.1)	-0,9253	-0,0392	0,011	0,1993	0,6839
Reg. 2 (Eş. 2.2)	-0,7137	-0,6613	0,020	0,1689	3,1114
Reg. 3 (Eş. 2.3)	-0,5922	0,1255	0,01508	0,1442	-0,116

Bu denklemler için Ankara Meteoroloji İstasyonu'na ait 2009 yılı itibari ile alınan veriler kullanılarak, MATLAB yardımıyla katsayılar çıkartılmıştır. Bu modellere ait katsayılar Çizelge 2.3'te görülmektedir. Bu katsayılar kullanılarak, denklemler için her bir güne ait sonuçlar hesaplanmış ve hesaplanan değerler ile ölçülen değerler arasındaki uyumu görmek amacıyla MPE, RMSE, MBE ve NSE hata analizleri yapılmıştır. Hesaplanan değerler ve istasyon tarafından ölçülen değerler arasındaki sapmaların, literatürdeki maksimum ve minimum hava sıcaklıkları kullanan modellere göre daha düşük çıktığı görülmüştür. Hata analizleri Çizelge 2.4'te görülmektedir. Reg. 1. için, aylık MPE değerlerinin kabul edilebilir olduğu görünmektedir. Aylık yüzdesel sapmaların, literatürdeki modellerin sapmalarının yanında düşük kalmaktadır. Reg. 1 vasıtası ile hesaplanan değerler ve ölçülen değerler arasındaki korelasyon Şekil 2.1'de görülmektedir.

Çizelge 2. 4 Reg. 1, Reg. 2 ve Reg. 3 için hata analizi (Ankara)

		Aylık MPE			Tüm model için			
		Reg. 1	Reg. 2	Reg. 3		Reg. 1	Reg. 2	Reg. 3
Aylar	Ocak	-1,21	-3,11	-1,020	MBE	-0,19	-0,17	-0,165
	Şubat	-10,62	-11,17	-9,318	RMSE	2,89	2,89	3,01
	Mart	-10,14	-10,43	-10,627	MPE	-4,48	-4,92	-7,34
	Nisan	-8,34	-8,33	-11,588	NSE	0,88	0,88	0,88
	Mayıs	-10,14	-10,19	-9,579				
	Haziran	-6,97	-6,98	-9,854				
	Temmuz	-1,04	-1,14	-3,332				
	Ağustos	0,50	0,55	0,524				
	Eylül	0,51	0,58	-1,285				
	Ekim	-2,45	-2,97	-8,030				
	Kasım	-4,89	-5,51	-13,462				
	Aralık	4,61	3,25	-11,464				

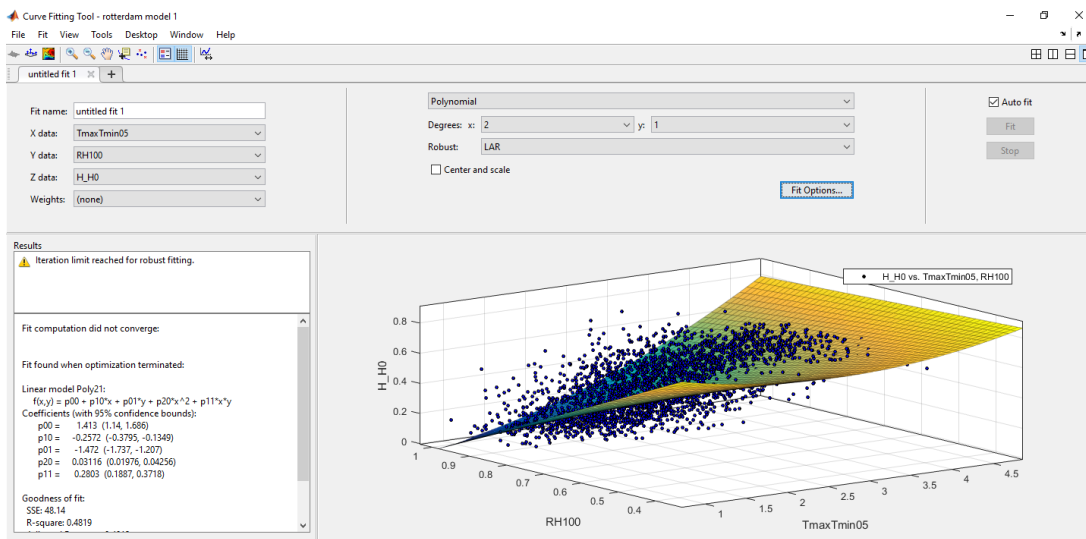


Şekil 2. 1 Ankara için Reg. 1'e ait hesaplanan ve ölçülen değerler arasındaki ilişki

Reg. 3 için MBE, RMSE ve MPE değerleri Reg. 1 ve Reg. 2'ye kıyasla daha yüksek çıkmıştır. Buraya kadar yapılan incelemelerde yeryüzüne düşen günlük toplam güneş ışınlamı değerinin regresyon denklemleri ile tahmin edilebileceği görülmektedir. Çıkarılan üç adet regresyon denkleminin Ankara için hata analizleri yapılmıştır ve sonuçların literatürdeki modellere göre daha tatmin edici olduğu görülmüştür.

Ankara'da yapılan uygulamada, Hargreaves modelinin yüzdesel sapma ve sistematik hatalar yönünden literatürdeki diğer modellere göre tatmin edici olduğu görülmüştür. Yapılan uygulamada, Allen modeli ve Bristow-Campbell modelinde sistematik hatanın diğer modellere göre daha yüksek çıktığı görülmüştür. Türetilen regresyon denklemlerinde; Reg. 1 ve Reg. 2 sistematik hatalar yönünden Reg. 3'e göre daha tatmin edici sonuçlar vermiştir. Aynı zamanda Reg. 1 MPE değerleri açısından da daha düşük hatalara sahiptir. Oluşturulan bu regresyon denklemlerinin, yer yüzeyine düşen günlük toplam güneş ışınlamı verilerinin tahmininde, literatürde mevcut olan diğer dört modelden daha düşük hatalar verdiği görülmüştür. Regresyon denklemlerinin, güneş enerjisi tahmini için kullanışlı araçlar olduğu sonucu çıkmaktadır. Bu örnekte regresyon denklemleri içerisinde birinci ve ikinci denklemin daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Tezin devamında, Reg. 1 ve Reg. 2 denklemleri kullanılmıştır.

Bu bölümde, regresyon denklemlerinin performanslarının daha iyi anlaşılması açısından Hollanda'da da Eindhoven, Groningen, Maastricht, Rotterdam, Twente şehirleri için uygulamalar yapılmıştır.



Şekil 2. 2 Reg. 1'in Rotterdam için Matlab aracılığı ile uygulanması

Rotterdam için MATLAB üzerinde yapılan çalışmaya ait ekran görüntüsü Şekil 2.2’de görülmektedir. Parametreler programa H/H_0 , $(T_{\min}-T_{\max})^{0,5}$ ve $RH/100$ şeklinde, z, x ve y değişkenleri olarak girilmiştir. Verilen ekran görüntüsü, bu değişkenler arasındaki ilişkiyi tanımlamaktadır. İşlenen regresyon denklemine ait katsayılar Rotterdam şehri için ilgili şeklin sol tarafında görülmektedir.

Hollanda’nın Eindhoven, Rotterdam, Groningen, Maastricht ve Twente şehirlerine ait meteorolojik veriler 2008 ile 2016 yılının ilk yarısı arasında kalan tarihler için Hollanda Meteoroloji Enstitüsü’nden alınmıştır. Bahsedilen meteoroloji istasyonlarının coğrafi bilgileri Çizelge 2.5’te verilmiştir. Hargreaves, Allen, Bristow-Campbell ve Chen modellerinin Hollanda şehirlerine uygulanması için tez kapsamında çıkartılan katsayılar Çizelge 2.6’da görülmektedir.

Çizelge 2. 5 Hollanda meteoroloji istasyonları coğrafi bilgileri

İstasyon	Enlem	Boylam	Yükseklik
Eindhoven	51,451°	5,377°	22,6 m
Groningen	53,125°	6,585°	5,2 m
Rotterdam	51,962°	4,447°	-4,3 m
Maastricht	50,906°	5,762°	114,3 m
Twente	52,274°	6,891°	34,8 m

Çizelge 2. 6 Hollanda için literatürdeki modellerin katsayıları

#	İstasyon	“a” katsayısı	“b” katsayısı	“c” katsayısı
<i>Hargreaves</i>	Eindhoven	0,1777	-0,1336	-
	Groningen	0,1716	-0,1004	-
	Maastricht	0,1983	-0,1739	-
	Rotterdam	0,1814	-0,1045	-
	Twente	0,1609	-0,09308	-
<i>Allen</i>	Eindhoven	0,1291	-	-
	Groningen	0,1335	-	-
	Maastricht	0,1317	-	-
	Rotterdam	0,1403	-	-
	Twente	0,1266	-	-
<i>Bristow-Campbell</i>	Eindhoven	1,260	0,9157	0,050
	Groningen	1,644	0,7726	0,053
	Maastricht	0,975	1,0940	0,051
	Rotterdam	0,833	1,0690	0,075
	Twente	2,523	0,7001	0,036
<i>Chen</i>	Eindhoven	0,2337	-0,1014	-
	Groningen	0,2168	-0,0521	-
	Maastricht	0,2695	-0,1525	-
	Rotterdam	0,2244	-0,0464	-
	Twente	0,2083	-0,0539	-

Çizelge 2. 7 Hollanda için literatürdeki modellerin hata analizleri

		Aylık MPE				Modelin tamamı için				
		Hargreaves	Allen	Bristow Campbell	Chen		Hargreaves	Allen	Bristow Campbell	Chen
Eindhoven	Ocak	-23,704	-36,444	-17,552	-21,837	MBE	0,21	-0.24	0.12	0.17
	Şubat	-21,700	-30,261	-16,621	-20,914	RMSE	2,89	3.11	2.85	2.98
	Mart	-12,285	-13,986	-10,278	-14,049	MPE	-17,06	-19.20	-13.86	-16.83
	Nisan	-8,681	-3,287	-7,904	-8,623	NSE	0,86	0.84	0.86	0.85
	Mayıs	-14,863	-12,722	-13,163	-14,085					
	Haziran	-13,962	-8,941	-12,926	-14,082					
	Temmuz	-12,756	-10,254	-12,312	-13,721					
	Ağustos	-12,048	-8,647	-11,762	-13,726					
	Eylül	-15,123	-11,853	-13,168	-16,830					
	Ekim	-14,361	-16,067	-10,953	-15,798					
	Kasım	-27,165	-38,415	-21,150	-26,121					
	Aralık	-25,968	-40,400	-19,429	-23,303					
Groningen	Ocak	-34,742	-45,674	-32,0205	-32,959	MBE	0,35	-0.23	0.11	0.09
	Şubat	-18,449	-25,194	-16,228	-18,642	RMSE	3,07	3.21	3.05	3.15
	Mart	-13,620	-14,749	-12,427	-13,912	MPE	-18,89	-20.46	-17.65	-18.87
	Nisan	-8,559	-4,751	-8,362	-8,518	NSE	0,84	0.83	0.85	0.84
	Mayıs	-14,581	-11,963	-14,272	-13,705					
	Haziran	-15,865	-11,910	-15,520	-16,450					
	Temmuz	-11,197	-8,204	-10,861	-11,113					
	Ağustos	-13,164	-9,629	-12,845	-13,522					
	Eylül	-17,897	-15,218	-17,167	-19,326					
	Ekim	-25,430	-27,360	-23,721	-27,241					
	Kasım	-28,266	-37,143	-25,838	-27,246					
	Aralık	-25,459	-34,041	-23,074	-24,593					
Maastricht	Ocak	-26,767	-45,347	-20,244	-20,563	MBE	0,22	-0.38	0.24	0.37
	Şubat	-22,254	-36,250	-17,202	-17,567	RMSE	2,94	3.29	2.91	3.05
	Mart	-15,592	-17,914	-12,745	-16,768	MPE	-20,46	-24.22	-17.65	-20.01
	Nisan	-11,914	-6,889	-12,227	-12,301	NSE	0,86	0.82	0.86	0.85
	Mayıs	-16,599	-13,008	-16,204	-17,037					
	Haziran	-17,894	-11,612	-17,867	-20,378					
	Temmuz	-15,036	-10,268	-14,500	-17,256					
	Ağustos	-13,171	-7,599	-13,061	-15,340					
	Eylül	-14,800	-11,910	-13,336	-18,403					
	Ekim	-20,179	-22,050	-17,095	-23,050					
	Kasım	-27,354	-42,285	-21,225	-23,829					
	Aralık	-45,167	-66,486	-37,184	-39,248					
Rotterdam	Ocak	-32,303	-41,692	-23,510	-30,659	MBE	-0,01	-0.34	0.09	-0.03
	Şubat	-29,201	-35,084	23,125	-29,140	RMSE	3,19	3.34	3.17	3.22
	Mart	-13,401	-13,571	-11,610	-14,228	MPE	-19,78	-21.32	-17.02	-19.65
	Nisan	-7,483	-3,626	-8,831	-7,401	NSE	0,84	0.82	0.84	0.83
	Mayıs	-13,943	-12,121	-13,676	-13,046					
	Haziran	-11,204	-8,053	-11,797	-11,287					
	Temmuz	-10,658	-8,785	-10,555	-10,569					
	Ağustos	-10,848	-8,523	-11,245	-11,742					
	Eylül	-15,424	-13,645	-15,239	-16,618					
	Ekim	-25,473	-27,340	-22,519	-26,414					
	Kasım	-34,461	-41,934	-27,176	-33,475					
	Aralık	-34,136	-42,664	-26,169	-32,638					
Twente	Ocak	-25,681	-37,525	-37,525	-23,901	MBE	0,22	-0.17	-0.17	0.18
	Şubat	-22,185	-29,122	-29,122	-23,060	RMSE	3,06	3.18	3.18	3.17
	Mart	-12,945	-14,001	-14,001	-13,966	MPE	-18,32	-19.99	-19.99	-18.31
	Nisan	-10,124	-5,542	-5,543	-10,164	NSE	0,84	0.83	0.83	0.83
	Mayıs	-18,467	-14,504	-14,505	-18,233					
	Haziran	-15,587	-10,647	-10,647	-15,642					
	Temmuz	-14,841	-11,175	-11,175	-14,539					
	Ağustos	-15,441	-12,255	-12,255	-16,079					
	Eylül	-16,108	-13,571	-13,571	-17,899					
	Ekim	-18,629	-20,498	-20,498	-20,544					
	Kasım	-24,909	-34,708	-34,708	-22,554					
	Aralık	-25,613	-37,001	-37,000	-23,844					

Katsayılar kullanılarak, modellere MPE, MBE, RMSE hata analizleri uygulanmış ve NSE değeri hesaplanmıştır. Bu değerler Çizelge 2.7’de görülmektedir. Her ay için ayrı ayrı MPE değerleri belirtilmiştir. Genel olarak NSE değerleri iyi uyum sergilemektedir. Hargreaves modelinde ortalama MPE değerleri 20% civarında seyrederken, aylık MPE değerlerinde, özellikle kış ayları için hatalarda artışlar göze çarpmaktadır. En düşük hataların Nisan ayında olduğu görülmektedir. Allen modelinde aylık MPE değerlerinin bazılarının Hargreaves modelinden yüksek çıktığı görülmektedir. Özellikle Kasım ve Aralık aylarında gözlenen değerler ile hesaplanan değerler arasındaki farkın yüksek olduğu görülmektedir. Bristow-Campbell modelinde de kış ayları için aylık hataların daha yüksek olduğu görülmektedir.

Hollanda şehirleri için literatürdeki modellerin uygulanmasında sistematik hataları veren MBE ve RMSE değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmüştür. MBE açısından Bristow-Campbell modelinin bir miktar daha iyi olduğu söylenebilir. Yüzdelik hatayı veren toplam MPE değerleri için ise modellerin birbirine benzer eğilim gösterdiği ifade edilebilir, değerler genellikle -15% ile -20% aralığında seyretmektedir. En iyi değer Eindhoven şehrindeki Bristow-Campbell uygulamasında (-13.86%), en kötü değer ise Allen modelinin Maastricht uygulamasında (-24.22%) görülmektedir. Aylık MPE analizlerinde Allen modelinin en yüksek değerleri verdiği görülmektedir. Bristow-Campbell diğer modellere göre aylık olarak daha iyi denilebilecek bir performans sergilemiştir. Kış aylarında, bulutlu havalardan kaynaklı olarak model performanslarının etkilendiği ve hataların arttığı yorumu çıkmaktadır.

Önceki kısımlarda 1 no’lu regresyon denkleminin (Eş. 2.1) doğruluk açısından diğer regresyon denklemlerinden daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Hollanda şehirleri için 1 no’lu regresyon denklemi uygulanmıştır. Bu denkleme ait katsayılar Çizelge 2.8’de görülmektedir.

Çizelge 2. 8 Hollanda için Reg 1 denklemine ait katsayılar

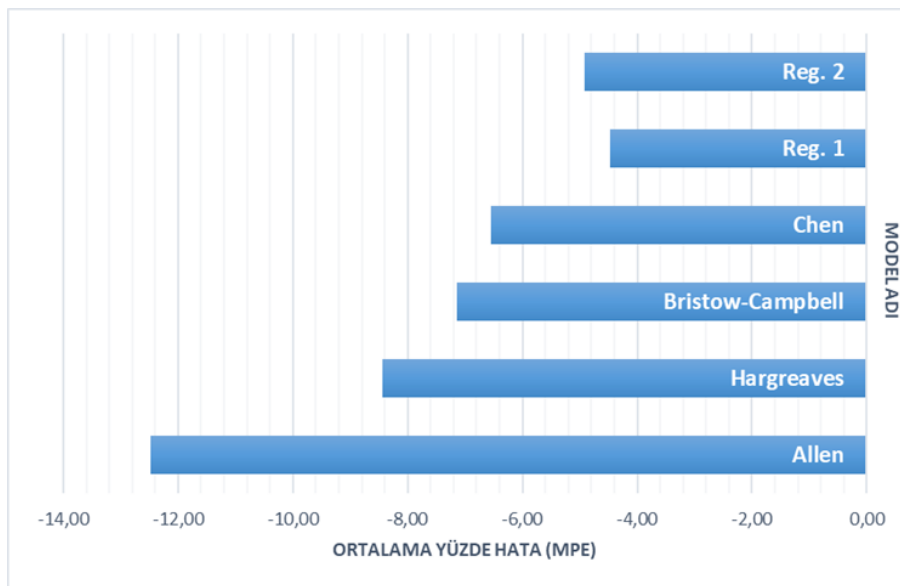
İstasyon	“a” katsayısı	“b” katsayısı	“c” katsayısı	“d” katsayısı	“e” katsayısı
Eindhoven	-1,224	-0,1198	0,01446	0,2098	1,091
Groningen	-1,435	-0,156	0,01554	0,2321	1,343
Maastricht	-1,433	-0,2583	0,03107	0,2874	1,348
Rotterdam	-1,472	-0,2572	0,03116	0,2803	1,413
Twente	-1,256	-0,1483	0,02002	0,1801	1,216

Hollanda’da yapılan regresyon uygulamasına ilişkin hata analizleri Çizelge 2.9’da görülmektedir. Hata değerleri literatürdeki modellerden daha tatmin edici görülmektedir. Bazı aylarda hata değerleri diğer aylara göre daha yüksek çıkmıştır. Hollanda’ya yapılan uygulamanın da ardından, regresyon denklemleri ile güneş enerjisinin iyi bir şekilde ifade edilebildiği görülmektedir.

Çizelge 2. 9 Hollanda için Reg 1 denkleminin hata analizleri

Aylık MPE						Tüm model için					
	Eindhoven	Groningen	Maastricht	Rotterdam	Twente		Eindhoven	Groningen	Maastricht	Rotterdam	Twente
Ocak	-8,83	-15,92	-11,98	-12,75	-10,43	MBE	0,21	0,19	0,20	-0,10	0,21
Şubat	-13,65	-8,47	-12,89	-13,13	-10,97	RMSE	2,50	2,69	2,56	2,80	2,55
Mart	-12,55	-12,08	-15,77	-9,34	-11,13	MPE	-9,94	-11,41	-12,49	-10,45	-9,99
Nisan	-11,34	-10,68	-13,43	-5,67	-12,21	NSE	0,89	0,88	0,89	0,87	0,89
Mayıs	-15,82	-18,44	-15,52	-12,67	-19,08						
Haziran	-14,65	-19,13	-15,28	-11,26	-15,37						
Temmuz	-11,13	-10,08	-11,85	-10,05	-11,85						
Ağustos	-7,65	-7,77	-9,86	-7,87	-7,43						
Eylül	-4,62	-8,91	-5,21	-6,42	-2,29						
Ekim	-1,34	-9,19	-6,25	-8,10	0,47						
Kasım	-9,76	-6,44	-11,45	-11,57	-7,17						
Aralık	-6,66	-8,36	-19,43	-16,45	-10,61						

Yer yüzeyine düşen günlük toplam güneş ışıınımı değerleri Minitab ve MATLAB yazılımları kullanılarak maksimum, minimum sıcaklık ve bağıl neme göre regresyon yöntemi ile modellenmiştir. Bu modeller örnek istasyonlar üzerinde denenmiş ve hata analizleri yapılarak literatürde mevcut diğer sıcaklık tabanlı tahmin modelleri ile kıyaslanmıştır. Ankara için ortalama yüzdesel sapmalara ait kıyaslamalar Şekil 2.3’te görülmektedir. Yüzdesel sapmalar açısından, regresyon denklemleri güneş ışıınımını literatürde bahsi geçen modellere göre daha yüksek doğrulukla ifade etmiştir.



Şekil 2. 3 Regresyon denklemlerinin kıyaslanması

2.2.2 MATLAB Aracılığıyla Modeller Oluşturulması

Bu bölümde, MATLAB yazılımı kullanılarak, literatürdeki matematiksel ilişkiler baz alınarak, dünya yüzeyine düşen günlük toplam güneş enerjisinin modellenmesi yapılmıştır.

İlgili matematiksel ilişkiler kurulurken, bağıl nem ve sıcaklık parametreleri göz önünde bulundurulmuştur. Duyulur ısı, sıcaklık varyasyonlarının bir cevabıdır. Dolayısıyla; güneş ışıınımı ile en yüksek ve en düşük sıcaklıklar arasında ilişkiler kurulabilmektedir [37]. Sıcaklığa bağlı tahmin modellerinden bazıları, maksimum ve minimum sıcaklıklar arasındaki farkları kullanarak atmosfer geçirgenliğinin tahmini üzerinden hareket ederler. Bu modeller, geçirgenlik azaldıkça maksimum sıcaklıkların azaldığı, minimum sıcaklıkların ise bulutların yayıcılığının artmasıyla arttığı temeliyle çalışır. Bulutsuz havalarda, yüksek kısa dalga radyasyonu ile maksimum sıcaklıklar artmakta, minimum sıcaklıklar ise yüksek yayıcılıktan dolayı düşmektedir [31]. Literatürde maksimum ve minimum sıcaklıklara bağlı tahmin modelleri bulunmaktadır. Bu modeller genellikle maksimum ve minimum sıcaklıklar arasındaki farkları kullanarak matematiksel ilişki kurmaktadır [24]. Atmosferin geçirgenliği, ışıınının zayıflama prosesleri ile ilişkilidir. Kısa dalga radyasyonunun atmosferden geçirgenliği, gazların, aerosollerin ve bulutların optik özellikleri ile bağlantılıdır [1]. Atmosfer geçirgenliği ile bağıl nem arasında ilişkiler kuran bazı uygulamalar literatürde mevcuttur [7, 78, 79]. Kısa dalga ışıınının atmosferden geçirgenliği, gazların, aerosollerin ve bulutların optik özelliklerine bağlıdır [78]. Bağıl nem, atmosferde bulunan aerosollerin boyutlarını ve optik özelliklerini etkileyen önemli bir interaktif parametredir. Su buharı etken bir soğurucudur [80].

İlk olarak, sıcaklık farklarının eksponansiyelleri kullanılarak, geçirgenlikle ilgili bir parametre olan bağıl nem ile birlikte güneş enerjisi ifade edilmeye çalışılmıştır. Bu matematiksel ifade Eşitlik 2.4'te görülmektedir. İlgili ifade, Bristow-Campbell (Eşitlik 1.35) modelinin bir modifikasyonu olup, ilgili ifade bağıl nem parametresinin etkisi de yansıtmaktadır.

İkincil olarak ise sıcaklık varyasyonlarının yanı sıra bağıl nem varyasyonlarını içeren bir model önerilmiştir. Yapılan denemelerde maksimum ve minimum bağıl nem değerlerinin oransal olarak modelde yer almasının da yüksek doğruluklu sonuçlar

verdiği görülmüştür. Elde edilen iki adet denklem Eşitlik 2.5 ve 2.6’da görülmektedir. Eşitlik 2.5’te doyma buhar basınçları da denklemde kullanılmıştır. Su buharı doyma basıncının bu model bünyesinde matematiksel kullanımı Eşitlik 2.7’de görülmektedir.

$$\frac{H}{H_0} = a \cdot [1 - \exp(-\Delta T^b)] + c \cdot RH \quad (2.4)$$

$$\frac{H}{H_0} = a \cdot [1 - \exp(\{e_s \cdot (T_{max} - T_{min})^{0.5}\}^b)] + c \cdot \frac{RH_{min}}{RH_{max}} \quad (2.5)$$

$$\frac{H}{H_0} = a \cdot [1 - \exp(\{T_{max} - T_{min}\}^{0.5b})] + c \cdot (T_{max} - T_{min})^{0.5} \cdot \frac{RH_{min}}{RH_{max}} + d \cdot (T_{max} - T_{min})^{0.5} \quad (2.6)$$

$$e_s = 0.6108 \cdot \left[\exp\left(\frac{17.27 \cdot T_{avg}}{T_{avg} + 237.3}\right) \right] \quad (T_{avg}: \text{Celcius}) \quad (2.7)$$

Bu bölümde, tez kapsamında elde modellerin performans değerlendirilmesi farklı meteoroloji istasyonlarından alınan veriler ile yapılmıştır.

Tez kapsamında elde edilen modeller kullanılarak yapılan denemeler, hem Türkiye hem de dünya çapındaki meteoroloji istasyonları için tatmin edici sonuçlar vermiştir. Bu sonuçlar ileriki bölümlerde paylaşılmıştır. MATLAB aracılığıyla geliştirilen modellerin performanslarının değerlendirilmesi amacıyla uygulamalar yapılmıştır.

Fikir vermesi açısından Hollanda için sonuçlar burada paylaşılacaktır. Daha önceki bölümlerde de Hollanda’ya ait sonuçlar paylaşılmıştır. Hollanda şehirlerine ait katsayılar Çizelge 2.10’da görülmektedir.

Çizelge 2. 10 Hollanda için sıcaklık ve bağıl neme bağlı model katsayıları

#	İstasyon	“a” katsayısı	“b” katsayısı	“c” katsayısı	“d” katsayısı
Eşitlik 2.4	Eindhoven	-0,3242	0,1198	-0,00599	-
	Groningen	-0,4326	0,0931	-0,007682	
	Maastricht	-0,350	0,1138	-0,00647	
	Rotterdam	-0,4068	0,1047	-0,007442	
	Twente	-0,3921	0,09542	-0,007086	
Eşitlik 2.5	Eindhoven	-0,5782	-0,01691	-0,9104	-
	Groningen	-0,6233	-0,01365	-0,9556	
	Maastricht	-0,5752	0,003312	-0,9478	
	Rotterdam	-0,6457	-0,009491	-1,026	
	Twente	-0,5729	-0,01314	-0,9082	
Eşitlik 2.6	Eindhoven	4,47•10 ⁻⁶	-2,000	0,130	0,202
	Groningen	0,001094	1,210	-0,2093	0,2899
	Maastricht	0,210	0,520	-0,1923	0,5897
	Rotterdam	0,00081	1,256	-0,2441	0,319
	Twente	0,006525	0,9105	-0,2017	0,2839

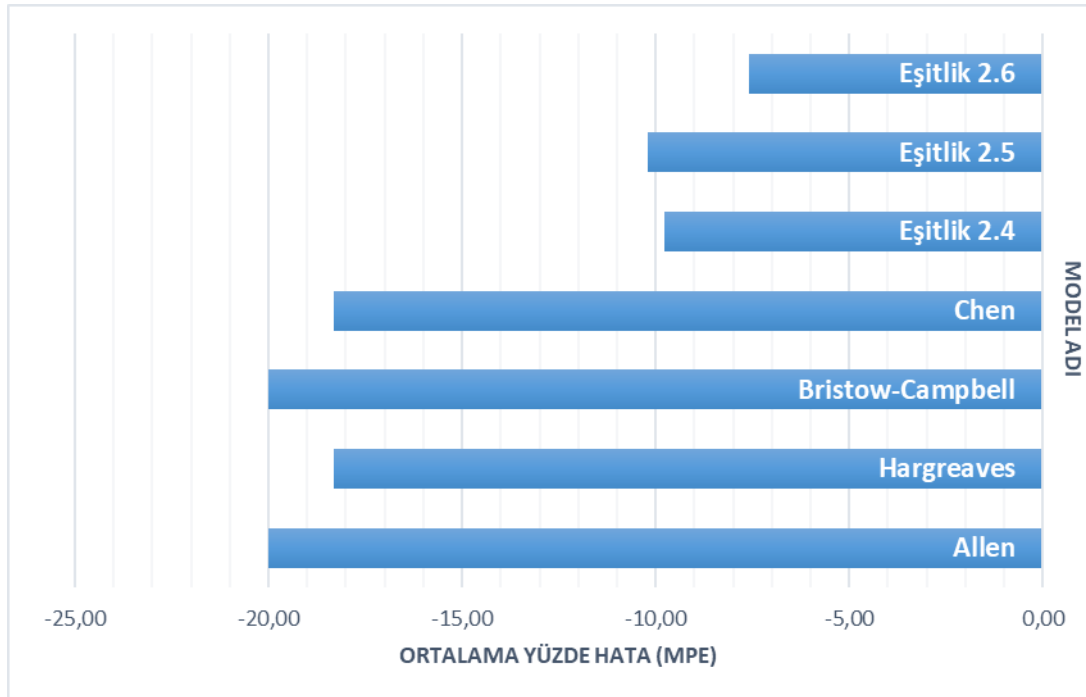
Çizelge 2. 11 Hollanda için sıcaklık ve bağıl neme bağlı model hata analizleri

İstasyon		Aylık MPE			Modelin tümü				
		Eşitlik 2.4	Eşitlik 2.5	Eşitlik 2.6		Eşitlik 2.4	Eşitlik 2.5	Eşitlik 2.6	
Eindhoven	Ocak	-9,163	-6,242	-0,433	MBE	0,23	0.12	-0.27	
	Şubat	-12,540	-15,225	-3,400	RMSE	2,52	2.67	2.56	
	Mart	-11,735	-19,983	-5,134	MPE	-10,20	-9.74	-4.23	
	Nisan	-11,690	-14,066	-6,359	NSE	0,89	0.88	0.89	
	Mayıs	-16,826	-17,411	-9,980					
	Haziran	-15,341	-12,688	-8,924					
	Temmuz	-12,053	-10,107	-7,627					
	Ağustos	-7,965	-5,326	-4,727					
	Eylül	-4,582	0,683	-1,414					
	Ekim	-1,563	2,193	3,127					
	Kasım	-10,257	-10,474	-4,589					
	Aralık	-7,570	-5,699	-0,796					
Groningen	Ocak	-17,355	-19,812	-11,472	MBE	0,22	0.15	-0.18	
	Şubat	-9,072	-14,571	-3,804	RMSE	2,72	2.83	2.74	
	Mart	-11,751	-19,692	-8,338	MPE	-12,06	-12.69	-7.95	
	Nisan	-11,224	-13,434	-7,985	NSE	0,88	0.87	0.88	
	Mayıs	-19,006	-18,554	-12,480					
	Haziran	-19,683	-16,147	-13,248					
	Temmuz	-10,637	-8,251	-7,276					
	Ağustos	-8,009	-4,920	-6,443					
	Eylül	-8,849	-4,650	-6,274					
	Ekim	-10,796	-9,728	-8,948					
	Kasım	-8,270	-11,528	-6,733					
	Aralık	-8,743	-8,266	-1,505					
Maastricht	Ocak	-13,557	-6,351	-3,049	MBE	0,26	0.17	-0.38	
	Şubat	-13,262	-13,523	-5,014	RMSE	2,60	2.89	2.65	
	Mart	-16,126	-22,315	-9,260	MPE	-13,71	-12.37	-6.44	
	Nisan	-14,107	-16,024	-8,168	NSE	0,89	0.86	0.88	
	Mayıs	-17,091	-18,371	-10,377					
	Haziran	-16,430	-15,796	-9,899					
	Temmuz	-13,351	-13,047	-6,925					
	Ağustos	-10,356	-12,796	-5,931					
	Eylül	-5,871	-4,380	-0,843					
	Ekim	-7,507	-2,746	-0,367					
	Kasım	-12,673	-8,681	-3,417					
	Aralık	-23,383	-12,587	-13,317					
Rotterdam	Ocak	-14,002	-19,495	-12,373	MBE	0,14	0.15	0.12	
	Şubat	-14,693	-16,008	-11,746	RMSE	2,83	3.03	2.87	
	Mart	-10,602	-11,886	-7,111	MPE	-12,47	-13.89	-11.65	
	Nisan	-7,933	-8,921	-8,512	NSE	0,87	0.85	0.87	
	Mayıs	-15,982	-18,672	-16,642					
	Haziran	-13,943	-13,896	-12,566					
	Temmuz	-12,864	-15,893	-13,827					
	Ağustos	-10,825	-10,229	-11,122					
	Eylül	-8,056	-6,183	-8,472					
	Ekim	-10,846	-9,107	-10,975					
	Kasım	-13,213	-15,741	-13,437					
	Aralık	-16,651	-19,986	-13,202					

Çizelge 2. 11 Hollanda için sıcaklık ve bağıl neme bağlı model hata analizleri (devamı)

Twente	Ocak	-8,949	-10,447	-2,942	MBE	0,20	0.12	0.10	
	Şubat	-10,570	-13,437	-5,158	RMSE	2,56	2.62	2.56	
	Mart	-10,558	-17,593	-8,649	MPE	-9,76	-10.21	-7.58	
	Nisan	-12,455	-14,283	-12,194	NSE	0,89	0.89	0.89	
	Mayıs	-19,676	-18,206	-17,750					
	Haziran	-15,624	-12,137	-13,460					
	Temmuz	-12,117	-9,708	-11,698					
	Ağustos	-7,942	-5,319	-8,728					
	Eylül	-2,481	1,179	-2,307					
	Ekim	-0,861	3,326	0,883					
	Kasım	-5,421	-12,309	-4,469					
	Aralık	-8,737	-11,010	-3,257					

Katsayılar kullanılarak, yer yüzeyine düşen toplam güneş ışınlamı değerleri hesaplanmış ve ölçülen değerler ile aralarındaki uyumu veren hata analizleri yapılmıştır. Hata analizleri Çizelge 2.11’de görülmektedir. Şekil 2.4’te Hollanda’nın Twente şehri için yapılan uygulamaya ait ortalama yüzdesel sapma sonuçları görülmektedir. Hata analizlerinin sonuçlarının, literatürdeki sıcaklık tabanlı modellere kıyasla daha tatmin edici olduğu görülmektedir. Ayrıca, Bristow-Campbell modeline bağıl nem parametresi eklenerek güçlendirilen Eşitlik 2.4’ün, Bristow-Campbell modelinden daha yüksek doğrulukla çalıştığı görülmektedir.



Şekil 2. 4 MATLAB aracılığıyla oluşturulan modellerin kıyaslanması

2.2.3 Buckingham Teoremi Kullanılarak Modeller Oluşturulması

Buckingham teoremine göre bir denklemde toplanan bütün terimlerin boyutları aynı olmalıdır. Bu durum boyutsal homojenlik yasası olarak ifade edilir. Bu yasa bir denklemde toplam halinde olan tüm terimlerin aynı boyutta olmasını garantiler. Boyutsuzlaştırma işlemi için birim analizi yapılması gerekmektedir [81].

Boyutsuz hale getirilmiş parametreler genellikle Π olarak anılır. Boyutsuz pi sayılarının arasındaki ilişki aşağıdaki gibi ifade edilmektedir [82].

$$\Pi_1 = \Phi(\Pi_2, \Pi_3, \Pi_4, \dots, \Pi_{k-r})$$

Buckingham pi teoreminde ilk adım olarak çözümü istenen probleme etki eden değişkenlerin listelenmesi istenmektedir [82]. Buckingham pi teoremi güneş ışıının boyutsuzlandırılabilirliği ve ardından matematiksel olarak modelleme yapılabilirliği görülmektedir [83]. Öncelikle, güneş ışıının doğru bir şekilde ifadesi için literatürdeki mevcut modellerde ve teoride kullanılan parametrelerden bahsedilecektir. Literatürde görülen birçok modelde dünya yüzeyine düşen güneş ışıının ifadesinin, atmosfer dışı radyasyon ile birlikte yapıldığı görülmektedir [16, 17, 18, 24, 31].

Tez kapsamında Buckingham teoremi kullanılarak iki adet model oluşturulacaktır.

Buckingham Model 1

Burada, Buckingham teoremi kullanılarak oluşturulan ilk modelden bahsedilmiştir. Boyutsuzlaştırılacak parametreler ile ilgili anlatım yapılmıştır.

Dünya yüzeyine düşen güneş ışıının maksimum ve minimum hava sıcaklığı farklarının kullanılarak ifade edilebileceği literatürdeki birçok örnekte görülmektedir, bu durumun matematiksel ifadesi genellikle sıcaklık farkının karekökü ile olmaktadır [18, 19, 21, 24, 43]. Güneş ışıını, dünyanın yüzeyine ulaşırken atmosferde birden çok zayıflama prosesine maruz kalmaktadır [1].

Yer yüzeyine düşen güneş ışıını aşağıdaki gibi fonksiyonel olarak ifade etmek mümkündür, buradaki bazı parametreler yukarıda bahsedilen parametrelerin boyutsuzlaştırılması için yazılmıştır.

$$H = f(H_0, \tau, \Delta T, T_{min}, RH)$$

Dikkat edilmesi gereken husus Π 'lerin birimsiz olmasıdır. Dünya yüzeyine düşen güneş ışınlamı ve dünya dışına düşen güneş ışınlamı ifadelerinin her ikisi de megajoule cinsinden metrekareye düşen birim zamandaki enerji ile ifade edilmektedir ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{gün}^{-1}$). Dolayısıyla ilk Π parametresini Eşitlik 2.8'deki gibi yazmak mümkündür.

$$\Pi_1 = \frac{H}{H_0} \quad (2.8)$$

İkinci pi parametresi ise günlük en yüksek ve en düşük sıcaklıklar arasındaki farkın boyutsuzlaştırılması ile elde edilecektir (Eşitlik 2.9). Boyutsuzlaştırma işleminde minimum sıcaklıktan yararlanılacaktır.

$$\Pi_2 = \left(\frac{T_{min}}{\Delta T} \right) \quad (2.9)$$

Atmosferin geçirgenliği ifadesi Eşitlik 2.10'da görüldüğü üzere üçüncü Π 'nin türetilmesinde kullanılmıştır.

$$\Pi_3 = 100 * \frac{\tau}{RH} \quad (2.10)$$

Yapılan işlemler sonucunda, Buckingham pi teoremine uygun olarak Eşitlik 2.11'deki durum ortaya çıkmaktadır.

$$\frac{H}{H_0} = \Phi \left(\left(\frac{T_{min}}{\Delta T} \right), \frac{100 * \tau}{RH} \right) \quad (2.11)$$

Literatürde, atmosferin geçirgenliğiyle bağıl nem arasında ilişkiyi sunan çalışmalar bulunmaktadır [7]. Buckingham pi teoremi uygulanırken bu çalışmalarda ifadelerden yararlanılacaktır.

Birinci metot Spokas'ın yaptığı çalışmadan derlenmiştir. Söz konusu çalışmada atmosferin geçirgenliği ifadesi bağıl nem aralıkları için ifade edilmiştir [7, 35]. Bu tablo tez kapsamında formülize edilmiştir (Eşitlik 2.12).

$$\tau = -0,7451 \cdot \left(\frac{RH}{100} \right)^2 + 0,1467 \cdot \frac{RH}{100} + 0,6976 \quad (2.12)$$

Ayrıca Spokas'ın yaptığı çalışmada maksimum ile minimum hava sıcaklığı farkının 10 °C'den küçük olduğu zaman atmosferin geçirgenliğinde düzeltme sunan bir denklem

önermiştir [35]. Bu durumda koşullu bir denklem kullanılacaktır, koşullu denklem Eşitlik 2.13'te görülmektedir.

$$\tau' = \begin{cases} \Delta T < 10^\circ C \rightarrow \tau / (11 - \Delta T) \\ \Delta T \geq 10^\circ C \rightarrow -0,7451 \cdot \left(\frac{RH}{100}\right)^2 + 0,1467 \cdot \frac{RH}{100} + 0,6976 \end{cases} \quad (2.13)$$

Bağıl neme bağlı olarak geçirgenlik tespitinde bulunabilen matematiksel bir diğer denklem ise Atina'da yapılan bir çalışmadan derlenerek denklem haline getirilmiş bir ifadedir [7, 84]. Bu ifade Eşitlik 2.14'te görülmektedir.

$$\tau = -0,019 \cdot RH + 1,576 \quad (2.14)$$

Buraya kadar, atmosferin geçirgenliğinin tespitinde kullanılabilecek bir adet koşullu denklem (Eşitlik 2.13) ve bir adet de türetilmiş denklem (Eşitlik 2.14) verilmiştir. Türetilen τ 'ler için, geçirgenliğin tespiti amacıyla bu matematiksel denklemler kullanılarak denemeler yapılmış. Bu denemelerden bazıları tatmin edici sonuçlar vermemiştir. Yapılan denemelerde koşullu denklem olan Eşitlik 2.13'ün atmosferin geçirgenliği ifadesi için kullanımının daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Yukarıda yapılan çalışmalar sonucunda Eşitlik 2.15'te verilen matematiksel ifade elde edilmiştir. Burada verilen q, a, b, c, d, e, g, h ve w istasyonlara ait katsayıları ifade etmektedir.

$$\frac{H}{H_0} = q \cdot \left[a \cdot \left(1 - \exp \left(\left(100 \cdot \frac{\tau}{RH} \right)^b \right) \right) + c \cdot \left(100 \cdot \frac{\tau}{RH} \right)^d + e \cdot \cos \left(\left(100 \cdot \frac{\tau}{RH} \right) \cdot w \right) + g \cdot \cos \left(\left(\frac{T_{min}}{\Delta T} \right) \cdot w \right) + h \cdot \sin \left(\left(\frac{T_{min}}{\Delta T} \right) \cdot w \right) \right] \quad (2.15)$$

Çizelge 2. 12 Hollanda için Eşitlik 2.15'in kullanımında elde edilen katsayılar

	İstasyon	a	b	c	d	e	g	h	w	q
Sıcaklık birimi olarak Celsius alınır	Eindhoven	0,008907	0,9212	1,402	0,2366	0,05516	-0,2483	0,3584	-0,1836	0,5335
	Groningen	0,03427	0,527	0,5635	0,2238	0,01442	-0,1227	-0,123	0,1781	1,664
	Maastricht	0,05183	0,6733	1,178	0,1777	-0,2248	-0,1827	-0,2037	0,1551	0,934
	Rotterdam	0,1323	0,6832	1,211	0,2003	-0,2899	-0,09311	-0,1252	0,1648	1,053
	Twente	-0,207	0,1891	0,6474	0,2186	-0,06611	-0,106	0,19	-0,1667	0,7744
Sıcaklık birimi olarak Kelvin alınır	Eindhoven	0,2069	0,8023	1,586	0,1844	-0,5632	-	-0,002971	0,9323	0,6876
	Groningen	1,268	-0,01491	0,1535	1,656	2,465	0,01337	-0,006669	0,3275	2,035
	Maastricht	1,436	0,117	2,819	0,1716	-0,1077	-	-0,000752	0,4723	2,521
	Rotterdam	0,8955	0,1902	2,436	0,18	-0,6039	0,005708	0,00829	0,3646	1,872
	Twente	0,3331	1,117	2,828	0,0506	-2,199	0,00775	-0,004167	0,7313	1,042

İlgili modelin performansının görülmesi amacıyla Hollanda’da uygulamalar yapılmıştır. Burada görülen pi parametrelerinden Eşitlik 2.9 hem Celsius cinsinden hem de Kelvin cinsinden sıcaklıklar ile uygulanmıştır. Kelvin’in temel SI birimi olması sebebiyle birim boyutsuzlaştırmada daha etkin işlev göreceği düşünülmüştür. Toplam MPE analizlerinde sıcaklıklar için Kelvin’in kullanılması daha iyi sonuçlar vermiş, aylık MPE analizlerinde ise birbirine daha yakın sonuçlarla karşılaşılmıştır. Hollanda için Eşitlik 2.15’e ait katsayılar, Celsius ve Kelvin sıcaklık birimlerinin kullanımı için Çizelge 2.12’de görülmektedir, uygulamalara ait hata analizi sonuçları Çizelge 2.13’te paylaşılmıştır. Kelvin cinsinden sıcaklıklar kullanılarak elde edilen günlük toplam yer yüzeyine düşen güneş ışınımına dair sonuçların, Celsius kullanılarak elde edilen sonuçlardan daha az hataya sahip olduğu görülmektedir. Toplam MPE analizlerinde bu hatanın 3% mertebelerine yaklaşabildiği görülmüştür. Sıcaklık birimi olarak Kelvin kullanıldığında toplam ortalama yüzdesel hataların 3% mertebelerinde değişebileceği görülmektedir.

Çizelge 2. 13 Hollanda için Eşitlik 2.15 hata analizleri

İstasyon		Aylık MPE			Modelin tümü			
		Sıcaklıklar °C cinsinden	Sıcaklıklar K cinsinden			Sıcaklıklar °C cinsinden	Sıcaklıklar K cinsinden	
Eindhoven	Ocak	-21,22	-9,89		MBE	0,48	0,50	
	Şubat	-23,26	-12,18		RMSE	2,84	2,14	
	Mart	-14,49	-9,45		MPE	-12,48	-10,39	
	Nisan	-12,65	-10,78		NSE	0,88	0,88	
	Mayıs	-15,43	-17,79					
	Haziran	-12,20	-15,37					
	Temmuz	-6,48	-12,42					
	Ağustos	-4,85	-9,77					
	Eylül	-2,45	-5,44					
	Ekim	0,14	-1,86					
	Kasım	-13,73	-11,14					
	Aralık	-20,82	-7,58					
Groningen	Ocak	-31,90	-14,79		MBE	0,40	0,42	
	Şubat	-16,73	-5,35		RMSE	2,03	1,81	
	Mart	-14,98	-10,46		MPE	-13,27	-10,58	
	Nisan	-12,22	-10,57		NSE	0,87	0,88	
	Mayıs	-16,16	-16,97					
	Haziran	-14,50	-18,21					
	Temmuz	-5,67	-10,87					
	Ağustos	-5,56	-9,81					
	Eylül	-5,36	-9,57					
	Ekim	-6,76	-8,06					
	Kasım	-9,01	-5,15					
	Aralık	-17,12	-5,86					

Çizelge 2. 13 Hollanda şehirleri için Eşitlik 4.15 hata analizleri (devamı)

Maastricht	Ocak	-24,36	-10,86		MBE	0,67		0,77			
	Şubat	-21,72	-11,98		RMSE	2,51		2,48			
	Mart	-17,40	-13,22		MPE	-14,84		-13,09			
	Nisan	-16,35	-15,71		NSE	0,88		0,88			
	Mayıs	-15,96	-18,12								
	Haziran	-14,38	-17,95								
	Temmuz	-7,29	-13,88								
	Ağustos	-6,79	-12,06								
	Eylül	-2,11	-6,10								
	Ekim	-3,85	-5,81								
	Kasım	-12,98	-11,27								
	Aralık	-32,46	-19,32								
	Rotterdam	Ocak	-20,08		-11,53			MBE		0,50	
Şubat		-21,04	-12,18	RMSE	2,12		2,01				
Mart		-13,65	-11,66	MPE	-13,51		-12,90				
Nisan		-10,93	-10,38	NSE	0,86		0,87				
Mayıs		-14,35	-16,22								
Haziran		-11,15	-15,08								
Temmuz		-9,09	-14,33								
Ağustos		-7,28	-12,82								
Eylül		-6,44	-11,14								
Ekim		-9,71	-11,42								
Kasım		-13,72	-11,93								
Aralık		-23,56	-16,21								
Twente		Ocak	-19,12	-8,91			MBE	0,43		0,49	
	Şubat	-15,32	-7,07	RMSE		2,19	2,13				
	Mart	-11,50	-9,48	MPE		-11,53	-10,52				
	Nisan	-14,57	-14,16	NSE		0,87	0,87				
	Mayıs	-20,61	-21,66								
	Haziran	-14,42	-16,76								
	Temmuz	-9,37	-14,00								
	Ağustos	-6,12	-10,79								
	Eylül	-1,20	-4,95								
	Ekim	1,14	-1,05								
	Kasım	-7,27	-7,12								
	Aralık	-17,10	-8,72								

Buckingham Model 2

Burada Buckingham teoremi kullanılarak tez kapsamında elde edilen ikinci modele değinilecektir.

Birçok tahmin modeli H/H_0 değerini bulmak üzerine kuruludur. Bu parametre, yeryüzüne düşen güneş ışınımı ile atmosferin dış katmanına gelen ışınım arasındaki orandır, dolayısıyla atmosferin geçirgenliği olarak da ifade edilmektedir [85]. Atmosferin dış katmanına gelen güneş ışınımı yeryüzüne inerken farklı atmosfer birleşenleri tarafından zayıflamaktadır. Bu birleşenler, ozon katmanı, atmosfer gazları,

su buharı, kirleticiler ve bulutlar olarak sayılabilir. Yer yüzeyin düşen güneş ışınımı değeri atmosferin bu birleşenlerine kuvvetli şekilde bağlıdır [1, 21].

Bu durumda H/H_0 parametresini toplam geçirgenlik değeri kabul ederek, bu parametreyi diğer atmosferin birleşenlerinin geçirgenlikleri cinsinden modellemek mümkün gözükmemektedir. Bu durumda bu parametre aşağıdaki gibi ifade edilebilir. Burada; τ_o ozon tabakasının geçirgenliğini, τ_a aerosollerin ve kirleticilerin geçirgenliğini, τ_g atmosfer gazlarının geçirgenliğini, τ_{wa} su buharının geçirgenliğini, τ_r Rayleigh geçirgenliğini, τ_c bulutların geçirgenliğini ifade etmektedir.

$$\frac{H}{H_0} = f(\tau_o, \tau_a, \tau_g, \tau_{wa}, \tau_r, \tau_c)$$

Bulutluluk hariç diğer parametreler temiz bir gökyüzü için ışıma değerini etkileyen parametrelerdir. Bu durumda bulutsuz bir gökyüzünün geçirgenlik değerini hesaplayarak, parametreleri fonksiyon içine dahil etmek mümkün görünmektedir.

$$\frac{H}{H_0} = f(\tau_{clear}, \tau_c)$$

Mie su buharı partiküllerinden kaynaklanan geçirgenlik ile yağışa dönüşebilir su miktarı arasında spektral olarak ilişki kurmuştur [2]. Ozon tabakasının geçirgenliği ozon tabakasının kalınlığı ile ilişkilidir [86]. Aerosollerin ve kirleticilerin geçirgenliği ise bulanıklık parametrelerine bağlıdır [9, 87]. Atmosferin katmanlarında farklı sıcaklık, basınç ve yoğunluk varyasyonları bulunmaktadır [88]. Atmosferde yükseklik değiştikçe gazların karışım miktarı değişmektedir. Dolayısıyla; geçirgenlik, ozon tabakası kalınlığı (l), deniz seviyesinden olan yükseklik (z), yağışa dönüşebilir su miktarı (w), bulanıklık parametreleri (β ve α), havanın kütle sinin [1] ve bulutluluğun (C) fonksiyonudur. Bu durum, bulutsuz bir gökyüzü için Eşitlik 2.16'da görölmektedir.

$$\tau_{clear} = f(l, w, \beta, \alpha, m) \quad (2.16)$$

Bulutlu günlerde atmosferin geçirgenliğinin, günlük maksimum ve minimum hava sıcaklıkları ile ifade edilebildiği bilinmektedir [18, 19, 20, 21]. Bu durumda, bulutlu günlerde, güneş ışımasının maksimum ve minimum sıcaklıklar arasındaki farkın (ΔT) bir fonksiyonu olduğundan bahsedilebilir.

Atmosferde bulunan su buharı miktarının atmosferin geçirgenliğinin üzerinde etkisi bulunmaktadır. Bu etki ise yağışa dönüşebilir su miktarı (w) ile ifade edilebilir. Yağışa dönüşebilir su miktarı genellikle meteoroloji istasyonlarında veri olarak mevcut olmayabilir. Bu miktarın belirlenmesi için nem profilinin elde edilmesi gerekmektedir. Yang ve arkadaşları yağışa dönüşebilir su miktarının tayini için, çiy noktası sıcaklığına bağlı yarı deneysel bir denklem paylaşmıştır. Bu denklem Eşitlik 2.17’de görülmektedir [43, 89].

$$w = 0,493 \cdot T_{dew}^{-1} \cdot \exp[26,23 - 5416 \cdot T_{dew}^{-1}] \approx 0,0493 \cdot RH \cdot T_a^{-1} \cdot \exp[26,23 - 5416 \cdot T_a^{-1}] \quad (\text{Sıcaklık birimi: Kelvin}) \quad (2.17)$$

Benzer bir şekilde çiy noktası sıcaklığı ile yağışa dönüşebilir su miktarı arasında ilişkiler kuran deneysel modeller literatürde mevcuttur. Fakat bu modeller deneysel oldukları için modellerde bulunan katsayılar bölgesel olarak değişmektedir [90, 91, 92]. Örneğin, Reitan’ın bulduğu çiy noktasına bağlı deneysel ifadenin farklı bölgelerde doğruluklarının değiştiği Bolsenga tarafından ifade edilmiş, bu deneysel ifadenin her bölgede kullanılmasının doğru olmadığı dile getirilmiştir [90, 91].

Su buharının geçirgenlik ifadesinin Eşitlik 2.18’deki gibi hesaplanabildiği literatürde ifade edilmiştir [43, 89]. α_h güneşin yükseklik açısını radyan cinsinden ifade etmektedir.

$$\tau_w = \min[1,0; 0,909 - 0,036 \cdot \ln(m \cdot w)] \quad (2.18)$$

$$m = \frac{1}{\sin(\alpha_h) + 0,15 \cdot (57,296 \cdot \alpha_h + 3,885)^{-1,253}} \quad (2.19)$$

Ozon tabakasının kalınlığı değeri, Xu tarafından yapılmış çalışma yardımıyla kabaca hesaplanabilir (Eşitlik 2.20). Bu eşitlikte J , takvim gününü ifade etmektedir [43, 93].

$$l = 0,44 - 0,16 \cdot \sqrt{\left[\frac{(\varnothing - 80)}{60}\right]^2 + \left[\frac{(J - 120)}{263 - \varnothing}\right]^2} \quad (2.20)$$

Atmosferde ozon kaynaklı geçirgenlik Eşitlik 2.21’deki gibi hesaplanabilmektedir [49].

$$\tau_{oz} = \exp[-0,0365(m \cdot l)^{0,7136}] \quad (2.21)$$

Atmosfer gazlarının geçirgenliğinin matematiksel hesaplaması Eşitlik 2.22’de verilmiştir [89]. Burada yer alan m_c ifadesi havanın basınca göre düzeltilmiş kütlesini ifade etmektedir (Eşitlik 2.23).

$$\tau_g = \exp[-0,0117m_c^{0,3139}] \quad (2.22)$$

$$m_c = m \cdot \frac{P}{P_0} \quad (2.23)$$

Standart atmosfer basıncı P_0 olarak ifade edilmiştir, bu değer $1,013 \cdot 10^5$ Pa olarak alınır. Eşitlik 2.24'te Standard Atmosphere'de verilen tablolar kullanılarak formülize edilen yüksekliğe bağlı olarak basınç oranlarını veren matematiksel ifade bulunmaktadır [88, 94].

$$\left(\frac{P}{P_0}\right) = (1 - 2,25577 \cdot 10^{-5} \cdot z)^{5,25588} \quad (2.24)$$

Atmosferde bulunan aerosoller türbid veya buğu olarak ifade edilmektedir [1]. Türbiditenin hava kirliliği olan bölgelerde arttığı gözlenmiştir [43]. Aerosollerin ve kirleticilerin geçirgenliği elde edilirken, Angstörn türbidite katsayısından (β) yararlanılır [9]. Bu katsayı aerosollere bağlı olan atmosferin türbiditesi ile ilgili bir ölçüttür ve aerosollerin dikey kolonda bulunma miktarını karakterize eder [1, 89, 95]. Aerosollerin geçirgenliği ile ilgili olarak literatürde Eşitlik 2.25'teki ifade bulunmaktadır [89].

$$\tau_a = \exp(-m \cdot \beta [0,6777 + 0,1464 \cdot m \cdot \beta - 0,00626 \cdot (m \cdot \beta)^2]^{-1,3}) \quad (2.25)$$

Eğer görüş mesafesi 5 km'den büyükse, türbidite katsayısı McClatchey ve Selby tarafından Eşitlik 1.10'da gösterildiği gibi ifade edilmiştir [96], burada Vis ifadesi görüş mesafesini km cinsinden belirtmektedir. Eğer görüş mesafesi 5 km'den düşükse β değeri 0,40 olarak alınacaktır [1]. Görüş mesafesinin azalması ile birlikte güneş ışıının yeryüzüne ulaşma oranı azalacaktır. Modellemelerde görüş mesafesinin kullanılması, hava kirliliğinin etkisinin de modellere yansıtılması anlamına gelecektir. α değeri yapılan çalışmalarda 1,3 olarak alınmıştır. Bu değer $1,3 \pm 0,5$ şeklinde alınabileceği belirtilmiş, değer bu aralıkta alınması durumunda denklemden sonuçların ihmal edilebilir miktarda değiştiği görülmüştür [1, 89, 96].

Difüz ve direkt ışıının toplamı olarak toplam güneş ışıını Eşitlik 2.26'daki gibi ifade edilebilmektedir.

$$\frac{H}{H_0} = \frac{H_{clear} + H_{cloud}}{H_0} = \frac{H_{d,clear} + H_{b,clear} + H_{cloud}}{H_0} = \tau_{d,clear} + \tau_{b,clear} + \tau_{cloud} \quad (2.26)$$

Eşitlikte anlatılan geçirgenlik ifadeleri kullanılarak Yang yaptığı çalışmada direkt ve difüz güneş ışıını bulutsuz günler için Eşitlik 2.27 ve 2.28'deki gibi tanımlamıştır [43, 89].

$$\tau_{d,clear} = \max\{0; 0,5 \cdot [\tau_{oz} \cdot \tau_g \cdot \tau_w(1 - \tau_a \cdot \tau_r) + 0,013]\} \quad (2.27)$$

$$\tau_{b,clear} = \max\{1; \tau_{oz} \cdot \tau_w \cdot \tau_g \cdot \tau_a \cdot \tau_r - 0,013\} \quad (2.28)$$

Bu durumda, yer yüzeyine düşen toplam güneş ışıınımı ile diğer parametreler arasındaki ilişki son olarak aşağıdaki gibi yazılmıştır. İfadede yer alan sıcaklık değerleri bulutlardan kaynaklanan geçirgenliğin ifadesi için yazılmıştır.

$$H = f(H_0, \tau_{clear}, \Delta T, T_{min})$$

Fonksiyonel ilişki kullanılarak Π parametreleri oluşturulmuştur. Dikkat edilmesi gereken husus Π 'lerin birimsiz olmasıdır. Dünya yüzeyine düşen güneş ışıınımı ve dünya dışına düşen güneş ışıınımı ifadelerinin her ikisi de megajoule cinsinden metrekareye düşen birim zamandaki enerjiyi ifade etmektedir ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{gün}^{-1}$). Dolayısıyla ilk Π parametresini Eşitlik 2.29'daki gibi yazmak mümkündür.

$$\Pi_1 = \frac{H}{H_0} \quad (2.29)$$

İkinci pi parametresi ise günlük en yüksek ve en düşük sıcaklıklar arasındaki farkın boyutsuzlaştırılması ile elde edilmiştir (Eşitlik 2.30).

$$\Pi_2 = \left(\frac{T_{min}}{\Delta T} \right) \quad (2.30)$$

Diğer pi parametreleri bulutsuz günlerde yer yüzeyine düşen güneş ışıınımını ifade etmektedir. Bulutsuz günlerde güneş ışıınımını, deniz seviyesinden olan yükseklik, atmosferdeki su buharı miktarı, hava kirliliği, ozon tabakası kalınlığı etkilemektedir. Ozon tabakası kalınlığı ve su buharı miktarı üçüncü pi parametresinde istasyonun yüksekliği ile birlikte yer almaktadır. İstasyon yüksekliği birim boyutsuzlaştırmada kullanılmıştır. Ayrıca havanın optik kütlesinin, basınç ile ilişkili olduğu bilinmektedir, basınç değerinin ise denizden olan yükseklik ile bağlantılı olduğu bilinmektedir [88, 94]. Görüş mesafesinin hava kirliliği ile ilişkili olduğu literatürde de belirtilen bir husustur [95, 97]. Meteoroloji veri setlerinde minimum ve maksimum yatay görüş değerleri elde edilmiştir. Meteorolojik istasyonlarda bu ifadelerin ölçümleri km cinsinden yapılmakta, ayrıca bu ifadeler havanın kirlilikten dolayı en geçirgen ve en kapalı olduğu konumları ifade etmektedir. Üçüncü pi parametresi Eşitlik 2.31'te görülmektedir.

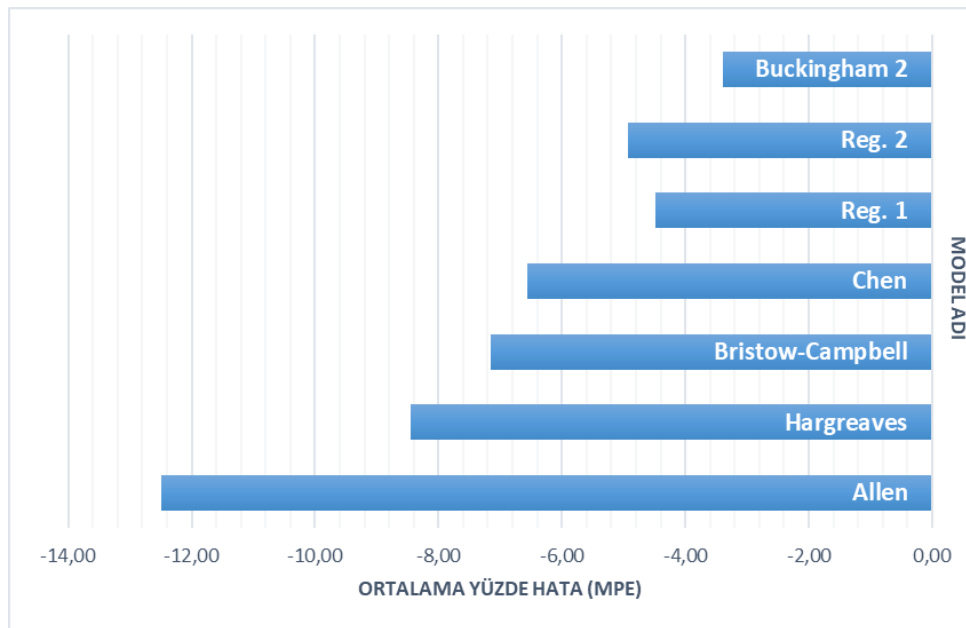
$$\Pi_3 = \frac{z \cdot (Vis_{max} + Vis_{min})}{2 \cdot 10^{12} \cdot l \cdot w} \quad (2.31)$$

Elde edilen pi boyutsuz parametreleri kullanılarak oluşturulan model Eşitlik 2.32’de görülmektedir.

$$\frac{H}{H_0} = \left[a \cdot \left(\frac{T_{min}}{\Delta T} \right)^c + b \cdot \exp \left[d \cdot \frac{z \cdot (Vis_{max} + Vis_{min})}{2 \cdot 10^{12} \cdot l \cdot w} \right] \right] \cdot 10^{-3} \quad (2.32)$$

Eşitlik 2.32’de verilen model Türkiye’de yatay görüş mesafesi verisi elde edilen istasyonlar için uygulanmıştır. Ancak, bazı istasyonlarda yatay görüş mesafesine ait verilerde kopukluklara rastlanmış ve model diğer modellere nazaran daha az sayıda istasyona uygulanabilmektedir. Yapılan uygulamalara ait bölgesel katsayılar ve hata analizleri EK-A’da verilmiştir.

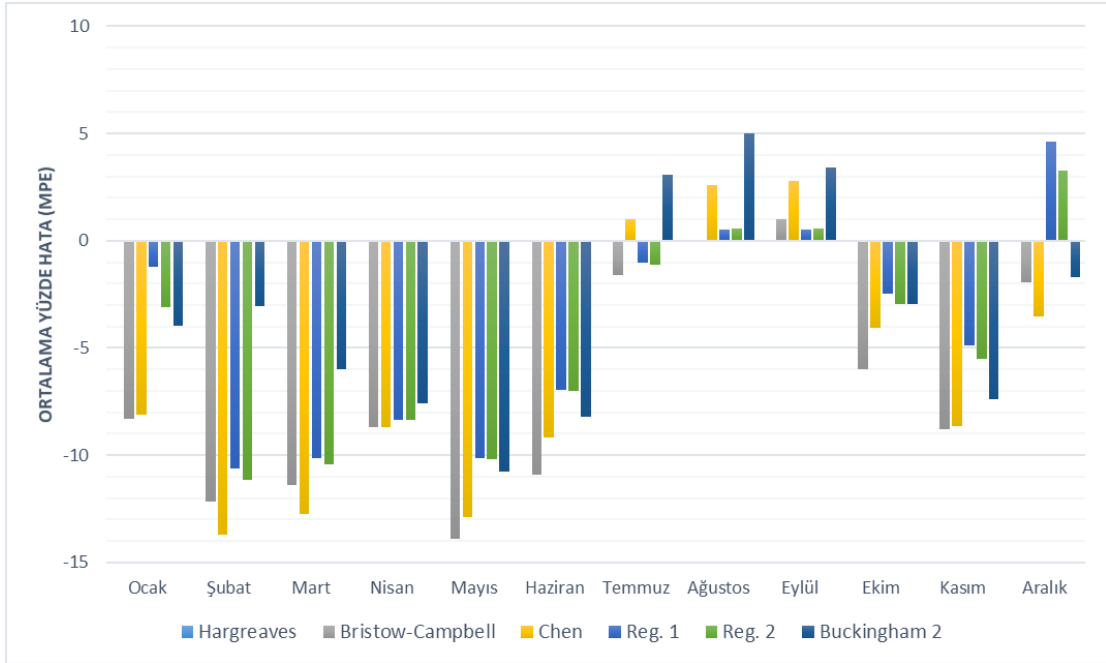
Literatürde yer alan modeller ve tez kapsamında elde edilen regresyon tabanlı modellerin Ankara’da uygulanmasına ait ortalama yüzdelik hata sonuçları Şekil 2.5’te verilmiştir. Eşitlik 2.32’nin toplam MPE değerlerinde daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Buckingham teoremi yardımı ile oluşturulan Eşitlik 2.32’nin yüzdelik hatası -4%’ün altında seyrederken, kendisine en yakın performans gösteren regresyon denkleminin hatası -5% civarında çıkmıştır.



Şekil 2. 5 Buckingham 2 modelinin kıyaslanması

Eşitlik 2.32’nin aylık performansının diğer modellerle kıyaslanması için Şekil 2.6 verilmiştir. Model, literatürdeki modellere göre daha tatmin edici sonuçlar vermiştir. İlgili model, regresyon denklemlerine benzer performans sergilese de, kış aylarında

regresyon denklemlerine göre daha düşük hatalar vermiş, yaz aylarında ise regresyon denklemlerinden bir miktar yüksek hatalar vermiştir. Modelin aylık trendinin genel olarak tatmin edici olduğundan bahsetmek mümkündür. Ayrıca modelin RMSE değerleri de literatürde yer alan modellerle yapılmış uygulamalardan daha iyi sonuçlar vermiştir.



Şekil 2. 6 Buckingham 2 modeli aylık performans kıyaslaması

Eşitlik 2.32’de verilen modelin çalışma performansının görülmesi amacıyla sınır şartlarına ait senaryolar oluşturulmuştur. Bu senaryolar modelin çalışması hakkında fikir verecektir.

Senaryo 1: Elde edilen modelin bulutluluğun minimum olduğu, gökyüzünün ve görüşün açık olduğu koşullarda çalışma performansı

Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden günlük ortalama bulutluluk verileri elde edilmiştir. Bulutluluk değerleri veri setlerinde “okta” birimi ile ifade edilmektedir. Okta, gök kubbenin toplam alanının sekizde birini ifade etmektedir ve bulutluluğun ölçüsü olarak kullanılır. 1 okta, gökyüzünün sekizde birinin bulutlu olduğunu ifade etmektedir.

Geçirgenliğin yüksek olduğu koşullarda, yatayda görüşün de yüksek olması ve bu durumda modelde yer alan $b \cdot \exp \left[d \cdot \frac{z \cdot (Vis_{max} + Vis_{min})}{2 \cdot 10^{12} \cdot L \cdot w} \right]$ parametresinin de yüksek olması beklenmektedir.

İstasyonlar için bulutluluğun sıfır okta, yatayda görüşün ise maksimum olduğu durumlar tespit edilip örnek günlere ait sonuçlar paylaşılmıştır. Örnek günler, modelin farklı koşullardaki tepkilerinin görülmesi amacıyla farklı mevsimlerden seçilmiştir. Bulutluluğun sıfır okta olduğu ve yatayda görüşün maksimum olduğu durumlar için örnek olarak seçilen günler Çizelge 2.14'te görülmektedir. İlgili çizelgede belirtilen günler için modellerin yüzde sapmaları hesaplanmıştır. Modelin, bulutsuz gökyüzüne sahip ve yatayda görüşün yüksek olduğu, yani hava kirliliğinin az olduğu günlerde anlamlı sonuçlar verdiği görülmektedir.

Çizelge 2. 14 Bulutsuz günlerde Buckingham 2 için yüzde sapmalar

Aksaray		Ankara		Artvin		Bolu		Gümüşhane	
Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	% hata
25.07.2015	3,3	13.08.2014	-0,6	25.03.2014	5,4	15.07.2012	-0,1	03.09.2015	-1,4
17.04.2016	4,9	12.02.2014	0,5	03.09.2015	4,6	18.02.2014	-3,4		
Isparta		Karaman		Kastamonu		Kilis		Muğla	
Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata
19.02.2014	2,2	20.07.2015	0,3	16.08.2014	-0,1	15.05.2014	-2,5	13.09.2013	-0,2
20.07.2015	4,1	15.09.2015	2,0	09.03.2016	1,1	04.08.2015	-1,1	17.05.2015	-1,0
Sinop		Şirnak		Tokat					
Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata				
12.08.2014	-1,4	12.08.2015	3,0	04.09.2014	-1,9				

Senaryo 2: Elde edilen modelin, bulutluluğun maksimum olduğu koşullarda çalışma performansları

Çizelge 2. 15 Bulutlu günlerde Buckingham 2 için yüzde sapmalar

Aksaray		Ankara		Artvin		Bolu		Gümüşhane	
Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	% hata
23.01.2016	0,8	24.12.2011	11,4	20.03.2015	-20,0	02.01.2016	23,7	31.12.2017	-12,2
Isparta		Karaman		Kastamonu		Kilis		Muğla	
Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata
8 okta ölçülmüş veri yok.		16.11.2011	-20,1	08.11.2012	-12,4	8 okta ölçülmüş veri yok.		8 okta ölçülmüş veri yok.	
Sinop		Tokat							
Tarih	%hata	Tarih	%hata						
09.04.2010	-19,0	19.02.2015	11,6						

Bu senaryoda bulutluluğun yüksek olduğu koşullarda, modelin performansı incelenmiştir. Veri setleri içinden bulutluluk değerinin 8 okta olduğu günlerden örnekler seçilerek hata analiz sonuçları Çizelge 2.15'te verilmiştir. Modelin gökyüzünün tam bulutlu olduğu koşullarda, açık havalara göre daha çok zorlandığı görülmektedir. Bu durumun, bulutlu havaların daha karmaşık yapıya sahip olmasından kaynaklandığını söylemek mümkündür. Modelin parçalı bulutlu havalarda, bulutlu havalara göre daha iyi çalıştığı hata analiz sonuçları incelendiğinde görülmüştür. Bulutluluk değerinin 8 okta olarak ölçüldüğü günlerin sayısı veri seti içinde oldukça sınırlıdır. İlgili fiziki

durumun nadiren oluştuğundan bahsedilebilir. Muğla, Kilis ve Isparta için, kullanılan veri seti içerisinde bulutluluğun 8 okta olarak ölçüldüğü bir güne rastlanamamıştır.

Senaryo 3: Modelin gün içi ortalama sıcaklığın en yüksek olduğu yaz günlerinde çalışma performansı

Modellemede kullanılan veri seti içerisinde günlük ortalama sıcaklığa sahip en yüksek günler için hata sonuçları Çizelge 2.16'da paylaşılmıştır. Modelin bu günler için de yüzde sapmalarının kabul edilebilir olduğu görülmektedir.

Çizelge 2. 16 Yüksek sıcaklığa sahip günlerde Buckingham 2 için yüzde sapmalar

Aksaray		Ankara		Artvin		Bolu		Gümüşhane	
Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	% hata
17.07.2016	4,8	08.08.2010	1,5	30.07.2011	-5,0	25.07.2012	3,7	29.07.2011	-6,5
Isparta		Karaman		Kastamonu		Kilis		Muğla	
Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata
25.07.2012	1,7	05.08.2010	3,7	26.07.2012	-8,2	04.08.2015	-1,1	16.08.2010	9,9
Sinop		Şırnak		Tokat					
Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata				
07.08.2010	5,7	28.07.2011	0,5	08.08.2010	-1,9				

Senaryo 4: Modelin, bölgeye düşen maksimum güneş radyasyonunu ifade yeteneği

Modelin yaz aylarındaki yüksek toplam güneş ışıınımı değerine sahip günlerde yüzdelik hatalarının genelde pozitif yönlü çıktığı görülmüştür.

Yüksek güneş ışıınımı değerlerini, modelin kabul edilebilir yüzde hata ile ifade ettiği görülmektedir. Çizelge 2.17'de istasyonlar için seçilmiş günlere ait yüzdelik sapma sonuçları görülmektedir.

Çizelge 2. 17 Yüksek ışıınımın olduğu günlerde Buckingham 2 için yüzde sapmalar

Aksaray		Ankara		Artvin		Bolu		Gümüşhane	
Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	% hata
17.07.2016	4,8	08.08.2010	1,5	30.07.2011	-5,0	25.07.2012	3,7	29.07.2011	-6,5
Isparta		Karaman		Kastamonu		Kilis		Muğla	
Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata
25.07.2012	1,7	05.08.2010	3,7	26.07.2012	-8,2	04.08.2015	-1,1	16.08.2010	9,9
Sinop		Şırnak		Tokat					
Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata				
07.08.2010	5,7	28.07.2011	0,5	08.08.2010	-1,9				

Senaryo 5: Modelin, yeryüzüne düşen en düşük güneş ışıınımını hesaplanmadaki performansı

Düşük günlük toplam güneş ışıınımı değerine sahip günlerde yapılan uygulamalara ait hata sonuçları Çizelge 2.18'de görülmektedir.

Çizelge 2. 18 Düşük ışıının olduğı günlerde Buckingham 2 için yüzde sapmalar

Aksaray		Ankara		Artvin		Bolu		Gümüşhane	
Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	% hata
07.01.2014	-19,1	05.01.2011	-10,3	26.12.2011	-19,9	04.01.2011	-5,6	15.11.2014	-20,7
Isparta		Karaman		Kastamonu		Kilis		Muğla	
Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata
02.01.2010	-6,7	20.12.2015	-4,0	08.11.2012	-12,4	29.01.2011	-21,0	31.12.2014	-16,3
Sinop		Şırnak		Tokat					
Tarih	%hata	Tarih	%hata	Tarih	%hata				
22.12.2012	-29,5	19.11.2015	-30,9	04.12.2014	-30,1				

Düşük ve yüksek güneş ışıını değelerinin model tarafından ne şekilde ifade edildiğı incelenmiş, örnek günlere ait hata sonuçları verilmiştir. Genel olarak, güneş ışıının yüksek olduğı günlerde yüzdesel sapmaların daha düşük çıktığı tespit edilmiştir. Yaz aylarında yüzdesel sapma çoğunlukla pozitif çıkarken, kış aylarında negatif çıkmıştır. Model yaz aylarında genellikle daha iyi performans göstermiştir.

Bu bölümde Buckingham teoremine değinilmiştir ve boyutsuzlaştırma işlemleri yapılmıştır. Yapılan uygulamalar sonucunda Eşitlik 2.15 ve Eşitlik 2.32'nin dünya yüzeyine düşen gelen enerjisini anlamlı bir şekilde ifade edebildiğı görülmüştür.

2.3 Tahmin Modellerinin Uygulanması

Bu bölümde, literatürdeki sıcaklık tabanlı tahmin modelleri ve tez kapsamında elde edilen modeller farklı coğrafi bölgelere uygulanmıştır.

2.3.1 Hollanda için Tahmin Modellerinin Uygulanması

Hollanda'da bulunan meteoroloji istasyonlarından alınan veriler kullanılarak, sıcaklık ve bağıl nem tabanlı dünya yüzeyine düşen güneş enerjisinin tahmini önceki bölümlerde yapılmıştır. Hollanda'da yapılan uygulamalara ait sonuçlar, Çizelge 2.7, 2.9, 2.11 ve 2.13'te paylaşılmıştır. Sonuçlar çizelgelerin verildiğı bölümlerde paylaşılmış ve grafiklerle yorumlanmıştır. Hollanda için, regresyon denklemlerinin yüzdesel sapmalar açısından yer yüzeyine düşen güneş ışıını başarılı bir şekilde ifade ettiğı görülmüştür.

2.3.2 İrlanda için Tahmin Modellerinin Uygulanması

İrlanda Meteoroloji Servisi'nden elde edilen meteoroloji verileri taranmış ve Dublin Havaalanı'nda yapılan güneşlenme ölçümlerinin ücretsiz olarak paylaşıldığı

görülmüştür. Bu veriler yardımıyla, literatürde yer alan Hargreaves, Allen, Chen ve Bristow-Campbell modelleri ve tez kapsamında elde edilen modeller uygulanmıştır. Çizelge 2.19’da Dublin şehri için modellere ait katsayılar görülmektedir.

Çizelge 2. 19 Dublin için tahmin modellerine ait katsayılar

İstasyon		Enlem			Boylam			Yükseklik	
Dublin		53,423°			-6,238°			71 m	
#	a	b	c	d	e	g	h	w	q
Eş. 2.1	-1,092	-0,0333	0,009703	0,1331	1,007	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,9668	-0,5209	0,009003	0,1364	4,364	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,4202	0,09728	-0,007322	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,6164	-0,02444	-0,920	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	-0,1046	0,3166	-0,21034	0,166	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	0,6501	0,2103	2,52	0,09936	-1,285	0,002511	-0,003722	0,5819	2,264
Hargreaves	0,1472	-0,01362	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,1418	-	-	-	-	-	-	-	-
Bristow-Campbell	1,991	0,5956	0,066	-	-	-	-	-	-
Chen	0,1841	0,0269	-	-	-	-	-	-	-

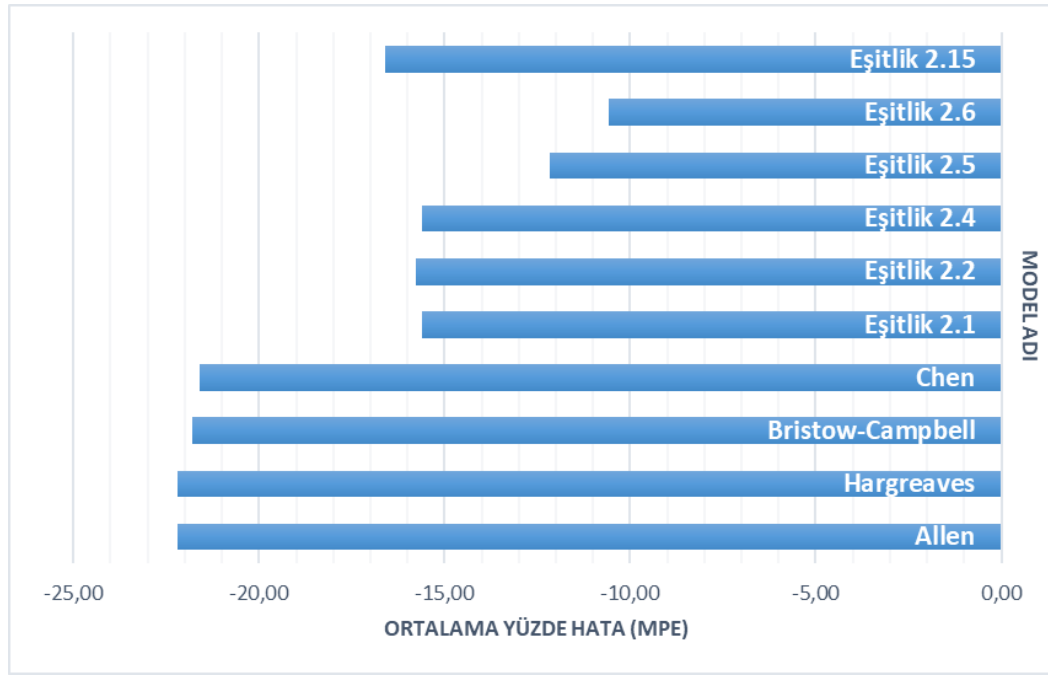
İlgili katsayılar kullanılarak tahmin modelleri uygulanmış ve modeller sonucu elde edilen değerler ölçülen değerlerle karşılaştırılarak hata analizleri yapılmıştır. Modellerin uygulanması sonucunda elde edilen hata miktarları Çizelge 2.20’de görülmektedir. Uygulamalar literatürde yer alan dört model için de birbirine benzer sonuçlar vermiştir. Aynı durum modellerin uzun dönem performansı ile ilgili olan MBE ve toplam MPE analizlerinde de göze çarpmaktadır. NSE analizleri ve kısa dönem performansı ile ilgili olan RMSE hata analizlerinde ise modellerin tümünün hemen hemen aynı performansı gösterdiği görülmektedir.

İrlanda’da yapılan uygulamalarda, modellerin ortalama yüzdesel sapmalarının kıyaslanması amacıyla Şekil 2.7 verilmiştir. Literatürde yer alan Hargreaves, Allen, Bristow-Campbell ve Chen modelleri ile tez kapsamında elde edilen eşitlikler kıyaslandığında, tez kapsamında elde edilen eşitliklerin yüzdesel sapma yönünden daha iyi sonuçlar verdiğini görülmektedir. İlgili uygulamada, literatürde yer alan modellerin toplam MPE değerleri -20%’nin üzerinde seyrederken, tez kapsamında elde edilen modellerin MPE değerleri -15% civarında çıkmıştır. Aylık hata analizlerinde Eşitlik 4.6 ve Eşitlik 4.5’in daha düşük sapmalar verdiği görülmektedir. Kış aylarında hata miktarlarının arttığı görülmektedir, bunun sebebinin de kışın hava koşullarının daha karmaşık olmasından ve bulutlu havalarda güneş enerjisinin ifade edilmesinin

zorlaşmasından kaynaklı olduğunu belirtmek mümkündür. NSE analizlerinde modeller hemen hemen benzer performanslar göstermiş, kısa ve uzun dönem performanslarında ise Eşitlik 4.2 ve Eşitlik 4.15 daha iyi sonuçlar vermiştir.

Çizelge 2. 20 Dublin için tahmin modellerine ait hata analizleri

	Aylık MPE				Modelin tamamı için						
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5		
Ocak	-25,235	-25,597	-24,388	-18,213	MBE	0,12	0,13	0.14	-0.26		
Şubat	-10,202	-10,511	-10,384	-11,488	RMSE	2,87	0,37	2.88	3.04		
Mart	-11,597	-11,812	-11,098	-10,927	MPE	-15,61	-15,77	-15.60	-12.17		
Nisan	-11,708	-11,785	-11,104	-11,396	NSE	0,84	0,84	0.84	0.82		
Mayıs	-10,182	-10,320	-10,663	-10,092							
Haziran	-15,929	-15,995	-16,458	-10,480							
Temmuz	-15,513	-15,613	-16,528	-8,728							
Ağustos	-13,247	-13,192	-13,997	-8,500							
Eylül	-5,481	-5,456	-5,320	-2,284							
Ekim	-26,453	-26,720	-26,050	-19,642							
Kasım	-17,868	-17,979	-17,478	-14,118							
Aralık	-23,569	-23,987	-23,641	-19,324							
	Eş. 2.6	Eş. 2.15				Eş. 2.6	Eş. 2.15				
Ocak	-13,394	-28,519			MBE	-0,20	0,08				
Şubat	-4,729	-11,003			RMSE	2,85	1,91				
Mart	-6,530	-11,349			MPE	-10,57	-16,60				
Nisan	-9,094	-11,342			NSE	0,84	0,83				
Mayıs	-7,244	-8,817									
Haziran	-13,134	-14,445									
Temmuz	-12,087	-14,992									
Ağustos	-10,298	-13,950									
Eylül	-3,650	-6,938									
Ekim	-21,148	-29,341									
Kasım	-10,018	-21,742									
Aralık	-15,885	-26,705									
	Hargreaves	Allen	Bristow Camp.	Chen		Hargreaves	Allen	Bristow Camp.	Chen		
Ocak	-38,06	-38,50	-37,25	-36,68	MBE	0,02	-0,02	0,03	0,01		
Şubat	-20,83	-21,17	-20,19	-20,58	RMSE	3,22	3,24	3,22	3,25		
Mart	-14,05	-13,99	-13,77	-12,99	MPE	-22,18	-22,19	-21,81	-21,59		
Nisan	-11,31	-11,07	-11,15	-9,80	NSE	0,80	0,80	0,80	0,80		
Mayıs	-8,36	-8,07	-8,31	-8,27							
Haziran	-14,34	-13,78	-14,49	-14,30							
Temmuz	-17,63	-17,25	-17,66	-18,56							
Ağustos	-15,35	-15,01	-15,37	-16,29							
Eylül	-12,45	-12,39	-12,18	-11,42							
Ekim	-41,35	-41,64	-40,66	-39,95							
Kasım	-31,56	-32,04	-30,75	-30,57							
Aralık	-41,49	-41,98	-40,63	-40,49							



Şekil 2. 7 İrlanda’da yapılan uygulamaların kıyaslanması

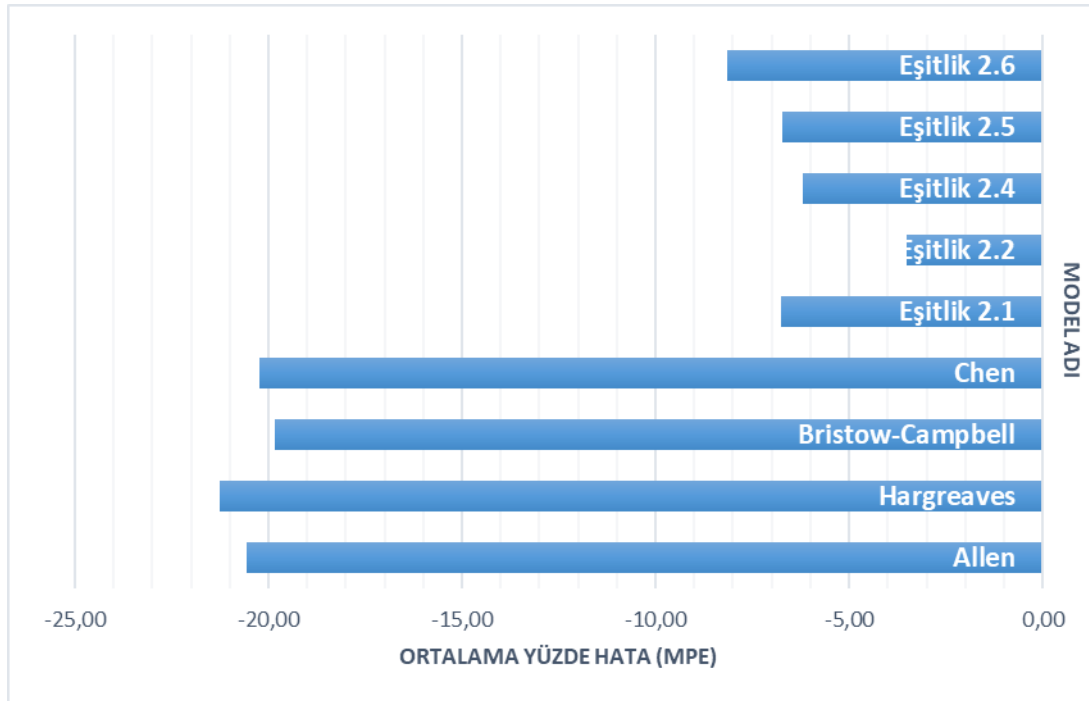
2.3.3 ABD için Tahmin Modellerinin Uygulanması

Bu bölümde modeller, ABD’nin Kuzey Dakota eyaletinden elde edilen meteoroloji verileri vasıtasıyla uygulanmıştır. ABD’nin Kuzey Dakota eyaleti tarımsal iklim ağında yer alan istasyonlarda kaydedilen veriler saatlik, günlük, aylık, haftalık şekilde halka açık olarak paylaşılmaktadır. Tez kapsamında 2009’dan günümüze kadar kayıt yapan 20 adet meteoroloji istasyonu üzerinde çalışma yapılmıştır. Burada paylaşılan çalışmalara ait istasyonların coğrafi bilgileri ve modellerin bölgesel katsayıları EK-B’de görülmektedir.

Literatürde yer alan sıcaklık tabanlı modellerin, ABD’nin Kuzey Dakota eyaletindeki yerleşim yerleri için uygulamalarına dair hata analizleri EK-B’de verilmiştir. Uygulamalar sonucunda literatürdeki modellerin hata analizlerinin sonuçlarının yüksek çıktığı, bahar ve sonbahar aylarında hataların arttığı görülmektedir.

Yüzdesel sapmaların kıyaslanması amacıyla, Cavalier istasyonunda yapılmış olan uygulamalara ait toplam MPE sonuçları Şekil 2.8’de verilmiştir. Tez kapsamında elde edilen modellerin yüzdesel sapmaları -8%’den düşük çıkarken, literatürde yer alan Chen, Bristow-Campbell, Hargreaves ve Allen modellerinin sapmaları -20% civarında

seyretmiştir. ABD’de yapılan uygulamalarda, tez kapsamında oluşturulan modellerin, literatürde yer alan modellere göre daha yüksek doğrulukla çalıştığı görülmektedir.



Şekil 2. 8 Cavalier’da yapılan uygulamaların kıyaslanması

2.3.4 Türkiye için Tahmin Modellerinin Uygulanması

Çizelge 1.6’da Türkiye için tez kapsamında uygulama yapılan istasyonların listesi paylaşılmıştır. Türkiye’deki istasyonlardan alınan veriler ile literatürdeki tahmin modelleri günlük olarak uygulanmış, modellere ait katsayılar coğrafi olarak çıkartılmış ve modellere ait hata analizleri sunulmuştur. Tez kapsamında oluşturulan tahmin modelleri de aynı analizlere tabi tutulmuştur.

Modellerin uygulamaları, 2009 yılı sonrasındaki veriler ile yapılmıştır. Ölçülen bir olgunun izlenebilir olması, ölçümü yapan ölçüm cihazının kalibrasyonunun yapılmış olması gerekmektedir. Bu durum, ölçüm yapan cihazın okuduğu değerin hatalarının, beklenen ölçüm aralığının (ölçüm belirsizliği) ve cihaz kararlılığının bilinmesini sağlamaktadır. DMİ bünyesinde kalibrasyon laboratuvarı 2008 yılında kurulmuştur. Laboratuvar kuruluşu sonrasında işleme alma ve kalite sisteminin oturması için de bir miktar sürenin geçmesi gerektiği hesaba katılarak meteorolojik veriler 2009 yılı sonrası için talep edilmiştir. Fakat buna rağmen verilerde kopukluklara rastlanmıştır. Örnek olarak; günlük güneş ışıınımı değeri bir gün için mevcut değilken diğer veriler mevcut

olabilmekte veya maksimum sıcaklık değeri bir gün için mevcut değilken diğer ölçülen parametreler veri seti içinde mevcut olabilmektedir. Bu durum, uzun süreli veri ayıklama işlemini beraberinde getirmektedir. Eksik verilerden kaynaklanan zaafın giderilmesi amacıyla veri seti geniş tutulmuştur.

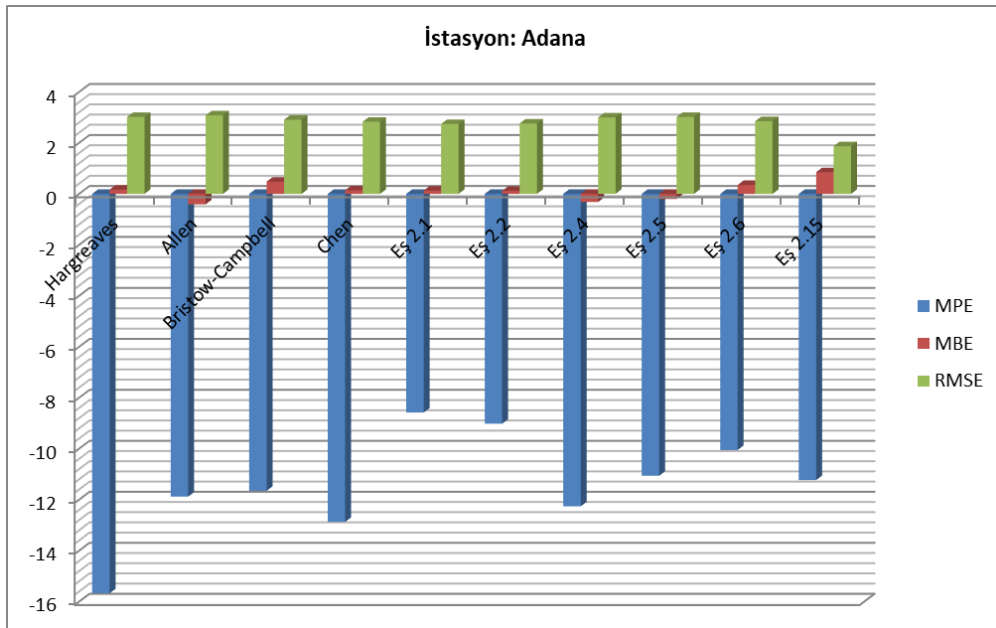
İstasyonlara ait coğrafi bilgiler ve modellere ait katsayılar EK-C'de verilmiştir. Ayrıca, yapılan uygulamalara ait hata sonuçları EK-C'de yer alan çizelgelerde paylaşılmıştır.

Akdeniz Bölgesi için uygulamalar

Tahmin modellerinin, Türkiye'nin farklı coğrafyalarında performanslarının incelenmesi amacıyla, sonuçlar bölgesel olarak yorumlanmıştır.

Akdeniz iklimi, yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılıktır. Kıyı kuşağında kar yağışı ve don olayları nadiren görülür. Ocak ayı ortalama sıcaklığı 6,4 °C, Temmuz ayı ortalama sıcaklığı ise 26,8 °C, yıllık ortalama sıcaklık 16,3 °C civarındadır [98].

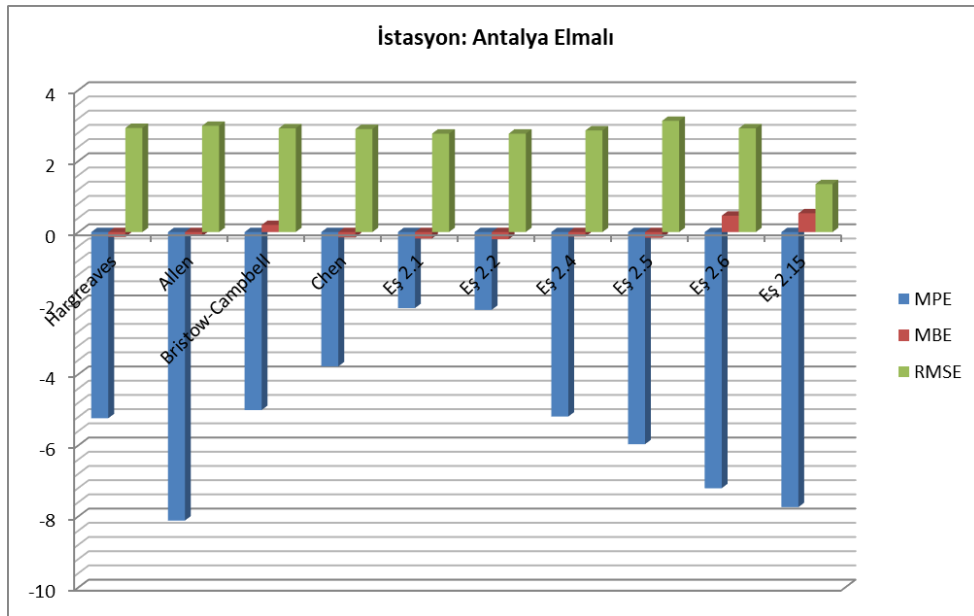
Adana'da yapılan uygulamalarda, Bristow-Campbell modeli, aylık MPE açısından, literatürdeki diğer modellere kıyasla daha kararlı ve stabil görünmektedir. Toplam MPE analizlerinde sonuçlar birbirine yakın görünürken Hargreaves modelinde hatalar biraz daha yüksek çıkmıştır. Kısa dönem model performansında (RMSE) her dört model de yakın sonuçlar verirken, uzun dönem performansı hakkında bilgi veren MBE analizlerinde ise Chen ve Hargreaves modeli daha iyi sonuç vermiştir.



Şekil 2. 9 Adana için modellerin hata analizlerinin grafiksel gösterimi

Adana için tez kapsamında oluşturulan modellerin sonuçlarının literatürde bulunan sıcaklık tabanlı tahmin modellerinden daha tatmin edici olduğu görülmektedir. Eşitlik 2.4 ve 2.5'ten elde edilen sonuçlar ise literatürdeki modellerin sonuçlarına benzerlik göstermektedir. Regresyon tabanlı modellerin daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Bunun yanı sıra Eşitlik 2.6'nın aylık MPE değerleri açısından tatmin edici olduğu görülürken, kısa dönem performans olarak ise Eşitlik 2.15'in diğer modellere kıyasla iyi sonuç verdiği görülmektedir. Uzun dönem performanslarda Eşitlik 2.1 ve 2.2 dikkat çekmektedir. Adana için hata analizlerinin grafiksel gösterimi Şekil 2.9'da görülmektedir.

Literatürde yer alan modellerin Antalya için güneş enerjisini tatmin edici bir şekilde ifade etmektedir. Bazı aylarda, Allen modelinde diğer modellere nazaran yüksek hatalar olduğu, buna rağmen modellerin kullanışlı görülmektedir. Regresyon denklemlerinin MPE açısından bir adım önde olduğu, kısa dönem performans analizi RMSE sonuçlarında ise diğer uygulamalara benzer bir şekilde Eşitlik 2.15'in daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.



Şekil 2. 10 Antalya için modellerin hata analizlerinin grafiksel gösterimi

Antalya Elmalı bölgesinin bitki örtüsü ve vejetasyonunun yapısı buranın Akdeniz iklimi etkisi altında olduğunu göstermektedir. Akdeniz ikliminin en belirgin özelliği, yağışların soğuk ve kısmen soğuk mevsimlerde yoğunlaşması, kurak mevsimin yaz olması ve kuraklığın maksimum sıcaklıklarla uyuşmasıdır. Bölgede yıllık yağış miktarı 478 mm

civarındadır [99]. Yukarıda da anlatıldığı üzere bölge iklim koşullarının çok karmaşık olmadığı tahmin edilmektedir, bulutluluğun yılın belli dönemlerinde yoğunlaştığı ve çok yoğun olmadığı bilinmektedir. Hava koşullarının karmaşık olmayışından dolayı, deneysel modellerin bu bölgede güneş ışınlamını daha iyi ifade ettiği görülmektedir. Antalya için uygulanan modellere ait hata analizleri grafiksel olarak Şekil 2.10'da gösterilmiştir.

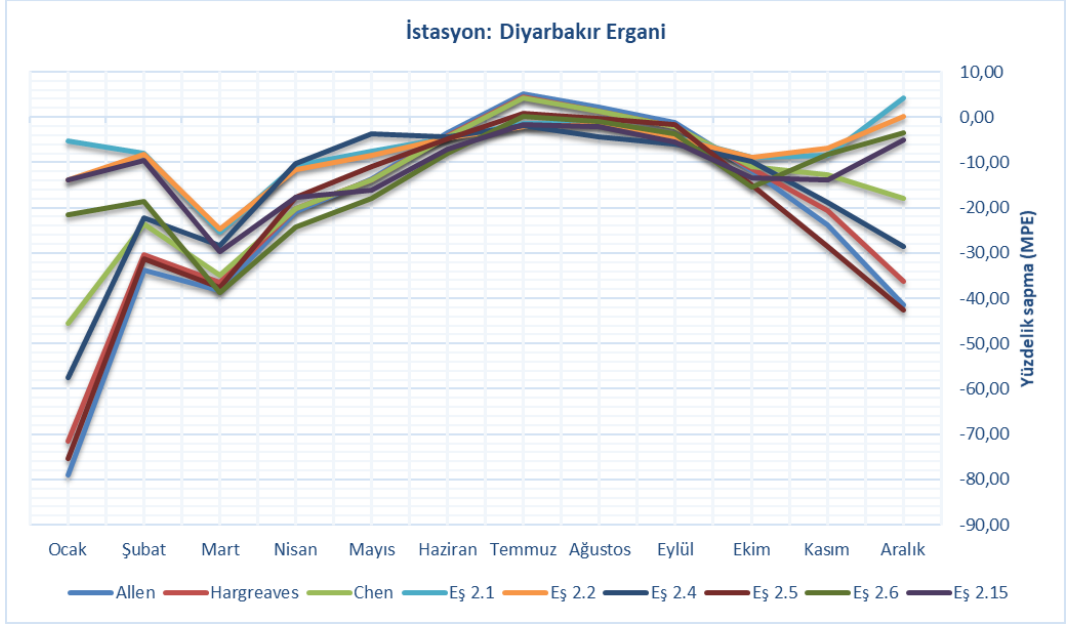
Akdeniz bölgesinin yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılıman geçen ikliminde tahmin modellerinin tatmin edici bir şekilde çalıştığı, sıcak aylarda sapmaların daha düşük çıktığı görülmektedir. Regresyon denklemlerinin yüzdelik sapmalar açısından diğer modellere göre daha iyi sonuçlar verdiğini, yüksek sıcaklık ortalamalarına ve yüksek ışınlama sahip koşullarda iyi çalıştığını söylemek mümkündür.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi için uygulamalar

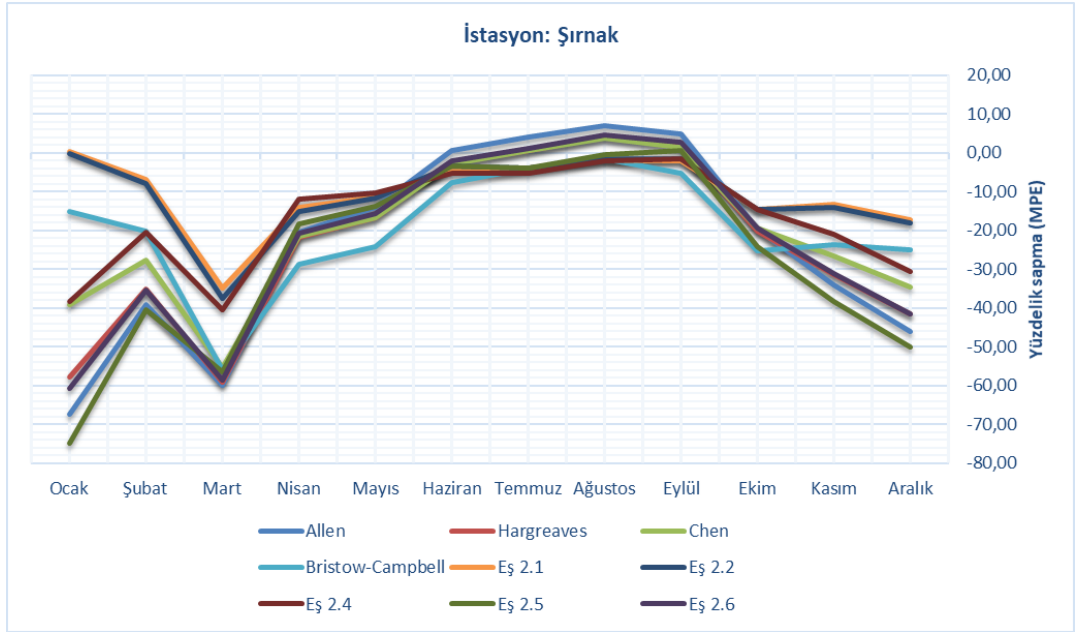
Türkiye'nin iç bölgelerinde karasal iklim özellikleri görülmektedir. Güneydoğu Anadolu, Doğu Anadolu ve İç Anadolu Bölgeleri karasal iklim özelliklerine sahiptir. Karasal iklimde, yaz ile kış arası sıcaklık farkları fazladır, yağışlar genellikle ilkbahar ve kış mevsimlerinde gerçekleşir [98].

Güneydoğu Anadolu karasal iklim tipinde, yazları çok sıcak, kışları ise nadiren soğuk geçmektedir. Ocak ayı ortalama sıcaklığı 3,7 °C, Temmuz ayı ortalama sıcaklığı ise 29,8 °C iken yıllık ortalama sıcaklık 16,4 °C'dir. Bölgede bağıl nem oranının düşük olması buharlaşmayı artırmakta ve yaz yağışları az olan bölgede yaz kuraklığı oldukça uzun sürmektedir [98].

Diyarbakır Ergani'de yapılan uygulamalara ait aylık yüzdesel sapmalar Şekil 2.11'de görülmektedir. Şırnak için yapılan uygulamaya ait aylık yüzdesel sapmalar ise Şekil 2.12'de grafiksel olarak verilmiştir. İlgili grafiklerde, literatürde yer alan modellerin kış aylarında yüksek sapmalar gösterdiği görülmektedir. Tez kapsamında elde edilen Eşitlik 2.1, 2.2 ve 2.15'in kış aylarında başarılı performans gösterdiği anlaşılmaktadır. Hargreaves ve Chen modellerinde Ocak aylarında oldukça yüksek hatalar görülmektedir. Toplam MPE hata analizi sonuçlarında ise, Eşitlik 2.1 ve 2.2'nin en iyi sonucu verdiği çizelgelerden görülmektedir.



Şekil 2. 11 Diyarbakır için aylık hata analizlerinin grafiksel gösterimi



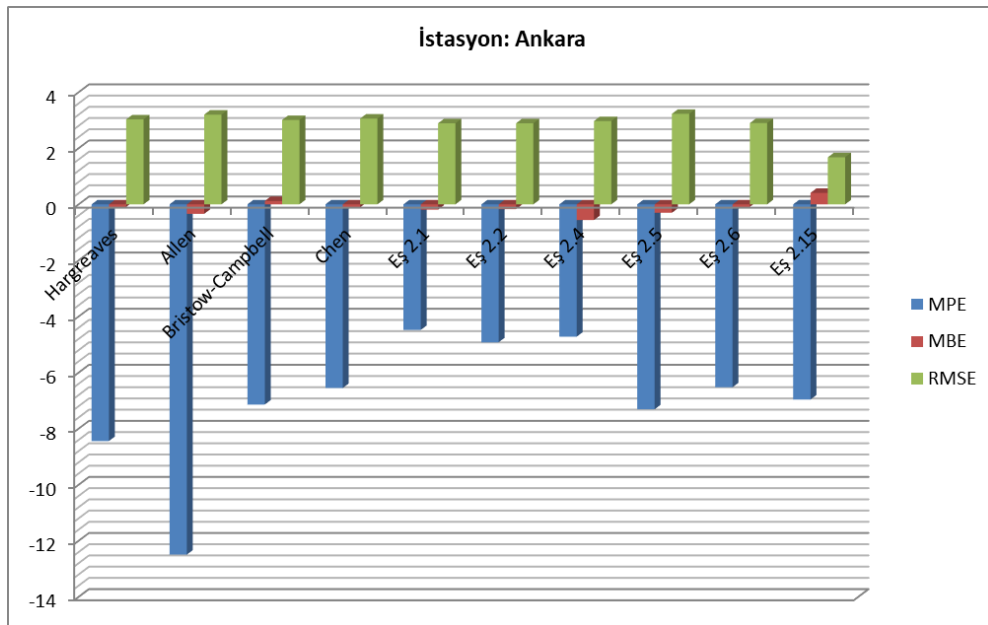
Şekil 2. 12 Şırnak için aylık hata analizlerinin grafiksel gösterimi

İç Anadolu Bölgesi için uygulamalar

İç Anadolu karasal iklimi yazıları biraz sıcak, kışları soğuktur ve soğuğun şiddeti Orta Anadolu'nun doğusuna doğru artmaktadır. Ocak ayı ortalama sıcaklığı $-0,7^{\circ}\text{C}$ iken, Temmuz ayı sıcaklık ortalamaları 22°C 'dir, yıllık ortalama sıcaklıklar ise $10,8^{\circ}\text{C}$ olarak kaydedilmiştir [98].

Ankara’ya yapılan uygulamalarda, Bristow-Campbell ve Chen modellerinin hata sonuçlarının tatmin edici olduğu görülmektedir. Hargreaves modelinin sonuçlarının da kullanılabilir olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır.

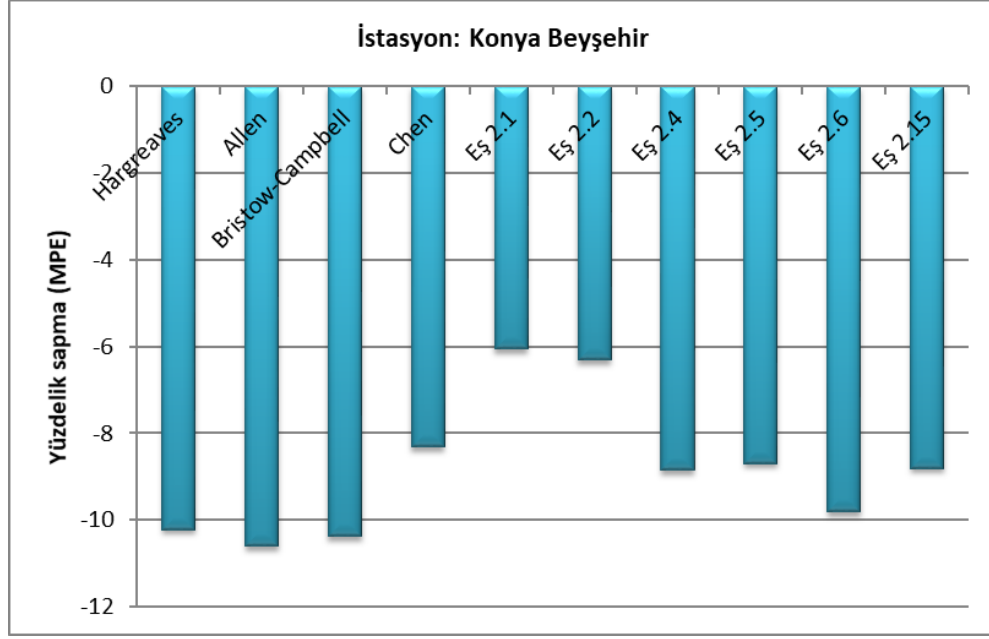
MPE açısından regresyon modellerinin tatmin edici sonuçlar verdiği görülmektedir. Eşitlik 2.15 RMSE analizleri açısından daha yüksek doğruluklu sonuç verirken MBE analizleri açısından Eşitlik 2.6 daha iyi görünmektedir. Genel olarak toplam MPE analizlerinde tüm modellerin kabul edilebilir sonuçlar verdiği görülmektedir. Fakat Allen modelinde aylık MPE sonuçlarının yükselmesi dikkat çekmektedir. Tez kapsamında elde edilen modellerin aylık MPE sonuçları tatmin edici görünmektedir. Ankara için model hatalarının grafiksel gösterimi Şekil 2.13’te görülmektedir.



Şekil 2. 13 Ankara için modellerin hata analizlerinin grafiksel gösterimi

Konya Beyşehir’e yapılan uygulamaya ait ortalama yüzdesel sapmaların gösterildiği grafik Şekil 2.14’te paylaşılmıştır. Yüzdelik sapmalar genellikle kabul edilebilir görünürken, Eşitlik 2.1 ve 2.2 yüzdelik sapmalar açısından daha iyi sonuç vermiştir. Ayrıca aylık sapma analizlerinde de tez kapsamında türetilen modeller iyi sonuçlar verirken, Eşitlik 2.1 ve 2.2 daha iyi sonuçlar ortaya koymuştur.

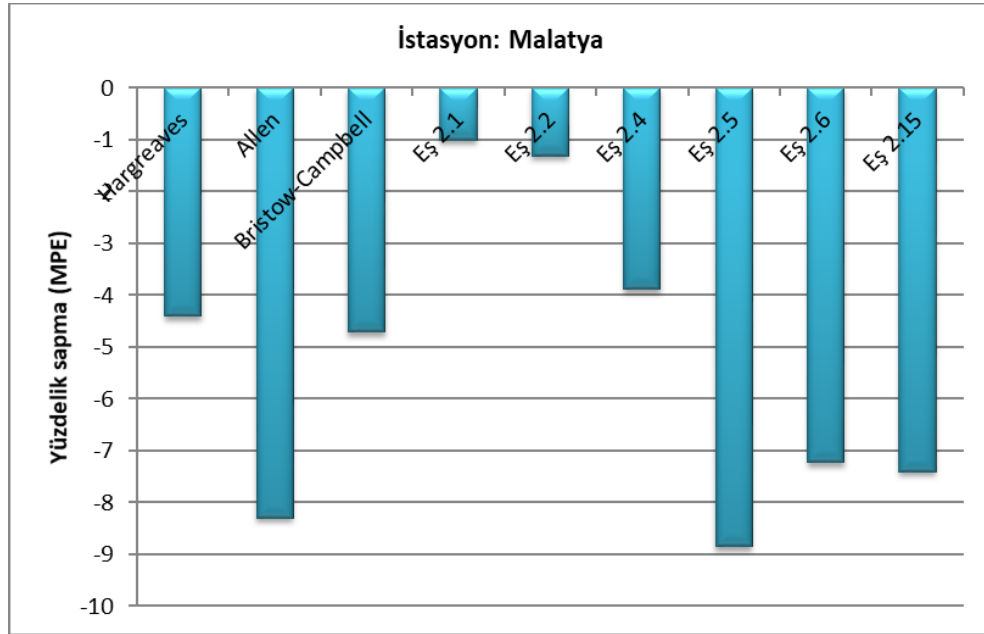
İç Anadolu için, hem literatürdeki modeller ile yapılan uygulamalarda, hem de tez kapsamında elde edilen modeller ile yapılan uygulamalarda tatmin edici sonuçların alındığı görülmektedir.



Şekil 2. 14 Beyşehir için modellerin hata analizlerinin grafiksel gösterimi

Doğu Anadolu Bölgesi için uygulamalar

Doğu Anadolu karasal ikliminde, kış mevsimi soğuk ve uzun, yazları ise serin geçer. Ocak ayı ortalama sıcaklığı $-4,2^{\circ}\text{C}$, Temmuz ayı ortalama sıcaklığı $24,2^{\circ}\text{C}$, yıllık ortalama sıcaklık ise $10,2^{\circ}\text{C}$ 'dir [98].

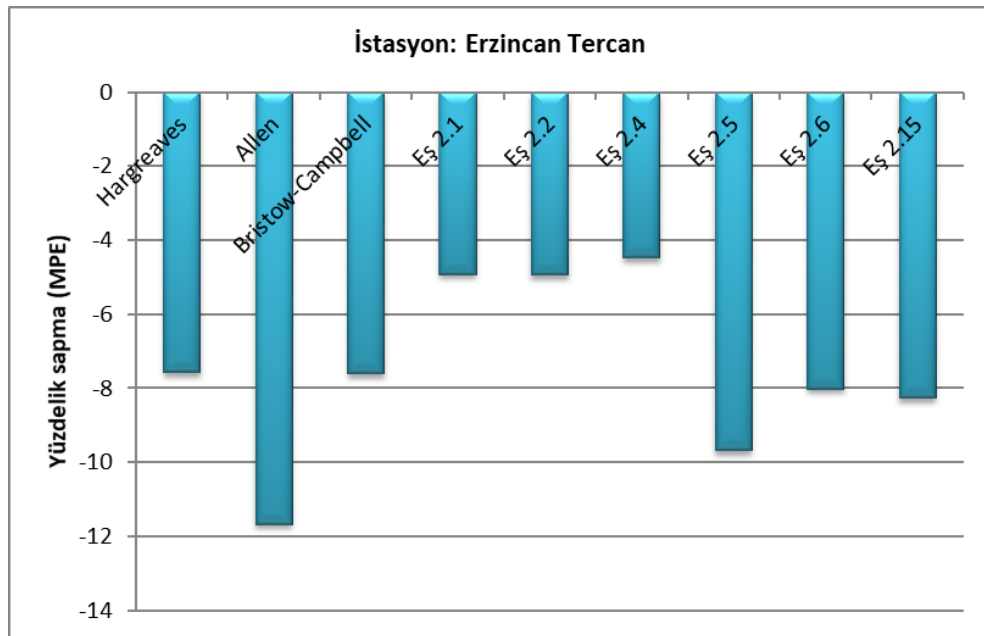


Şekil 2. 15 Malatya için modellerin hata analizlerinin grafiksel gösterimi

Malatya Meteoroloji İstasyonu'nda yapılan uygulamalarda, regresyon denklemleri MPE açısından tatmin edici sonuçlar vermiştir. Diğer modellerin de toplam MPE değerleri

açısından uygun sonuçlar verdiği görülmektedir. RMSE değerlerinde ise Eşitlik 2.15'in sonuçları diğer modellere nazaran daha tatmin edici çıkmıştır. Malatya'da yapılan uygulamaların ortalama yüzdesel sapmalarına ait grafiksel gösterim Şekil 2.15'te görülmektedir.

Erzincan'a yapılan uygulamalara ait ortalama yüzdesel sapmalar Şekil 2.16'da görülmektedir. Literatürde yer alan modellerin MPE analiz sonuçları uygun görünmektedir. Aylık MPE değerlerinde Ocak ve Nisan ayındaki hataların kısmen yüksek çıktığı görülmektedir. Allen modeli diğer modellerin gerisinde kalmıştır. Toplam MPE değerleri de tüm modeller için kabul edilebilir görünmektedir. Bu konuda Eşitlik 2.4 iyi sonuç verirken, regresyon denklemleri de uygun sonuçlar vermiştir.



Şekil 2. 16 Erzincan için modellerin hata analizlerinin grafiksel gösterimi

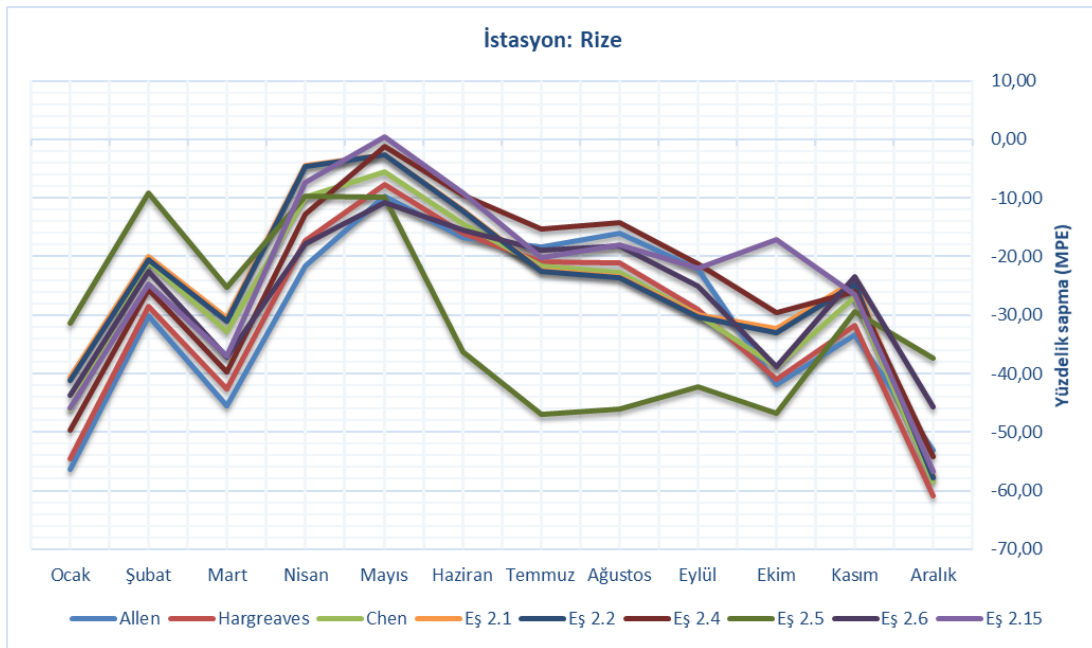
Doğu Anadolu Bölgesi'nde regresyon denklemlerinin yüzdesel sapmalar açısından daha tatmin edici sonuçlar verdiği görülmektedir, benzer durum aylık MPE analizlerinde de görülmektedir.

Karadeniz Bölgesi için uygulamalar

Karadeniz ikliminde yaz ile kış arasındaki sıcaklık farkı fazla değildir. Yazlar nispeten serin, kışlar ise kıyı kesiminde ılık, yüksek kesimlerde karlı ve soğuk geçer. Her mevsimi yağışlıdır. Ocak ayı ortalama sıcaklığı 4,2 °C, Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 22,1 °C, yıllık ortalama sıcaklık 13,0 °C'dir [98].

Rize için yapılan uygulamalarda aylık MPE değerlerinde yüksek hataların varlığı dikkat çekmektedir. NSE değerlerinin diğer uygulamaların çoğuna göre düşük olması ise modeller ile ölçülen değerler arasındaki uyumun daha düşük olduğunu göstergesidir.

Rize'nin de içinde bulunduğu bölge Karadeniz üzerinden sokulan nemli hava kütlelerinin hareketini engelleyen dağlarla çevrilidir. Bu da bölgede yıl boyu sisli, puslu, bulutlu ve yağışlı iklim şartlarına sebep olmaktadır, bölgede güneşlenme yönünden istikrarsız bir ortam oluşmaktadır [96]. Karmaşık ve bulutlu hava koşullarında güneş enerjisinin ifade edilmesinin zorlaştığı bilinmektedir. Modeller ile veriler arasındaki göreceli düşük uyumun sebebinin, ölçümlerin doğru ve hassas yapıldığı kabul edilirse, bölge iklim koşullarından kaynaklanabileceği yorumu yapılmıştır. Eşitlik 4.1 ve 4.2'nin aylık yüzdelik sapmalar açısından diğer modellere göre daha iyi sonuç verdiğini söylemek mümkündür.



Şekil 2. 17 Rize için aylık hata analizlerinin grafiksel gösterimi

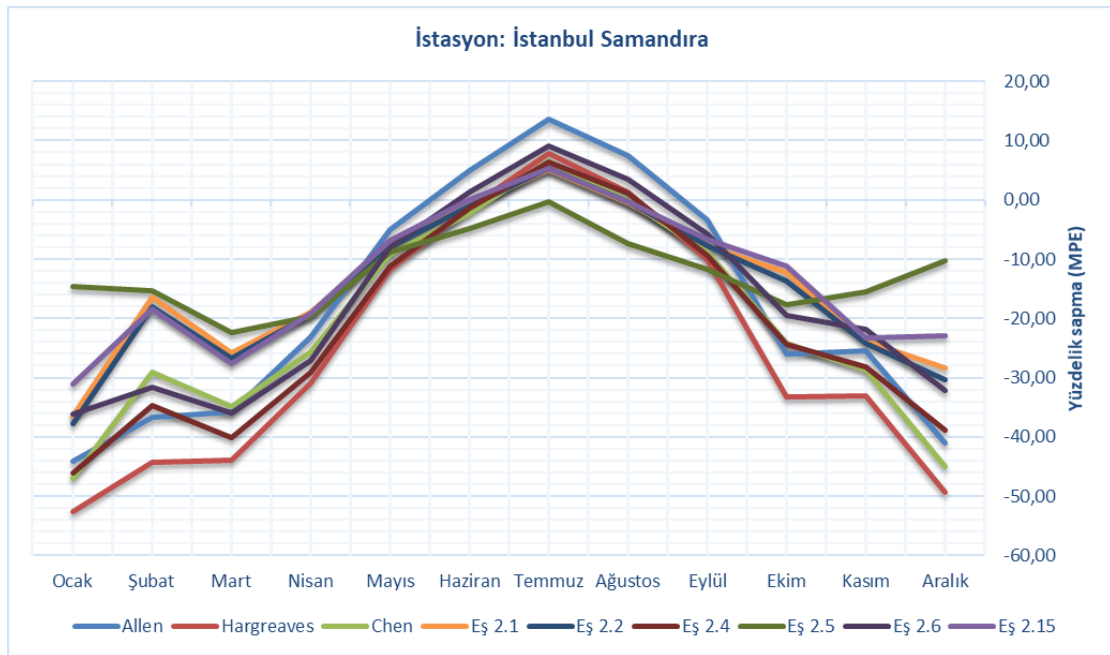
Sinop'ta yapılan uygulamalarda, literatürdeki modellerin uygulanması sonucunda bazı aylarda -50% civarında hatalar çıkmıştır. Özellikle bu değerler hava koşullarının karmaşık olduğu aylara denk gelmektedir. Karmaşık hava koşullarına sahip Karadeniz bölgesindeki diğer illerde de sonuçlar benzer çıkmıştır. Karmaşık hava koşullarına sahip ve şehir merkezi kıyıda olan Rize'de NSE değerleri daha düşük çıkmıştır. Karadeniz'de bulunan, fakat merkezi daha iç kesimde yer alan Artvin'de ise NSE değerleri daha

yüksek çıkmıştır. İç kesimlere gidildikçe tahmin modellerinin daha iyi çalıştığı sonucuna ulaşılmıştır.

Marmara Bölgesi için uygulamalar

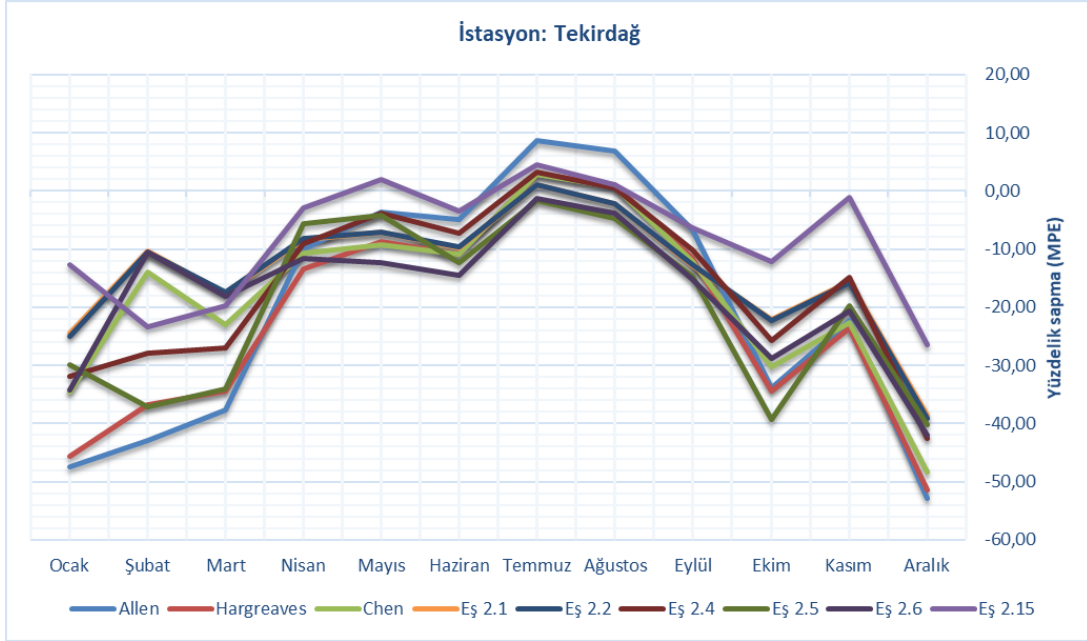
Marmara Bölgesi'nde kışları Akdeniz iklimi kadar ılık, yazları Karadeniz iklimi kadar yağışlı değildir. Karasal iklim kadar soğuk kış ve kurak yaz yaşanmamaktadır. Bu özelliklerden dolayı Marmara iklimi, karasal Karadeniz ve Akdeniz iklimleri arasında bir geçiş özelliği göstermektedir. Ocak ayı ortalama sıcaklığı 4,9 °C, Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 23,7 °C, yıllık ortalama sıcaklık ise 14,0 °C'dir [98].

İstanbul Samandıra'da bulunan istasyona yapılan uygulamalara ait aylık sapma sonuçları Şekil 2.18'de görülmektedir. Aylık MPE değerlerinin bazı aylarda literatürdeki modeller için yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle kış aylarında bu durum göze çarpmaktadır. Kış aylarında iklim koşullarının karmaşık ve bölgenin geçiş iklimine sahip olmasından dolayı aylık yüzdesel sapmanın yüksek olduğunu söylemek mümkündür. Eşitlik 2.1, 2.2 ve 2.15'in aylık sapmalar açısından daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Aynı şekilde bu modellerin toplam MPE değerlerinde de daha düşük sapmalar görülmektedir. Eşitlik 2.15'te ise RMSE değerleri düşüktür. Tez kapsamında oluşturulan modellerin NSE değerleri literatürdeki modellerden daha iyidir.

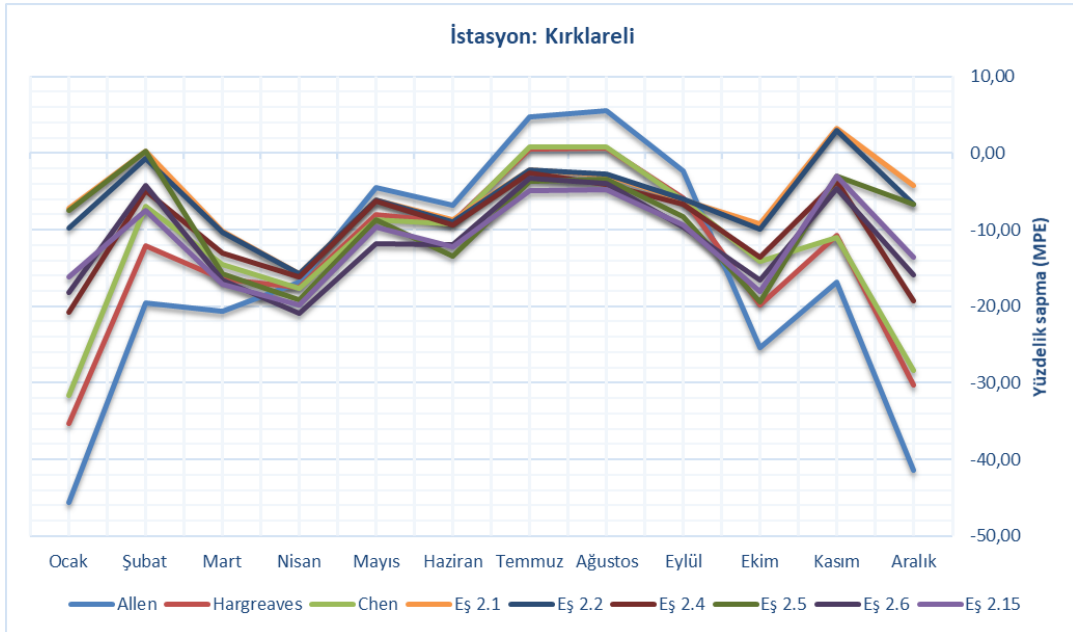


Şekil 2. 18 İstanbul için aylık hata analizlerinin grafiksel gösterimi

Bölgenin geçiş iklimine sahip olmasından dolayı iklim dinamiklerinin daha karmaşık olduğu bilinmektedir. Marmara Bölgesi için aylık MPE analizleri, sahil bandında yer alan Tekirdağ ve iç bölgelerde yer alan ve karasal iklim özellikleri gösteren Kırklareli için de incelenmiştir. Tekirdağ'a ait aylık sapmaların grafiksel gösterimi Şekil 2.19'da, Kırklareli'ye ait aylık sapmaların grafiksel gösterimi ise Şekil 2.20'de verilmiştir.



Şekil 2. 19 Tekirdağ için aylık hata analizlerinin grafiksel gösterimi



Şekil 2. 20 Kırklareli için aylık hata analizlerinin grafiksel gösterimi

Tekirdağ'da aylık sapmaların eğilimi İstanbul'daki uygulamalara benzerlik göstermektedir. Tekirdağ'da Marmara geçiş iklimi etkisinde olan bir kıyı şehridir. Kırklareli'de ise özellikle aylık MPE değerlerinde tez kapsamında oluşturulan modeller daha iyi sonuçlar vermiştir. Kırklareli daha iç kesimlerde bulunan ve karasal iklimin daha hakim olduğu iklim yapısına sahiptir. Tez kapsamında oluşturulan modellerin karasal iklim koşullarında daha iyi çalıştığı görülmektedir.

2.4 Modellerin Ölçüm Belirsizliği Analizleri

Tüm ölçüm ekipmanları gibi meteoroloji ölçüm cihazlarının da ulusal veya uluslararası standartlara izlenebilir olması gerekmektedir [100]. Doğruluğu en kaba ölçme faaliyetinden, primer standarda kadar kesintisiz olarak yapılan karşılaştırmalı ölçme işlemleri dizisine izlenebilirlik denir. Bir ölçümün izlenebilirliğini sağlamanın temel yöntemi, ölçüm cihazının kalibrasyonu veya referans malzemelerdir. Kalibrasyon ile bir ölçüm cihazının veya ölçüm sisteminin performansı ve performans özellikleri belirlenir. Bu işlem genellikle ölçüm standartları veya sertifikalı referans malzemeler ile sağlanır. Bu işlem sonucunda genellikle bir kalibrasyon sertifikası düzenlenir [101].

Genellikle bir fiziksel büyüklüğün direkt olarak ölçülemediği durumlarda, bu büyüklük diğer ölçülebilen büyüklüklerle arasındaki matematiksel ilişki ile elde edilir [102]. Tahmin modelleri de, diğer meteoroloji ölçüm parametrelerini kullanarak yer yüzeyine düşen güneş enerjisini hesaplamaktadır. Yatay yüzeye düşen güneş enerjisinin direkt olarak ölçüldüğü durumlarda ölçüm sisteminin kalibrasyon sertifikasına sahip olduğu ve yapılan ölçümün belirsizliğinin referans cihazın sertifikası vasıtası ile hesaplanabileceği bilinmektedir. Tahmin modelleri ile elde edilen değerlerin ölçüm belirsizlikleri matematiksel ilişkide yer alan diğer parametreleri ölçen cihazların ölçüm belirsizliği değerlerine bağlı olacaktır.

Belirsizlik, bir ölçüm sonucuyla ilişkili olarak, ölçülebilen değerlerin dağılımını karakterize eder. Ölçümün belirsizliği, ölçülen değer tam olarak bilinmemesini ve yapılan ölçümün hangi aralıklara denk geleceğini yansıtmaktadır. Belirsizliği ile birlikte ölçüm sonucu, ölçülebilen değer en iyi tahminidir. Bir ölçümde bilinmeyen sistematik etkilerden kaynaklanan hatalar ve rastgele hatalar ölçüm belirsizliğini oluşturur. Ölçüm

belirsizliğin analizi, ölçüm ve ölçümlerde kullanılan her türlü girdi parametresi için yapılmalıdır [102].

Ölçüm belirsizliği hesaplamalarında, dünya metroloji çevrelerince kabul gören ve yaygın olarak kullanılan GUM kılavuzundan yararlanılmıştır [102]. Ölçüm belirsizliği analizine başlarken, matematiksel modelleme yapılmalı ve türetilen parametrenin ölçüm girdileri tanımlanmalıdır. Bu tanımlama Eşitlik 2.33'teki gibi yapılabilir.

$$y = f(x_1, x_2, x_3 \dots x_n) \quad (2.33)$$

Bir y fonksiyonunun standart belirsizliği, x ile ifade edilmiş girdi büyüklüklerinin tahmini belirsizliklerinin kombinasyonudur. y 'nin standart kombine ölçüm belirsizliği $u_c(y)$ ile ifade edilmiştir ve matematiksel ifadesi Eşitlik 2.34'te görülmektedir. Birim dönüşümü sağlayan hassasiyet katsayıları C ile gösterilmiştir [102].

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) = \sum_{i=1}^N [C_i u(x_i)]^2 \quad (2.34)$$

Ölçüm belirsizliği hesaplamalarında, ölçümü etkileyen girdi büyüklükleri kombine edilirken aynı birime sahip olması gerekmektedir. Hassasiyet katsayıları birimler arasındaki dönüşümü gerçekleştirir ve tüm girdilerin aynı birimlere sahip olmasını sağlar. Hassasiyet katsayısı, türetilen ölçüm büyüklüğünün matematiksel fonksiyonunun girdi büyüklüğüne göre türevi ile elde edilir.

2.4.1 Literatürdeki Modellerin Ölçüm Belirsizliği Analizi

Literatürde yer alan ve teze konu olan tahmin modellerinin girdi parametreleri minimum ve maksimum hava sıcaklıklarıdır. Eşitlik 2.35'te belirtildiği şekilde modelleme yapmak mümkündür.

$$\frac{H}{H_0} = f(T_{\min}, T_{\max}) \quad (2.35)$$

Standart ölçüm belirsizliği ifadesi Eşitlik 2.36'da görülmektedir.

$$u_c^2\left(\frac{H}{H_0}\right) = \left[C_{\frac{H}{H_0}, T_{\max}} u(T_{\max}) \right]^2 + \left[C_{\frac{H}{H_0}, T_{\min}} u(T_{\min}) \right]^2 \quad (2.36)$$

Allen modeli

Allen modeli için maksimum sıcaklık girdisine bağlı hassasiyet katsayısı Eşitlik 2.37’de, minimum sıcaklığa bağlı hassasiyet katsayısı ise Eşitlik 2.38’de görülmektedir.

$$\left(C_{\frac{H}{H_0}, T_{\max}} \right)_{Allen} = \frac{\partial \left[\frac{H}{H_0} \right]}{\partial T_{\max}} = \frac{a}{2 \cdot \sqrt{T_{\max} - T_{\min}}} \quad (2.37)$$

$$\left(C_{\frac{H}{H_0}, T_{\min}} \right)_{Allen} = \frac{\partial \left[\frac{H}{H_0} \right]}{\partial T_{\min}} = - \frac{a}{2 \cdot \sqrt{T_{\max} - T_{\min}}} \quad (2.38)$$

Allen modeli için standart belirsizlik değerinin varyansı Eşitlik 2.39’da görülmektedir.

$$u_c^2 \left(\frac{H}{H_0} \right)_{Allen} = \left[\left(\frac{a}{2 \cdot \sqrt{T_{\max} - T_{\min}}} \right) \cdot u(T_{\max}) \right]^2 + \left[\left(- \frac{a}{2 \cdot \sqrt{T_{\max} - T_{\min}}} \right) \cdot u(T_{\min}) \right]^2 \quad (2.39)$$

Allen modeline ait belirsizlik bütçesi Çizelge 2.21’de görülmektedir.

Çizelge 2. 21 Allen modeli için tahmini ölçüm belirsizliği bütçesi

#	Büyüklik	Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği	Tahmini Dağılım	Bölen	Ölçümün standart belirsizliği	Hassasiyet katsayısı	Belirsizlik bütçesine katkısı
1	Maksimum Sıcaklık	$U(T_{\max})$	Normal	2	$u(T_{\max})$	$\frac{a}{2 \cdot \sqrt{T_{\max} - T_{\min}}}$	$u_{T_{\max}}$
2	Minimum Sıcaklık	$U(T_{\min})$	Normal	2	$u(T_{\min})$	$-\frac{a}{2 \cdot \sqrt{T_{\max} - T_{\min}}}$	$u_{T_{\min}}$
Toplam Standart Ölçüm Belirsizliği ($k=1$)						$\frac{u_{H/H_0}}{\sqrt{(u_{T_{\max}}^2 + u_{T_{\min}}^2)}}$	
Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği ($k=2$)						$2 * u_{H/H_0}$	

Hargreaves modeli

Hargreaves modelinin hassasiyet katsayıları Allen modeli ile benzer çıkmaktadır. Böylece Hargreaves modelinin standart belirsizlik hesaplanması da Allen modeli ile aynı olmaktadır.

Bristow-Campbell modeli

Bristow-Campbell modeline ait hassasiyet katsayıları Eşitlik 2.40 ve 2.41’de görülmektedir.

$$\left(C_{\frac{H}{H_0}, T_{\max}} \right)_{Bristow-Campbell} = \frac{\partial \left[\frac{H}{H_0} \right]}{\partial T_{\max}} = a \cdot b \cdot c \cdot (\Delta T)^{c-1} \exp(-b \Delta T^c) \quad (2.40)$$

$$\left(C_{H_0}^{H, T_{min}} \right)_{Bristow-Campbell} = \frac{\partial \left[\frac{H}{H_0} \right]}{\partial T_{min}} = -a \cdot b \cdot c \cdot (\Delta T)^{c-1} \exp(-b\Delta T^c) \quad (2.41)$$

Bristow-Campbell modeli için standart ölçüm belirsizliğinin varyansı Eşitlik 2.42’de görülmektedir.

$$u_c^2 \left(\frac{H}{H_0} \right)_{Bristow-Campbell} = [a \cdot b \cdot c \cdot (\Delta T)^{c-1} \exp(-b\Delta T^c) \cdot u(T_{max})]^2 + [-a \cdot b \cdot c \cdot (\Delta T)^{c-1} \exp(-b\Delta T^c) \cdot u(T_{min})]^2 \quad (2.42)$$

Bristow-Campbell modeline ait belirsizlik bütçesi Çizelge 2.22’de görülmektedir.

Çizelge 2. 22 Bristow-Campbell modeli için tahmini ölçüm belirsizliği bütçesi

#	Büyükölük	Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği	Tahmini Dağılım	Bölen	Ölçümün standart belirsizliği	Hassasiyet katsayısı	Belirsizlik bütçesine katkısı
1	Maksimum Sıcaklık	$U(T_{max})$	Normal	2	$u(T_{max})$	Eş. 4.21	$u_{T_{max}}$
2	Minimum Sıcaklık	$U(T_{min})$	Normal	2	$u(T_{min})$	Eş. 4.22	$u_{T_{min}}$
Toplam Standart Ölçüm Belirsizliği ($k=1$)						u_{H/H_0}	$\sqrt{(u_{T_{max}}^2 + u_{T_{min}}^2)}$
Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği ($k=2$)						U_{H/H_0}	$2 \cdot u_{H/H_0}$

Chen modeli

Chen modeli için maksimum sıcaklığı ile ilgili hassasiyet katsayısı Eşitlik 2.43’te görülmektedir.

Chen modeli için minimum hava sıcaklığı ile ilgili hassasiyet katsayısı Eşitlik 2.44’te görülmektedir.

$$\left(C_{H_0}^{H, T_{max}} \right)_{Chen} = \frac{\partial \left[\frac{H}{H_0} \right]}{\partial T_{max}} = \frac{a}{T_{max} - T_{min}} \quad (2.43)$$

$$\left(C_{H_0}^{H, T_{min}} \right)_{Chen} = \frac{\partial \left[\frac{H}{H_0} \right]}{\partial T_{min}} = -\frac{a}{T_{max} - T_{min}} \quad (2.44)$$

Chen modeline ait ölçüm belirsizliği modeli Eşitlik 2.45’te görülmektedir.

$$u_c^2 \left(\frac{H}{H_0} \right)_{Chen} = \left[\frac{a}{T_{max} - T_{min}} \cdot u(T_{max}) \right]^2 + \left[-\frac{a}{T_{max} - T_{min}} \cdot u(T_{min}) \right]^2 \quad (2.45)$$

Chen modeline ait belirsizlik bütçesi Çizelge 2.23’te görülmektedir.

Çizelge 2. 23 Chen modeli için tahmini ölçüm belirsizliği bütçesi

#	Büyüklik	Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği	Tahmini Dağılım	Bölen	Ölçümün standart belirsizliği	Hassasiyet katsayısı	Belirsizlik bütçesine katkısı
1	Maksimum Sıcaklık	$U(T_{\max})$	Normal	2	$u(T_{\max})$	$\frac{a}{T_{\max}-T_{\min}}$	$u_{T_{\max}}$
2	Minimum Sıcaklık	$U(T_{\min})$	Normal	2	$u(T_{\min})$	$-\frac{a}{T_{\max}-T_{\min}}$	$u_{T_{\min}}$
Toplam Standart Ölçüm Belirsizliği ($k=1$)						$\sqrt{(u_{T_{\max}}^2 + u_{T_{\min}}^2)}$	
Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği ($k=2$)						$2 \cdot u_{H/H_0}$	

Örnek Hesaplama

Bu kısımda ölçüm belirsizliğinin belirlenmesi amacıyla örnek bir hesaplama paylaşılacaktır. Örnek hesaplamalar Chen modeli için verilecektir. Bu modelde maksimum ve minimum sıcaklıklar girdi büyüklükleri olup, bu büyüklüklerin 0,4 °C genişletilmiş ölçüm belirsizliği ($k=2$) ile ölçüldüğü kabul edilmiştir. Bu değer ortam sıcaklığı ölçen cihazlar için olağan bir değerdir. Bu cihazların hassas iklimlendirme kabinleri kullanılarak yüksek doğruluklu referans cihazlarla kalibre edildiği düşünülürse bu değer daha da düşecektir.

Çizelge 2. 24 Chen modeli için örnek belirsizlik hesaplaması

İstasyon		Tarih	$T_{\max}$	$T_{\min}$	H	H_0	
Ankara		12.08.2010	36,1 °C	18,7 °C	26,27 MJ • m ⁻² • gün ⁻¹	39,79 MJ • m ⁻² • gün ⁻¹	
	Büyüklik	Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği	Tahmini Dağılım	Bölen	Ölçümün standart belirsizliği	Hassasiyet katsayısı	Belirsizlik bütçesine katkısı
1	Maksimum Sıcaklık	$U(T_{\max}) = 0,4$ °C	Normal	2	0,2 °C	0,01764	0,00353
2	Minimum Sıcaklık	$U(T_{\min}) = 0,4$ °C	Normal	2	0,2 °C	-0,01764	-0,00353
u_{H/H_0} Toplam Standart Ölçüm Belirsizliği ($k=1$)						0,005	
U_{H/H_0} Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği ($k=2$)						0,010	
u_H Toplam Standart Ölçüm Belirsizliği ($k=1$)						$0,005 \cdot H_0 \approx 0,20$ MJ • m ⁻² • gün ⁻¹	
U_H Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği ($k=2$)						$0,010 \cdot H_0 \approx 0,40$ MJ • m ⁻² • gün ⁻¹	

Buradaki örnekte Ankara meteoroloji istasyonundan alınan veriler kullanılacaktır. Örnek hesaplama gününde Chen modeli -%0,4 hata yapmıştır. Hesaplama kullanılan meteoroloji verileri ve belirsizlik bütçesi Çizelge 2.24'te görülmektedir. Ölçüm

belirsizliği değeri modellerin hatasından bağımsızdır ve ölçüm belirsizliği değeri ile modelin sapması birbiriyle karıştırılmamalıdır.

Geniştirilmiş ölçüm belirsizliği $0,40 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{gün}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Gelişmiş ekipmanla donatılmış istasyonlarda, yatay yüzeye düşen güneş ışıını ölçümü için ölçüm belirsizliği %1 civarındadır. Bu durumda, meteoroloji istasyonunda yatay yüzeye düşen güneş ışıını ölçümünde kullanılan bir piranometrenin ölçüm belirsizliği, bu örnek için $0,26 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{gün}^{-1}$ civarına denk gelmektedir. Direkt ölçüm yapan ekipmanların ölçüm belirsizliğinin, fonksiyon ile elde edilmiş bir değerin ölçüm belirsizliğinden düşük olması olağandır. Örnek hesaplamalarda sonuç şu şekilde elde edilmiştir; $H = (26.27 \pm 0.40) \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{gün}^{-1}$.

2.4.2 Geliştirilen Modellerin Ölçüm Belirsizliği Analizi

Tez kapsamında elde edilen modellere, ölçüm belirsizliği analizleri GUM'a göre uygulanmıştır.

Eşitlik 2.1, 2.2 ve 2.4 için model fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılmıştır.

$$\frac{H}{H_0} = f(T_{\min}, T_{\max}, RH) \quad (2.46)$$

Eşitlik 2.1

Model fonksiyona göre, matematiksel ifadeyi etkileyen büyüklüklerin, minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık ve bağıl nem olduğu görülmektedir. Birim dönüşümleri için hassasiyet katsayıları çıkartılırken bu büyüklükler esas alınmalıdır. Eşitlik 2.1'e ait hassasiyet katsayıları Eşitlik 2.47, 2.48 ve 2.49'da görülmektedir.

$$\left(C_{\frac{H}{H_0}, T_{\max}} \right)_{Eş.4.1} = \frac{\partial \left[\frac{H}{H_0} \right]}{\partial T_{\max}} = \frac{b}{2 \cdot \sqrt{T_{\max} - T_{\min}}} + \frac{d \cdot RH}{200 \cdot \sqrt{T_{\max} - T_{\min}}} + c \quad (2.47)$$

$$\left(C_{\frac{H}{H_0}, T_{\min}} \right)_{Eş.4.1} = \frac{\partial \left[\frac{H}{H_0} \right]}{\partial T_{\min}} = - \frac{100b + 200c + \sqrt{T_{\max} - T_{\min}} + d \cdot RH}{200 \cdot \sqrt{T_{\max} - T_{\min}}} \quad (2.48)$$

$$\left(C_{\frac{H}{H_0}, RH} \right)_{Eş.4.1} = \frac{\partial \left[\frac{H}{H_0} \right]}{\partial RH} = \frac{1}{100} (a + d \sqrt{T_{\max} - T_{\min}}) \quad (2.49)$$

Eşitlik 2.1'in belirsizlik hesabına ait matematiksel ifade Eşitlik 2.50'de görülmektedir.

$$u_c^2\left(\frac{H}{H_0}\right) = \left[C_{\frac{H}{H_0}, T_{\max}} u(T_{\max})\right]^2 + \left[C_{\frac{H}{H_0}, T_{\min}} u(T_{\min})\right]^2 + \left[C_{\frac{H}{H_0}, RH} u(RH)\right]^2 \quad (2.50)$$

Eşitlik 2.2

Ölçüm belirsizliği analizlerine ait hassasiyet katsayıları Eşitlik 2.2 için, Eşitlik 2.51, 2.52 ve 2.53'te görülmektedir.

$$\left(C_{\frac{H}{H_0}, T_{\max}}\right)_{Eş.4.2} = \frac{\partial\left[\frac{H}{H_0}\right]}{\partial T_{\max}} = \frac{b+2c\sqrt{T_{\max}-T_{\min}}+d\cdot\ln(RH)}{2\cdot\sqrt{T_{\max}-T_{\min}}} \quad (2.51)$$

$$\left(C_{\frac{H}{H_0}, T_{\min}}\right)_{Eş.4.2} = \frac{\partial\left[\frac{H}{H_0}\right]}{\partial T_{\min}} = \frac{-b-2c\sqrt{T_{\max}-T_{\min}}-\ln(RH)}{2\cdot\sqrt{T_{\max}-T_{\min}}} \quad (2.52)$$

$$\left(C_{\frac{H}{H_0}, RH}\right)_{Eş.4.2} = \frac{\partial\left[\frac{H}{H_0}\right]}{\partial RH} = \frac{1}{RH} (a + d\sqrt{T_{\max} - T_{\min}}) \quad (2.53)$$

Eşitlik 2.2 için toplam standart ölçüm belirsizliği hesabı Eşitlik 2.50'de görülmektedir.

Eşitlik 2.4

Eşitlik 2.4 için hassasiyet katsayıları Eşitlik 2.54, 2.55 ve 2.56'da görülmektedir.

$$\left(C_{\frac{H}{H_0}, T_{\max}}\right)_{Eş.4.4} = \frac{\partial\left[\frac{H}{H_0}\right]}{\partial T_{\max}} = a \cdot b \cdot [1 - \exp(-\Delta T^b)] \cdot (-\Delta T^{b-1}) \quad (2.54)$$

$$\left(C_{\frac{H}{H_0}, T_{\min}}\right)_{Eş.4.4} = \frac{\partial\left[\frac{H}{H_0}\right]}{\partial T_{\min}} = -a \cdot b \cdot [1 - \exp(-\Delta T^b)] \cdot (-\Delta T^{b-1}) \quad (2.55)$$

$$\left(C_{\frac{H}{H_0}, RH}\right)_{Eş.4.4} = \frac{\partial\left[\frac{H}{H_0}\right]}{\partial RH} = c \quad (2.56)$$

Standart ölçüm belirsizliği ise Eşitlik 2.50'deki gibi hesaplanabilir. Eşitlik 2.15 için de model fonksiyon Eşitlik 2.1 ile benzerdir. Eşitlik 2.5 ve 2.6 için ise model fonksiyon aşağıdaki gibi yazılmıştır. Ardından ise hassasiyet katsayıları buraya kadar anlatılan yöntem ile çıkartılabilecektir.

$$\frac{H}{H_0} = f(T_{\min}, T_{\max}, RH_{\min}, RH_{\max}) \quad (2.57)$$

Örnek Hesaplama

Eşitlik 2.4 için bir örnek hesaplama yapılacaktır. Eşitlik 2.4'ün model fonksiyonunda girdi büyüklükleri maksimum, minimum hava sıcaklığı ve bağıl nem parametreleridir. Bu parametrelere ait genişletilmiş ölçüm belirsizliği değerleri sıcaklık ölçümleri için 0,4 °C, bağıl nem ölçümleri için ise 0,7 %rh şeklinde alınmıştır.

Örnek hesaplama gününe ait meteorolojik veriler ve belirsizlik bütçesi Çizelge 2.25'te görülmektedir. Örnek hesaplama gününde Eşitlik 2.4 -%0,3 hata yapmıştır.

Çizelge 2. 25 Eşitlik 2.4 için örnek belirsizlik hesaplaması

İstasyon		Tarih	$T_{\max}$	$T_{\min}$	RH	H	H_0
Ankara		18.05.2011	25,7 °C	12,3 °C	47,4 %rh	23,95 MJ • m ⁻² • gün ⁻¹	42,30 MJ • m ⁻² • gün ⁻¹
#	Büyüklik	Geniştirilmiş Ölçüm Belirsizliği	Tahmini Dağılım	Bölen	Ölçümün standart belirsizliği	Hassasiyet katsayısı	Belirsizlik bütçesine katkısı
1	Maksimum Sıcaklık	$U(T_{\max}) = 0,4\text{ °C}$	Normal	2	0,2 °C	0,018	0,003598
2	Minimum Sıcaklık	$U(T_{\min}) = 0,4\text{ °C}$	Normal	2	0,2 °C	-0,018	-0,003598
3	Bağıl Nem	$U(RH) = 0,7\text{ %rh}$	Normal	2	0,35 %rh	-0,002	-0,0007
U_{H/H_0} Toplam Standart Ölçüm Belirsizliği (k=1)						0,005	
U_{H/H_0} Geniştirilmiş Ölçüm Belirsizliği (k=2)						0,010	
U_H Toplam Standart Ölçüm Belirsizliği (k=1)						0,005 • $H_0 \approx 0,22\text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{gün}^{-1}$	
U_H Geniştirilmiş Ölçüm Belirsizliği (k=2)						0,010 • $H_0 \approx 0,44\text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{gün}^{-1}$	

Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen değer, iyi bir piranometrenin genişletilmiş ölçüm belirsizliğı değerinden yüksek çıkmıştır. Bunun beklenen bir durum olduğundan önceki kısımlarda bahsedilmiştir. Örnekte hesaplanan ölçüm belirsizliğı değeri ölçümü yapılan büyüklüğün yaklaşık olarak %1,8'ine tekabül etmektedir.

Eşitlik 2.4 için yapılan örnek hesaplamalarda elde edilen sonucu şu şekilde belirtmek mümkündür; $H = (23,95 \pm 0,44)$ MJ • m⁻² • gün⁻¹. Tahmin modellerinin ölçüm cihazlarından kaynaklanan belirsizliklerinin, modellerin performansını yüksek derecede etkilemeyeceğı görülmektedir.

2.5 Parametre Etki Analizleri

Bu bölümde, tez kapsamında oluşturulan modellerde yer alan parametrelerin modellere etkisi incelenmiştir. Ölçülen meteorolojik parametrelerin, modeller sonucu hesaplanan değere etkilerinin tespit edilmesi maksadıyla, parametre etki analizi yapılmıştır. Modellerde yer alan her bir parametrenin değeri %10 arttırılarak, diğer parametreler değiştirilmeksizin, yeryüzüne düşen toplam güneş ışınımında oluşan ortalama tahmini yüzdelik değişim gözlenmiştir. Parametre etki analizi sonuçları Çizelge 2.26’da verilmiştir.

Eşitlik 2.1, Eşitlik 2.2 ve Eşitlik 2.4’te yer alan bağıl nem ve günlük maksimum ve minimum sıcaklıklar arasındaki fark değerleri %10 arttırılmış olup, karşılığında yer yüzeyine düşen toplam güneş ışınımı değerinin ortalama tahmini yüzdelik değişimi gözlenmiştir. Eşitlik 2.1 ve 2.2 regresyon işlemleri sonucu oluşturulmuş deneysel modeller olup, bu modellerde bağıl nem ve sıcaklık farklarının benzeri oranlarda etkiler gösterdiği görülmektedir. Bağıl nemin artması ile birlikte, atmosferdeki geçirgenliğin azalması yer yüzeyin düşen güneş ışınımını da azaltmakta, gün içi sıcaklık varyasyonlarının artması ise yer yüzeyine düşen ışınım değerini benzer oranlarda arttırmıştır. Eşitlik 2.4’te ise bağıl nemin model üzerindeki etkisi göreceli olarak daha düşükken, sıcaklık varyasyonlarının etkisi kısmen daha yüksek çıkmıştır.

Eşitlik 2.25’te minimum, maksimum bağıl nem ve sıcaklık varyasyonları %10 arttırılmış ve hesaplanan değerlerdeki değişim izlenmiştir. Eşitlik 2.5’te bağıl nemde oluşan varyasyonlar tek başına yer yüzeyine düşen toplam güneş ışınımını güçlü bir şekilde ifade etmiştir. Eşitlik 2.6’da ise sıcaklık varyasyonlarının daha yüksek etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Buckingham teoremi ile oluşturulan Eşitlik 2.32’de yatay görüşü ifade eden parametre en yüksek etkiye sahipken, sıcaklık varyasyonları ve yağışa dönüşebilir su miktarının da güneş ışınımı üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

Tahmin modellerinde, geçirgenlik ile ilgili parametreler yer almıyorsa, sıcaklık varyasyonlarının modellerde etkisinin yüksek olduğu, geçirgenlikle ilgili (nem varyasyonları, kirlilik, görüş vb.) parametreler mevcut ise bu parametrelerin hesaplanan değer üzerinde etkisinin yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 2. 26 Modeller için parametre etki analizi sonuçları

Model	10% arttırılan parametre	H'da oluşan beklenen ortalama tahmini yüzdelik değişim
Eşitlik 4.1	RH	- %6,3
	ΔT	%5,4
Eşitlik 4.2	RH	- %5,5
	ΔT	%5,5
Eşitlik 4.4	RH	- %3,0
	ΔT	%5,4
Eşitlik 4.5	RH_{min}	- %8,1
	RH_{max}	%7,3
	ΔT	%0,1
Eşitlik 4.6	RH_{min}	- %2,7
	RH_{max}	%2,5
	ΔT	%4,4
Eşitlik 4.32	ΔT	%7,0
	$Vis_{max} + Vis_{min}$	%13,5
	w	%8,7

MODELLERİN KATSAYILARININ GENELLEŞTİRİLMESİ

Bu bölüme kadar farklı istasyonlar için tahmin modellerine ait deneysel katsayılar belirlenmiş, bu katsayılar kullanılarak uygulamalar yapılmış ve hata analizleri paylaşılmıştır. Bu bölümde, modellere ait katsayılar Türkiye coğrafyası için genelleştirilmiştir, sabit katsayıların Türkiye coğrafyasında kullanımının performansına bakılmıştır.

3.1 Eşitlik 2.1 ve Eşitlik 2.2 için Katsayıların Genelleştirilmesi

Eşitlik 2.1 ve 2.2 için katsayılar genelleştirilirken enlem boylam ve yükseklik parametreleri ile katsayılar arasında ilişki kurulmuştur. Oluşturulan yeni katsayılar kullanılarak yapılan hata analizlerinde daha yüksek hatalara rastlanılmıştır. Enlem, boylam, yükseklik gibi coğrafi parametreler ile deneysel katsayılar arasında kurulan ilişkinin Eşitlik 2.1 ve 2.2 için kullanışlı olmadığı görülmüştür.

İstasyonlara ait veriler toparlanarak 90.000 satıra yakın veri derlenmiş ve analiz edilmiştir. Her bir satır veri bir istasyona ait bir günlük ölçümü ifade etmektedir. Bu verilere MATLAB ortamında işlemler uygulanmış ve Türkiye coğrafyası için ortak katsayılar elde edilmiştir. Eşitlik 2.1 ve 2.2 için Türkiye coğrafyası için ortaklaştırılmış katsayılar Çizelge 3.1’de görülmektedir.

Çizelgede verilen katsayılar kullanılarak, Türkiye coğrafyası için hata analizleri uygulanmıştır. Hata analizleri EK-D’de verilmiştir. İstasyonlar için özel olarak tek tek çıkartılmış katsayılar kullanılarak elde edilen sonuçların, ortaklaştırılmış katsayılar kullanılarak elde edilen sonuçlardan daha yüksek doğrulukta olduğu görülmektedir.

NSE değerleri bazı istasyonlar için az miktarda düşerken, bazı istasyonlar için ise bu değerler fazlaca düşmüştür. Örneğin Aksaray, Afyonkarahisar, Ankara, Diyarbakır gibi karasal iklimin hkim olduğu yerlerde NSE değerleri daha yüksek çıkmıştır ve istasyonlara ait tekil katsayılar kullanılarak elde edilen sonuçlar ile aralarında yüksek farklar bulunmamaktadır. Özellikle kuzey bölgelerinde yer alan iller için hataların yüksek olduğu ve NSE değerlerinin tekil katsayılar ile yapılan uygulamalara göre daha düşük çıktığı görülmektedir. rnek olarak, Rize, Sinop ve Bartın için sonuçlar uyumsuz görünürken, Artvin’de sonuçların daha iyi çıktığı görülmektedir. Artvin’in meteoroloji istasyonu iç kesimlerde yer almaktadır.

Çizelge 3. 1 Eşitlik 2.1 ve Eşitlik 2.2’ye ait ortaklaştırılmış katsayılar

#	a	b	c	d	e
Eş. 2.1	-0,6136	0,1503	-0,0187	0,1179	0,3883
Eş. 2.2	-0,4382	-0,1887	-0,0149	0,0957	1,8271

Kısa ve uzun dönem dönem performanslara dair fikir veren MBE ve RMSE değerlerinin de tekil katsayılar kullanılarak elde edilen sonuçlardan daha yüksek çıktığı görülmektedir. MPE değerlerinde ise Sinop ve Rize illerinde yüksek hatalara rastlanmaktadır. NSE değerlerinin istisnalar dışında 0,70 değerinin altına düşmediği ve MPE analizi hata sonuçlarının ise kuzeyde yer alan bazı istasyonlar için birkaç uygulamada yükseldiği, fakat bunun dışında ise -%20 bandını aşmadığı görülmektedir. NSE değerlerinin 0,85’lerin üzerine çıktığı ve MPE değerlerinin -%10’larda seyrettiği uygulamaların sayısı fazladır.

3.2 Eşitlik 2.4 için Katsayıların Genelleştirilmesi

Eşitlik 2.4 için katsayılar bu bölümde genelleştirilmış, katsayıların coğrafi veriler yardımı ile çıkarımı için matematiksel eşitlikler önerilmiştir.

a katsayısı, yüksekliğe bağlı olan atmosfer basıncı ile ilişkilendirilmiştir. Eşitlik 2.4’n katsayılarını ortaklaştırmak için, a katsayısı atmosfer basıncına bağlı bir şekilde Eşitlik 3.1’deki gibi ifade edilmiştir.

$$a_{Eş.4.4} = -0,2304 \left(\frac{P}{P_0} \right)^{1,689} \quad (3.1)$$

Standard Atmosphere’de yüksekliğe bağı olarak basınç oranları tablo olarak verilmiştir, basınç oranları Çizelge 5.2’de görülmektedir [4, 95].

Çizelge 3.2’de yer alan basınç oranları yüksekliğe bağı olarak matematiksel ifadeye dönüştürülmüştür. İki farklı matematiksel ifade oluşturulmuştur, birinci ifade daha yalın iken ikinci ifade daha karmaşıktır ve daha yüksek doğrulukla çalışmaktadır. Bu iki matematiksel ifadenin verdiği sonuçların arasındaki farklar, a katsayısının hesabı için düşük etkiye sahiptir. Basınç oranlarını veren matematiksel ifadeler Eşitlik 3.2 ve 3.3’te görülmektedir (z: istasyonun deniz seviyesinden yüksekliğini ifade etmektedir).

Çizelge 3. 2 Yüksekliğe göre atmosfer basıncı oranları

Yükseklik (m)	Basınç (hPa)	Basınç Oranı (P/P ₀)
3048	697	0,6877
2743	724	0,7148
2438	753	0,7428
2134	782	0,7716
1829	812	0,8014
1524	843	0,8320
1219	875	0,8637
914	908	0,8962
610	942	0,9298
305	977	0,9644

$$\left(\frac{P}{P_0}\right) = 1 - 1,1 \cdot 10^{-4} \cdot z \quad (3.2)$$

$$\left(\frac{P}{P_0}\right) = (1 - 2,25577 \cdot 10^{-5} \cdot z)^{5,25588} \quad (3.3)$$

Eşitlik 2.4’ün b katsayısının hesaplanması için MATLAB yardımı ile oluşturulmuş matematiksel ifade Eşitlik 3.4’te görülmektedir.

$$b_{E\grave{s}.4.4} = 0,5588 \cdot a_{E\grave{s}.4.4} + 0,2807 \quad (3.4)$$

Eşitlik 2.4’e ait c katsayısı enlem ve boylam parametreleri ile ifade edilmiştir, söz konusu ifade Eşitlik 3.5’te görülmektedir.

$$c_{E\grave{s}.4.4} = 0,0001042 \cdot \lambda^{0,5} - 0,00266 \cdot \frac{\phi}{\lambda} \quad (3.5)$$

Paylaşılan eşitlikler kullanılarak deneysel katsayılar elde edilmiş ve hata analizleri yapılmıştır. Hata analizlerinin sonuçları EK-E’de görülmektedir. EK-E’de yer alan analiz sonuçlarının, istasyonlara ait tekil katsayılarla yapılan uygulamalara göre daha yüksek hatalar verdiği görülmektedir. Bu durum olağandır. Yapılan uygulamalar için, NSE değerleri genellikle 0,75’ten büyük çıkmıştır. Afyon, Muğla’da NSE değerleri 0,88 mertebelerine ve Ankara, Antalya’da da 0,87 mertebelerine ulaşmıştır. NSE hata analizleri, ölçülen değerler ile modeller sonucu elde edilen değerler arasındaki uyumu göstermektedir. Bu değerler, katsayı çıkartmak için kullanılan ve modelleri ortaklaştıran matematiksel ifadelerin başarılı bir şekilde çalıştığını göstermektedir. Bu durum, tüm istasyonlar için durum aynı değildir. Özellikle Karadeniz bölgesinde yer alan bazı istasyonlarda NSE değerleri düşük çıkmıştır. Bu bölgelerde iklim koşulları daha karmaşıktır, sık sık bulutlanmaların olduğu bölgelerde tahmin modelleri genel olarak daha yüksek hatayla çalışmaktadır. Katsayıların çıkartılması için verilen denklemler kullanılarak elde edilen sonuçlarda da bu durum görülmektedir. Kısa dönem ve uzun dönem performansları gösteren MBE ve RMSE değerlerinin ortaklaştırılmış katsayılarla elde edilen sonuçlarda daha yüksek olduğu görülmektedir. Her bir istasyonun özelinde analiz yapılarak elde edilmiş katsayıların kullanılması, kısa dönem ve uzun dönem performans açısından daha doğru sonuçlar verecektir.

3.3 Eşitlik 2.5 için Katsayıların Genelleştirilmesi

Eşitlik 2.5 için katsayıların genelleştirilmesi işlemi yapılırken, matematiksel eşitlikler coğrafi özelliklere bağlı olarak verilmiştir. Deneysel katsayılardan, a katsayısı için MATLAB yardımıyla türetilen matematiksel ifade Eşitlik 3.6’da görülmektedir.

$$a_{E\$,4.5} = -6,373 \cdot \exp\left(-2,995 \cdot \frac{P}{P_0}\right) \quad (3.6)$$

Eşitlik 2.5’e ait b katsayısının ise a katsayısı ile hesaplanmıştır. Eşitlik 3.7’de b katsayısına ait matematiksel ifade görülmektedir, c katsayısına ait matematiksel ifade ise Eşitlik 3.8’de görülmektedir.

$$b_{E\$,4.5} = 0,534 \cdot a_{E\$,4.5} + 0,2487 \quad (3.7)$$

$$c_{E\$,4.5} = 26,47 - 28,1 \cdot \frac{P}{P_0} - 0,966 \cdot \varnothing + 0,241 \cdot \lambda + 1,003 \cdot \frac{P}{P_0} \cdot \varnothing - 0,2458 \cdot \frac{P}{P_0} \cdot \lambda \quad (3.8)$$

Verilen matematiksel denklemler kullanılarak her bir istasyon için katsayılar elde edilmiştir. Fakat bu denklemler ile elde edilen sonuçlar bazı bölgeler için tatmin edici görünmemektedir. Bazı bölgelerde ise sonuçlar uygundur. Eşitlik 2.5 için katsayıların ortaklaştırılması ile tekil katsayılar kullanılarak elde edilen sonuçlar arasında farklılıklar bulunmaktadır. Tekil katsayılar daha iyi sonuçlar vermiştir. Aynı zamanda Eşitlik 2.4'e ait katsayıların ortaklaştırılması ile elde edilen sonuçların Eşitlik 2.5'ten daha iyi olduğu görülmektedir. Eşitlik 2.5'in katsayılarının ortaklaştırılmasında Rize ve Hakkari için ortalama yüzde hataların %70 ile %80'lere ulaştığı görülmektedir. Eşitlik 2.5 için bu ortaklaştırma yerine her istasyona ait tekil katsayıların kullanılması tavsiye edilmektedir. Eşitlik 4.5'e dair katsayıların ortaklaştırılması ile ilgili hata analiz sonuçları EK-F'de verilmiştir.

3.4 Eşitlik 2.15 için Katsayıların Genelleştirilmesi

Buckingham teoremi yardımıyla elde edilmiş Eşitlik 2.15'e ait katsayıların genelleştirilmesi işlemi, 90000 civarında veri satırı kullanılarak MATLAB yardımıyla yapılmıştır. İşlemler sonucunda elde edilen katsayılar tüm Türkiye için kullanılacaktır. Bu katsayılar Çizelge 3.3'te görülmektedir.

Çizelge 3. 3 Eşitlik 2.15 için ortaklaştırılmış katsayılar

#	a	b	c	d	e	g	h	w	q
Eş. 4.15	0,1614	0,2802	0,6372	0,21	-0,145	-0,009459	-0,00654	0,2505	2,735

Çizelgede verilen katsayılar kullanılarak uygulamalar yapılmıştır. Eşitlik 2.15 için bu katsayılar kullanılarak yapılan uygulamalara ait hata analizleri EK-G'de verilmiştir.

Uygulamalara ait NSE değerleri uyumlu görünmektedir. NSE değerleri düşük olan illerde ise tekil katsayılar kullanılarak elde edilen sonuçlarda da NSE değerleri düşüktür. Yüzdelik hatalarda ise bazı illerde sonuçların yüksek hatalar içerdiği görülmektedir. Bu durum, özellikle Karadeniz illeri için geçerlidir. Ayrıca RMSE ve MBE değerlerinde tekil katsayıların kullanımına nazaran hataların arttığı görülmektedir. Fakat buna rağmen RMSE değerleri birkaç istasyon hariç gayet anlamlı görünmektedir. Burada elde edilen katsayılar kullanılarak, Türkiye coğrafyasında tahmininin kısa dönem performans açısından verimli bir şekilde yapılabileceği görülmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye’de yer yüzeyin gelen güneş enerjisinin tahminine dair genelleştirilmiş bir modele ve kapsamlı bir uygulamaya literatürde rastlanmamıştır. Literatürde yer alan çalışmalar genellikle kısıtlı ve dar bölgelerde yapılmıştır. Genellikle, bir araştırmacı bir bölgede bir uygulama yapmış, başka bir araştırmacı ise bu uygulamayı farklı bir coğrafya için katsayılarını çıkartarak geliştirmiş ve kullanmıştır. Çoğu durumda, araştırmacı bir tahmin modelini seçerek uygulamanın yapılacağı bölge için uygulayıp kalibre ederek modeli kullanılabilir hale getirmektedir. Bu durum, zahmetli işlemler silsilesini beraberinde getirmektedir.

Tez kapsamında, dünyadaki meteorolojik verilerle de doğrulamalar yapılarak yeni modeller geliştirilmiştir. Modellerin geliştirilmesinde, MATLAB, Minitab ve Mathematica gibi matematiksel araçlar kullanılmıştır.

Tez kapsamında oluşturulan modeller dünyadaki bazı coğrafyalar ve Türkiye için geniş bir bölgede uygulanmış ve kalibre edilmiştir. Ayrıca, literatürde yer alan Allen, Hargreaves, Bristow-Campbell ve Chen modelleri için de uygulamalar yapılmış, bu modeller ile tez kapsamında geliştirilen Eşitlik 2.1, 2.2, 2.4, 2.5, 2.15 ve 2.32’de verilen modeller hataları açısından kıyaslanmıştır. Hata analizlerinde, kısa dönem performans, uzun dönem performans, modellerin elde ettiği sonuçlar ile ölçülen değerler arasındaki uyum, yüzdelik hata ve aylık yüzdelik hatalar göz önünde bulundurulmuş, MPE, MBE, RMSE ve NSE metotları kullanılmıştır.

Tez kapsamında geliştirilen modeller Çizelge 4.1’de, modellere ait örnek hesaplamalar ise EK-H’de verilmiştir.

Çizelge 4. 1 Tez kapsamında oluşturulan modeller

Model	Matematiksel ifade
Eşitlik 2.1	$\frac{H}{H_0} = a \left(\frac{RH}{100} \right) + b(T_{max} - T_{min})^{0.5} + c(T_{max} - T_{min}) + d \left(\frac{RH}{100} \right) (T_{max} - T_{min})^{0.5} + e$
Eşitlik 2.2	$\frac{H}{H_0} = a \cdot \ln(RH) + b(T_{max} - T_{min})^{0.5} + c(T_{max} - T_{min}) + d(T_{max} - T_{min})^{0.5} \cdot \ln(RH) + e$
Eşitlik 2.4	$\frac{H}{H_0} = a \cdot [1 - \exp(-\Delta T^b)] + c \cdot RH$
Eşitlik 2.5	$\frac{H}{H_0} = a \cdot [1 - \exp(\{e_s \cdot (T_{max} - T_{min})^{0.5}\}^b)] + c \cdot \frac{RH_{min}}{RH_{max}}$
Eşitlik 2.6	$\frac{H}{H_0} = a \cdot [1 - \exp(\{T_{max} - T_{min}\}^{0.5b})] + c \cdot (T_{max} - T_{min})^{0.5} \cdot \frac{RH_{min}}{RH_{max}} + d \cdot (T_{max} - T_{min})^{0.5}$
Eşitlik 2.15	$\frac{H}{H_0} = q \cdot \left[a \cdot \left(1 - \exp \left(\left(100 \cdot \frac{\tau}{RH} \right)^b \right) \right) + c \cdot \left(100 \cdot \frac{\tau}{RH} \right)^d + e \cdot \cos \left(\left(100 \cdot \frac{\tau}{RH} \right) \cdot w \right) + g \cdot \cos \left(\left(\frac{T_{min}}{\Delta T} \right) \cdot w \right) + h \cdot \sin \left(\left(\frac{T_{min}}{\Delta T} \right) \cdot w \right) \right]$
Eşitlik 2.32	$\frac{H}{H_0} = \left[a \cdot \left(\frac{T_{min}}{\Delta T} \right)^c + b \cdot \exp \left[d \cdot \frac{z \cdot (Vis_{max} + Vis_{min})}{2 \cdot 10^{12} \cdot l \cdot w} \right] \right] \cdot 10^{-3}$

Türkiye için modellerin kaç istasyonda en iyi sonucu verdiğini görmek tablolarla mümkün olacaktır. Hataların kıyaslandığı tablo Çizelge 4.2’de görülmektedir. İlgili çizelgede ismi yer alan modelin, bir istasyonda en iyi sonucu verdiğini görmek mümkündür. Eğer birden fazla model bir istasyonda en iyi sonucu verdiyse ilgili modellerin hanesine artı yazılmıştır. Bu değerlendirmeye Eşitlik 2.32 dahil edilmemiştir. Eşitlik 2.32 için uygulama yapılan meteoroloji istasyonu sayısı diğer modellere kıyasla daha azdır. Bunun sebebi, daha az sayıda istasyonda yatay görüş verisine ulaşılmış olmasıdır.

Çizelge 4. 2 Modellerin hata analizleri açısından en iyi sonucu verme sayıları

	Allen	Hargreaves	Bristow-Camp.	Chen	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6	Eş. 2.15
MPE					28	6	2	1	3	5
MBE	9	7	3	2	19	5	1	4	6	8
RMSE										45
NSE		4	6	3	42	42	5	1	7	10

MBE analizlerinde Allen modelinin 9 istasyonda, Hargreaves modelinin ise 7 istasyonda en iyi sonucu verdiği görülmektedir. MBE analizlerinde, Bristow-Campbell ve Chen modeli için ise bu sayı üç ve ikidir. MBE analizinde Eşitlik 2.1 19 istasyonda en iyi sonucu vermiştir. Bu konuda en iyi sonucu veren modelin Eşitlik 2.1 olduğu görülmektedir. Eşitlik 2.15 ise MBE analizlerinde 8 defa en iyi sonucu vermiştir. Eşitlik 2.2 için en iyi sonuç verme sayısı 5 görünse de, bu modelin MBE değerleri genellikle Eşitlik 2.1’e yakın çıkmıştır.

Uzun dönem performansa dair bilgi veren MBE değeri için en iyi sonucu veren model Eşitlik 2.1'dir. Eşitlik 2.1 uzun dönemde yer yüzeyine düşen güneş ışınımını ifade etmek için uygun bir modeldir.

NSE hata analizi, modeller kullanılarak elde edilen sonuçlar ile ölçülen değerler arasındaki uyumu ifade etmektedir. NSE analizlerinde, bazı istasyonlarda bazı modeller aynı değerleri vermiştir. Bu durumda en yüksek değeri veren birden fazla modelin hanesine artı puan kaydedilmiştir. Çizelge 4.2 incelendiğinde, Eşitlik 2.1 ve 2.2'nin NSE açısından iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Literatürdeki modellerden en fazla iyi sonucu veren modelin, 6 defa ile Bristow-Campbell olduğu görülmektedir. Fakat bu 6 en yüksek NSE değeri, ilgili istasyonlarda diğer modellerin bazılarının NSE değerleri ile eşittir. Örneğin; bir istasyonda NSE değeri Bristow-Campbell modeli için 0,86 iken, Eşitlik 2.1, 2.2 için de bu değer 0,86'dır. Literatürdeki diğer modellerin en iyi NSE değerleri için de durum benzerdir. Eşitlik 2.15'in de NSE değerleri açısından iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

Kısa dönem performansı veren RMSE değerleri için tüm istasyonlarda Eşitlik 2.15 iyi sonuçlar vermiştir. Kısa dönem performans açısından kıyaslanan modeller içinde Eşitlik 2.15 öndedir. Eşitlik 2.15, anlık tahminde başarılı bir modeldir. Buradaki tablolarda yer almasa da, Eşitlik 2.32 de RMSE açısından başarılı bir modeldir.

Yüzdesel sapmaları veren MPE analizlerinde ise literatürde yer alan hiçbir model en iyi sonucu verememiştir. Tüm uygulamalarda en iyi sonuçları tez kapsamında elde edilen modellerin verdiği görülmektedir. En iyi sonucu verme sayıları; Eşitlik 2.1 için 28, Eşitlik 2.2 için 6, Eşitlik 2.4 için 2, Eşitlik 2.5 için 1, Eşitlik 2.6 için 3, Eşitlik 2.15 için ise 5'tir. Bazı durumlarda Eşitlik 2.1 ve 2.2'nin değerleri birbirine çok yakındır, fakat Eşitlik 2.1 küçük bir farklı daha iyi sonuçlar vermiştir. Eşitlik 2.32'nin de MPE açısından tatmin edici sonuçlar verdiği görülmektedir.

Özetlemek gerekirse; Eşitlik 2.1, yüzdelik sapmalar ve uzun dönem performans açısından başarılı sonuçlar vermiştir. Eşitlik 2.2 için de durumun benzer olduğu görülmektedir. Eşitlik 2.15 ise kısa dönem performans açısından başarılıdır. Ölçülen değerler ve modeller sonucu değerler arasındaki uyumun Eşitlik 2.1, Eşitlik 2.2 ve Eşitlik 2.15 için iyi olduğu görülmektedir. Eşitlik 2.32 de RMSE açısından başarılı sonuçlar

vermiştir. Buckingham teoremi yardımıyla elde edilen iki model de kısa dönem performans açısından iyi sonuçlar vermiştir.

Buraya kadar en iyi sonuçları veren modellerden bahsedilmiştir. Modellerin değerlendirilmesi açısından modellerin kötü performans verdiği durumlar da incelenmiş, MPE analizlerinde %20’den fazla hata yaptığı sayıları aylık ve toplam MPE değerleri için Çizelge 4.3’te verilmiştir.

Çizelge 4. 3 Modellerin yüksek yüzdeler hata verme sayıları

		Toplam MPE	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Allen	-20% ~ -30%	4	10	7	12	7			1		1	6	11	16
	-30% ~ -40%	1	8	8	3	2	1					1	6	4
	-40% ~ -50%		12	2	2							2		6
	> -50%		5		1									3
Hargreaves	-20% ~ -30%	5	5	8	6	3	1		2	1	1	3	8	11
	-30% ~ -40%	1	10	3	2	3						2	7	4
	-40% ~ -50%		5	3	4							1		5
	> -50%		6		1							1		3
Bristow - Campbell	-20% ~ -30%	4	5	4	5	5	5		2	1	1	5	12	2
	-30% ~ -40%		3	2	3	2						1		1
	-40% ~ -50%		3											3
	> -50%				1							1		2
Chen	-20% ~ -30%	4	8	7	2	4			2	1	1	1	9	3
	-30% ~ -40%		4	2	5	1						1	1	2
	-40% ~ -50%		6		1									4
	> -50%		1		1							1		1
Eş. 2.1	-20% ~ -30%	3	3	5	3	1	1		3	1	1	2	8	
	-30% ~ -40%		2	1	4	2						1	1	2
	-40% ~ -50%		3											2
	> -50%											1		2
Eş. 2.2	-20% ~ -30%	2	2	4	4		1		3	1		1	8	
	-30% ~ -40%		4	1	3	2					1	1	1	3
	-40% ~ -50%		2											1
	> -50%											1		2
Eş. 2.4	-20% ~ -30%	3	8	8	3	2	1		2		2	5	9	8
	-30% ~ -40%		6	1	2	2							3	3
	-40% ~ -50%		7	2	4									3
	> -50%		2									1		2
Eş. 2.5	-20% ~ -30%	2	8	5	12	4			1		1	4	5	2
	-30% ~ -40%	1	8	1	2	1	1	1					5	6
	-40% ~ -50%		1			1			1	1	1	1		2
	> -50%		1									1		1
Eş. 2.6	-20% ~ -30%	4	8	4	4	6	1		1		1	3	11	3
	-30% ~ -40%		9	3	3	2						1	2	2
	-40% ~ -50%		1	1	1									6
	> -50%		1		1							1		
Eş. 2.15	-20% ~ -30%	3	6	4	6	4	3		2		1	2	6	5
	-30% ~ -40%		3	2	3	2	1						2	2
	-40% ~ -50%		3									1		2
	> -50%				1									1

Çizelge 4.3’te modellerin hangi ayda kaç kere %20’den fazla hata yaptığı görülmektedir.

Bu çizelgeye göre, Allen modeli -20% ile -30% aralığında 71 defa sonuç vererek bu

aralıkta en fazla sonucu veren model olmuştur, daha sonra Hargreaves, Bristow-Campbell ve Eşitlik 2.4 modelleri gelmektedir. Bu aralıkta az sonuç veren modeller ise Eşitlik 2.1 ve 2.2'dir. -30% ile -40% aralığında da en fazla sonuç veren modelin Allen ve Hargreaves modelleri olduğu görülmektedir. Aylık -50%'den yüksek hata verme sayısında da Allen ve Hargreaves modelleri başı çekmektedir. Literatürdeki modeller içinden Bristow-Campbell ve Chen modellerinin, Allen ve Hargreaves modellerinden Türkiye coğrafyası için daha doğru sonuçlar verdiği görülmektedir.

Eşitlik 2.1 ve 2.2 genel hata analizlerinde ön plana çıkmaktadır. Eşitlik 2.15 ise yüzdelik hatalarda literatürdeki modellerden iyi sonuç verirken, kısa dönem performans açısından da daha iyi konumdadır. Dünya yüzeyine düşen güneş enerjisinin, regresyon denklemleri ile anlamlı bir şekilde ifade edilebileceği ve Buckingham teoreminin kullanılması ile oluşturulan modellerin de kısa dönem performans açısından iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

Modellerin, hava koşullarının daha karmaşık olduğu kış aylarında daha yüksek hatalar verdiği çizelgeden görülmektedir. Bunun yanı sıra, hava koşulları yine kısmen karmaşık olan bahar ve sonbahar aylarında da 20%'den daha yüksek hatalar mevcutken, yaz aylarında yüzdelik hataların düştüğü görülmektedir. Eşitlik 2.1 ve 2.2'nin sapmalar aylara daha homojen dağılmaktadır. Yer yüzeyine düşen toplam güneş ışıının tahmini kış aylarında yapılacaksa, Eşitlik 2.1 ve 2.2'nin kullanılması önerilmektedir.

Tez kapsamında oluşturulan modeller, literatürdeki benzerlerinden daha fazla parametre içermektedir. Modellerin, literatürdeki benzerlerine göre fazladan parametre içermesi modelleri daha güçlü kılmıştır. Bristow-Campbell modelinin bağıl nem ifadesi eklenerek modifiye edilmiş biçimi olan Eşitlik 2.4, Bristow-Campbell modelinden daha yüksek doğruluklu sonuçlar vermiştir. Bağıl nem veya bağıl nemin maksimum ve minimum değerlerinin kullanıldığı modellerde, atmosfer geçirgenliğini yüksek oranda etkileyen atmosferdeki su buharının etkisi modellere yansıtılmaya çalışılmıştır. Buckingham teoremi kullanılarak yapılan boyutsuzlaştırma işlemlerinde, atmosferin geçirgenliği detaylı fiziksel ilişkiler kurularak ifade edilmiştir. İlgili modeller özellikle kısa dönem performanslar açısından başarılı sonuçlar vermiştir. Fakat, özellikle Eşitlik 2.32'nin uzun matematiksel işlemler ve yatay görüş açıklığı gibi her zaman

erişilmesi zor parametreleri barındırmasından dolayı, kullanımı diğer modellere göre daha zordur.

Tez kapsamında elde edilen modeller için tüm Türkiye coğrafyasını kapsayan ortaklaştırılmış katsayılar çıkartılmıştır. Ortaklaştırılmış katsayılar kullanılarak elde edilen sonuçların hatalarının, istasyonlara ait tekil katsayılar kullanılarak elde edilen sonuçların hatalarından daha yüksek olduğu görülmüştür. İlgili hata miktarları özellikle Karadeniz bölgesinde yer alan iller için daha yüksek olmaktadır. Katsayı ortaklaştırılması sonucunda, bazı Karadeniz illerinde model uyumları düşük seyretmektedir. Eğer ortaklaştırılmış katsayı kullanılacaksa, bu işlemin karasal iklim özelliklerine sahip bölgeler için yapılması önerilmektedir. Karmaşık ve yağışlı iklim koşullarına sahip Karadeniz Bölgesi ve geçiş iklimi özelliklerine sahip Marmara Bölgesi için ortaklaştırılmış katsayıların kullanılması önerilmemektedir. Genel olarak, tez içinde verilen örneklerden de görüleceği üzere karasal iklim özelliklerine sahip bölgelerde tahmin modelleri daha iyi çalışmaktadır.

Dünyanın farklı coğrafyalarında tez kapsamında elde edilen modeller doğrulanmış, uygulanabilir sonuçlar elde edilmiştir. İleride farklı bölgelerde uygulama yapılması halinde, modellerin uygulamanın yapılacağı bölgenin meteorolojik verileri ile kalibre edildikten sonra kullanılması önerilir.

KAYNAKLAR

- [1] Iqbal, M., (1983). An introduction to solar radiation, Academic Press, Ontario.
- [2] Mie, G., (1908). "Beiträge zur Optik trüber Medien, speziell kolloidaler Metallösungen", Annalen der physik, 330(3): 377-445.
- [3] Siegel, R., Howell J., (1981). Thermal Radiation Heat Transfer, McGraw Hill, New York.
- [4] Penndorf, R., (1957). "Tables of the refractive index for standard air and the Rayleigh scattering coefficient for the spectral region between 0.2 and 20.0 μ and their application to atmospheric optics", JOSA, 47(2): 176-182.
- [5] Leckner, B., (1978). "The spectral distribution of solar radiation at the earth's surface—elements of a model", Solar energy, 20(2): 143-150.
- [6] Elterman, L., (1968). "IR Attenuation for Altitudes to 50 km", Environmental Research Paper, 1: 285-290.
- [7] Gilani, S., Dimas, R., Shiraz, M., (2011). "Hourly solar radiation estimation using Ambient Temperature and Relative Humidity data", International Journal of Environmental Science and Development, 2(3): 188-193.
- [8] Moon, P., (1940). "Proposed standard solar-radiation curves for engineering use", Journal of the Franklin Institute, 230(5): 583-617.
- [9] Ångström, A., (1929). "On the atmospheric transmission of sun radiation and on dust in the air", Geografiska Annaler, 11: 156-166.
- [10] Robinson, G., (1962). "Absorption of solar radiation by atmospheric aerosol, as revealed by measurements at the ground", Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie Serie B, 12(1): 19-40.
- [11] Bird, R., Hulstrom, R., (1980). "Direct insolation models", Journal of Solar Energy Engineering, 103: 182-192.
- [12] Bird, R., Hulstrom, R., (1981). "Simplified clear sky model for direct and diffuse insolation on horizontal surfaces", Solar Energy Research Institute, 1: 642-761.
- [13] Angstrom, A., (1924). "Solar and terrestrial radiation. Report to the international commission for solar research on actinometric investigations of solar and atmospheric radiation", Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 50(210): 121-126.

- [14] Prescott, J., (1940). "Evaporation from a water surface in relation to solar radiation", Transactions of the Royal Society of South Australia, 64(1): 114-118.
- [15] Almorox, J., Hontoria, C. (2004). "Global solar radiation estimation using sunshine duration in Spain", Energy Conversion and Management, 45(9): 1529-1535.
- [16] Ampratwum, D., Dorvlo, A., (1999). "Estimation of solar radiation from the number of sunshine hours", Applied Energy, 63(3): 161-167.
- [17] Coppolino, S., (1994). "A new correlation between clearness index and relative sunshine", Renewable Energy, 4(4): 417-423.
- [18] Allen, R., (1997). "Self-calibrating method for estimating solar radiation from air temperature", Journal of Hydrologic Engineering, 2(2): 56-67.
- [19] Hargreaves, G., Hargreaves, G., Riley, J., (1985). "Irrigation water requirements for Senegal River basin", Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 111(3): 265-275.
- [20] Chen, R., Ersi, K., Yang, J., Lu, S., Zhao, W., (2004). "Validation of five global radiation models with measured daily data in China", Energy Conversion and Management, 45(11): 1759-1769.
- [21] Bristow, K., Campbell, G., (1984). "On the relationship between incoming solar radiation and daily maximum and minimum temperature", Agricultural and forest meteorology, 31(2): 159-166.
- [22] Badescu, V., (1999). "Correlations to estimate monthly mean daily solar global irradiation: application to Romania", Energy, 24(10): 883-893.
- [23] Supit, I., Van Kappel, R., (1998). "A simple method to estimate global radiation", Solar Energy, 63(3): 147-160.
- [24] Menges, H.O., Ertekin, C., Sonmete, M.H. (2006). "Evaluation of global solar radiation models for Konya, Turkey", Energy Conversion and Management, 47(18): 3149-3173.
- [25] Chai, T., Draxler, R., (2014). "Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)?—Arguments against avoiding RMSE in the literature", Geoscientific Model Development, 7(3): 1247-1250.
- [26] Hyndman, R., Koehler, A., (2006). "Another look at measures of forecast accuracy", International journal of forecasting, 22(4): 679-688.
- [27] McCuen, R., Knight, Z., Cutter, A., (2006). "Evaluation of the Nash–Sutcliffe efficiency index", Journal of Hydrologic Engineering, 11(6): 597-602.
- [28] Paulescu, M., Paulescu, E., Gravila, P., Badescu, V., (2012). Weather modeling and forecasting of PV systems operation, Springer Science & Business Media, New York.
- [29] Ericsson, J., (1871). "The temperature produced by solar radiation", Nature, 5: 46-48.

- [30] Liu, D.L., Scott, B., (2001). "Estimation of solar radiation in Australia from rainfall and temperature observations", *Agricultural and Forest Meteorology*, 106(1): 41-59.
- [31] Almorox, J., (2011). "Estimating global solar radiation from common meteorological data in Aranjuez, Spain", *Turkish journal of physics*, 35(1): 53-64.
- [32] Bulut, H., Büyükalaca, O., (2007). "Simple model for the generation of daily global solar-radiation data in Turkey", *Applied Energy*, 84(5): 477-491.
- [33] Wu, G., Liu, Y., Wang, T., (2007). "Methods and strategy for modeling daily global solar radiation with measured meteorological data—A case study in Nanchang station, China", *Energy conversion and management*, 48(9): 2447-2452.
- [34] Toğrul, İ. T. (2009). "Estimation of solar radiation from angstroms coefficients by using geographical and meteorological data in Bishkek, Kyrgyzstan", *Journal of Thermal Science and Technology*, 29(2): 99-108.
- [35] Spokas, K., Forcella, F., (2006). "Estimating hourly incoming solar radiation from limited meteorological data", *Weed science*, 54(1): 182-189.
- [36] Trnka, M., Žalud, Z., Eitzinger, J., Dubrovský, M., (2005). "Global solar radiation in Central European lowlands estimated by various empirical formulae", *Agricultural and Forest Meteorology*, 131(1): 54-76.
- [37] Meza, F., Varas, E., (2000). "Estimation of mean monthly solar global radiation as a function of temperature", *Agricultural and Forest Meteorology*, 100(2): 231-241.
- [38] Wong, L., Chow, W., (2001). "Solar radiation model", *Applied Energy*, 69(3): 191-224.
- [39] Samani, Z., (2000). "Estimating solar radiation and evapotranspiration using minimum climatological data", *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 126(4): 265-267.
- [40] Okonkwo, G., Nwokoye, A., (2014). "Estimating global solar radiation from temperature data in minna location", *European Scientific Journal*, 10(15): 254-264.
- [41] Bocco, M., Willington, E., Arias, M., (2010). "Comparison of regression and neural networks models to estimate solar radiation", *Chilean Journal Of Agricultural Research*, 70(3): 428-435.
- [42] Gana, N., Akpootu, D., (2013). "Angstrom Type Empirical Correlation for Estimating Global Solar Radiation in North-Eastern Nigeria", *The International Journal of Engineering and Science*, 2(1): 58-78.
- [43] Yang, K., Huang, G., Tamai, N., (2001). "A hybrid model for estimating global solar radiation", *Solar energy*, 70(1): 13-22.

- [44] Tymvios, F., Jacovides, C., Michaelides, S., Scouteli, C., (2005). "Comparative study of Ångström's and artificial neural networks' methodologies in estimating global solar radiation", *Solar energy*, 78(6): 752-762.
- [45] Mubiru, J., Banda, E., (2008). "Estimation of monthly average daily global solar irradiation using artificial neural networks", *Solar Energy*, 82(2): 181-187.
- [46] Thornton, P., Running, S., (1999). "An improved algorithm for estimating incident daily solar radiation from measurements of temperature, humidity, and precipitation", *Agricultural and Forest Meteorology*, 93(4): 211-228.
- [47] Jin, Z., Yezheng, W., Gang, Y., (2005). "General formula for estimation of monthly average daily global solar radiation in China", *Energy Conversion and Management*, 46(2): 257-268.
- [48] Sabziparvar, A., (2008). "A simple formula for estimating global solar radiation in central arid deserts of Iran", *Renewable Energy*, 33(5): 1002-1010.
- [49] Yorukoglu, M., Celik, A., (2006). "A critical review on the estimation of daily global solar radiation from sunshine duration", *Energy Conversion and Management*, 47(15): 2441-2450.
- [50] Elagib, N., Mansell, M., (2000). "New approaches for estimating global solar radiation across Sudan", *Energy Conversion and Management*, 41(5): 419-434.
- [51] Jiang, Y., (2009). "Computation of monthly mean daily global solar radiation in China using artificial neural networks and comparison with other empirical models", *Energy*, 34(9): 1276-1283.
- [52] Myers, D., (2005). "Solar radiation modeling and measurements for renewable energy applications: data and model quality", *Energy*, 30(9): 1517-1531.
- [53] Jiang, Y., (2009). "Estimation of monthly mean daily diffuse radiation in China", *Applied Energy*, 86(9): 1458-1464.
- [54] Trabea, A., Shaltout, M., (2000). "Correlation of global solar radiation with meteorological parameters over Egypt", *Renewable Energy*, 21(2): 297-308.
- [55] Sabziparvar, A., Shetaee, H. (2007). "Estimation of global solar radiation in arid and semi-arid climates of East and West Iran", *Energy*, 32(5): 649-655.
- [56] Besharat, F., Dehghan, A., Faghih, A., (2013). "Empirical models for estimating global solar radiation: a review and case study", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21: 798-821.
- [57] Janjai, S., Pankaew, P., Laksanaboonsong, J., (2009). "A model for calculating hourly global solar radiation from satellite data in the tropics", *Applied Energy*, 86(9): 1450-1457.
- [58] Kaplanis, S. (2006). "New methodologies to estimate the hourly global solar radiation; comparisons with existing models", *Renewable Energy*, 31(6): 781-790.

- [59] Bakirci, K., (2009). "Correlations for estimation of daily global solar radiation with hours of bright sunshine in Turkey", *Energy*, 34(4): 485-501.
- [60] Roderick, M. L., (1999). "Estimating the diffuse component from daily and monthly measurements of global radiation", *Agricultural and Forest Meteorology*, 95(3): 169-185.
- [61] Nguyen, B., Pryor, T., (1997). "The relationship between global solar radiation and sunshine duration in Vietnam", *Renewable Energy*, 11(1): 47-60.
- [62] Muneer, T., Gul, M. (2000). "Evaluation of sunshine and cloud cover based models for generating solar radiation data", *Energy Conversion and Management*, 41(5): 461-482.
- [63] Podestá, G., Núñez, L., Villanueva, C., Skansi, M., (2004). "Estimating daily solar radiation in the Argentine Pampas", *Agricultural and Forest Meteorology*, 123(1): 41-53.
- [64] Thornton, P., Hasenauer, H., White, M., (2000). "Simultaneous estimation of daily solar radiation and humidity from observed temperature and precipitation: an application over complex terrain in Austria", *Agricultural and forest meteorology*, 104(4): 255-271.
- [65] Ertekin, C., Yaldiz, O., (1999). "Estimation of monthly average daily global radiation on horizontal surface for Antalya (Turkey)", *Renewable Energy*, 17(1): 95-102.
- [66] Ulgen, K., Hepbasli, A., (2009). "Diffuse solar radiation estimation models for Turkey's big cities", *Energy Conversion and Management*, 50(1): 149-156.
- [67] Mellit, A., Benghanem, M., Kalogirou, S., (2006). "An adaptive wavelet-network model for forecasting daily total solar-radiation", *Applied Energy*, 83(7): 705-722.
- [68] Nijmeh, S., Mamlook, R., (2000). "Testing of two models for computing global solar radiation on tilted surfaces", *Renewable Energy*, 20(1): 75-81.
- [69] Rehman, S., Mohandes, M., (2008). "Artificial neural network estimation of global solar radiation using air temperature and relative humidity", *Energy Policy*, 36(2): 571-576.
- [70] Iziomon, M., Mayer, H., (2002). "Assessment of some global solar radiation parameterizations", *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 64(15): 1631-1643.
- [71] Duzen, H., Aydin, H., (2012). "Sunshine-based estimation of global solar radiation on horizontal surface at Lake Van region (Turkey)", *Energy Conversion and Management*, 58: 35-46.
- [72] Suckling, P., Hay, J., (1977). "A cloud layer-sunshine model for estimating direct, diffuse and total solar radiation", *Atmosphere*, 15(4): 194-207.
- [73] Jacovides, C., Hadjioannou, L., Pashiardis, S., Stefanou, L., (1996). "On the diffuse fraction of daily and monthly global radiation for the island of Cyprus", *Solar Energy*, 56(6): 565-572.

- [74] Benghanem, M., Mellit, A., Alamri, S., (2009). "ANN-based modelling and estimation of daily global solar radiation data: A case study", *Energy Conversion and Management*, 50(7): 1644-1655.
- [75] Mohammadi, K., Shamshirband, S., Tong, C. W., Arif, M., Petković, D., Ch, S., (2015). "A new hybrid support vector machine-wavelet transform approach for estimation of horizontal global solar radiation.", *Energy Conversion and Management*, 92: 162-171.
- [76] Chukwujindu, N., (2017). "A comprehensive review of empirical models for estimating global solar radiation in Africa", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78: 955-995.
- [77] Hassan, G., Youssef, M., Mohamed, Z., Ali, M., Hanafy, A, (2016). "New temperature-based models for predicting global solar radiation", *Applied Energy*, 179: 437-450.
- [78] Rasmussen, L., Conway, H., Ferguson, S., (1998). "Estimation of atmospheric transmittance from upper-air humidity", *Solar energy*, 62(5): 359-368.
- [79] Lin, A., Zou, L., Wang, L., Gong, W., Zhu, H., Salazar, G., (2016). "Estimation of atmospheric turbidity coefficient β over Zhengzhou, China during 1961–2013 using an improved hybrid model", *Renewable Energy*, 86: 1134-1144.
- [80] Gueymard, C., (2001). "Parameterized transmittance model for direct beam and circumsolar spectral irradiance", *Solar Energy*, 71(5): 325-346.
- [81] Çengel, Y., Cimbala, J., (2008). "Akışkanlar mekaniği: temelleri ve uygulamaları", Güven Bilimsel, İstanbul.
- [82] Munson, B., Young, D., Okiishi, T., (1990). *Fundamentals of fluid mechanics*, Wiley, New York.
- [83] Prieto, J., Martínez-García, J., García, D., (2009). "Correlation between global solar irradiation and air temperature in Asturias, Spain", *Solar Energy*, 83(7): 1076-1085.
- [84] Balaras, C., Kallos, G., Strathi, A., Kritikou, S., (1989). "On the relationship of beam transmittance on clearness index for Athens, Greece", *International journal of solar energy*, 7(3): 171-179.
- [85] Duffie, J., Beckman, W., (1980). *Solar engineering of thermal processes*, Wiley, New York.
- [86] Vigroux, E. (1953). "Contribution à l'étude expérimentale de l'absorption de l'ozone", *Annales de physique*, 12(8): 709-762.
- [87] Ångström, A., (1930). "On the atmospheric transmission of sun radiation II", *Geografiska Annaler*, 1: 130-159.
- [88] NOAA U., Force U., (1976). *US Standard Atmosphere*, US Government Printing Office, Washington.

- [89] Yang, K., Koike, T., Ye, B., (2006). "Improving estimation of hourly, daily, and monthly solar radiation by importing global data sets", *Agricultural and Forest Meteorology*, 137(1): 43-55.
- [90] Bolsenga, S., (1965). "The relationship between total atmospheric water vapor and surface dew point on a mean daily and hourly basis", *Journal of Applied Meteorology*, 4(3): 430-432.
- [91] Reitan, C., (1963). "Surface dew point and water vapor aloft", *Journal of Applied Meteorology*, 2(6): 776-779.
- [92] Viswanadham, Y., (1981). "The relationship between total precipitable water and surface dew point", *Journal of Applied Meteorology*, 20(1): 3-8.
- [93] Xu, S., (1993). *Fundamental of Atmospheric Physics*, Meteorology Press, Beijing.
- [94] Services, C., (2000). *Getting to Grips with Aircraft Performance*, Airbus, Blagnac.
- [95] Selby, J., McClatchey, R., (1975). *Atmospheric transmittance from 0.25 to 28.5 um: Computer code LOWTRAN 3*, Air Force Cambridge Research Laboratories Air Force Systems Command United States Air Force, Massachusetts.
- [96] Ineichen, P., Perez, R., (2002). "A new airmass independent formulation for the Linke turbidity coefficient", *Solar Energy*, 73(3): 151-157.
- [97] Özdemir, H., Borucu, G., Demir, G., Yiğit, S., Ak, N. (2010). "İstanbul'daki çocuk oyun parklarında partikül madde (PM_{2.5} ve PM₁₀) kirliliğinin incelenmesi", *Ekoloji*, 20(77): 72-79.
- [98] Sensoy, S., Demircan, M., Ulupınar, U., Balta, I., (2008). *Türkiye iklimi*, Devlet Meteoroloji İşleri (DMI), Ankara.
- [99] Keske, P., (2009). *Avlan Gölü (Antalya-Elmalı) Çevresi Florası*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [100] Brock, F., Richardson, S., (2001). *Meteorological measurement systems*, Oxford University Press, New York.
- [101] Howarth, P., Redgrave, F., (2008). *Metrology – in short*, Euramet, Albertslund.
- [102] BIPM, I., (2008). *Evaluation of measurement data—guide for the expression of uncertainty in measurement*, International Bureau of Weights and Measures, Sevres.

BUCKINGHAM 2 MODELİ İÇİN SONUÇLAR

Çizelge A. 1 Buckingham Model 2 için Türkiye'ye ait katsayılar

Model adı	a katsayısı	b katsayısı	c katsayısı	d katsayısı
Aksaray	4000	0,0009879	-0,6301	3,107
Ankara	5572	22,96	-0,7771	1,885
Artvin	4577	19,32	-0,6939	2,394
Bolu	4305	54,31	-0,716	-15,24
Gümüşhane	2877	67,35	-0,633	-1,074
Isparta	3225	54,42	-0,6275	1,017
Karaman	2860	-314,5	-0,508	-5,753
Kastamonu	3917	-123,20	-0,6385	-1,235
Kilis	3548	34,53	-0,5902	0,958
Muğla	2730	-1000	-0,191	0,003306
Rize	2926	-669,5	-0,2723	37,53
Sinop	2348	410,2	-0,4105	-12,38
Şirnak	6002	97,84	-0,7394	0,340
Tokat	2705	-482,50	-0,3261	-0,153

Çizelge A. 2 Buckingham Model 2 için Türkiye'ye ait hata analizleri

	Aylık MPE				Modelin tümü				
	Aksaray	Ankara	Artvin	Bolu		Aksaray	Ankara	Artvin	Bolu
Ocak	-13,34	-3,97	-4,61	-15,11	MBE	-0,02	-0,10	-0,13	-0,25
Şubat	-5,48	-3,04	-8,11	-3,71	RMSE	3,06	2,38	2,04	2,53
Mart	-10,19	-5,98	-15,45	-13,12	MPE	-4,67	-3,39	-3,28	-6,62
Nisan	-7,41	-7,57	-19,69	-12,66	NSE	0,85	0,87	0,80	0,85
Mayıs	-9,51	-10,74	-14,34	-10,44					
Haziran	-3,41	-8,21	-1,77	-5,42					
Temmuz	5,42	3,07	2,27	4,17					
Ağustos	4,39	5,02	7,24	1,96					
Eylül	-0,82	3,41	0,93	1,13					
Ekim	-6,41	-2,93	-8,11	-7,93					
Kasım	-3,88	-7,37	-3,78	-7,83					
Aralık	-0,49	-1,70	-1,80	-10,37					
	Aylık MPE				Modelin tümü				
	Gümüşhane	Isparta	Karaman	Kastamonu		Gümüşhane	Isparta	Karaman	Kastamonu
Ocak	-24,20	-14,93	-8,94	-2,81	MBE	-0,33	-0,28	-0,05	-0,11
Şubat	2,03	-0,59	1,77	-5,71	RMSE	2,37	2,57	2,46	2,29
Mart	-6,30	-6,63	0,29	-14,91	MPE	-4,49	-3,46	-2,21	-5,32
Nisan	-9,93	-3,34	-8,07	-12,08	NSE	0,80	0,82	0,81	0,89
Mayıs	-11,73	-9,81	-17,24	-9,42					
Haziran	-2,55	-4,95	-10,52	-6,59					
Temmuz	9,39	4,11	-3,47	6,05					
Ağustos	6,32	4,58	9,53	2,60					
Eylül	-1,32	2,25	4,78	-2,65					
Ekim	-14,33	-2,91	-2,14	-1,48					
Kasım	-5,86	-5,11	5,25	-12,33					
Aralık	-16,98	-4,21	0,32	-5,89					
	Aylık MPE				Modelin tümü				
	Kilis	Muğla	Rize	Sinop		Kilis	Muğla	Rize	Sinop
Ocak	-10,93	-23,76	-21,60	-21,14	MBE	0,12	-0,58	-0,62	0,03
Şubat	-6,90	-16,33	-12,26	-26,43	RMSE	2,01	2,79	2,86	3,43
Mart	-1,30	-9,74	-2,63	-20,16	MPE	-2,89	-5,92	-7,43	-13,76
Nisan	-7,66	-4,28	3,92	-6,24	NSE	0,85	0,82	0,68	0,74
Mayıs	-11,45	-10,11	-2,01	-10,89					
Haziran	-3,05	0,88	-8,97	-4,65					
Temmuz	-1,44	11,91	-7,81	0,31					
Ağustos	-4,40	11,61	-8,66	-5,57					
Eylül	-3,56	3,44	-13,91	-16,86					
Ekim	-1,15	-6,46	-17,88	-31,37					
Kasım	3,29	-18,65	-4,28	-21,25					
Aralık	2,10	-30,42	-33,14	-17,25					
	Aylık MPE				Modelin tümü				
	Şırnak	Tokat				Şırnak	Tokat		
Ocak	-22,74	-13,77			MBE	0,63	0,11		
Şubat	-18,61	-8,64			RMSE	2,35	2,20		
Mart	-24,61	-16,08			MPE	-8,15	-5,16		
Nisan	-20,66	-16,74			NSE	0,77	0,84		
Mayıs	-14,94	-11,67							
Haziran	-7,90	-5,68							
Temmuz	-3,18	-2,52							
Ağustos	2,63	2,00							
Eylül	-0,49	0,53							
Ekim	-17,40	-8,75							
Kasım	-21,58	-1,36							
Aralık	-23,58	-5,33							

ABD İÇİN SONUÇLAR

Çizelge B. 1 Kuzey Dakota (ABD) için modellere ait katsayılar

#	a	b	c	d	e	g	h	w	q
Baker Enlem: 48,167° Boylam: -99,648° Yükseklik: 512 m									
Eş. 4.1	-2,177	-0,4014	0,015	0,477	2,1	-	-	-	-
Eş. 4.2	-1,235	-1,051	-0,004557	0,263	5,59	-	-	-	-
Eş. 4.4	-0,3169	0,09555	-0,004	-	-	-	-	-	-
Eş. 4.5	-0,58	-0,0628	-0,69	-	-	-	-	-	-
Eş. 4.6	0,3648	0,51	-0,021	0,74	-	-	-	-	-
Eş. 4.15	0,3376	0,787	4,154	0,05491	-3,064	-0,00443	0,02091	0,449	0,7688
Hargreaves	0,1382	0,06147	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,158	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6748	0,110	1,1	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2028	0,04335	-	-	-	-	-	-	-
Berthold Enlem: 48,380° Boylam: -101,822° Yükseklik: 649,8 m									
Eş. 4.1	-2,177	-0,4014	0,01505	0,47	2,16	-	-	-	-
Eş. 4.2	-1,547	-1,501	0,01124	0,343	7,1	-	-	-	-
Eş. 4.4	-0,3	0,09	-0,0036	-	-	-	-	-	-
Eş. 4.5	-0,59	-0,07	-0,67	-	-	-	-	-	-
Eş. 4.6	0,297	0,51	-0,025	0,64	-	-	-	-	-
Eş. 4.15	1,996	0,1615	4,301	0,195	-0,405	-0,00125	0,01614	0,4533	1,216
Hargreaves	0,1305	0,0875	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,1583	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,668	0,179	0,9242	-	-	-	-	-	-
Chen	0,1967	0,05875	-	-	-	-	-	-	-
Bottineau Enlem: 48,821° Boylam: -100,760° Yükseklik: 450,8 m									
Eş. 4.1	-2,25	-0,3164	0,006	0,47	2,01	-	-	-	-
Eş. 4.2	-1,647	-1,476	0,00468	0,3557	7,37	-	-	-	-
Eş. 4.4	-0,2625	0,1237	-0,0037	-	-	-	-	-	-
Eş. 4.5	-0,57	-0,067	-0,63	-	-	-	-	-	-
Eş. 4.6	0,436	0,4816	-0,004354	0,8	-	-	-	-	-
Eş. 4.15	0,9731	0,07425	1,789	0,1333	0,0691	0,002172	0,000656	0,7074	3,871
Hargreaves	0,1271	0,0823	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,1519	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6952	0,117	1,055	-	-	-	-	-	-
Chen	0,1996	0,03891	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge B. 1 Kuzey Dakota (ABD) için modellere ait katsayılar (devamı)

Cavalier		Enlem: 48,844°			Boylam: -97,644°		Yükseklik: 267 m		
Eş. 4.1	-2,615	-0,587	0,0356	0,5495	2,61	-	-	-	-
Eş. 4.2	-1,874	-1,866	0,03215	0,4028	8,6	-	-	-	-
Eş. 4.4	-0,3922	0,076	-0,0062	-	-	-	-	-	-
Eş. 4.5	-0,63	-0,069	-0,89	-	-	-	-	-	-
Eş. 4.6	0,003	1,007	--0,076	0,21	-	-	-	-	-
Hargreaves	0,1208	0,08842	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,1486	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6698	0,115	1,063	-	-	-	-	-	-
Chen	0,1808	0,06682	-	-	-	-	-	-	-
Fargo		Enlem: 46,897°			Boylam: -96,812°		Yükseklik: 274,9 m		
Eş. 4.1	-1,189	0,00561	-0,01011	0,235	0,8818	-	-	-	-
Eş. 4.2	-0,8648	-0,6071	-0,009034	0,184	3,693	-	-	-	-
Eş. 4.4	-0,2801	0,11	-0,004	-	-	-	-	-	-
Eş. 4.5	-0,5796	-0,051	-0,76	-	-	-	-	-	-
Eş. 4.6	0,635	0,4818	-0,049	1,12	-	-	-	-	-
Hargreaves	0,1411	0,01646	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,1457	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,641	0,074	1,287	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2096	0,00836	-	-	-	-	-	-	-
Jamestown		Enlem: 46,906°			Boylam: -98,927°		Yükseklik: 498,3 m		
Eş. 4.1	-2,182	-0,3605	0,01148	0,45	2,09	-	-	-	-
Eş. 4.2	-1,731	-1,659	0,01663	0,373	7,94	-	-	-	-
Eş. 4.4	-0,38	0,074	-0,0051	-	-	-	-	-	-
Eş. 4.5	--0,57	-0,058	-0,65	-	-	-	-	-	-
Eş. 4.6	0,47	0,497	-0,044	0,905	-	-	-	-	-
Hargreaves	0,1184	0,1003	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,1498	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6533	0,120	1,082	-	-	-	-	-	-
Chen	0,1784	0,07502	-	-	-	-	-	-	-
Watford City		Enlem: 47,810°			Boylam: -103,232°		Yükseklik: 652,6 m		
Eş. 4.1	-1,66	-0,2006	0,0054	0,348	1,486	-	-	-	-
Eş. 4.2	-1,049	-0,887	-0,001646	0,2296	4,674	-	-	-	-
Eş. 4.4	-0,271	0,114	-0,00339	-	-	-	-	-	-
Eş. 4.5	-0,567	-0,05	-0,7	-	-	-	-	-	-
Eş. 4.6	0,56	0,4864	-0,04578	1,02	-	-	-	-	-
Hargreaves	0,1363	0,04619	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,1502	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,69	0,098	1,1	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2124	0,00108	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge B. 2 Kuzey Dakota için literatürdeki modellere ait hata analizleri

İstasyon		Aylık MPE				Modelin tümü				
		Hargreaves	Allen	Bristow Camp.	Chen		Hargreaves	Allen	Bristow Camp.	Chen
Baker	Ocak	4,06	4,42	7,53	4,00	MBE	0,27	0,39	0,04	0,27
	Şubat	12,66	12,85	14,88	12,09	RMSE	3,92	3,88	3,78	3,91
	Mart	2,45	3,12	7,32	3,60	MPE	-17,18	-16,62	-12,05	-16,04
	Nisan	-24,95	-23,98	-16,78	-22,20	NSE	0,77	0,78	0,79	0,77
	Mayıs	-46,21	-45,63	-39,20	-45,51					
	Haziran	-22,75	-22,11	-18,59	-22,75					
	Temmuz	-4,40	-5,18	-4,45	-5,64					
	Ağustos	-13,13	-14,50	-12,49	-13,61					
	Eylül	-31,24	-31,49	-25,03	-29,40					
	Ekim	-42,36	-41,05	-34,12	-41,23					
	Kasım	-30,71	-28,55	-21,97	-28,75					
	Aralık	-14,46	-11,95	-5,80	-12,94					
Berthold	Ocak	0,32	1,13	0,50	0,28	MBE	0,34	0,52	0,35	0,35
	Şubat	7,74	8,33	7,52	7,41	RMSE	3,98	3,94	3,96	3,97
	Mart	1,23	1,71	1,82	1,67	MPE	-19,23	-18,36	-18,13	-18,17
	Nisan	-31,10	-29,98	-28,63	-29,34	NSE	0,77	0,77	0,77	0,77
	Mayıs	-48,49	-46,32	-45,73	-47,10					
	Haziran	-25,26	-24,65	-25,96	-25,89					
	Temmuz	-5,74	-7,24	-7,66	-6,91					
	Ağustos	-22,94	-24,38	-21,75	-22,06					
	Eylül	-30,85	-30,79	-27,33	-28,49					
	Ekim	-40,00	-37,98	-37,94	-39,76					
	Kasım	-26,85	-24,28	-24,91	-25,22					
	Aralık	-12,58	-9,39	-10,60	-10,77					
Bottineau	Ocak	5,29	5,68	4,07	5,16	MBE	0,37	0,57	0,64	0,37
	Şubat	14,71	14,84	12,63	14,11	RMSE	3,97	3,96	3,97	3,97
	Mart	1,29	2,27	1,44	2,15	MPE	-16,96	-16,50	-17,31	-15,89
	Nisan	-29,68	-28,57	-27,71	-28,03	NSE	0,77	0,78	0,78	0,78
	Mayıs	-45,24	-43,96	-43,27	-43,80					
	Haziran	-21,53	-21,20	-24,73	-22,85					
	Temmuz	-6,34	-7,70	-11,06	-7,67					
	Ağustos	-20,86	-22,97	-23,01	-20,54					
	Eylül	-27,31	-27,99	-25,36	-24,94					
	Ekim	-40,50	-39,79	-39,85	-39,71					
	Kasım	-28,05	-25,56	-26,54	-26,89					
	Aralık	-9,31	-7,00	-7,69	-8,08					
Cavalier	Ocak	2,44	3,30	3,16	2,45	MBE	0,35	0,58	0,60	0,34
	Şubat	10,04	10,18	9,14	9,28	RMSE	4,11	4,10	4,09	4,13
	Mart	-0,12	1,14	1,72	0,93	MPE	-21,24	-20,56	-19,82	-20,22
	Nisan	-30,64	-29,56	-28,10	-29,98	NSE	0,75	0,75	0,75	0,75
	Mayıs	-49,81	-48,39	-45,59	-48,28					
	Haziran	-26,28	-26,59	-27,54	-26,81					
	Temmuz	-8,10	-10,25	-11,83	-8,78					
	Ağustos	-16,33	-19,56	-19,57	-16,12					
	Eylül	-36,84	-37,78	-36,46	-36,25					
	Ekim	-39,07	-37,29	-36,13	-38,55					
	Kasım	-50,82	-46,19	-45,15	-48,80					
	Aralık	-15,51	-11,50	-8,81	-13,61					
Fargo	Ocak	-4,09	-3,42	-1,63	-7,39	MBE	0,24	0,21	0,41	0,70
	Şubat	3,49	4,11	4,74	-0,42	RMSE	3,77	3,75	3,72	3,85
	Mart	-15,66	-14,93	-12,58	-18,23	MPE	-20,86	-20,10	-18,12	-24,32
	Nisan	-32,79	-31,81	-26,46	-35,97	NSE	0,77	0,77	0,77	0,76
	Mayıs	-31,94	-31,18	-28,13	-35,49					
	Haziran	-20,73	-20,14	-21,24	-24,98					
	Temmuz	-5,47	-5,19	-8,54	-10,30					
	Ağustos	-13,25	-12,99	-15,74	-17,93					
	Eylül	-26,51	-26,01	-24,90	-30,23					
	Ekim	-40,49	-39,32	-34,14	-44,20					
	Kasım	-47,39	-46,13	-41,98	-52,74					
	Aralık	-21,03	-19,62	-11,58	-22,88					

Çizelge B. 2 Kuzey Dakota için literatürdeki modellere ait hata analizleri (devamı)

İstasyon		Aylık MPE				Modelin tümü				
		Hargreaves	Allen	Bristow Camp.	Chen		Hargreaves	Allen	Bristow Camp.	Chen
Jamestown	Ocak	-1,97	-1,13	-1,34	-1,90	MBE	0,19	0,39	0,47	0,19
	Şubat	5,72	6,67	6,04	5,65	RMSE	4,06	4,01	3,98	4,04
	Mart	-8,49	-7,55	-6,64	-6,74	MPE	-19,37	-18,43	-18,22	-18,50
	Nisan	-32,11	-29,21	-25,42	-29,36	NSE	0,75	0,76	0,76	0,75
	Mayıs	-37,93	-37,07	-36,48	-37,16					
	Haziran	-21,65	-21,01	-22,42	-21,83					
	Temmuz	-5,50	-7,27	-9,95	-6,58					
	Ağustos	-14,76	-16,47	-17,82	-15,26					
	Eylül	-28,11	-28,98	-27,34	-27,04					
	Ekim	-39,54	-37,07	-35,52	-38,52					
	Kasım	-40,66	-38,17	-38,28	-40,16					
	Aralık	-11,58	-7,85	-7,34	-10,58					
Watford City	Ocak	0,77	1,61	3,25	1,03	MBE	0,19	0,28	0,21	0,19
	Şubat	2,12	2,57	3,72	1,81	RMSE	3,64	3,60	3,52	3,61
	Mart	-0,95	-0,83	0,71	-0,59	MPE	-16,54	-16,03	-13,82	-15,35
	Nisan	-36,74	-35,57	-30,63	-34,36	NSE	0,81	0,82	0,83	0,82
	Mayıs	-31,79	-30,51	-26,03	-29,95					
	Haziran	-13,50	-13,39	-13,05	-13,89					
	Temmuz	-1,41	-2,37	-3,10	-1,97					
	Ağustos	-21,43	-22,20	-21,21	-21,10					
	Eylül	-19,98	-20,16	-17,11	-18,51					
	Ekim	-39,05	-37,78	-34,39	-37,97					
	Kasım	-24,46	-23,59	-21,43	-23,91					
	Aralık	-16,45	-14,57	-10,68	-14,40					

Çizelge B. 3 Kuzey Dakota için tezde elde edilen modellere ait hata analizleri

	Aylık MPE				Modelin tamamı için				
Baker									
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5
Ocak	15,01	13,95	11,44	9,27	MBE	-0,84	-0,82	-0,24	-0,77
Şubat	23,11	21,80	19,05	16,44	RMSE	3,61	3,78	3,70	4,27
Mart	16,09	14,13	9,58	4,86	MPE	-3,04	-5,13	-10,34	-10,33
Nisan	-12,11	-14,12	-21,36	-31,41	NSE	0,80	0,79	0,80	0,74
Mayıs	-29,37	-32,88	-41,74	-38,87					
Haziran	-13,51	-14,85	-19,12	-9,00					
Temmuz	6,28	5,36	2,15	19,18					
Ağustos	0,65	-0,24	-5,17	10,59					
Eylül	-16,36	-17,52	-25,21	-20,23					
Ekim	-24,90	-27,77	-34,97	-41,43					
Kasım	-9,74	-13,82	-20,70	-31,48					
Aralık	5,42	1,12	-5,00	-15,48					
	Eş. 2.6	Eş. 2.15				Eş. 2.6	Eş. 2.15		
Ocak	17,62	6,89			MBE	-1,43	0,09		
Şubat	24,08	13,92			RMSE	4,24	1,52		
Mart	15,47	6,32			MPE	-2,68	-14,37		
Nisan	-8,59	-22,56			NSE	0,74	0,80		
Mayıs	-29,24	-40,41							
Haziran	-10,20	-25,24							
Temmuz	6,48	-6,58							
Ağustos	0,44	-12,94							
Eylül	-13,79	-28,33							
Ekim	-25,57	-35,36							
Kasım	-14,05	-24,51							
Aralık	0,81	-7,53							
Berthold									
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5
Ocak	8,77	17,18	15,77	2,88	MBE	0,02	-1,25	-1,13	-0,43
Şubat	15,81	23,55	21,94	7,93	RMSE	3,59	3,83	3,90	4,22
Mart	10,30	18,37	15,64	2,83	MPE	-10,53	-0,39	-4,24	-15,30
Nisan	-21,85	-10,73	-16,48	-37,80	NSE	0,80	0,79	0,78	0,74
Mayıs	-36,89	-24,84	-33,62	-46,86					
Haziran	-20,18	-8,97	-11,26	-11,44					
Temmuz	-2,02	7,57	8,05	16,65					
Ağustos	-15,25	-4,75	-8,31	-5,94					
Eylül	-22,10	-11,03	-17,32	-25,58					
Ekim	-35,49	-22,38	-24,60	-44,15					
Kasım	-12,82	-2,63	-8,27	-29,13					
Aralık	2,46	11,34	5,27	-16,43					
	Eş. 2.6	Eş. 2.15				Eş. 2.6	Eş. 2.15		
Ocak	11,58	4,26			MBE	-0,74	0,03		
Şubat	17,43	11,05			RMSE	3,95	1,44		
Mart	10,90	5,16			MPE	-8,45	-15,79		
Nisan	-19,55	-26,06			NSE	0,77	0,80		
Mayıs	-36,42	-41,47							
Haziran	-16,97	-25,70							
Temmuz	1,14	-8,78							
Ağustos	-13,19	-21,15							
Eylül	-19,11	-25,91							
Ekim	-28,16	-38,31							
Kasım	-13,79	-20,79							
Aralık	0,66	-4,98							

Çizelge B. 3 Kuzey Dakota için tezde elde edilen modellere ait hata analizleri (devamı)

	Aylık MPE				Modelin tamamı için				
Bottineau									
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5
Ocak	12,79	11,46	16,70	6,70	MBE	-0,36	-0,14	-0,77	-0,68
Şubat	20,83	19,69	24,61	16,14	RMSE	3,61	3,67	3,82	4,41
Mart	11,80	10,13	13,60	0,51	MPE	-6,32	-7,98	-4,03	-12,14
Nisan	-18,42	-20,10	-18,29	-36,57	NSE	0,81	0,81	0,79	0,73
Mayıs	-35,08	-35,96	-34,84	-46,41					
Haziran	-13,54	-15,02	-9,59	-5,08					
Temmuz	1,73	-0,16	5,74	18,23					
Ağustos	-9,19	-11,52	-7,87	-0,06					
Eylül	-16,86	-18,44	-15,63	-19,38					
Ekim	-26,85	-29,09	-24,60	-38,64					
Kasım	-10,34	-12,63	-9,88	-30,84					
Aralık	4,99	3,44	6,25	-14,39					
	Eş. 2.6	Eş. 2.15				Eş. 2.6	Eş. 2.15		
Ocak	12,29	6,14			MBE	-0,53	-0,03		
Şubat	20,16	14,17			RMSE	3,90	1,85		
Mart	9,38	4,29			MPE	-7,67	-14,10		
Nisan	-18,13	-26,19			NSE	0,78	0,80		
Mayıs	-32,75	-41,68							
Haziran	-15,02	-22,97							
Temmuz	-1,73	-7,77							
Ağustos	-12,86	-17,02							
Eylül	-15,50	-22,20							
Ekim	-29,15	-33,76							
Kasım	-16,76	-20,48							
Aralık	0,88	-4,03							
Cavalier									
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5
Ocak	11,45	15,12	16,15	9,99	MBE	-0,24	-0,54	-0,49	-0,92
Şubat	17,87	20,87	21,32	15,29	RMSE	3,46	3,59	3,63	4,04
Mart	11,29	14,29	13,61	3,75	MPE	-6,77	-3,53	-6,20	-6,71
Nisan	-26,44	-23,00	-24,42	-34,60	NSE	0,81	0,81	0,80	0,77
Mayıs	-26,29	-23,00	-33,22	-27,72					
Haziran	-11,63	-8,38	-11,52	2,50					
Temmuz	1,81	3,87	3,99	19,77					
Ağustos	-5,41	-4,13	-3,94	9,52					
Eylül	-17,52	-15,67	-20,54	-11,34					
Ekim	-23,03	-18,87	-22,82	-23,97					
Kasım	-22,57	-17,00	-22,95	-35,23					
Aralık	5,93	10,47	5,80	-7,38					
						Eş. 2.6			
					MBE	-0,67			
					RMSE	3,91			
					MPE	-8,15			
					NSE	0,77			
Mayıs	-36,41								
Haziran	-17,50								
Temmuz	-1,07								
Ağustos	-7,54								
Eylül	-25,02								
Ekim	-27,03								
Kasım	-29,50								
Aralık	4,57								

Çizelge B. 3 Kuzey Dakota için tezde elde edilen modellere ait hata analizleri (devamı)

	Aylık MPE				Modelin tamamı için				
Fargo									
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5
Ocak	3,19	2,89	5,53	5,50	MBE	0,49	0,45	-0,03	-0,40
Şubat	8,58	8,59	11,36	9,49	RMSE	3,53	3,61	3,58	4,16
Mart	-8,77	-9,08	-7,19	-13,08	MPE	-16,97	-16,81	-14,92	-15,88
Nisan	-34,33	-33,85	-33,48	-52,49	NSE	0,79	0,79	0,79	0,71
Mayıs	-30,86	-30,49	-30,63	-29,15					
Haziran	-20,79	-20,26	-17,32	-11,80					
Temmuz	-6,28	-5,95	-1,26	12,22					
Ağustos	-11,89	-11,80	-6,95	6,12					
Eylül	-22,07	-22,08	-20,23	-16,92					
Ekim	-37,89	-37,39	-36,86	-43,45					
Kasım	-40,50	-39,87	-38,03	-44,18					
Aralık	-6,23	-6,51	-9,33	-16,28					
	Eş. 2.6					Eş. 2.6			
Ocak	10,19				MBE	-0,23			
Şubat	14,50				RMSE	3,58			
Mart	-4,12				MPE	-11,21			
Nisan	-24,36				NSE	0,79			
Mayıs	-24,15								
Haziran	-16,50								
Temmuz	-3,20								
Ağustos	-9,83								
Eylül	-19,99								
Ekim	-29,34								
Kasım	-32,27								
Aralık	-0,44								
Jamestown									
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5
Ocak	4,72	6,23	4,43	-1,35	MBE	0,03	-0,21	0,12	-0,06
Şubat	11,19	12,88	10,24	2,84	RMSE	3,51	3,62	3,72	4,21
Mart	0,92	1,95	-2,89	-12,44	MPE	-11,23	-9,57	-14,72	-18,93
Nisan	-21,15	-19,97	-31,02	-49,60	NSE	0,80	0,80	0,79	0,73
Mayıs	-28,69	-26,87	-35,38	-36,22					
Haziran	-16,59	-14,59	-19,62	-12,21					
Temmuz	-2,88	-0,76	-2,27	9,93					
Ağustos	-5,83	-4,33	-7,97	2,40					
Eylül	-17,55	-16,16	-23,20	-21,50					
Ekim	-34,23	-31,99	-37,77	-47,97					
Kasım	-31,07	-28,78	-34,84	-48,82					
Aralık	3,11	4,35	-3,10	-16,36					
	Eş. 2.6					Eş. 2.6			
Ocak	8,31				MBE	-0,12			
Şubat	13,78				RMSE	3,87			
Mart	-0,29				MPE	-12,55			
Nisan	-23,88				NSE	0,77			
Mayıs	-32,56								
Haziran	-18,71								
Temmuz	-5,05								
Ağustos	-12,39								
Eylül	-22,93								
Ekim	-32,55								
Kasım	-31,50								
Aralık	0,61								

Çizelge B. 3 Kuzey Dakota için tezde elde edilen modellere ait hata analizleri (devamı)

	Aylık MPE				Modelin tamamı için				
Watford City									
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5
Ocak	4,18	8,90	5,20	6,25	MBE	0,42	-0,47	0,23	-0,08
Şubat	6,63	11,02	7,24	6,30	RMSE	3,30	3,43	3,42	3,87
Mart	1,92	7,13	1,59	-1,90	MPE	-13,60	-7,61	-13,78	-14,94
Nisan	-33,34	-26,32	-36,77	-52,04	NSE	0,84	0,83	0,84	0,79
Mayıs	-28,14	-21,78	-32,02	-36,34					
Haziran	-13,82	-7,23	-12,30	-7,13					
Temmuz	-4,10	2,79	-1,00	7,55					
Ağustos	-20,66	-13,33	-20,59	-12,63					
Eylül	-18,74	-11,86	-20,53	-16,11					
Ekim	-38,63	-30,92	-37,86	-45,99					
Kasım	-16,58	-11,52	-18,49	-21,05					
Aralık	-5,37	-1,61	-9,08	-12,10					
	Eş. 2.6					Eş. 2.6			
Ocak	11,59				MBE	-0,27			
Şubat	11,14				RMSE	3,46			
Mart	5,62				MPE	-8,75			
Nisan	-28,58				NSE	0,83			
Mayıs	-24,05								
Haziran	-9,94								
Temmuz	0,01								
Ağustos	-17,92								
Eylül	-13,84								
Ekim	-31,18								
Kasım	-13,99								
Aralık	-1,53								

TÜRKİYE İÇİN SONUÇLAR

Çizelge C. 1 Türkiye için istasyonların coğrafi bilgileri

<i>İstasyonlar</i>	<i>Enlem (°)</i>	<i>Boylam (°)</i>	<i>Yükseklik (m)</i>	<i>İstasyonlar</i>	<i>Enlem (°)</i>	<i>Boylam (°)</i>	<i>Yükseklik (m)</i>
Adana	37.0041	35.3443	23	Kahramanmaraş Göksun	38.024	36.4823	1344
Afyon	38.738	30.5604	1034	Karaman	37.1932	33.2202	1018
Ağrı	39.7253	43.0522	1646	Kars	40.6042	43.1073	1777
Aksaray	38.3705	33.9987	970	Kastamonu	41.371	33.7756	800
Ankara	39.9725	32.8639	887	Kayseri Develi	38.3744	35.4797	1204
Antalya Elmalı	36.7372	29.9121	1095	Kilis	36.7085	37.1113	640
Artvin	41.1752	41.8187	613	Kırklareli	41.7382	27.2178	232
Balıkesir Burhaniye	39.4983	26.9755	20	Konya Beyşehir	37.6777	31.7463	1141
Bartın Amasra	41.7526	32.3827	73	Konya Kulu	39.0788	33.0657	1005
Bingöl Solhan	38.9597	41.0503	1366	Malatya	38.3367	38.2173	950
Bolu	40.7329	31.6022	743	Mersin Tarsus	36.8942	34.9597	12
Bursa	40.2308	29.0133	100	Muğla	37.2095	28.3668	646
Diyarbakır Ergani	38.267	39.766	986	Niğde Ulukışla	37.548	34.4867	1453
Elazığ Palu	38.6907	39.926	869	Rize	41.04	40.5013	3
Erzincan Tercan	39.7769	40.3906	1429	Sinop	42.0299	35.1545	32
Erzurum Tortum	40.3013	41.5409	1576	Sivas Gemerek	39.185	36.0805	1182
Eskişehir Sivrihisar	39.4453	31.5354	1070	Sivas Divriği	39.3618	38.1142	1121
Gümüşhane	40.4598	39.4653	1216	Şanlıurfa Ceylanpınar	36.8406	40.0307	360
Hakkari	37.5745	43.7388	1727	Şırnak	37.5209	42.4523	1350
Isparta	37.7848	30.5679	997	Tekirdağ	40.9585	27.4965	4
İstanbul Samandıra	40.9866	29.2135	123	Tokat	40.3312	36.5577	611
İzmir Menemen	38.6237	27.0433	10	Van	38.4693	43.346	1675
				Yozgat Boğazlıyan	39.1897	35.2532	1070

Çizelge C. 2 Türkiye için modellere ait bölgesel katsayılar

#	a	b	c	d	e	g	h	w	q
Adana									
Eş. 2.1	-1,0243	0,4573	-0,0735	0,2384	0,0143	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,5512	0,1074	-0,0785	0,1307	1,5678	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,206	0,16	-0,0024	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,3179	0,079	-0,444	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	1,718	0,4788	-0,06593	2,743	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	1,05	0,2061	2,575	0,2136	-0,5251	0,001001	-0,008234	2,306	0,3053
Hargreaves	0,1699	-0,01299	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,160088	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6401	0,0221	1,991	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2729	-0,09812	-	-	-	-	-	-	-
Afyonkarahisar									
Eş. 2.1	-1,1068	-0,1091	0,0155	0,2507	0,8782	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,8164	-0,7897	0,0219	0,1942	3,6016	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,1751	0,1861	-0,0025	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,4458	0,0163	-0,6772	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,424	0,4831	-0,06405	0,8204	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	0,8629	0,2447	2,107	0,3017	-0,1036	0,02344	0,01266	0,3906	1,148
Hargreaves	0,1941	-0,1336	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,15399	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,7482	0,05577	1,294	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2842	-0,1554	-	-	-	-	-	-	-
Ağrı									
Eş. 2.1	-1,0544	-0,1172	0,0146	0,2533	0,853	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,6866	-0,6475	0,0169	0,1643	3,0336	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,1246	0,214	-0,001	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,5138	-0,0433	-0,6845	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	-0,5275	0,4597	-0,01609	0,8975	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	0,1048	0,3192	0,752	0,1233	0,6055	-0,03564	-0,94	-0,01873	0,7104
Hargreaves	0,1693	-0,09292	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,142526	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,727	0,04899	1,294	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2845	-0,1997	-	-	-	-	-	-	-
Aksaray									
Eş. 2.1	-1,2384	-0,0243	0,00019596	0,2947	0,7738	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,7473	-0,6138	0,0045	0,1848	3,0703	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,1864	0,175	-0,0024	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,4056	0,0354	-0,5611	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,0000393	1,426	-0,1104	0,2142	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	2,844	-0,164	4,019	-0,3565	-0,3447	0,003342	0,0693	0,2687	-0,5119
Hargreaves	0,1927	-0,1042	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,15782	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6816	0,01921	1,926	-	-	-	-	-	-
Chen	0,31	-0,1976	-	-	-	-	-	-	-
Ankara									
Eş. 2.1	-0,9253	-0,0392	0,0106	0,1993	0,6839	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,7137	-0,6613	0,0197	0,1689	3,1144	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,14258	0,210972	-0,001958	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,4485	0,01	-0,7	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,552	0,4801	-0,086	1,01	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	1,58	0,2428	3,688	0,3058	-0,1892	0,03642	0,02478	0,3864	0,7359
Hargreaves	0,2055	-0,1734	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,152358	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,734	0,041	1,44	-	-	-	-	-	-
Chen	0,307	-0,2138	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge C. 2 Türkiye için modellere ait bölgesel katsayılar (devamı)

#	a	b	c	d	e	g	h	w	q
Antalya Elmalı									
Eş. 2.1	-1,0507	-0,0024	0,0011	0,2354	0,6849	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,6949	-0,5162	0,0024	0,16	2,8784	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,154	0,1996	-0,0018	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,4854	-0,00024	-0,7227	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	1,027	0,4717	-0,06174	1,682	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	-1,862	0,4729	-2,25	1,047	-0,0198	-0,02233	0,07933	0,1685	0,6802
Hargreaves	0,1918	-0,1354	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,15584	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,7195	0,03186	1,557	-	-	-	-	-	-
Chen	0,3219	-0,2588	-	-	-	-	-	-	-
Artvin									
Eş. 2.1	-0,2985	0,5239	-0,0667	0,0539	-0,3965	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,1556	0,4358	-0,0674	0,0322	0,0287	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,1548	0,2002	-0,0018	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,3174	0,0835	-0,49	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	1,131	0,4855	-0,06712	1,89	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	0,3281	0,4997	1,908	0,143	-1,004	-0,00418	0,005415	0,402	1,31
Hargreaves	0,191	-0,11	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,149808	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6205	0,03727	1,755	-	-	-	-	-	-
Chen	0,274	-0,1268	-	-	-	-	-	-	-
Balıkesir Burhaniye									
Eş. 2.1	-2,4232	-0,3415	0,0102	0,5887	1,8848	-	-	-	-
Eş. 2.2	-1,5418	-1,5834	0,0164	0,3829	6,7581	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,3636	0,0839	-0,005	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,339	0,074	-0,3619	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,8269	0,5056	-0,08779	1,542	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	1,472	0,1814	4,435	0,1555	-1,44	-0,00649	0,027	0,197	1,29
Hargreaves	0,1216	0,1802	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,1733	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6515	0,07067	1,705	-	-	-	-	-	-
Chen	0,1953	0,1208	-	-	-	-	-	-	-
Bartın Amasra									
Eş. 2.1	-0,5592	0,6972	-0,1388	0,1665	-0,185	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,2925	0,5036	-0,1459	0,0828	0,6039	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,2525	0,1252	-0,001	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,266	0,1146	-0,1015	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	1,784	0,5062	0,02542	3,012	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	1,517	0,2057	4,078	0,1515	-1,183	0,006523	-0,005371	0,414	1,416
Hargreaves	0,1311	0,2301	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,2193	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6537	0,0806	1,976	-	-	-	-	-	-
Chen	0,1772	0,2375	-	-	-	-	-	-	-
Bingöl Solhan									
Eş. 2.1	-1,2506	-0,1068	0,009	0,2787	0,9548	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,8049	-0,7444	0,017	0,1872	3,5306	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,1979	0,1545	-0,0026	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,5311	-0,0305	-0,793	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,6493	0,472	-0,02059	1,112	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	0,06932	0,5794	1,076	0,0798	-0,741	-0,00908	-0,01611	0,2577	2,414
Hargreaves	0,1763	-0,08847	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,15286	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6838	0,02995	1,621	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2925	-0,193	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge C. 2 Türkiye için modellere ait bölgesel katsayılar (devamı)

#	a	b	c	d	e	g	h	w	q
Bursa									
Eş. 2.1	-1,2204	-0,0802	-0,0012	0,3055	0,8868	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,8601	-0,7839	-0,0027	0,22	3,645	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,1795	0,171	-0,0026	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,2962	0,0857	-0,462	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,6278	0,4775	-0,04997	1,092	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	0,242	0,3652	0,5709	0,3388	-0,06146	0,00057	0,001579	4,352	0,9606
Hargreaves	0,161	-0,08403	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,130338	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,5816	0,03974	1,604	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2295	-0,08831	-	-	-	-	-	-	-
Diyarbakır Ergani									
Eş. 2.1	-1,6467	-0,1782	0,0102	0,4179	1,1868	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,7407	-0,625	0,0018	0,1916	3,034	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,244	0,1246	-0,0031	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,4034	0,0378	-0,524	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	1,567	0,4839	-0,07615	2,566	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	-0,7525	0,151	-0,3883	0,8504	-0,5239	-0,000119	-0,008041	0,3138	1,614
Hargreaves	0,1831	-0,03919	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,17105	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6548	0,0077	2,603	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2818	-0,09802	-	-	-	-	-	-	-
Elazığ Palu									
Eş. 2.1	-0,8283	0,0842	-0,0066	0,2129	0,3298	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,4835	-0,2979	-0,004	0,1218	1,816	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,102	0,232	-0,00064	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,4829	-0,0209	-0,8058	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,000046	1,371	-0,09044	0,1804	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	0,1048	0,3192	0,752	0,1233	0,6055	-0,03564	-0,9393	-0,01873	0,7104
Hargreaves	0,1687	-0,1185	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,137033	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6139	0,01753	1,878	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2869	-0,2341	-	-	-	-	-	-	-
Erzincan Tercan									
Eş. 2.1	-0,2441	0,4149	-0,0398	0,0602	-0,4105	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,1627	0,2753	-0,0382	0,0407	0,1218	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,1115	0,224	-0,00061	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,5742	-0,0568	-0,8964	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,97160	0,4612	0,01422	1,523	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	1,783	0,0324	0,082	0,4	-0,1327	1,949	1,45	-0,602	0,00724
Hargreaves	0,1694	-0,07848	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,151361	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,697	0,04037	1,458	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2957	-0,2162	-	-	-	-	-	-	-
Erzincan Tortum									
Eş. 2.1	-1,4691	-0,1496	0,0102	0,3099	1,1341	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,9479	-0,8444	0,015	0,2094	4,1518	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,2315	0,1311	-0,0033	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,5393	-0,0517	-0,8486	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,000358	1,169	-0,05405	0,1816	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	1,783	0,0324	0,082	0,4	-0,1327	1,949	1,45	-0,602	0,00724
Hargreaves	0,1414	0,007127	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,151481	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,7374	0,08684	1,059	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2423	-0,09469	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge C. 2 Türkiye için modellere ait bölgesel katsayılar (devamı)

#	a	b	c	d	e	g	h	w	q
Eskişehir Sivrihisar									
Eş. 2.1	-0,3656	0,3063	-0,027	0,0306	-0,0244	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,4312	-0,0948	-0,0153	0,0847	1,6303	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,1927	0,1766	-0,0028	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,4441	0,0155	-0,63	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,8019	0,4735	-0,03051	1,347	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	0,4055	0,2695	1,01	0,34	-0,01033	0,00918	0,005328	0,39	1,984
Hargreaves	0,1977	-0,1296	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,159584	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6997	0,03675	1,591	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2959	-0,1705	-	-	-	-	-	-	-
Gümüşhane									
Eş. 2.1	-1,0075	0,0801	-0,0139	0,2104	0,525	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,5952	-0,3305	-0,0131	0,1317	2,3391	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,1755	0,1597	-0,0024	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,298	0,0619	-0,395	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,2605	0,4985	-0,09089	0,57	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	0,9144	0,4677	2,703	0,5391	0,2643	-0,05656	-0,1153	0,2919	0,3616
Hargreaves	0,1355	-0,01461	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,125222	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6643	0,06952	1,153	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2266	-0,09888	-	-	-	-	-	-	-
Hakkâri									
Eş. 2.1	-0,5343	0,3539	-0,0464	0,1065	-0,0199	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,3359	0,0703	-0,0409	0,0816	1,0246	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,2065	0,1464	-0,0023	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,3131	0,052	-0,2178	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	-0,01605	0,6367	0,04527	0,1238	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	0,1826	0,2216	0,4169	0,2528	-0,04477	-3,19E-4	0,002359	0,37	9,7
Hargreaves	0,1799	-0,03	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,171652	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6446	0,04171	1,76	-	-	-	-	-	-
Chen	0,279	-0,09018	-	-	-	-	-	-	-
Isparta									
Eş. 2.1	-1,7463	-0,1914	0,0077	0,4012	1,3534	-	-	-	-
Eş. 2.2	-1,0891	-0,9935	0,0089	0,2553	4,7362	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,2516	0,1276	-0,0034	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,457	0,011	-0,5774	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	-0,00054	0,2794	-0,01458	0,1665	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	1,479	0,2056	2,874	0,2827	-0,0687	0,0032	0,002997	0,9176	2,234
Hargreaves	0,1493	0,03861	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,1627	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,7046	0,06045	1,386	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2421	-0,03541	-	-	-	-	-	-	-
İstanbul Samandıra									
Eş. 2.1	-1,4697	0,022	-0,027	0,3421	1,0361	-	-	-	-
Eş. 2.2	-1,1112	-0,8813	-0,0273	0,2709	4,7035	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,3184	0,1203	-0,0046	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,3673	0,0771	-0,5539	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	-0,0244	0,2909	-0,1019	0,1925	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	-1,877	0,1059	-1,207	0,5799	-1,536	0,008345	-0,0158	0,3002	1,09
Hargreaves	0,1731	-0,01173	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,158637	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6341	0,05472	1,704	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2261	0,02382	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge C. 2 Türkiye için modellere ait bölgesel katsayılar (devamı)

#	a	b	c	d	e	g	h	w	q
İzmir Menemen									
Eş. 2.1	-1,1444	0,1952	-0,0392	0,2634	0,5354	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,7979	-0,4333	-0,0374	0,1904	3,1146	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,2499	0,1338	-0,003	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,3411	0,063	-0,36	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	1,278	0,4883	-0,06011	2,14	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	0,5682	0,368	1,447	0,26	-0,3052	-0,00134	0,000522	0,85	2,22
Hargreaves	0,1452	0,07914	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,167827	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6439	0,04115	1,788	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2317	0,01215	-	-	-	-	-	-	-
Kahramanmaraş Göksun									
Eş. 2.1	-1,7549	-0,1843	0,007	0,3663	1,3994	-	-	-	-
Eş. 2.2	-1,176	-0,988	0,008	0,2501	5,1403	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,2404	0,1354	-0,0035	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,612	-0,068	-0,92	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,7635	0,4662	-0,0249	1,259	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	1,219	0,2622	2,757	0,3297	-0,1347	0,001613	0,0167	0,38	1,178
Hargreaves	0,1543	-0,03207	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,14618	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,7064	0,04369	1,398	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2689	-0,1517	-	-	-	-	-	-	-
Karaman									
Eş. 2.1	-1,2003	0,0534	-0,0096	0,275	0,6741	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,6415	-0,3571	-0,0136	0,1508	2,482	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,2043	0,1679	-0,0027	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,47	0,0163	-0,649	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,000135	1,304	-0,09	0,214	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	-0,5604	0,2512	-1,906	0,1986	0,5929	0,03099	0,001571	0,22	-1,8
Hargreaves	0,1883	-0,05874	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,1698	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,7325	0,02839	1,739	-	-	-	-	-	-
Chen	0,3075	-0,159	-	-	-	-	-	-	-
Kars									
Eş. 2.1	-0,4849	0,302	-0,0305	0,0491	0,0364	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,4212	0,0595	-0,0303	0,0663	1,4668	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,2443	0,1392	-0,0035	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,536	-0,0519	-0,74	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,04694	-0,5706	-0,004	0,1569	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	1,215	0,6315	1,457	1,42	-0,1605	0,0823	0,02904	-0,7533	0,2529
Hargreaves	0,1525	-0,03628	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,147871	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,7849	0,05942	1,147	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2634	-0,1528	-	-	-	-	-	-	-
Kastamonu									
Eş. 2.1	-1,0811	-0,1096	0,0165	0,209	0,8931	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,9455	-0,8458	0,0222	0,1994	4,206	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,1704	0,1925	-0,00325	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,4858	-0,002	-0,8292	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,2279	0,4673	-0,07954	0,492	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	-0,4691	0,195	-0,08	0,351	-0,07	-0,00749	-0,048	0,33	0,89
Hargreaves	0,1933	-0,2189	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,129266	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,8591	0,03731	1,216	-	-	-	-	-	-
Chen	0,3004	-0,2753	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge C. 2 Türkiye için modellere ait bölgesel katsayılar (devamı)

#	a	b	c	d	e	g	h	w	q
Kayseri Develi									
Eş. 2.1	-0,4656	0,2884	-0,0242	0,1122	-0,0813	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,2702	0,0802	-0,0236	0,0682	0,7268	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,1293	0,2305	-0,0012	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,464	0,0104	-0,66	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	1,138	0,468	0,0005	1,807	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	0,572	0,2679	1,681	0,2507	-0,3402	0,005365	-0,02239	0,28	1,64
Hargreaves	0,2108	-0,1576	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,166948	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,719	0,0278	1,707	-	-	-	-	-	-
Chen	0,3385	-0,2584	-	-	-	-	-	-	-
Kilis									
Eş. 2.1	-0,2772	0,6603	-0,0834	0,041	-0,6002	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,2116	0,4804	-0,0798	0,0469	0,102	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,2223	0,1579	-0,002827	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,4096	0,02	-0,469	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	1,664	0,4846	-0,03829	2,701	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	2,291	0,0918	4,103	0,1414	-0,0210	-0,00267	-0,00138	0,4402	4,35
Hargreaves	0,1846	-0,03843	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,1743	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6628	0,01782	2,161	-	-	-	-	-	-
Chen	0,288	-0,1081	-	-	-	-	-	-	-
Kırklareli									
Eş. 2.1	-1,7534	-0,2745	0,0196	0,4	1,4911	-	-	-	-
Eş. 2.2	-1,3875	-1,4498	0,0269	0,3341	6,1954	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,2492	0,1446	-0,0041	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,438	0,0333	-0,6896	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,5211	0,4969	-0,1439	1,035	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	0,108	0,4062	0,6606	0,1641	-0,2834	0,007567	-0,00202	0,3364	2,875
Hargreaves	0,1922	-0,1308	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,147688	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6732	0,04288	1,505	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2652	-0,1179	-	-	-	-	-	-	-
Konya Beyşehir									
Eş. 2.1	-1,4594	-0,23	0,0206	0,3453	1,2706	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,9063	-0,9007	0,0207	0,2165	4,0697	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,1925	0,1653	-0,0021	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,4888	-0,0074	-0,668	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	-0,03761	0,2815	-0,036	0,139	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	1,773	0,2383	4,93	0,2421	-0,7374	-0,07808	-0,05933	0,27	0,5274
Hargreaves	0,1641	-0,01752	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,159227	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6964	0,04527	1,518	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2709	-0,1123	-	-	-	-	-	-	-
Konya Kulu									
Eş. 2.1	-1,0345	-0,0712	0,008	0,2321	0,837	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,6717	-0,5647	0,0088	0,1557	2,9365	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,1695	0,1805	-0,0018	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,5389	-0,0315	-0,7617	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,4803	0,4894	-0,08124	0,9277	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	0,4705	0,2968	1,289	0,2851	-0,1612	-0,00760	0,002291	0,5	1,8
Hargreaves	0,1768	-0,07788	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,155733	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,7255	0,04821	1,39	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2833	-0,1574	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge C. 2 Türkiye için modellere ait bölgesel katsayılar (devamı)

#	a	b	c	d	e	g	h	w	q
Malatya									
Eş. 2.1	-0,9685	0,0428	-0,0048	0,2204	0,5798	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,6192	-0,503	0,0063	0,1538	2,572	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,1862	0,1677	-0,0022	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,3482	0,0463	-0,3256	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,1705	-1,324	0,02173	0,1727	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	-1,222	0,2206	-2,616	0,2742	0,1959	0,00956	-0,003194	-1,791	0,4696
Hargreaves	0,1921	-0,09509	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,16735	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6691	0,0292	1,786	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2994	-0,1663	-	-	-	-	-	-	-
Mersin Tarsus									
Eş. 2.1	0,0284	0,8476	-0,1034	0,0034	-1,105	-	-	-	-
Eş. 2.2	0,1078	0,9711	-0,1072	-0,0227	-1,582	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,1345	0,2013	0,0001017	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,3273	0,0748	-0,3484	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	1,687	0,4746	-0,03712	2,667	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	1,519	0,174	3,279	0,2042	-0,4967	0,000928	-0,01147	0,2905	3,273
Hargreaves	0,1554	0,05676	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,1721	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6599	0,01255	2,273	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2637	-0,05468	-	-	-	-	-	-	-
Muğla									
Eş. 2.1	-1,1568	0,0228	-0,0087	0,2249	0,7908	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,7957	-0,5377	-0,007	0,1709	3,3105	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,2312	0,1471	-0,0037	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,3497	0,0648	-0,5281	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,000284	1,289	-0,1735	0,234	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	0,4329	-0,06579	1,254	0,1576	0,7444	-0,05064	0,02035	0,2142	0,4737
Hargreaves	0,1923	-0,1469	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,1407	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6409	0,01338	2,04	-	-	-	-	-	-
Chen	0,3085	-0,2368	-	-	-	-	-	-	-
Niğde Ulukışla									
Eş. 2.1	-0,5047	0,1988	-0,016	0,1076	0,1441	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,3463	-0,074	-0,0137	0,0806	1,2555	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,1481	0,2046	-0,0015	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,4353	0,01	-0,55	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,8202	0,4673	0,00101	1,35	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	0,8884	0,3326	6,237	0,1999	5,67	2,609	-5,38	0,0218	0,058
Hargreaves	0,1924	-0,1133	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,163442	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,7189	0,04248	1,496	-	-	-	-	-	-
Chen	0,3017	-0,1854	-	-	-	-	-	-	-
Rize									
Eş. 2.1	-1,0357	0,2691	-0,0545	0,3457	0,184	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,8625	-0,7727	-0,0471	0,2937	3,1669	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,1308	0,2595	-0,00237	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,2691	0,1347	-0,4443	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	-0,2091	0,6603	0,2146	-0,4447	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	1,005	0,1533	0,9299	0,9322	0,7212	-9,78E-5	-0,00711	0,7468	-1,752
Hargreaves	0,2533	-0,2683	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,138916	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,5874	0,01039	2,519	-	-	-	-	-	-
Chen	0,317	-0,2029	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge C. 2 Türkiye için modellere ait bölgesel katsayılar (devamı)

#	a	b	c	d	e	g	h	w	q
Sinop									
Eş. 2.1	-1,2345	0,1506	-0,0674	0,3307	0,9752	-	-	-	-
Eş. 2.2	-1,0257	-0,8292	-0,0667	0,284	4,4744	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,4032	0,092	-0,004	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,3127	0,0997	-0,2086	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,007185	1,106	-0,02996	0,2981	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	-2,05	0,105	-1,38	0,58	-1,5	0,01	-0,0158	0,09	1,1
Hargreaves	0,1572	0,1841	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,235906	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6582	0,3177	1,133	-	-	-	-	-	-
Chen	0,1646	0,2801	-	-	-	-	-	-	-
Sivas Gemerek									
Eş. 2.1	-1,285	-0,1547	0,0131	0,3093	1,0212	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,7923	-0,7328	0,0126	0,189	3,4612	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,1396	0,1938	-0,0012	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,4785	-0,02	-0,658	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,647	0,4667	-0,02601	1,086	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	0,6056	0,2904	1,332	0,367	-0,02751	0,001368	0,012	0,5943	2,23
Hargreaves	0,1481	-0,0229	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,14402	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,7037	0,04193	1,389	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2669	-0,1612	-	-	-	-	-	-	-
Şanlıurfa Ceylanpınar									
Eş. 2.1	-0,7132	0,1848	-0,022	0,1673	0,2412	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,4373	-0,1395	-0,0198	0,1023	1,5888	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,153	0,1764	-0,000867	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,4731	-0,0166	-0,593	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	-0,1334	0,2798	-0,05962	0,05421	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	-0,3897	-0,1047	-0,9667	-0,109	0,0278	0,03445	-0,00008995	0,2001	-2,103
Hargreaves	0,1432	0,0142	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,14626	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6541	0,02155	1,803	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2584	-0,1235	-	-	-	-	-	-	-
Şırnak									
Eş. 2.1	-0,1452	1,1917	-0,1903	-0,0499	-1,1662	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,185	1,0117	-0,1816	0,0337	-0,518	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,2518	0,1293	-0,0034	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,2692	0,0951	-0,1287	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	-0,04082	0,663	0,009	0,099	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	-0,5902	0,03312	-0,2101	0,254	-0,7187	0,0206	0,03016	0,0398	5,347
Hargreaves	0,2325	-0,1003	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,19305	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,646	0,007702	2,959	-	-	-	-	-	-
Chen	0,322	-0,1067	-	-	-	-	-	-	-
Tekirdağ									
Eş. 2.1	-1,0268	0,2533	-0,0495	0,2634	0,4254	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,8709	-0,5724	-0,0469	0,2342	3,427	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,2304	0,1794	-0,0033	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,257	0,12	-0,2086	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	1,343	0,486	-0,01383	2,222	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	-1,877	0,1059	-1,207	0,5799	-1,536	0,008345	-0,0158	0,3002	1,09
Hargreaves	0,2235	-0,1107	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,175201	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6433	0,02208	2,231	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2762	-0,0435	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge C. 2 Türkiye için modellere ait bölgesel katsayılar (devamı)

#	a	b	c	d	e	g	h	w	q
Tokat									
Eş. 2.1	-0,7486	0,0742	-0,0009887	0,1893	0,3187	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,5052	-0,3626	0,0018	0,131	1,9526	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,1224	0,2302	-0,0017	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,354	0,0554	-0,5622	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,5311	0,4559	-0,00644	0,8965	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	-0,182	0,6	-0,207	1,35	0,00324	-0,01127	0,001486	0,2111	5,12
Hargreaves	0,1914	-0,1636	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,142029	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,7295	0,04048	1,405	-	-	-	-	-	-
Chen	0,3009	-0,2335	-	-	-	-	-	-	-
Van									
Eş. 2.1	-1,0508	0,3118	-0,0503	0,2784	0,1863	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,5747	-0,1578	-0,0479	0,1545	1,8951	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,1858	0,1693	-0,0013	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,3381	0,046	-0,1809	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	2,141	0,4754	0,01213	3,323	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	1,78	0,0324	0,06	0,35	-0,1327	1,94	1,25	0,00724	-0,602
Hargreaves	0,162	0,04257	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,174436	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,6589	0,01725	2,19	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2655	-0,05193	-	-	-	-	-	-	-
Yozgat									
Eş. 2.1	-1,1071	-0,0147	-0,0029	0,253	0,7538	-	-	-	-
Eş. 2.2	-0,6422	-0,4371	-0,0056	0,147	2,6523	-	-	-	-
Eş. 2.4	-0,1596	0,176	-0,0015	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.5	-0,46	-0,004	-0,635	-	-	-	-	-	-
Eş. 2.6	0,00006496	1,283	-0,06274	0,173	-	-	-	-	-
Eş. 2.15	-0,8486	0,5594	-0,9452	1,302	0,03844	-0,01052	-0,0006782	0,8	1,14
Hargreaves	0,1425	0,006641	-	-	-	-	-	-	-
Allen	0,142079	-	-	-	-	-	-	-	-
Br.-Camp.	0,681	0,0389	1,486	-	-	-	-	-	-
Chen	0,2529	-0,1155	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge C. 3 Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri

Adana											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-14,00	-15,52	-42,04	-29,11	-13,08	MBE	0,13	0,12	-0,32	-0,20	0,35
Şubat	-14,98	-15,99	-21,16	-11,21	-16,79	RMSE	2,74	2,76	3,00	3,02	2,85
Mart	-17,02	-17,19	-17,36	-12,62	-18,57	MPE	-8,58	-9,02	-12,26	-11,06	-10,05
Nisan	-14,52	-14,73	-14,55	-12,49	-17,39	NSE	0,86	0,85	0,83	0,83	0,84
Mayıs	-9,40	-9,61	-5,95	-8,20	-12,14						
Haziran	2,39	2,55	6,33	1,77	1,64						
Temmuz	7,14	7,43	10,74	3,55	7,52						
Ağustos	4,44	4,76	8,85	-0,28	3,28						
Eylül	-2,18	-2,05	2,35	-3,97	-4,40						
Ekim	-8,63	-8,75	-7,93	-9,24	-9,94						
Kasım	-17,06	-17,30	-16,98	-12,17	-17,43						
Aralık	-13,08	-15,61	-38,41	-33,15	-17,36						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-22,56	-45,68	-41,74	-19,27	-32,82	MBE	0,85	0,17	-0,41	0,48	0,14
Şubat	-13,51	-25,41	-21,46	-17,15	-22,04	RMSE	1,87	3,02	3,08	2,91	2,83
Mart	-17,03	-20,18	-16,15	-17,79	-18,85	MPE	-11,23	-15,67	-11,88	-11,65	-12,87
Nisan	-15,90	-19,27	-15,10	-17,65	-18,18	NSE	0,85	0,83	0,82	0,84	0,84
Mayıs	-11,53	-10,98	-7,12	-13,53	-10,95						
Haziran	-0,39	3,12	6,43	-0,26	2,81						
Temmuz	5,71	8,55	11,58	5,82	8,27						
Ağustos	1,87	6,26	9,53	2,33	5,82						
Eylül	-5,24	-1,09	2,55	-5,46	-1,53						
Ekim	-10,08	-9,83	-5,98	-9,63	-9,14						
Kasım	-15,74	-18,33	-14,29	-15,79	-17,15						
Aralık	-24,24	-43,57	-39,44	-25,34	-30,89						

Afyonkarahisar											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	10,24	9,45	2,91	6,49	0,61	MBE	-0,10	-0,12	-0,11	-0,16	0,20
Şubat	5,52	5,72	3,86	5,92	2,06	RMSE	2,84	2,82	2,81	3,24	2,95
Mart	-13,13	-13,01	-14,69	-19,67	-17,57	MPE	-3,18	-3,21	-4,83	-5,43	-7,07
Nisan	-9,39	-9,03	-9,44	-11,36	-12,57	NSE	0,89	0,89	0,88	0,85	0,88
Mayıs	-10,43	-10,38	-10,33	-13,74	-14,33						
Haziran	-2,96	-2,95	-2,51	-4,67	-5,77						
Temmuz	0,07	0,13	-0,13	0,05	-0,48						
Ağustos	-0,51	-0,27	-0,88	-0,57	-1,15						
Eylül	-1,94	-1,70	-2,43	-1,33	-2,54						
Ekim	-6,62	-6,81	-8,05	-15,61	-11,69						
Kasım	-9,63	-10,06	-11,70	-9,85	-13,27						
Aralık	5,47	5,02	-1,55	5,71	-5,06						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	0,66	-0,29	-11,29	4,72	3,35	MBE	0,65	-0,05	-0,21	0,12	-0,06
Şubat	0,13	2,77	-2,92	5,03	3,23	RMSE	1,66	2,99	3,10	2,97	3,06
Mart	-20,76	-14,24	-19,61	-12,28	-13,75	MPE	-8,41	-5,72	-8,44	-5,07	-4,48
Nisan	-14,14	-9,61	-10,89	-9,94	-10,80	NSE	0,87	0,87	0,86	0,87	0,87
Mayıs	-16,60	-11,44	-11,92	-13,16	-11,87						
Haziran	-6,97	-3,50	-2,69	-5,33	-4,19						
Temmuz	-2,44	1,09	4,27	-0,41	1,67						
Ağustos	-3,17	0,48	3,57	-1,09	0,98						
Eylül	-4,03	-1,54	0,69	-2,25	-0,95						
Ekim	-11,73	-10,56	-15,07	-10,01	-3,78						
Kasım	-16,58	-13,82	-20,01	-11,18	-10,26						
Aralık	-0,35	-6,18	-15,98	-1,67	-5,36						

Çizelge C. 3 Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri (devamı)

Ağrı											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-25,70	-27,13	-38,88	-35,82	-31,67	MBE	-0,11	-0,12	-0,04	-0,09	0,17
Şubat	-20,35	-20,94	-25,42	-11,44	-25,33	RMSE	3,26	3,25	3,35	3,73	3,31
Mart	-6,88	-6,90	-11,99	-17,35	-10,17	MPE	-10,11	-10,27	-13,47	-14,24	-12,57
Nisan	-11,96	-11,58	-13,33	-25,33	-13,35	NSE	0,85	0,85	0,84	0,81	0,85
Mayıs	-8,49	-8,07	-7,18	-11,67	-10,48						
Haziran	-4,88	-5,02	-3,34	-2,94	-6,53						
Temmuz	-3,86	-3,90	-4,19	-0,30	-5,17						
Ağustos	-4,35	-4,22	-6,05	-1,03	-6,15						
Eylül	-5,42	-5,28	-6,13	-6,49	-6,89						
Ekim	-8,11	-7,76	-8,90	-16,02	-8,95						
Kasım	-5,18	-4,97	-6,54	-14,71	-5,12						
Aralık	-10,70	-11,96	-23,27	-21,42	-14,62						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-24,43	-37,74	-45,24	-28,93	-30,70	MBE	0,06	-0,07	-0,24	0,006	-0,09
Şubat	-25,23	-27,60	-30,32	-25,57	-26,58	RMSE	1,31	3,34	3,40	3,30	3,32
Mart	-5,06	-10,87	-15,09	-6,78	-9,23	MPE	-8,98	-12,76	-14,37	-10,61	-10,94
Nisan	-8,27	-11,72	-14,28	-9,62	-11,27	NSE	0,85	0,85	0,84	0,85	0,85
Mayıs	-9,15	-7,27	-7,34	-8,86	-8,56						
Haziran	-4,44	-4,02	-1,55	-5,84	-4,33						
Temmuz	-1,51	-3,13	-0,17	-4,30	-2,89						
Ağustos	-1,48	-4,35	-1,19	-5,19	-3,86						
Eylül	-2,94	-5,06	-2,47	-5,41	-4,60						
Ekim	-4,87	-8,09	-9,66	-6,15	-6,69						
Kasım	-2,58	-5,43	-8,32	-2,41	-3,38						
Aralık	-12,07	-21,14	-28,94	-12,01	-12,29						
Aksaray											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-15,16	-17,64	-34,56	-28,89	-32,99	MBE	-0,06	-0,04	0,05	-0,12	0,46
Şubat	-11,90	-12,61	-17,15	-13,35	-18,82	RMSE	3,06	3,06	3,20	3,51	3,28
Mart	-15,57	-16,09	-19,64	-21,82	-24,54	MPE	-6,91	-7,45	-11,89	-10,90	-13,65
Nisan	-8,87	-8,56	-10,21	-12,90	-14,16	NSE	0,88	0,88	0,86	0,84	0,86
Mayıs	-9,93	-9,89	-8,95	-12,10	-14,93						
Haziran	-2,63	-2,69	-1,30	-5,06	-6,69						
Temmuz	1,42	1,37	1,09	1,42	1,32						
Ağustos	1,38	1,53	0,62	1,57	0,69						
Eylül	-1,86	-1,43	-3,38	-0,07	-2,86						
Ekim	-11,33	-11,70	-13,28	-12,73	-15,82						
Kasım	0,65	-0,64	-12,74	-11,06	-12,26						
Aralık	-3,65	-5,85	-20,17	-11,02	-18,26						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-21,67	-40,69	-46,44	-24,55	-30,96	MBE	0,91	0,09	-0,47	0,46	0,06
Şubat	-14,11	-21,64	-22,33	-17,69	-19,87	RMSE	2,05	3,33	3,45	3,25	3,27
Mart	-17,91	-22,67	-21,99	-20,19	-21,31	MPE	-10,94	-13,46	-12,47	-11,15	-10,73
Nisan	-12,15	-10,30	-8,05	-10,15	-9,57	NSE	0,87	0,85	0,84	0,86	0,86
Mayıs	-14,00	-10,46	-6,75	-14,35	-10,92						
Haziran	-6,45	-2,01	1,55	-6,97	-2,74						
Temmuz	-0,58	5,22	9,03	1,29	4,83						
Ağustos	-0,86	3,95	8,05	0,48	3,74						
Eylül	-4,15	-2,13	2,41	-3,38	-1,78						
Ekim	-14,93	-16,73	-14,61	-16,56	-15,78						
Kasım	-8,14	-15,15	-17,94	-3,05	-5,72						
Aralık	-12,85	-26,00	-30,54	-13,69	-16,36						

Çizelge C. 3 Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri (devamı)

Ankara											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-1,21	-3,11	-13,11	-10,61	-8,24	MBE	-0,19	-0,17	-0,56	-0,30	-0,09
Şubat	-10,62	-11,17	-11,57	-15,99	-12,20	RMSE	2,89	2,89	2,97	3,23	2,90
Mart	-10,14	-10,43	-9,76	-16,28	-12,80	MPE	-4,48	-4,92	-4,72	-7,31	-6,52
Nisan	-8,34	-8,33	-5,17	-9,14	-8,61	NSE	0,88	0,88	0,88	0,85	0,88
Mayıs	-10,14	-10,19	-7,31	-12,29	-0,59						
Haziran	-6,97	-6,98	-4,12	-6,18	-8,42						
Temmuz	-1,04	-1,14	1,83	0,06	-0,59						
Ağustos	0,50	0,55	3,01	0,15	0,35						
Eylül	0,51	0,58	3,27	2,11	1,81						
Ekim	-2,45	-2,97	-2,05	-8,48	-5,05						
Kasım	-4,89	-5,51	-5,22	-3,91	-5,97						
Aralık	4,61	3,25	-2,68	-1,94	-1,72						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-7,44	-18,69	-40,41	-8,30	-8,10	MBE	0,41	-0,09	-0,34	0,12	-0,11
Şubat	-12,34	-16,39	-27,08	-12,16	-13,71	RMSE	1,68	3,03	3,20	3,01	3,06
Mart	-11,71	-13,58	-19,62	-11,38	-12,75	MPE	-6,96	-8,44	-12,49	-7,14	-6,55
Nisan	-10,37	-8,18	-8,74	-8,69	-8,71	NSE	0,88	0,87	0,86	0,87	0,87
Mayıs	-13,05	-11,81	-10,75	-13,88	-12,90						
Haziran	-9,31	-8,59	-6,17	-10,90	-9,18						
Temmuz	-2,43	0,85	5,09	-1,61	1,02						
Ağustos	-0,74	2,32	6,61	0,04	2,59						
Eylül	-0,85	2,60	5,65	1,02	2,77						
Ekim	-5,35	-6,44	-9,95	-5,97	-4,05						
Kasım	-6,91	-11,00	-16,04	-8,81	-8,64						
Aralık	0,76	-8,70	-23,18	-1,95	-3,52						

Antalya Elmalı											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	6,70	5,49	-8,17	-7,70	-3,70	MBE	-0,18	-0,20	-0,13	-0,16	0,46
Şubat	5,03	5,04	-0,51	-3,47	-1,52	RMSE	2,77	2,77	2,86	3,13	2,92
Mart	-4,29	-3,92	-4,53	-11,56	-8,61	MPE	-2,14	-2,19	-5,19	-5,97	-7,21
Nisan	-0,41	-0,02	-0,05	-3,92	-4,89	NSE	0,89	0,89	0,87	0,85	0,87
Mayıs	-11,26	-11,15	-10,39	-13,43	-16,54						
Haziran	-6,56	-6,53	-5,72	-6,25	-10,37						
Temmuz	-3,49	-3,45	-4,12	-0,94	-5,32						
Ağustos	-2,61	-2,52	-3,29	-0,96	-4,70						
Eylül	-0,89	-0,66	-1,64	1,69	-2,73						
Ekim	-9,45	-9,18	-11,33	-13,46	-14,88						
Kasım	-4,75	-4,81	-8,57	-8,92	-10,53						
Aralık	6,97	6,00	-3,10	1,60	-1,06						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-4,14	-8,86	-20,70	-0,40	-1,99	MBE	0,53	-0,14	-0,12	0,20	-0,15
Şubat	-5,09	-1,05	-7,55	1,29	2,02	RMSE	1,35	2,93	2,99	2,92	2,90
Mart	-11,87	-3,63	-7,27	-4,25	-3,03	MPE	-7,74	-5,24	-8,12	-5,01	-3,78
Nisan	-5,46	0,17	-1,14	-1,97	-0,13	NSE	0,87	0,87	0,86	0,87	0,87
Mayıs	-15,79	-10,98	-11,64	-14,07	-11,58						
Haziran	-9,10	-5,87	-5,14	-9,00	-6,26						
Temmuz	-4,46	-2,56	-0,83	-4,63	-2,37						
Ağustos	-3,64	-1,76	0,01	-3,71	-1,53						
Eylül	-2,27	-0,92	0,55	-2,21	-0,56						
Ekim	-14,60	-12,50	-14,77	-12,53	-11,44						
Kasım	-11,01	-9,83	-13,98	-8,42	-8,00						
Aralık	-2,90	-4,04	-12,17	0,24	0,31						

Çizelge C. 3 Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri (devamı)

Artvin											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-7,36	-6,57	-20,75	-1,14	-6,57	MBE	-0,02	-0,06	0,06	-0,17	-0,02
Şubat	-16,41	-15,86	-24,46	-10,37	-17,46	RMSE	3,25	3,27	3,45	3,56	3,28
Mart	-17,78	-17,08	-27,94	-14,63	-18,08	MPE	-10,82	-10,46	-16,11	-10,64	-10,81
Nisan	-31,69	-31,64	-37,88	-24,84	-31,81	NSE	0,81	0,81	0,79	0,77	0,81
Mayıs	-14,95	-14,93	-16,66	-16,38	-15,83						
Haziran	-4,35	-4,39	-5,26	-8,79	-4,31						
Temmuz	-0,27	0,11	-1,62	-8,75	0,39						
Ağustos	3,19	3,43	5,34	-1,92	3,48						
Eylül	-1,84	-1,64	-2,70	-9,36	-3,43						
Ekim	-10,71	-10,68	-16,11	-14,02	-11,43						
Kasım	-12,05	-11,79	-21,41	-9,99	-11,38						
Aralık	-16,05	-14,85	-24,48	-6,74	-13,31						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-14,38	-15,99	-22,47	-7,07	-9,72	MBE	-0,01	0,09	-0,23	0,47	0,08
Şubat	-18,65	-21,02	-23,56	-18,42	-17,44	RMSE	1,80	3,44	3,53	3,30	3,34
Mart	-20,70	-24,61	-25,74	-19,97	-19,82	MPE	-10,73	-15,20	-16,02	-13,70	-12,88
Nisan	-25,85	-39,21	-35,24	-37,34	-36,46	NSE	0,81	0,79	0,78	0,81	0,80
Mayıs	-10,65	-18,33	-16,13	-19,60	-17,75						
Haziran	0,40	-6,76	-6,05	-8,42	-6,67						
Temmuz	0,29	-2,02	-1,56	-3,14	-1,69						
Ağustos	4,19	4,05	5,44	-1,00	2,89						
Eylül	-0,08	-3,80	-2,24	-5,93	-3,56						
Ekim	-9,00	-16,49	-17,38	-15,64	-13,78						
Kasım	-11,41	-18,99	-24,00	-12,55	-15,10						
Aralık	-23,33	-19,37	-24,34	-15,05	-15,51						
Balıkesir Burhaniye											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-15,98	-18,70	-27,09	-27,15	-49,52	MBE	-0,07	-0,07	-0,05	-0,12	0,89
Şubat	-13,15	-14,95	-18,55	-19,28	-35,35	RMSE	2,81	2,85	3,06	3,38	3,56
Mart	-15,63	-16,12	-19,28	-19,31	-34,45	MPE	-6,57	-7,37	-10,16	-11,42	-19,91
Nisan	-9,75	-9,89	-9,36	-10,77	-21,36	NSE	0,89	0,89	0,87	0,84	0,83
Mayıs	-7,67	-7,74	-8,90	-13,54	-19,87						
Haziran	-0,42	-0,26	-0,81	-3,14	-5,91						
Temmuz	0,09	0,10	-0,40	1,76	1,89						
Ağustos	-0,68	-0,28	-1,09	-0,13	0,54						
Eylül	-1,15	-0,56	-1,94	-2,52	-5,52						
Ekim	-3,72	-4,37	-8,38	-11,56	-16,48						
Kasım	-5,59	-6,95	-9,44	-13,31	-23,57						
Aralık	-8,56	-12,76	-21,63	-23,82	-40,55						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-22,58	-51,05	-39,33	-56,42	-48,71	MBE	-0,16	0,21	-0,06	1,08	0,19
Şubat	-17,12	-37,22	-27,83	-38,82	-34,47	RMSE	1,95	3,65	3,77	3,70	3,59
Mart	-18,88	-32,12	-25,22	-36,51	-30,45	MPE	-7,77	-18,14	-13,26	-22,14	-17,01
Nisan	-11,86	-17,99	-15,95	-21,77	-17,20	NSE	0,87	0,82	0,80	0,81	0,82
Mayıs	-9,79	-15,72	-13,30	-20,41	-15,28						
Haziran	0,82	-0,48	-0,34	-6,07	-0,75						
Temmuz	4,61	7,20	7,47	1,24	6,83						
Ağustos	3,21	6,50	7,40	-0,04	6,15						
Eylül	-0,58	-0,75	0,23	-6,67	-0,90						
Ekim	-5,76	-17,67	-11,18	-18,68	-15,68						
Kasım	-7,36	-25,42	-17,23	-27,49	-23,37						
Aralık	-13,44	-45,84	-34,46	-46,19	-42,42						

Çizelge C. 3 Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri (devamı)

Bartın Amasra											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-37,58	-37,48	-47,83	-29,69	-35,24	MBE	0,20	0,19	0,34	0,04	0,69
Şubat	-13,15	-13,27	-19,04	-4,30	-14,33	RMSE	3,91	3,92	4,19	4,17	4,03
Mart	-28,89	-28,78	-42,68	-27,86	-27,68	MPE	-14,10	-13,98	-18,81	-14,27	-15,47
Nisan	-15,81	-15,97	-23,07	-14,27	-18,02	NSE	0,78	0,78	0,75	0,75	0,77
Mayıs	-14,98	-15,35	-18,34	-16,77	-18,84						
Haziran	0,46	0,51	1,48	-1,83	-3,49						
Temmuz	3,55	3,70	4,98	-0,13	-1,19						
Ağustos	-1,25	-0,93	0,45	-6,75	-4,85						
Eylül	-6,98	-6,77	-5,42	-7,87	-11,03						
Ekim	-15,60	-15,24	-20,30	-19,90	-16,69						
Kasım	-26,45	-26,06	-35,90	-31,53	-23,16						
Aralık	-12,25	-11,69	-20,32	-8,43	-8,57						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-40,47	-46,18	-35,37	-37,25	-42,60	MBE	-0,46	0,25	0,04	1,01	0,23
Şubat	-10,50	-18,15	-14,48	-17,15	-16,68	RMSE	2,21	4,24	4,39	4,14	4,15
Mart	-33,93	-41,98	-34,63	-30,60	-38,33	MPE	-13,09	-18,07	-13,65	-17,47	-16,64
Nisan	-13,06	-22,39	-21,51	-22,45	-21,23	NSE	0,75	0,75	0,73	0,76	0,76
Mayıs	-7,26	-18,40	-14,17	-20,51	-17,67						
Haziran	6,18	1,49	3,13	-4,89	1,30						
Temmuz	7,79	4,92	5,56	-1,81	4,61						
Ağustos	1,90	0,87	1,98	-5,93	0,60						
Eylül	-2,06	-5,03	-4,29	-12,76	-5,42						
Ekim	-17,03	-19,54	-14,10	-17,91	-17,79						
Kasım	-32,92	-33,95	-23,31	-24,07	-30,35						
Aralık	-18,71	-18,18	-9,68	-11,32	-14,98						
Bingöl Solhan											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-10,65	-13,22	-26,91	-32,41	-33,43	MBE	-0,27	-0,29	-0,28	-0,13	0,22
Şubat	18,71	17,79	10,87	7,93	4,81	RMSE	3,66	3,64	3,76	4,15	3,86
Mart	-6,14	-5,75	-9,18	-23,16	-13,78	MPE	-7,85	-8,10	-11,39	-15,95	-15,61
Nisan	-18,03	-17,19	-18,45	-29,11	-24,64	NSE	0,81	0,81	0,80	0,76	0,79
Mayıs	-16,63	-16,01	-13,49	-19,35	-22,96						
Haziran	-3,71	-4,08	-1,41	0,93	-4,03						
Temmuz	-6,54	-6,47	-8,15	-1,63	-6,33						
Ağustos	-3,73	-3,54	-6,62	-0,55	-3,16						
Eylül	-11,12	-10,98	-12,58	-10,89	-13,20						
Ekim	-12,47	-12,76	-14,34	-22,39	-19,21						
Kasım	-22,60	-22,50	-25,61	-35,66	-30,38						
Aralık	-3,74	-5,46	-16,03	-22,65	-20,94						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-18,59	-34,32	-45,64	-16,89	-24,69	MBE	0,21	-0,17	-0,01	-0,06	-0,20
Şubat	13,30	6,07	-0,54	14,90	10,01	RMSE	1,49	3,89	3,91	3,85	3,84
Mart	-10,14	-9,47	-15,63	-2,85	-7,33	MPE	-12,13	-13,22	-17,22	-9,11	-10,85
Nisan	-23,02	-19,27	-23,71	-16,95	-19,07	NSE	0,80	0,79	0,78	0,79	0,79
Mayıs	-22,14	-17,44	-19,37	-20,79	-18,72						
Haziran	-6,01	-1,29	-1,06	-4,68	-1,84						
Temmuz	-7,12	-6,18	-4,92	-6,86	-5,56						
Ağustos	-3,90	-3,44	-2,00	-3,37	-2,54						
Eylül	-12,62	-12,05	-11,31	-13,00	-11,72						
Ekim	-17,40	-16,58	-20,43	-13,74	-13,49						
Kasım	-27,69	-27,05	-33,50	-20,21	-23,33						
Aralık	-10,98	-20,96	-30,44	-6,65	-13,03						

Çizelge C. 3 Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri (devamı)

Bolu											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-24,31	-25,54	-31,92	-9,24	-24,13	MBE	-0,01	0,04	0,06	-0,11	0,18
Şubat	-20,87	-21,70	-27,45	-17,24	-23,18	RMSE	3,07	3,07	3,10	3,26	3,07
Mart	-18,67	-19,30	-23,20	-19,08	-21,35	MPE	-10,68	-11,25	-13,45	-9,84	-12,28
Nisan	-12,70	-13,05	-15,37	-12,98	-16,46	NSE	0,86	0,86	0,86	0,85	0,86
Mayıs	-8,38	-8,90	-9,38	-12,14	-11,88						
Haziran	-4,48	-5,02	-3,93	-6,51	-6,35						
Temmuz	0,36	0,32	0,42	-1,91	0,34						
Ağustos	-2,50	-2,57	-2,94	-5,55	-2,86						
Eylül	-0,95	-1,22	-1,94	-6,43	-2,74						
Ekim	-3,85	-4,68	-6,61	-8,53	-6,68						
Kasım	-12,96	-13,40	-14,01	-13,76	-11,81						
Aralık	-12,72	-13,76	-16,69	-0,28	-13,82						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-27,43	-31,89	-48,00	-24,14	-21,95	MBE	0,25	0,03	-0,51	0,14	0,01
Şubat	-23,26	-25,83	-38,30	-19,21	-15,84	RMSE	1,73	3,14	3,40	3,12	3,20
Mart	-17,21	-20,39	-27,23	-15,10	-16,41	MPE	-9,61	-12,90	-15,82	-10,47	-10,10
Nisan	-11,32	-14,59	-13,54	-13,42	-13,88	NSE	0,86	0,86	0,83	0,86	0,85
Mayıs	-7,45	-10,14	-7,32	-11,31	-9,09						
Haziran	-0,74	-5,93	-2,62	-7,86	-7,54						
Temmuz	0,12	1,52	5,93	-0,63	0,38						
Ağustos	-1,97	-1,88	3,46	-3,25	-1,50						
Eylül	1,03	-1,88	1,06	-1,38	-0,47						
Ekim	-0,09	-7,67	-11,23	-4,27	-5,07						
Kasım	-11,08	-11,04	-14,61	-7,40	-8,57						
Aralık	-7,63	-17,96	-25,82	-13,07	-17,41						
Bursa											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-19,63	-19,96	-30,30	-7,57	-21,65	MBE	0,09	0,09	0,13	-0,09	0,34
Şubat	-28,83	-29,26	-41,69	-29,94	-33,64	RMSE	4,02	4,02	4,11	4,21	4,10
Mart	-36,38	-36,48	-43,50	-33,73	-42,15	MPE	-17,80	-18,07	-22,78	-19,25	-21,57
Nisan	-32,54	-32,46	-35,28	-31,15	-37,20	NSE	0,75	0,75	0,74	0,73	0,74
Mayıs	-12,42	-12,57	-13,19	-13,10	-16,46						
Haziran	-8,99	-8,95	-10,48	-15,48	-12,51						
Temmuz	-21,13	-20,77	-20,76	-23,64	-20,99						
Ağustos	4,04	4,49	3,10	-1,53	3,38						
Eylül	-2,55	-2,47	-7,10	-14,59	-6,35						
Ekim	-14,88	-16,26	-25,18	-29,07	-25,43						
Kasım	-20,49	-21,72	-22,93	-19,88	-21,21						
Aralık	-8,01	-9,02	-15,77	1,30	-12,21						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-24,28	-31,61	-37,33	-19,68	-24,25	MBE	0,40	0,11	-0,43	0,42	0,09
Şubat	-36,87	-42,54	-48,38	-30,26	-32,03	RMSE	1,80	4,18	4,28	4,10	4,16
Mart	-37,91	-44,53	-44,94	-38,27	-41,06	MPE	-19,59	-23,90	-23,22	-21,13	-20,32
Nisan	-31,37	-37,29	-33,77	-34,81	-35,76	NSE	0,74	0,73	0,72	0,74	0,73
Mayıs	-9,57	-14,55	-10,48	-16,53	-15,19						
Haziran	-10,21	-10,45	-6,70	-13,80	-10,91						
Temmuz	-23,78	-17,25	-11,81	-24,10	-18,65						
Ağustos	4,19	6,37	10,95	2,58	5,92						
Eylül	-4,67	-8,35	-6,44	-7,21	-3,46						
Ekim	-18,58	-31,43	-33,10	-26,04	-22,44						
Kasım	-19,28	-26,47	-27,24	-20,96	-22,09						
Aralık	-13,82	-18,73	-21,32	-14,43	-11,68						

Çizelge C. 3 Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri (devamı)

Diyarbakır Ergani											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-5,20	-13,80	-57,61	-75,33	-21,52	MBE	-0,24	-0,24	-0,26	-0,18	0,35
Şubat	-8,02	-8,30	-22,33	-31,24	-18,61	RMSE	2,97	3,01	3,31	3,73	3,42
Mart	-25,33	-24,75	-28,26	-37,71	-38,70	MPE	-7,04	-8,49	-18,45	-24,80	-14,29
Nisan	-10,77	-11,59	-10,22	-17,73	-24,38	NSE	0,89	0,88	0,85	0,81	0,84
Mayıs	-7,45	-8,37	-3,61	-10,84	-17,97						
Haziran	-4,49	-4,65	-4,39	-4,93	-7,92						
Temmuz	-1,36	-2,10	-1,97	0,75	0,06						
Ağustos	-1,43	-1,73	-4,26	-0,23	-0,93						
Eylül	-4,32	-4,54	-6,05	-1,55	-3,70						
Ekim	-8,99	-8,94	-9,83	-15,04	-15,44						
Kasım	-8,45	-6,77	-18,86	-28,55	-8,32						
Aralık	4,16	0,09	-28,55	-42,55	-3,42						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-13,95	-71,44	-78,96	-8,19	-45,54	MBE	0,46	-0,13	-0,14	0,27	-0,17
Şubat	-9,65	-30,44	-33,85	-7,38	-23,56	RMSE	2,30	3,67	3,67	3,48	3,54
Mart	-29,78	-36,46	-38,24	-32,39	-34,89	MPE	-11,69	-22,77	-24,67	-9,67	-16,85
Nisan	-17,72	-20,29	-20,86	-23,48	-20,30	NSE	0,87	0,82	0,82	0,84	0,83
Mayıs	-16,15	-13,84	-13,66	-19,35	-13,87						
Haziran	-7,12	-4,25	-3,41	-6,89	-4,29						
Temmuz	-1,57	4,55	5,12	-0,33	4,16						
Ağustos	-2,05	1,37	2,12	-1,39	1,34						
Eylül	-5,46	-2,04	-1,27	-4,77	-2,00						
Ekim	-13,42	-11,28	-11,92	-13,02	-10,89						
Kasım	-13,91	-20,74	-23,86	0,55	-12,75						
Aralık	-5,11	-36,23	-41,50	5,16	-17,91						
Elazığ Palu											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-1,76	-2,74	-32,03	-28,40	-26,69	MBE	-0,23	-0,22	-0,15	-0,14	0,28
Şubat	-2,47	-2,28	-13,95	-11,86	-13,17	RMSE	2,85	2,84	3,02	3,19	2,96
Mart	-17,13	-16,51	-19,21	-28,72	-24,33	MPE	-4,79	-5,03	-11,83	-12,40	-13,69
Nisan	-11,22	-11,12	-10,65	-16,92	-17,01	NSE	0,87	0,88	0,86	0,84	0,87
Mayıs	-11,44	-11,34	-8,02	-12,15	-15,09						
Haziran	-3,40	-3,86	-1,95	-2,27	-6,19						
Temmuz	-1,61	-1,64	-3,65	0,45	-3,69						
Ağustos	-2,43	-2,36	-4,91	0,91	-4,10						
Eylül	-3,77	-4,03	-4,34	-1,52	-5,40						
Ekim	-6,25	-6,81	-9,32	-11,59	-14,48						
Kasım	-0,98	-1,54	-10,70	-11,84	-13,46						
Aralık	9,46	8,06	-17,98	-18,48	-15,64						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-9,49	-22,81	-41,70	-1,11	-8,54	MBE	0,52	-0,19	-0,17	0,12	-0,22
Şubat	-13,12	-10,06	-20,36	-4,35	-6,12	RMSE	1,38	2,98	3,04	2,90	2,92
Mart	-22,92	-16,62	-22,91	-17,43	-16,01	MPE	-10,94	-9,54	-14,45	-7,03	-6,54
Nisan	-17,38	-10,33	-13,24	-14,47	-11,09	NSE	0,87	0,86	0,86	0,87	0,87
Mayıs	-16,97	-9,05	-9,60	-15,05	-10,25						
Haziran	-5,67	-2,28	-0,37	-5,04	-2,45						
Temmuz	-1,94	-2,98	-0,38	-3,13	-2,44						
Ağustos	-2,85	-4,26	-1,46	-4,16	-3,64						
Eylül	-5,60	-3,79	-1,93	-5,51	-3,73						
Ekim	-17,37	-8,74	-11,91	-11,80	-7,29						
Kasım	-9,99	-8,70	-16,75	-5,80	-5,87						
Aralık	-4,25	-10,43	-26,71	6,62	2,80						

Çizelge C. 3 Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri (devamı)

Erzincan Tercan											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-9,93	-10,07	-15,97	-16,06	-18,58	MBE	-0,24	-0,24	-0,78	-0,14	-0,03
Şubat	11,07	11,04	10,28	8,01	5,61	RMSE	3,26	3,26	3,44	3,60	3,30
Mart	-9,10	-9,15	-10,79	-25,39	-12,11	MPE	-4,93	-4,95	-4,48	-9,69	-8,03
Nisan	-17,46	-17,48	-15,64	-30,61	-20,62	NSE	0,85	0,85	0,83	0,81	0,84
Mayıs	-11,02	-11,02	-5,39	-13,66	-13,25						
Haziran	-4,02	-4,10	0,98	-0,19	-4,52						
Temmuz	-1,94	-1,88	1,22	3,89	-1,66						
Ağustos	-1,50	-1,38	1,29	2,40	-0,88						
Eylül	-4,34	-4,22	-2,00	-4,08	-4,17						
Ekim	-9,31	-9,39	-7,77	-13,93	-12,27						
Kasım	0,14	0,03	-3,39	-11,62	-5,03						
Aralık	1,55	1,53	-3,77	-12,24	-4,96						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-15,46	-18,80	-26,94	-14,52	-13,75	MBE	-0,08	-0,20	0,15	0,13	-0,22
Şubat	8,50	7,67	2,32	8,52	9,36	RMSE	1,15	3,35	3,38	3,29	3,30
Mart	-15,38	-13,01	-18,65	-11,11	-10,51	MPE	-8,28	-7,58	-11,68	-7,62	-6,02
Nisan	-22,16	-18,75	-23,80	-19,88	-17,89	NSE	0,83	0,84	0,84	0,84	0,84
Mayıs	-13,51	-9,41	-12,71	-13,64	-10,28						
Haziran	-4,20	-3,14	-4,50	-6,43	-3,51						
Temmuz	-3,54	-2,33	-3,01	-4,05	-2,11						
Ağustos	-3,84	-2,07	-2,51	-3,62	-1,76						
Eylül	-7,02	-5,41	-6,48	-6,42	-4,87						
Ekim	-12,28	-11,40	-15,39	-12,64	-9,97						
Kasım	-2,98	-5,77	-12,09	-2,73	-2,34						
Aralık	-3,39	-5,71	-13,12	-1,52	-1,41						
Erzurum Tortum											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-1,66	-2,29	-7,88	-18,98	-11,62	MBE	-0,33	-0,35	-0,26	-0,18	0,42
Şubat	15,22	14,92	11,69	3,95	8,27	RMSE	3,36	3,37	3,44	3,55	3,64
Mart	1,33	1,89	1,61	-6,28	-0,09	MPE	-3,14	-3,23	-5,36	-8,16	-10,13
Nisan	-11,72	-11,63	-14,20	-17,86	-18,77	NSE	0,80	0,80	0,79	0,78	0,77
Mayıs	-15,64	-15,49	-15,73	-18,20	-24,76						
Haziran	-5,84	-6,17	-7,10	-5,47	-15,10						
Temmuz	-4,14	-3,97	-5,01	2,36	-9,34						
Ağustos	-3,99	-3,83	-4,60	1,25	-8,10						
Eylül	-6,31	-6,09	-7,93	-6,43	-11,32						
Ekim	-8,86	-9,07	-10,75	-12,68	-18,66						
Kasım	1,30	0,54	-3,31	-8,54	-7,89						
Aralık	2,74	2,37	-0,93	-7,41	-4,78						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-7,26	-9,38	-15,08	-4,09	-4,88	MBE	-0,08	-0,34	0,55	-0,11	-0,35
Şubat	9,29	11,52	6,80	13,40	13,18	RMSE	1,17	3,59	3,72	3,60	3,58
Mart	-1,06	5,33	0,21	5,79	5,59	MPE	-9,01	-5,56	-11,40	-5,31	-4,45
Nisan	-17,73	-12,75	-18,92	-12,63	-12,37	NSE	0,78	0,78	0,76	0,77	0,78
Mayıs	-25,02	-17,12	-23,71	-20,05	-18,20						
Haziran	-12,96	-9,40	-15,68	-11,69	-9,46						
Temmuz	-9,09	-4,80	-10,88	-6,99	-4,74						
Ağustos	-8,07	-3,70	-9,76	-5,74	-3,44						
Eylül	-10,90	-7,29	-13,53	-8,56	-6,49						
Ekim	-17,70	-13,68	-20,00	-14,38	-13,19						
Kasım	-5,40	-4,11	-9,67	-1,37	-1,22						
Aralık	-2,63	-2,26	-7,69	0,98	0,82						

Çizelge C. 3 Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri (devamı)

Eskişehir Sivrihisar											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-1,20	-1,07	-11,61	-18,01	-10,45	MBE	-0,21	-0,24	-0,15	-0,35	-0,15
Şubat	-3,28	-3,09	-6,04	-6,64	-7,70	RMSE	3,19	3,19	3,22	3,71	3,32
Mart	-13,73	-13,70	-15,63	-17,37	-17,45	MPE	-4,52	-4,34	-6,90	-8,58	-6,85
Nisan	-12,47	-12,18	-12,59	-14,21	-14,40	NSE	0,86	0,86	0,85	0,81	0,84
Mayıs	-10,91	-10,98	-10,53	-14,41	-14,43						
Haziran	-6,24	-6,13	-6,35	-7,84	-7,50						
Temmuz	-4,60	-4,32	-4,99	-2,18	-2,59						
Ağustos	-3,63	-3,41	-3,82	-2,22	-0,99						
Eylül	-1,43	-1,22	-2,03	-0,71	0,11						
Ekim	-1,45	-1,40	-4,32	-10,48	-4,77						
Kasım	3,33	3,57	-0,58	-2,99	-0,10						
Aralık	0,41	0,96	-7,63	-10,45	-6,87						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-8,66	-18,58	-33,08	-9,87	-7,63	MBE	-0,07	-0,14	-0,14	0,29	-0,15
Şubat	-4,13	-8,89	-15,78	-6,59	-8,24	RMSE	1,70	3,38	3,45	3,32	3,40
Mart	-15,69	-17,45	-22,00	-18,38	-16,76	MPE	-5,83	-8,12	-11,78	-8,08	-6,35
Nisan	-12,27	-13,48	-14,24	-16,43	-14,22	NSE	0,85	0,84	0,83	0,84	0,84
Mayıs	-10,49	-12,49	-13,57	-16,69	-13,78						
Haziran	-7,54	-7,07	-7,24	-10,69	-7,09						
Temmuz	-4,19	-3,37	-1,83	-5,88	-3,06						
Ağustos	-3,35	-0,66	0,33	-3,88	-0,74						
Eylül	-0,91	-0,44	0,58	-2,41	-0,07						
Ekim	-3,58	-6,09	-11,00	-5,97	-2,50						
Kasım	0,00	-2,50	-9,38	0,28	0,09						
Aralık	-1,86	-12,97	-25,99	-3,43	-7,31						
Gümüşhane											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-37,16	-38,74	-46,64	-31,26	-31,98	MBE	0,16	0,19	0,26	0,06	-0,18
Şubat	-10,34	-10,89	-12,83	-1,71	-4,31	RMSE	3,22	3,24	3,29	3,36	3,37
Mart	-16,84	-17,41	-19,61	-13,75	-12,03	MPE	-14,24	-14,87	-17,38	-13,29	-10,72
Nisan	-15,04	-15,50	-16,52	-12,91	-12,00	NSE	0,83	0,83	0,83	0,82	0,82
Mayıs	-12,39	-13,06	-13,28	-15,14	-11,47						
Haziran	-2,81	-3,34	-3,09	-6,18	-1,09						
Temmuz	5,86	5,88	5,51	4,32	9,37						
Ağustos	2,94	3,03	2,56	0,18	5,73						
Eylül	-1,81	-1,92	-3,45	-5,86	-2,24						
Ekim	-15,23	-16,14	-18,71	-18,21	-13,12						
Kasım	-22,86	-24,41	-31,49	-25,34	-21,11						
Aralık	-49,06	-49,89	-56,13	-38,22	-38,22						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-35,56	-46,73	-41,18	-37,42	-42,79	MBE	0,21	0,19	-0,46	0,20	0,17
Şubat	-6,04	-11,89	-7,28	-8,42	-11,31	RMSE	1,15	3,34	3,43	3,32	3,32
Mart	-15,02	-17,21	-12,33	-13,43	-15,93	MPE	-11,37	-16,93	-11,87	-14,22	-15,60
Nisan	-12,07	-15,46	-10,27	-14,71	-15,22	NSE	0,83	0,82	0,81	0,82	0,82
Mayıs	-10,01	-14,32	-9,07	-14,63	-14,57						
Haziran	0,94	-4,20	0,69	-4,65	-4,29						
Temmuz	8,91	6,39	10,92	5,76	6,41						
Ağustos	6,04	3,68	8,36	2,87	3,94						
Eylül	1,23	-2,82	2,15	-3,04	-2,16						
Ekim	-11,15	-19,54	-14,33	-17,00	-18,84						
Kasım	-22,65	-32,22	-27,00	-25,01	-28,40						
Aralık	-45,05	-54,19	-48,30	-44,84	-49,93						

Çizelge C. 3 Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri (devamı)

Hakkari											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	3,03	1,35	-7,99	-22,83	-30,79	MBE	-0,28	-0,29	-0,26	-0,20	0,63
Şubat	13,10	11,77	9,12	0,91	-9,37	RMSE	3,27	3,28	3,36	3,99	3,62
Mart	-11,00	-11,13	-13,20	-23,85	-26,64	MPE	-5,43	-5,67	-8,22	-14,42	-18,17
Nisan	-13,80	-13,97	-13,30	-22,28	-24,04	NSE	0,82	0,82	0,81	0,73	0,78
Mayıs	-14,11	-14,05	-12,20	-18,48	-19,83						
Haziran	-2,54	-2,41	-2,36	-0,10	-4,79						
Temmuz	-3,22	-3,19	-3,99	-1,12	-3,71						
Ağustos	-6,58	-6,63	-7,43	-4,99	-6,06						
Eylül	-2,04	-1,74	-3,00	1,15	-4,29						
Ekim	-13,98	-13,83	-15,10	-24,81	-24,53						
Kasım	0,96	1,37	-3,43	-14,24	-14,55						
Aralık	-10,37	-10,74	-20,80	-34,48	-41,07						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-5,50	-18,94	-22,05	-9,65	-13,67	MBE	-0,09	0,02	0,14	0,50	0,19
Şubat	8,63	-0,55	-2,57	1,26	0,53	RMSE	1,61	3,54	3,55	3,52	3,49
Mart	-18,57	-19,67	-21,72	-20,05	-19,33	MPE	-10,02	-12,28	-13,78	-12,18	-11,82
Nisan	-20,47	-19,26	-20,70	-23,07	-20,41	NSE	0,80	0,79	0,79	0,79	0,80
Mayıs	-22,01	-15,47	-16,59	-20,63	-17,06						
Haziran	-2,00	-2,56	-2,80	-5,82	-3,88						
Temmuz	0,72	-1,58	-1,77	-4,58	-2,89						
Ağustos	-2,57	-4,52	-4,72	-7,74	-5,91						
Eylül	-0,44	-1,79	-2,03	-4,42	-2,91						
Ekim	-21,31	-19,59	-21,05	-20,51	-19,65						
Kasım	-7,28	-7,26	-9,45	-4,14	-5,68						
Aralık	-22,61	-29,01	-32,32	-19,74	-24,19						
Isparta											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	1,96	0,17	-5,89	-15,64	-14,01	MBE	-0,33	-0,34	-0,78	-0,26	-0,11
Şubat	3,26	2,73	0,42	-8,61	-4,89	RMSE	3,06	3,06	3,25	3,70	3,49
Mart	-9,46	-9,10	-7,10	-16,89	-9,91	MPE	-3,51	-3,66	-2,84	-8,52	-7,54
Nisan	-5,65	-5,47	-3,06	-10,87	-7,51	NSE	0,87	0,87	0,85	0,80	0,82
Mayıs	-9,05	-8,84	-6,30	-16,49	-12,59						
Haziran	-5,18	-5,35	-1,31	-6,52	-6,04						
Temmuz	-0,03	-0,03	2,15	2,30	1,53						
Ağustos	-1,88	-1,73	-0,64	1,51	-1,29						
Eylül	-0,94	-0,63	0,44	-0,30	-3,34						
Ekim	-0,14	-0,51	0,78	-5,92	-6,59						
Kasım	-5,47	-5,15	-1,07	-4,70	-6,43						
Aralık	-10,36	-10,59	-12,40	-16,51	-18,71						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-3,13	-18,82	-17,67	-8,58	-14,40	MBE	0,32	-0,22	0,05	0,15	-0,25
Şubat	-1,78	-8,11	-7,56	-0,77	-4,55	RMSE	1,94	3,49	3,49	3,47	3,45
Mart	-12,08	-11,56	-11,82	-8,61	-10,48	MPE	-7,81	-8,37	-9,22	-6,99	-7,03
Nisan	-9,56	-7,79	-8,85	-8,37	-7,63	NSE	0,84	0,82	0,82	0,82	0,82
Mayıs	-15,78	-12,48	-13,78	-15,17	-12,43						
Haziran	-11,33	-4,96	-6,83	-9,99	-5,73						
Temmuz	-4,23	3,20	1,11	-0,95	2,96						
Ağustos	-5,94	0,49	-1,76	-3,19	0,50						
Eylül	-5,20	-1,78	-3,91	-3,81	-1,33						
Ekim	-4,04	-7,08	-8,16	-5,74	-5,65						
Kasım	-7,42	-7,59	-8,36	-4,44	-5,51						
Aralık	-13,94	-22,55	-22,08	-14,23	-18,89						

Çizelge C. 3 Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri (devamı)

İstanbul Samandıra											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-36,59	-37,77	-46,01	-14,71	-36,23	MBE	0,17	0,18	0,27	-0,08	-0,06
Şubat	-16,39	-18,13	-34,72	-15,34	-31,68	RMSE	3,35	3,76	3,55	3,37	3,78
Mart	-25,89	-26,69	-40,17	-22,48	-36,00	MPE	-14,40	-14,98	-21,04	-12,52	-16,78
Nisan	-18,99	-19,26	-29,11	-19,71	-27,05	NSE	0,85	0,85	0,83	0,85	0,81
Mayıs	-7,60	-7,93	-11,10	-8,88	-7,99						
Haziran	-1,14	-1,07	-1,48	-4,94	1,24						
Temmuz	5,08	5,33	6,35	-0,39	9,01						
Ağustos	-0,44	-0,29	1,20	-7,30	3,50						
Eylül	-7,82	-7,74	-9,46	-11,67	-5,80						
Ekim	-12,31	-13,69	-24,44	-17,77	-19,47						
Kasım	-23,80	-24,24	-28,20	-15,52	-21,83						
Aralık	-28,45	-30,40	-38,88	-10,31	-32,24						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-31,13	-52,54	-44,10	-42,60	-46,93	MBE	0,71	0,28	-0,64	0,70	0,24
Şubat	-18,36	-44,29	-36,67	-26,06	-29,08	RMSE	2,07	3,78	3,93	3,57	3,68
Mart	-27,64	-43,88	-35,85	-29,31	-34,81	MPE	-13,48	-24,56	-17,36	-19,23	-20,01
Nisan	-19,20	-30,87	-23,17	-22,18	-25,68	NSE	0,85	0,81	0,79	0,83	0,82
Mayıs	-6,80	-11,81	-5,07	-10,99	-9,27						
Haziran	0,01	-1,29	4,99	-5,93	-2,27						
Temmuz	5,28	7,89	13,67	0,85	6,56						
Ağustos	-0,28	1,39	7,51	-5,23	-0,06						
Eylül	-6,72	-10,04	-3,36	-10,48	-8,79						
Ekim	-11,24	-33,25	-25,93	-21,77	-24,12						
Kasım	-23,39	-33,11	-25,53	-22,37	-28,70						
Aralık	-22,92	-49,39	-41,00	-38,36	-45,01						
İzmir Menemen											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-10,92	-11,45	-22,50	-26,27	-16,20	MBE	-0,03	-0,04	-0,28	-0,15	-0,19
Şubat	-12,81	-12,74	-18,47	-21,36	-15,58	RMSE	2,65	2,65	2,83	3,11	2,92
Mart	-16,14	-16,12	-18,33	-20,08	-19,37	MPE	-6,39	-6,49	-7,53	-9,93	-7,43
Nisan	-8,00	-7,85	-6,40	-7,21	-8,39	NSE	0,89	0,89	0,88	0,85	0,87
Mayıs	-7,92	-7,75	-6,51	-9,84	-8,58						
Haziran	-2,09	-1,94	-0,76	-3,10	-0,63						
Temmuz	2,35	2,21	3,86	3,11	6,26						
Ağustos	-1,06	-0,98	0,88	-1,13	2,33						
Eylül	-3,38	-3,30	-1,36	-4,06	-2,37						
Ekim	-9,41	-9,56	-8,26	-12,25	-11,95						
Kasım	-5,48	-5,41	-5,57	-10,14	-8,53						
Aralık	-0,66	-2,29	-10,65	-9,90	-8,25						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-21,56	-33,88	-26,32	-19,93	-26,59	MBE	-0,21	0,08	-0,01	0,49	0,06
Şubat	-21,60	-26,94	-21,21	-18,52	-22,61	RMSE	1,95	3,06	3,08	2,97	2,98
Mart	-19,79	-25,17	-21,09	-22,13	-22,99	MPE	-7,64	-12,14	-9,91	-11,13	-10,50
Nisan	-7,73	-10,58	-9,54	-11,68	-10,07	NSE	0,88	0,86	0,86	0,87	0,87
Mayıs	-7,25	-10,33	-9,86	-12,18	-10,08						
Haziran	0,12	-1,57	-1,78	-4,67	-1,74						
Temmuz	6,33	6,25	5,94	2,39	5,86						
Ağustos	2,29	1,55	1,25	-2,10	1,23						
Eylül	-1,44	-3,75	-4,01	-6,73	-3,89						
Ekim	-10,74	-14,54	-12,64	-16,28	-13,94						
Kasım	-9,92	-12,24	-8,72	-11,67	-11,00						
Aralık	-1,66	-21,74	-15,51	-11,86	-17,43						

Çizelge C. 3 Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri (devamı)

Kahramanmaraş Göksun											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-0,64	-3,21	-18,33	-31,43	-15,88	MBE	-0,23	-0,25	-0,28	0,14	0,31
Şubat	2,19	0,78	-9,83	-19,18	-8,02	RMSE	2,96	2,95	3,16	2,94	3,26
Mart	-10,26	-9,77	-13,08	-26,24	-12,81	MPE	-4,83	-5,43	-9,95	-12,17	-11,73
Nisan	-9,09	-8,43	-8,78	-15,77	-12,05	NSE	0,87	0,87	0,86	0,85	0,85
Mayıs	-8,78	-8,15	-6,97	-8,82	-15,40						
Haziran	-3,94	-3,62	-1,60	-0,38	-7,58						
Temmuz	-2,60	-2,75	-4,00	1,09	-3,32						
Ağustos	-2,84	-2,88	-3,97	-0,80	-4,13						
Eylül	-7,01	-6,74	-7,04	-7,39	-10,35						
Ekim	-9,91	-9,86	-9,59	-12,55	-16,62						
Kasım	-6,49	-10,42	-25,78	-33,74	-26,04						
Aralık	1,51	-0,36	-9,78	-18,93	-8,44						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-11,98	-29,31	-33,10	-13,85	-18,23	MBE	0,002	-0,09	-0,06	0,11	-0,13
Şubat	-1,31	-17,78	-20,76	-4,73	-10,18	RMSE	1,88	3,34	3,34	3,27	3,27
Mart	-14,83	-13,12	-15,30	-7,82	-11,20	MPE	-6,64	-13,52	-14,90	-9,51	-10,38
Nisan	-13,63	-8,82	-9,87	-9,29	-8,78	NSE	0,84	0,84	0,84	0,85	0,85
Mayıs	-16,19	-10,06	-10,69	-13,77	-11,42						
Haziran	-7,27	-2,60	-2,62	-6,72	-3,59						
Temmuz	1,14	-1,09	-0,55	-2,28	-0,57						
Ağustos	0,55	-2,16	-1,60	-3,07	-1,53						
Eylül	-4,64	-8,71	-8,33	-9,24	-8,02						
Ekim	-12,33	-14,31	-15,02	-14,59	-14,25						
Kasım	-16,99	-36,03	-39,11	-22,81	-26,90						
Aralık	-5,18	-16,75	-19,64	-5,98	-9,14						
Karaman											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	0,65	-2,17	-12,62	-10,96	-13,61	MBE	-0,19	-0,16	-0,32	-0,22	-0,21
Şubat	0,16	-0,95	-3,69	-4,47	-5,65	RMSE	3,17	3,19	3,35	3,67	3,33
Mart	-11,68	-11,94	-11,61	-16,53	-13,49	MPE	-4,25	-4,96	-7,76	-9,82	-8,71
Nisan	-11,36	-11,70	-10,88	-15,73	-12,63	NSE	0,88	0,88	0,86	0,84	0,86
Mayıs	-10,10	-10,19	-7,89	-12,86	-10,93						
Haziran	-4,55	-4,64	-2,25	-5,45	-4,66						
Temmuz	-0,45	-0,40	-0,40	0,61	0,98						
Ağustos	0,70	0,74	0,47	2,23	2,28						
Eylül	-1,79	-1,45	-2,49	-0,71	-0,10						
Ekim	-12,04	-11,94	-10,77	-15,21	-12,52						
Kasım	-2,16	-3,97	-20,86	-29,76	-22,71						
Aralık	2,35	-0,41	-13,74	-14,58	-15,56						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-3,57	-23,80	-27,37	-8,59	-15,00	MBE	0,34	-0,01	-0,24	0,30	-0,07
Şubat	-3,35	-11,50	-12,89	-5,32	-8,42	RMSE	1,65	3,48	3,51	3,35	3,39
Mart	-14,54	-15,66	-16,03	-12,84	-14,61	MPE	-7,48	-11,72	-11,98	-8,06	-8,40
Nisan	-12,94	-13,86	-13,41	-13,52	-13,40	NSE	0,87	0,85	0,85	0,86	0,86
Mayıs	-12,83	-10,33	-9,32	-13,15	-10,74						
Haziran	-6,43	-3,33	-1,89	-8,21	-4,14						
Temmuz	-0,54	1,81	3,63	-1,84	1,49						
Ağustos	0,66	2,45	4,34	-0,87	2,25						
Eylül	-2,72	-2,59	-0,64	-3,44	-2,21						
Ekim	-14,29	-15,29	-14,83	-14,21	-14,29						
Kasım	-13,77	-29,03	-33,02	-7,75	-10,71						
Aralık	-7,81	-24,81	-28,67	-7,16	-11,96						

Çizelge C. 3 Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri (devamı)

Kars											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	11,70	11,70	7,36	1,00	0,06	MBE	-0,34	-0,36	-0,31	-0,21	0,27
Şubat	22,74	22,59	19,24	14,76	12,05	RMSE	3,90	3,91	3,96	4,17	4,13
Mart	5,89	6,06	3,58	-1,60	0,33	MPE	-3,69	-3,51	-5,85	-8,86	-10,56
Nisan	-31,06	-31,02	-34,03	-41,18	-38,04	NSE	0,76	0,76	0,75	0,72	0,73
Mayıs	-25,07	-24,88	-24,57	-30,26	-29,17						
Haziran	-4,90	-4,66	-4,29	-0,99	-8,39						
Temmuz	-0,97	-0,81	-0,07	5,68	-4,37						
Ağustos	0,01	0,39	-0,24	5,09	-1,97						
Eylül	-5,79	-5,40	-6,31	-4,69	-8,38						
Ekim	-6,17	-5,91	-7,55	-13,65	-11,17						
Kasım	4,16	4,51	-1,22	-12,73	-7,01						
Aralık	5,84	6,06	-3,01	-7,44	-12,05						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	4,26	1,41	-4,14	6,80	5,42	MBE	0,16	-0,26	0,32	-0,05	-0,30
Şubat	16,70	13,33	8,56	17,68	16,55	RMSE	1,45	4,09	4,14	4,01	4,05
Mart	-1,75	2,66	-1,98	5,73	4,13	MPE	-10,40	-7,66	-12,36	-6,29	-5,74
Nisan	-36,34	-34,18	-39,92	-31,54	-32,41	NSE	0,75	0,73	0,73	0,74	0,74
Mayıs	-30,81	-25,18	-30,31	-26,39	-25,73						
Haziran	-10,58	-4,66	-8,26	-7,13	-5,05						
Temmuz	-5,88	-0,65	-3,90	-3,75	-1,13						
Ağustos	-3,06	1,89	-1,00	-1,12	1,97						
Eylül	-9,46	-4,37	-7,60	-6,97	-4,10						
Ekim	-12,93	-8,20	-13,06	-6,83	-6,87						
Kasım	-5,63	-5,14	-10,70	-0,06	0,14						
Aralık	-9,77	-11,23	-17,94	-3,25	-2,25						

Kastamonu											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	7,70	6,91	1,14	10,11	-0,35	MBE	-0,14	-0,10	-0,13	-0,22	-0,26
Şubat	-14,44	-14,86	-15,17	-10,82	-12,97	RMSE	2,70	2,70	2,73	2,93	2,72
Mart	-17,66	-17,99	-18,55	-19,20	-17,10	MPE	-3,44	-3,85	-4,97	-2,99	-4,70
Nisan	-11,18	-11,47	-10,88	-15,08	-10,05	NSE	0,90	0,90	0,89	0,88	0,89
Mayıs	-7,96	-8,19	-8,34	-13,40	-10,24						
Haziran	-5,20	-5,43	-5,44	-6,56	-6,83						
Temmuz	0,71	0,62	0,81	1,25	3,01						
Ağustos	-2,27	-2,38	-2,43	-2,57	-0,34						
Eylül	-4,52	-4,71	-4,92	-4,11	-3,89						
Ekim	4,48	3,71	3,65	1,30	2,09						
Kasım	-3,68	-4,13	-4,78	3,61	-4,18						
Aralık	18,62	17,50	10,77	27,26	9,41						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-9,12	-2,20	-31,01	-1,57	7,70	MBE	0,01	-0,09	-0,47	0,07	-0,10
Şubat	-18,38	-15,27	-30,69	-14,71	-13,62	RMSE	1,71	2,84	3,24	2,83	3,00
Mart	-20,35	-17,31	-27,26	-16,74	-17,14	MPE	-6,48	-5,91	-13,29	-6,46	-1,88
Nisan	-11,51	-9,26	-12,21	-10,00	-7,01	NSE	0,88	0,89	0,85	0,89	0,87
Mayıs	-4,66	-10,34	-9,59	-11,20	-11,55						
Haziran	-3,04	-8,68	-7,65	-9,93	-11,35						
Temmuz	1,78	2,53	7,48	0,91	1,91						
Ağustos	0,11	-0,45	5,77	-1,91	-0,16						
Eylül	-2,87	-4,71	-2,52	-5,48	-4,05						
Ekim	0,01	1,97	-8,10	0,06	11,77						
Kasım	-3,31	-8,94	-16,70	-9,26	-8,55						
Aralık	-0,14	5,77	-20,50	5,86	16,11						

Çizelge C. 3 Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri (devamı)

Kayseri Develi											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-16,82	-17,84	-29,15	-28,97	-24,23	MBE	-0,25	-0,23	-0,25	-0,34	-0,35
Şubat	-2,68	-3,01	-6,63	-9,09	-6,29	RMSE	3,20	3,21	3,28	3,75	3,28
Mart	-14,22	-14,39	-16,04	-25,49	-16,46	MPE	-5,48	-5,79	-8,35	-9,79	-6,81
Nisan	-10,00	-10,11	-10,17	-15,03	-10,54	NSE	0,86	0,86	0,86	0,81	0,86
Mayıs	-12,44	-12,61	-10,77	-16,23	-13,44						
Haziran	-6,75	-7,04	-5,37	-5,85	-6,48						
Temmuz	-0,62	-0,68	-1,04	1,98	2,10						
Ağustos	-0,63	-0,68	-1,20	1,87	2,22						
Eylül	0,17	0,18	0,16	2,30	2,07						
Ekim	-8,40	-8,68	-8,08	-9,13	-10,76						
Kasım	4,79	4,13	-5,34	-9,34	1,71						
Aralık	7,22	6,42	-3,45	-1,44	2,12						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-15,83	-27,98	-43,68	-19,36	-20,56	MBE	-0,29	-0,20	-0,06	0,17	-0,22
Şubat	-3,54	-6,08	-15,12	-3,23	-4,03	RMSE	1,45	3,26	3,34	3,25	3,24
Mart	-16,09	-15,29	-22,15	-15,04	-14,76	MPE	-5,55	-8,02	-12,77	-7,56	-6,03
Nisan	-11,82	-9,51	-13,33	-11,55	-9,73	NSE	0,86	0,86	0,85	0,86	0,86
Mayıs	-13,89	-11,67	-13,85	-16,04	-12,62						
Haziran	-5,72	-6,71	-6,74	-10,30	-7,16						
Temmuz	1,99	-0,91	1,09	-2,52	-0,54						
Ağustos	2,15	-1,01	1,07	-2,41	-0,57						
Eylül	1,44	0,29	1,39	-2,04	0,30						
Ekim	-8,34	-9,03	-12,87	-11,77	-9,49						
Kasım	0,31	-3,24	-14,05	2,24	4,24						
Aralık	6,72	-1,69	-14,62	6,43	4,66						
Kilis											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	14,63	14,55	-26,88	-47,52	-1,81	MBE	-0,21	-0,24	0,34	-0,03	0,38
Şubat	-2,69	-2,78	-15,02	-23,44	-14,64	RMSE	2,88	2,90	3,15	3,14	3,01
Mart	-7,17	-7,00	-9,19	-9,67	-14,19	MPE	-1,74	-1,64	-11,08	-12,61	-8,01
Nisan	-8,62	-8,65	-9,46	-7,34	-14,15	NSE	0,88	0,88	0,86	0,83	0,87
Mayıs	-13,99	-13,80	-15,39	-12,38	-17,83						
Haziran	-2,01	-1,83	-5,46	-1,32	-3,44						
Temmuz	0,63	0,81	-3,96	0,29	0,43						
Ağustos	-1,38	-1,14	-5,56	-2,17	-2,19						
Eylül	-3,04	-3,05	-5,16	-3,98	-5,96						
Ekim	-5,61	-5,44	-6,78	-6,82	-11,03						
Kasım	5,97	6,17	-4,02	-6,33	-0,09						
Aralık	5,89	5,96	-23,76	-39,35	-7,08						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-7,88	-33,45	-40,27	6,59	-11,90	MBE	0,55	-0,17	-0,06	0,26	-0,20
Şubat	-8,47	-17,45	-21,06	-5,56	-11,95	RMSE	1,89	3,19	3,19	2,97	3,07
Mart	-12,43	-6,36	-8,16	-10,10	-6,51	MPE	-8,47	-9,47	-10,46	-5,03	-5,90
Nisan	-13,31	-7,01	-8,11	-12,89	-7,61	NSE	0,87	0,85	0,85	0,87	0,86
Mayıs	-18,74	-12,58	-13,12	-17,93	-13,18						
Haziran	-4,97	-1,08	-1,24	-3,73	-1,23						
Temmuz	-1,10	-1,59	-1,46	-0,83	-1,08						
Ağustos	-3,39	-2,89	-2,81	-2,97	-2,55						
Eylül	-6,74	-1,90	-2,20	-5,49	-2,25						
Ekim	-10,34	-2,14	-3,35	-8,94	-3,02						
Kasım	-4,82	0,57	-1,91	4,39	4,06						
Aralık	-11,89	-24,66	-29,94	1,34	-10,17						

Çizelge C. 3 Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri (devamı)

Kırklareli											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-7,25	-9,74	-20,80	-7,51	-18,19	MBE	-0,16	-0,13	-0,07	-0,19	0,29
Şubat	0,20	-0,72	-4,86	0,20	-4,21	RMSE	2,83	2,83	2,93	3,23	3,02
Mart	-10,15	-10,35	-12,99	-15,75	-16,54	MPE	-5,94	-6,53	-10,16	-9,23	-11,68
Nisan	-15,79	-15,76	-16,14	-19,19	-20,87	NSE	0,89	0,89	0,88	0,85	0,87
Mayıs	-6,06	-6,13	-6,21	-8,70	-11,81						
Haziran	-8,76	-8,95	-9,44	-13,41	-11,94						
Temmuz	-2,18	-2,26	-2,58	-3,75	-3,24						
Ağustos	-2,86	-2,68	-4,05	-3,35	-3,93						
Eylül	-6,13	-6,05	-6,62	-8,30	-9,61						
Ekim	-9,25	-9,86	-13,64	-19,41	-16,52						
Kasım	3,30	2,92	-3,74	-3,00	-4,67						
Aralık	-4,16	-6,63	-19,25	-6,73	-15,84						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-16,17	-35,29	-45,55	-25,82	-31,58	MBE	0,68	-0,01	-0,40	0,13	0,01
Şubat	-7,52	-12,09	-19,61	-6,69	-6,95	RMSE	1,88	3,20	3,35	3,16	3,26
Mart	-17,17	-16,42	-20,67	-11,90	-14,58	MPE	-11,60	-13,93	-16,16	-10,81	-10,89
Nisan	-19,87	-17,47	-16,84	-16,71	-17,63	NSE	0,88	0,85	0,84	0,86	0,85
Mayıs	-9,67	-8,03	-4,46	-9,65	-8,75						
Haziran	-12,26	-8,98	-6,87	-9,48	-9,21						
Temmuz	-4,94	0,53	4,73	-1,65	0,73						
Ağustos	-4,72	0,62	5,56	-1,48	0,86						
Eylül	-9,40	-5,87	-2,35	-6,93	-6,11						
Ekim	-18,11	-19,77	-25,34	-14,77	-14,13						
Kasım	-2,97	-10,75	-16,91	-3,61	-11,00						
Aralık	-13,63	-30,26	-41,37	-17,79	-28,36						
Konya Büyükşehir											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-3,22	-6,06	-17,48	-11,33	-20,39	MBE	-0,14	-0,16	-0,08	-0,13	-0,005
Şubat	2,54	2,20	-0,89	-1,50	-2,99	RMSE	3,16	3,16	3,25	3,42	3,30
Mart	-6,98	-6,94	-7,39	-13,91	-8,83	MPE	-6,06	-6,31	-8,86	-8,70	-9,82
Nisan	-8,39	-7,93	-7,84	-11,32	-9,11	NSE	0,86	0,86	0,85	0,83	0,84
Mayıs	-11,73	-11,27	-11,26	-14,20	-12,94						
Haziran	-4,28	-3,99	-3,12	-3,60	-4,37						
Temmuz	0,25	0,33	-0,19	1,21	1,91						
Ağustos	-2,06	-2,00	-2,82	1,20	-0,10						
Eylül	-3,50	-2,95	-5,05	-1,42	-4,11						
Ekim	-13,55	-13,11	-14,31	-15,34	-15,85						
Kasım	-16,35	-16,81	-21,25	-23,51	-23,89						
Aralık	-8,39	-10,06	-18,32	-12,87	-20,88						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-9,59	-23,30	-24,74	-15,48	-18,44	MBE	0,14	-0,03	-0,03	0,46	-0,06
Şubat	-0,55	-4,29	-5,01	-2,74	-2,32	RMSE	1,12	3,34	3,34	3,37	3,31
Mart	-9,46	-8,50	-8,98	-8,43	-7,43	MPE	-8,81	-10,22	-10,61	-10,38	-8,32
Nisan	-11,30	-8,78	-8,94	-11,44	-8,80	NSE	0,85	0,84	0,84	0,84	0,84
Mayıs	-14,33	-12,62	-12,72	-16,53	-12,90						
Haziran	-5,56	-4,17	-4,08	-9,35	-4,76						
Temmuz	0,34	2,89	3,08	-1,30	2,64						
Ağustos	-1,91	0,49	0,72	-3,41	0,37						
Eylül	-5,25	-3,75	-3,52	-5,33	-3,15						
Ekim	-17,19	-16,43	-16,78	-18,49	-16,18						
Kasım	-20,54	-24,68	-25,72	-17,09	-17,76						
Aralık	-13,49	-23,52	-24,78	-17,15	-18,20						

Çizelge C. 3 Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri (devamı)

Konya Kulu											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	5,70	3,22	-9,48	-3,23	-2,95	MBE	-0,24	-0,24	-0,18	-0,20	0,37
Şubat	2,00	1,57	-0,94	-2,14	-3,25	RMSE	3,12	3,12	3,19	3,28	3,20
Mart	-7,79	-7,64	-8,35	-14,97	-12,48	MPE	-3,04	-3,43	-6,26	-5,59	-7,63
Nisan	-10,71	-10,56	-10,24	-13,63	-15,01	NSE	0,86	0,86	0,85	0,84	0,85
Mayıs	-12,49	-12,33	-11,67	-14,80	-17,96						
Haziran	-6,81	-6,74	-6,18	-7,07	-12,16						
Temmuz	-0,66	-0,76	-1,02	2,15	-3,27						
Ağustos	0,46	0,43	-0,03	3,63	-1,95						
Eylül	0,76	1,01	0,11	3,96	-1,01						
Ekim	-5,49	-5,33	-6,79	-6,60	-9,88						
Kasım	-3,80	-4,26	-9,34	-10,45	-6,85						
Aralık	2,89	0,83	-10,54	-1,46	-3,28						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	0,58	-11,81	-20,41	-0,64	-2,46	MBE	0,07	-0,14	-0,08	0,24	-0,16
Şubat	-1,34	-3,92	-7,27	-3,02	-3,63	RMSE	1,58	3,25	3,27	3,24	3,23
Mart	-12,23	-9,67	-12,01	-10,09	-9,33	MPE	-5,98	-6,90	-9,35	-6,19	-4,79
Nisan	-13,37	-11,32	-12,19	-13,48	-11,65	NSE	0,84	0,85	0,84	0,85	0,85
Mayıs	-15,61	-12,89	-13,29	-16,31	-13,62						
Haziran	-10,13	-7,43	-7,66	-11,02	-7,84						
Temmuz	0,07	1,42	2,22	-1,66	1,52						
Ağustos	1,24	2,60	3,38	-0,55	2,66						
Eylül	1,09	2,15	2,70	-0,28	2,29						
Ekim	-10,16	-7,92	-10,20	-8,75	-7,64						
Kasım	-10,04	-10,58	-15,76	-5,52	-2,91						
Aralık	-1,85	-12,31	-20,54	-1,88	-3,17						
Malatya											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	11,81	10,06	-4,75	-22,31	-9,09	MBE	-0,27	-0,26	-0,25	-0,21	0,30
Şubat	7,68	6,80	-1,25	-12,71	-8,28	RMSE	2,96	2,96	3,03	3,62	3,19
Mart	-6,63	-6,12	-6,39	-11,40	-10,89	MPE	-1,01	-1,31	-3,89	-8,86	-7,23
Nisan	-5,32	-5,37	-4,34	-6,65	-9,39	NSE	0,86	0,86	0,85	0,79	0,84
Mayıs	-11,08	-11,44	-9,54	-15,42	-15,80						
Haziran	-5,98	-6,05	-5,67	-5,44	-8,92						
Temmuz	-0,96	-1,00	-2,24	0,78	-2,26						
Ağustos	-1,33	-1,47	-2,17	0,18	-1,57						
Eylül	-2,75	-2,77	-2,77	-0,90	-3,01						
Ekim	-7,85	-7,99	-7,67	-13,89	-13,51						
Kasım	2,44	3,00	1,11	-5,52	-2,99						
Aralık	20,11	18,26	4,74	-10,82	8,41						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	2,07	-6,85	-18,27	7,53	1,94	MBE	0,43	-0,23	0,08	0,29	-0,22
Şubat	-0,49	-4,56	-12,59	1,01	-0,62	RMSE	1,41	3,14	3,17	3,14	3,11
Mart	-14,81	-6,85	-11,37	-9,21	-7,03	MPE	-7,41	-4,41	-8,30	-4,71	-2,67
Nisan	-12,14	-6,04	-8,32	-10,66	-6,73	NSE	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
Mayıs	-17,39	-12,90	-14,60	-17,57	-13,50						
Haziran	-9,23	-6,15	-6,84	-9,11	-6,17						
Temmuz	-1,64	0,33	0,04	-1,51	0,62						
Ağustos	-2,26	1,11	0,58	-1,63	1,13						
Eylül	-5,08	-0,14	-1,14	-3,45	-0,34						
Ekim	-15,98	-9,43	-12,96	-14,00	-9,89						
Kasım	-6,44	0,74	-4,37	0,01	1,67						
Aralık	4,00	4,67	-5,86	15,04	19,47						

Çizelge C. 3 Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri (devamı)

Mersin Tarsus											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-12,07	-11,86	-57,17	-48,89	-13,74	MBE	0,09	0,12	-0,40	-0,01	0,45
Şubat	-14,30	-14,43	-26,11	-18,87	-15,76	RMSE	2,83	2,83	3,19	3,25	2,87
Mart	-14,55	-14,54	-15,23	-15,28	-17,87	MPE	-8,16	-8,25	-14,53	-14,87	-10,30
Nisan	-12,24	-12,51	-12,77	-11,94	-14,38	NSE	0,86	0,86	0,82	0,81	0,85
Mayıs	-12,88	-13,13	-9,81	-12,55	-14,10						
Haziran	1,37	1,12	5,53	-0,66	0,54						
Temmuz	7,77	7,52	11,47	1,93	7,01						
Ağustos	3,04	2,84	8,73	-1,62	1,29						
Eylül	-2,49	-2,67	2,88	-4,52	-4,97						
Ekim	-8,77	-8,95	-10,46	-13,79	-12,25						
Kasım	-23,26	-23,15	-27,98	-27,29	-26,72						
Aralık	-4,92	-4,75	-29,86	-22,88	-8,21						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-19,43	-57,24	-51,53	-17,46	-40,05	MBE	-0,05	0,22	0,20	0,59	0,19
Şubat	-13,14	-28,68	-26,58	-14,93	-23,53	RMSE	1,52	3,11	3,12	2,85	2,99
Mart	-15,55	-18,95	-18,24	-15,83	-17,73	MPE	-9,88	-17,56	-16,25	-11,33	-14,06
Nisan	-11,32	-16,74	-16,45	-14,16	-15,55	NSE	0,86	0,83	0,83	0,86	0,84
Mayıs	-10,48	-13,32	-12,74	-15,49	-12,99						
Haziran	2,30	2,66	3,30	-1,75	2,52						
Temmuz	7,79	9,04	9,90	5,07	8,90						
Ağustos	1,65	5,63	5,99	-0,80	5,04						
Eylül	-3,60	-1,02	-1,16	-6,23	-1,53						
Ekim	-10,42	-14,89	-15,00	-11,38	-13,40						
Kasım	-26,45	-32,12	-31,26	-24,61	-29,57						
Aralık	-14,95	-32,08	-29,28	-13,95	-21,04						

Muğla											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-28,80	-32,83	-47,61	-35,95	-35,07	MBE	0,07	0,09	0,13	0,24	0,05
Şubat	-12,14	-13,47	-24,08	-26,71	-21,66	RMSE	2,82	2,84	2,92	3,19	3,18
Mart	-10,53	-10,91	-14,53	-15,89	-16,11	MPE	-9,73	-10,52	-14,28	-14,93	-12,32
Nisan	-3,62	-3,66	-4,18	-7,73	-8,63	NSE	0,90	0,90	0,89	0,87	0,87
Mayıs	-7,70	-7,78	-7,54	-12,76	-11,84						
Haziran	-2,02	-1,53	-1,50	-5,93	-2,42						
Temmuz	-0,03	0,13	-0,49	-0,53	4,51						
Ağustos	-1,88	-1,90	-2,76	-2,23	3,42						
Eylül	-3,19	-2,91	-3,95	-5,16	-2,01						
Ekim	-8,30	-9,30	-13,14	-18,55	-12,14						
Kasım	-12,39	-14,04	-16,32	-14,43	-12,68						
Aralık	-34,07	-36,87	-46,26	-42,61	-41,38						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-29,50	-66,73	-75,45	-41,47	-54,09	MBE	0,88	0,27	-0,85	0,51	0,24
Şubat	-15,87	-36,49	-42,04	-17,83	-26,08	RMSE	2,61	3,47	3,82	3,30	3,39
Mart	-11,82	-22,95	-21,81	-16,54	-19,84	MPE	-10,51	-19,81	-16,78	-14,67	-16,31
Nisan	-3,76	-10,34	-4,84	-9,74	-9,56	NSE	0,90	0,84	0,81	0,86	0,85
Mayıs	-7,13	-13,31	-6,40	-14,95	-13,57						
Haziran	-2,31	-0,93	6,68	-4,45	-1,45						
Temmuz	-0,14	6,27	14,06	2,55	5,89						
Ağustos	-2,01	4,99	12,92	1,36	4,66						
Eylül	-3,64	-2,03	5,81	-4,28	-2,09						
Ekim	-9,09	-20,78	-17,45	-14,20	-17,56						
Kasım	-11,34	-28,69	-25,48	-21,41	-25,47						
Aralık	-38,69	-61,60	-64,48	-44,67	-47,51						

Çizelge C. 3 Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri (devamı)

Niğde Ulukışla											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-6,12	-7,01	-14,50	-17,35	-19,68	MBE	-0,29	-0,30	-0,34	-0,28	0,57
Şubat	8,66	8,36	6,53	1,33	0,16	RMSE	3,46	3,46	3,52	4,02	3,62
Mart	-9,34	-9,49	-10,76	-20,15	-17,99	MPE	-4,79	-4,89	-6,71	-10,32	-11,71
Nisan	-13,67	-13,61	-14,34	-22,10	-20,42	NSE	0,82	0,82	0,82	0,76	0,80
Mayıs	-14,64	-14,54	-13,18	-19,49	-21,83						
Haziran	-10,16	-10,12	-8,40	-8,79	-16,47						
Temmuz	-2,92	-2,67	-3,02	0,27	-5,83						
Ağustos	-1,10	-0,91	-1,24	1,81	-3,58						
Eylül	-0,45	-0,17	-0,60	0,60	-4,11						
Ekim	-12,57	-12,34	-12,42	-18,58	-19,18						
Kasım	2,03	1,52	-7,59	-18,13	-4,55						
Aralık	6,60	6,03	1,24	-2,67	-2,83						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-12,84	-16,92	-29,28	-10,30	-10,82	MBE	-0,51	-0,27	0,10	0,19	-0,29
Şubat	7,31	4,83	-2,21	6,47	6,25	RMSE	1,20	3,54	3,59	3,54	3,52
Mart	-10,32	-12,17	-18,94	-11,82	-11,34	MPE	-6,08	-7,19	-12,44	-7,35	-5,17
Nisan	-13,62	-14,78	-19,95	-15,74	-14,06	NSE	0,82	0,81	0,81	0,81	0,82
Mayıs	-14,61	-14,76	-18,34	-18,36	-15,50						
Haziran	-9,84	-10,11	-11,93	-14,64	-10,85						
Temmuz	-0,03	-1,86	-2,21	-4,79	-1,62						
Ağustos	1,83	0,65	0,29	-2,74	0,71						
Eylül	1,91	0,07	-0,96	-2,48	0,22						
Ekim	-12,46	-12,79	-17,93	-14,68	-12,50						
Kasım	-12,49	-5,81	-17,44	1,45	4,60						
Aralık	2,74	0,15	-9,03	3,78	4,54						
Rize											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-40,55	-41,22	-49,74	-31,41	-43,76	MBE	0,19	0,22	-0,33	0,02	-0,12
Şubat	-20,04	-20,61	-25,66	-9,07	-22,53	RMSE	4,27	4,26	4,57	5,28	4,49
Mart	-30,45	-31,10	-39,72	-25,31	-37,22	MPE	-24,27	-24,98	-24,56	-30,93	-26,40
Nisan	-4,36	-4,65	-12,86	-9,78	-17,80	NSE	0,70	0,70	0,65	0,54	0,66
Mayıs	-2,55	-2,72	-1,21	-9,85	-10,84						
Haziran	-11,99	-12,15	-9,52	-36,31	-15,45						
Temmuz	-22,31	-22,57	-15,26	-46,98	-19,00						
Ağustos	-23,40	-23,59	-14,13	-46,04	-18,19						
Eylül	-29,87	-30,23	-21,22	-42,19	-25,08						
Ekim	-32,35	-33,01	-29,60	-46,85	-38,89						
Kasım	-24,12	-24,73	-25,90	-29,37	-23,45						
Aralık	-57,53	-57,86	-54,28	-37,33	-45,67						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-45,83	-54,64	-56,39	-46,50	-46,01	MBE	0,45	0,25	-0,73	0,43	0,21
Şubat	-24,77	-28,56	-30,16	-20,28	-20,95	RMSE	2,33	4,44	4,91	4,18	4,37
Mart	-36,95	-42,55	-45,49	-28,20	-32,79	MPE	-23,21	-30,60	-30,13	-24,21	-25,21
Nisan	-7,31	-17,33	-21,72	-3,12	-9,80	NSE	0,69	0,67	0,60	0,71	0,68
Mayıs	0,38	-7,65	-9,66	-0,36	-5,50						
Haziran	-9,12	-15,94	-16,82	-10,46	-14,32						
Temmuz	-20,25	-21,00	-18,38	-20,07	-21,58						
Ağustos	-18,05	-21,16	-16,01	-22,60	-22,75						
Eylül	-22,02	-29,13	-22,11	-29,15	-29,95						
Ekim	-17,18	-41,04	-41,94	-32,64	-38,78						
Kasım	-26,51	-31,81	-33,43	-23,09	-26,82						
Aralık	-56,69	-60,90	-53,17	-58,60	-58,49						

Çizelge C. 3 Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri (devamı)

Sinop											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-43,70	-44,31	-47,95	-30,34	-39,57	MBE	0,28	0,28	0,43	0,07	0,11
Şubat	-35,32	-35,41	-42,83	-26,89	-34,13	RMSE	4,24	4,25	4,37	4,53	4,42
Mart	-25,01	-25,45	-34,11	-21,86	-29,12	MPE	-23,59	-23,67	-26,67	-21,91	-22,80
Nisan	-5,39	-5,56	-12,86	-4,83	-9,04	NSE	0,77	0,77	0,76	0,74	0,75
Mayıs	-7,83	-8,00	-12,35	-11,34	-11,85						
Haziran	-0,85	-0,81	-0,56	-3,51	-1,17						
Temmuz	0,97	1,17	1,58	-4,13	1,69						
Ağustos	-5,10	-5,07	-3,81	-9,78	-3,71						
Eylül	-20,89	-20,81	-20,26	-22,19	-19,54						
Ekim	-54,23	-54,10	-57,41	-58,40	-52,75						
Kasım	-32,82	-32,68	-35,56	-26,65	-26,67						
Aralık	-50,29	-50,53	-54,16	-38,06	-47,49						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-45,60	-42,73	-36,61	-38,41	-40,75	MBE	0,06	0,26	0,26	0,42	0,23
Şubat	-36,32	-40,93	-33,83	-33,13	-37,45	RMSE	2,99	4,55	4,69	4,45	4,52
Mart	-19,27	-37,04	-29,80	-28,58	-34,62	MPE	-22,34	-25,56	-22,19	-23,82	-24,72
Nisan	-6,60	-15,98	-14,09	-9,99	-12,66	NSE	0,72	0,73	0,72	0,75	0,74
Mayıs	-2,53	-14,99	-11,81	-13,20	-14,44						
Haziran	0,87	-0,76	-1,37	-3,64	-1,26						
Temmuz	1,74	2,20	1,64	-1,03	1,53						
Ağustos	-3,90	-3,02	-4,33	-6,78	-3,69						
Eylül	-19,88	-19,03	-19,70	-22,45	-19,48						
Ekim	-49,61	-56,63	-49,02	-54,19	-55,81						
Kasım	-34,83	-29,64	-24,15	-26,11	-29,20						
Aralık	-48,51	-49,85	-43,33	-47,21	-49,78						
Sivas Gemerek											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-12,00	-14,47	-27,70	-24,28	-20,45	MBE	-0,18	-0,18	-0,30	-0,18	-0,09
Şubat	-0,46	-0,55	-2,63	-4,24	-3,22	RMSE	3,11	3,11	3,23	3,48	3,16
Mart	-17,59	-17,34	-18,12	-29,68	-18,48	MPE	-6,21	-6,49	-8,16	-9,46	-7,88
Nisan	-13,07	-13,09	-11,76	-18,57	-13,32	NSE	0,85	0,85	0,84	0,82	0,85
Mayıs	-8,84	-8,67	-6,79	-11,91	-10,74						
Haziran	-4,18	-4,17	-2,39	-6,41	-6,01						
Temmuz	-2,30	-2,25	-1,89	0,24	-2,65						
Ağustos	-0,14	-0,10	-0,34	2,19	-0,43						
Eylül	-1,76	-1,72	-1,64	-0,05	-1,49						
Ekim	-6,37	-6,35	-5,01	-5,41	-6,06						
Kasım	-6,27	-6,80	-10,84	-13,26	-6,43						
Aralık	-2,82	-3,65	-10,14	-5,55	-6,25						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-16,13	-31,61	-35,68	-18,63	-22,82	MBE	-0,51	-0,12	0,08	0,14	-0,15
Şubat	-1,10	-5,23	-7,59	-2,34	-4,13	RMSE	1,92	3,22	3,23	3,20	3,19
Mart	-19,78	-19,10	-21,63	-16,28	-17,56	MPE	-6,22	-9,67	-11,60	-8,03	-7,88
Nisan	-15,07	-12,11	-13,82	-13,13	-12,16	NSE	0,82	0,84	0,84	0,85	0,85
Mayıs	-11,12	-8,23	-9,81	-11,31	-9,15						
Haziran	-4,90	-3,56	-4,93	-6,91	-4,35						
Temmuz	-0,15	-2,01	-2,92	-4,71	-2,14						
Ağustos	2,88	-0,40	-1,21	-2,47	-0,23						
Eylül	2,17	-2,39	-3,24	-3,42	-1,91						
Ekim	-4,64	-7,20	-8,83	-7,28	-6,03						
Kasım	-4,33	-12,89	-15,61	-4,54	-7,65						
Aralık	-4,74	-12,92	-15,97	-5,14	-8,18						

Çizelge C. 3 Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri (devamı)

Sivas Divriği											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	2,73	1,44	-9,94	-10,39	-10,27	MBE	-0,29	-0,26	-0,28	-0,22	0,23
Şubat	2,20	1,64	-3,72	-7,32	-6,88	RMSE	3,14	3,14	3,19	3,60	3,25
Mart	-14,02	-13,66	-14,53	-26,56	-15,59	MPE	-4,80	-5,20	-7,54	-10,50	-9,96
Nisan	-13,26	-13,32	-12,07	-20,41	-14,84	NSE	0,86	0,86	0,85	0,81	0,84
Mayıs	-13,18	-13,52	-11,70	-16,92	-17,74						
Haziran	-5,36	-5,61	-4,07	-5,43	-8,10						
Temmuz	0,40	0,29	-0,03	3,81	-2,06						
Ağustos	-1,69	-1,74	-2,50	0,83	-3,96						
Eylül	-3,89	-3,95	-4,31	-3,73	-6,21						
Ekim	-12,42	-13,07	-14,61	-18,86	-18,69						
Kasım	-7,80	-8,87	-14,74	-19,82	-16,30						
Aralık	10,14	9,24	2,56	-0,53	1,64						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-3,30	-9,03	-23,05	1,73	-0,55	MBE	0,12	-0,24	0,08	0,15	-0,25
Şubat	-3,16	-3,90	-13,88	1,02	-0,68	RMSE	1,63	3,20	3,24	3,23	3,19
Mart	-23,86	-12,88	-20,67	-10,98	-11,97	MPE	-9,56	-7,37	-12,82	-6,65	-5,20
Nisan	-22,18	-11,72	-15,88	-14,35	-12,58	NSE	0,83	0,85	0,85	0,85	0,85
Mayıs	-19,42	-13,87	-16,76	-18,61	-15,36						
Haziran	-8,75	-5,17	-6,08	-9,00	-5,60						
Temmuz	1,16	0,51	0,67	-2,16	0,95						
Ağustos	-0,12	-1,59	-1,33	-4,09	-1,02						
Eylül	-4,33	-3,59	-4,29	-6,44	-3,47						
Ekim	-17,89	-15,32	-21,07	-16,05	-14,54						
Kasım	-13,97	-14,45	-24,49	-9,01	-9,34						
Aralık	2,28	2,99	-7,24	8,95	8,78						
Şanlıurfa Ceylanpınar											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	2,76	2,31	-13,95	-6,12	-14,20	MBE	-0,10	-0,14	-0,03	-0,10	0,27
Şubat	-2,97	-2,74	-10,17	-7,47	-11,05	RMSE	2,77	2,75	2,95	2,92	2,92
Mart	-8,76	-8,29	-11,99	-15,51	-14,79	MPE	-5,50	-5,38	-10,46	-8,90	-12,07
Nisan	-8,94	-8,39	-7,45	-11,42	-11,05	NSE	0,88	0,88	0,86	0,86	0,86
Mayıs	-8,66	-8,31	-6,50	-9,98	-9,47						
Haziran	0,19	0,08	-0,03	0,42	-1,06						
Temmuz	-23,97	-23,26	-27,42	-24,42	-29,14						
Ağustos	-1,36	-1,16	-3,44	-1,16	-5,03						
Eylül	-4,61	-4,44	-4,72	-1,09	-5,37						
Ekim	-4,68	-4,39	-5,39	-3,97	-6,35						
Kasım	-4,85	-4,56	-10,15	-9,27	-11,46						
Aralık	2,42	0,68	-25,67	-15,00	-26,53						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-6,14	-14,72	-13,22	-2,64	-7,16	MBE	0,47	-0,0003	-0,07	0,36	-0,03
Şubat	-8,87	-11,46	-10,35	-8,49	-8,64	RMSE	1,48	2,97	2,97	2,83	2,89
Mart	-15,64	-12,78	-11,86	-11,54	-11,44	MPE	-10,21	-10,57	-9,86	-8,78	-8,27
Nisan	-14,00	-8,85	-8,31	-12,13	-9,09	NSE	0,87	0,86	0,86	0,87	0,86
Mayıs	-11,63	-6,51	-6,11	-11,52	-7,17						
Haziran	-2,01	1,67	1,91	-1,42	1,43						
Temmuz	-26,51	-25,86	-25,69	-26,37	-25,41						
Ağustos	-3,19	-2,69	-2,55	-3,02	-2,30						
Eylül	-6,65	-4,49	-4,26	-6,74	-4,51						
Ekim	-7,63	-5,33	-4,87	-6,42	-4,87						
Kasım	-10,60	-10,69	-9,91	-6,70	-7,45						
Aralık	-6,09	-25,49	-23,56	-6,02	-10,92						

Çizelge C. 3 Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri (devamı)

Şirnak											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	0,27	-0,11	-38,23	-74,92	-60,86	MBE	-0,14	-0,15	-0,13	-0,06	-0,12
Şubat	-6,84	-7,95	-20,41	-40,33	-35,42	RMSE	3,47	3,54	3,64	4,21	4,12
Mart	-34,74	-37,60	-40,44	-56,40	-58,68	MPE	-10,83	-11,33	-17,04	-27,04	-23,30
Nisan	-13,99	-15,03	-11,94	-18,44	-20,61	NSE	0,83	0,83	0,82	0,75	0,76
Mayıs	-11,44	-11,72	-10,28	-13,81	-15,76						
Haziran	-4,42	-3,41	-5,26	-3,36	-2,09						
Temmuz	-3,94	-3,94	-5,13	-4,00	1,24						
Ağustos	-1,69	-1,57	-1,99	-0,54	4,58						
Eylül	-2,15	-1,46	-1,41	0,68	2,79						
Ekim	-14,48	-14,51	-14,62	-24,26	-19,32						
Kasım	-13,26	-13,96	-20,89	-38,35	-31,04						
Aralık	-17,14	-18,14	-30,65	-50,03	-41,41						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-16,73	-57,74	-67,32	-15,07	-39,18	MBE	1,19	0,0006	-0,34	0,87	-0,02
Şubat	-23,51	-35,15	-39,19	-20,11	-27,79	RMSE	2,19	4,07	4,11	3,89	3,97
Mart	-53,37	-59,26	-60,02	-55,92	-55,37	MPE	-20,46	-23,57	-23,87	-20,33	-20,26
Nisan	-27,97	-21,75	-20,50	-28,68	-21,59	NSE	0,81	0,77	0,77	0,79	0,78
Mayıs	-23,42	-16,63	-14,03	-24,12	-16,85						
Haziran	-7,69	-2,72	0,56	-7,76	-2,88						
Temmuz	-3,26	0,69	3,98	-3,86	0,53						
Ağustos	-0,98	4,01	7,05	-1,50	3,69						
Eylül	-5,06	2,01	4,79	-5,16	1,54						
Ekim	-24,14	-20,20	-19,63	-25,37	-19,26						
Kasım	-24,52	-31,31	-34,17	-23,65	-26,59						
Aralık	-28,46	-41,54	-45,93	-24,98	-34,66						
Tekirdağ											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-24,55	-24,93	-31,83	-29,84	-34,23	MBE	0,09	0,08	-0,28	-0,37	0,65
Şubat	-10,44	-10,60	-27,83	-37,10	-10,58	RMSE	3,62	3,61	3,74	4,12	3,74
Mart	-17,55	-17,45	-26,97	-33,98	-18,07	MPE	-12,27	-12,28	-13,90	-18,80	-15,91
Nisan	-8,29	-8,14	-9,06	-5,72	-11,67	NSE	0,82	0,82	0,81	0,77	0,81
Mayıs	-7,11	-7,05	-3,89	-4,14	-12,27						
Haziran	-9,87	-9,67	-7,26	-12,30	-14,56						
Temmuz	0,98	1,07	3,28	-1,66	-1,26						
Ağustos	-2,26	-2,18	0,43	-4,72	-3,80						
Eylül	-12,83	-12,76	-10,14	-14,65	-15,28						
Ekim	-22,09	-22,22	-25,70	-39,26	-28,76						
Kasım	-15,52	-15,72	-14,81	-19,76	-20,76						
Aralık	-38,65	-39,11	-42,63	-40,24	-41,93						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-12,65	-45,60	-47,38	-34,87	-34,52	MBE	-0,25	0,17	-0,66	0,74	0,15
Şubat	-23,30	-36,72	-42,93	-15,13	-13,89	RMSE	2,00	3,81	3,99	3,73	3,77
Mart	-19,71	-34,51	-37,59	-17,01	-23,10	MPE	-6,81	-19,07	-16,81	-15,37	-15,20
Nisan	-2,91	-13,36	-10,03	-10,70	-10,68	NSE	0,80	0,80	0,79	0,81	0,81
Mayıs	1,98	-8,70	-3,63	-11,62	-9,29						
Haziran	-3,46	-10,81	-4,91	-15,22	-10,89						
Temmuz	4,52	2,91	8,65	-2,84	2,83						
Ağustos	1,09	0,99	6,85	-5,25	0,60						
Eylül	-6,29	-11,60	-6,65	-15,30	-12,16						
Ekim	-12,11	-34,43	-33,93	-26,83	-30,26						
Kasım	-1,20	-23,49	-22,29	-15,47	-22,62						
Aralık	-26,39	-51,36	-52,92	-30,59	-48,31						

Çizelge C. 3 Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri (devamı)

Tokat											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-11,50	-12,78	-24,07	-20,51	-28,28	MBE	-0,15	-0,14	-0,06	-0,20	0,56
Şubat	-17,70	-17,89	-20,67	-19,01	-26,51	RMSE	3,20	3,20	3,27	3,78	3,31
Mart	-21,28	-21,70	-25,01	-22,19	-30,62	MPE	-8,74	-9,06	-13,06	-13,48	-17,45
Nisan	-16,67	-16,47	-19,67	-17,96	-22,95	NSE	0,85	0,86	0,85	0,80	0,85
Mayıs	-9,72	-9,76	-10,45	-12,63	-16,49						
Haziran	-4,40	-4,43	-3,51	-8,22	-9,80						
Temmuz	-4,49	-4,35	-5,26	-8,48	-8,40						
Ağustos	-1,80	-1,64	-2,28	-5,21	-4,82						
Eylül	-3,07	-2,94	-3,98	-7,72	-7,47						
Ekim	-3,72	-4,05	-7,41	-10,81	-12,10						
Kasım	1,28	0,20	-11,19	-12,77	-14,26						
Aralık	-12,85	-14,08	-25,56	-17,86	-30,77						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-13,97	-22,50	-39,33	-14,31	-14,31	MBE	-0,004	-0,11	-0,32	0,31	-0,13
Şubat	-14,88	-18,92	-27,16	-18,40	-18,40	RMSE	1,63	3,26	3,45	3,27	3,27
Mart	-20,75	-23,63	-29,39	-22,55	-22,55	MPE	-8,47	-12,10	-16,96	-12,80	-9,61
Nisan	-15,94	-17,74	-18,81	-16,75	-16,75	NSE	0,85	0,85	0,83	0,85	0,85
Mayıs	-6,95	-11,06	-10,96	-10,93	-10,93						
Haziran	-2,02	-4,26	-3,21	-4,99	-4,99						
Temmuz	-4,77	-3,79	-2,38	-3,58	-3,58						
Ağustos	-2,26	-0,39	1,40	-0,32	-0,32						
Eylül	-1,77	-3,06	-1,15	-2,82	-2,82						
Ekim	-2,97	-6,96	-12,14	-4,14	-4,14						
Kasım	-3,54	-10,46	-24,70	-0,39	-0,39						
Aralık	-12,90	-25,25	-41,07	-16,60	-16,60						
Van											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-17,94	-19,62	-29,41	-34,51	-29,39	MBE	-0,10	-0,08	-0,06	-0,05	0,62
Şubat	-1,89	-2,47	-6,06	-7,42	-10,26	RMSE	3,41	3,42	3,54	3,94	3,56
Mart	-10,60	-10,96	-14,40	-19,05	-17,71	MPE	-11,21	-11,66	-14,39	-17,26	-17,40
Nisan	-8,12	-8,20	-8,48	-13,63	-12,48	NSE	0,83	0,83	0,81	0,77	0,81
Mayıs	-10,75	-10,71	-9,35	-14,27	-15,79						
Haziran	-2,65	-2,73	-1,28	-2,44	-5,53						
Temmuz	-1,80	-1,80	-2,19	-1,44	-3,84						
Ağustos	-3,56	-3,46	-6,29	-4,35	-5,48						
Eylül	-3,60	-3,67	-3,80	-1,21	-6,20						
Ekim	-20,10	-20,85	-23,15	-28,06	-28,07						
Kasım	-20,19	-20,55	-24,00	-30,20	-28,72						
Aralık	-35,55	-37,33	-48,21	-54,75	-49,11						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-15,62	-30,37	-32,59	-27,71	-29,73	MBE	-0,11	0,003	-0,02	0,62	-0,01
Şubat	2,54	-7,53	-8,94	-8,94	-7,62	RMSE	1,26	3,58	3,58	3,57	3,53
Mart	-7,33	-14,98	-16,38	-17,11	-15,08	MPE	-9,78	-15,52	-14,71	-16,99	-14,68
Nisan	-4,94	-8,35	-9,15	-12,74	-8,76	NSE	0,82	0,81	0,81	0,81	0,81
Mayıs	-8,07	-9,80	-10,30	-16,20	-10,42						
Haziran	-3,56	-0,97	-0,84	-5,85	-1,18						
Temmuz	-5,09	-1,32	-0,95	-4,05	-1,06						
Ağustos	-8,33	-5,39	-4,91	-5,71	-4,65						
Eylül	-5,26	-3,61	-3,29	-6,16	-3,36						
Ekim	-17,63	-24,42	-25,26	-27,55	-24,51						
Kasım	-14,55	-24,45	-26,01	-27,76	-24,98						
Aralık	-31,22	-49,72	-52,26	-47,43	-49,05						

Çizelge C. 3 Türkiye için uygulamalara ait hata analizleri (devamı)

Yozgat Boğazlıyan											
Aylık MPE						Modelin tamamı için					
	Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6		Eş. 2.1	Eş. 2.2	Eş. 2.4	Eş. 2.5	Eş. 2.6
Ocak	-16,45	-18,20	-27,47	-22,48	-19,35	MBE	-0,04	-0,0004	-0,23	-0,12	-0,26
Şubat	-15,54	-16,10	-16,87	-15,35	-12,58	RMSE	3,08	3,08	3,21	3,37	3,10
Mart	-18,18	-18,38	-18,11	-23,30	-16,30	MPE	-8,47	-9,07	-10,41	-10,68	-8,17
Nisan	-14,28	-14,36	-12,21	-17,16	-12,35	NSE	0,87	0,87	0,86	0,84	0,87
Mayıs	-6,57	-6,79	-4,25	-8,70	-6,36						
Haziran	-1,15	-1,39	1,47	-1,46	-0,69						
Temmuz	1,82	1,69	3,12	2,60	2,51						
Ağustos	3,06	3,08	3,89	3,57	4,24						
Eylül	-2,34	-2,36	-2,15	-0,44	0,04						
Ekim	-11,43	-12,01	-11,04	-11,18	-10,08						
Kasım	-6,98	-8,17	-14,25	-11,52	-9,07						
Aralık	-6,32	-8,44	-18,53	-13,93	-11,17						
	Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen		Eş. 2.15	Hargreaves	Allen	Bris. – Camp.	Chen
Ocak	-16,27	-32,31	-29,71	-18,15	-24,50	MBE	0,02	0,06	-0,18	0,31	0,03
Şubat	-14,24	-20,40	-18,28	-16,48	-19,05	RMSE	1,96	3,22	3,23	3,15	3,16
Mart	-19,50	-20,36	-18,32	-17,60	-18,83	MPE	-8,46	-12,98	-11,12	-10,23	-10,43
Nisan	-14,65	-13,78	-12,02	-14,81	-13,79	NSE	0,85	0,85	0,85	0,86	0,86
Mayıs	-7,80	-6,42	-4,82	-9,77	-7,12						
Haziran	-1,02	-0,73	0,76	-4,46	-1,50						
Temmuz	2,52	2,84	4,19	-0,32	2,55						
Ağustos	3,32	3,78	5,11	1,11	3,62						
Eylül	0,01	-3,04	-1,63	-4,01	-2,66						
Ekim	-10,02	-14,83	-13,00	-14,47	-14,16						
Kasım	-7,76	-18,47	-16,34	-7,67	-10,75						
Aralık	-8,73	-23,37	-20,93	-9,79	-12,88						

EŞİTLİK 2.1 VE 2.2 İÇİN ORTAKLAŞTIRILMIŞ KATSAYILARA AİT SONUÇLAR

Çizelge D. 1 Eşitlik 2.1 ve 2.2 için ortaklaştırılmış katsayılar ile yapılan uygulamalara ait sonuçlar

Coğrafi Bölge	Model 1				Model 2			
	<i>MPE</i>	<i>MBE</i>	<i>RMSE</i>	<i>NSE</i>	<i>MPE</i>	<i>MBE</i>	<i>RMSE</i>	<i>NSE</i>
Adana	-11,80	-0,34	2,94	0,83	-11,61	-0,39	2,97	0,83
Afyon	-10,83	0,30	3,04	0,87	-10,60	0,24	3,03	0,87
Ağrı	-21,49	0,78	3,50	0,83	-21,89	0,78	3,49	0,83
Aksaray	-13,99	0,02	3,22	0,86	-13,88	-0,01	3,23	0,86
Ankara	-16,31	0,51	3,11	0,86	-16,26	0,45	3,11	0,87
Antalya	-6,47	-0,29	2,96	0,87	-6,70	-0,30	2,97	0,87
Artvin	-25,73	0,96	3,51	0,78	-25,21	0,88	3,51	0,78
Balıkesir	-4,98	-1,07	3,36	0,85	-4,82	-1,12	3,41	0,84
Bartın	16,20	-4,18	6,38	0,54	16,53	-4,25	6,43	0,53
Bingöl	-21,07	0,66	3,86	0,79	-20,77	0,59	3,85	0,79
Bolu	-27,74	1,05	3,40	0,84	-29,17	1,18	3,43	0,83
Bursa	-42,65	2,03	4,55	0,70	-43,65	2,07	4,56	0,70
Çanakkale	1,35	-2,64	4,70	0,75	1,46	-2,71	4,78	0,74
Diyarbakır	-20,06	-0,02	3,15	0,87	-21,14	0,22	3,17	0,87
Elazığ	-30,80	1,95	3,72	0,80	-30,33	1,86	3,66	0,80
Erzincan	-15,28	0,53	3,53	0,82	-14,98	0,48	3,51	0,82
Erzurum	-16,28	1,01	3,74	0,76	-15,80	0,95	3,73	0,76
Eskişehir	-10,43	-0,09	3,35	0,84	-10,44	-0,13	3,35	0,84
Gümüşhane	-43,44	2,95	4,36	0,73	-42,65	2,88	4,32	0,73
Hakkari	-13,63	0,59	3,42	0,80	-14,57	0,84	3,58	0,79
Isparta	-5,68	-0,54	3,26	0,85	-5,47	-0,57	3,27	0,85
İstanbul	-9,34	-0,97	3,71	0,82	-10,34	-0,94	3,75	0,81
İzmir	-3,31	-0,91	2,90	0,87	-3,38	-0,92	2,92	0,87
Kahramanmaraş	-16,80	0,22	3,21	0,85	-17,55	0,30	3,22	0,85
Karaman	-4,59	-1,29	3,66	0,84	-4,41	-1,35	3,70	0,84
Kars	-15,03	0,73	4,13	0,73	-15,59	0,79	4,16	0,73
Kastamonu	-28,78	1,50	3,51	0,83	-30,29	1,65	3,57	0,83
Kayseri	-9,15	-0,58	3,48	0,84	-8,78	-0,66	3,51	0,84
Kilis	-5,15	-0,77	3,13	0,86	-5,61	-0,74	3,18	0,86
Kırklareli	-20,10	0,49	3,07	0,87	-20,58	0,48	3,09	0,87
Konya Beyşehir	-7,98	-0,35	3,26	0,85	-7,96	-0,38	3,27	0,85

Çizelge D. 1 Eşitlik 2.1 ve 2.2 için ortaklaştırılmış katsayılar ile yapılan uygulamalara ait sonuçlar (devamı)

Coğrafi Bölge	Model 1				Model 2			
	<i>MPE</i>	<i>MBE</i>	<i>RMSE</i>	<i>NSE</i>	<i>MPE</i>	<i>MBE</i>	<i>RMSE</i>	<i>NSE</i>
Konya Kulu	-7,80	-0,02	3,19	0,85	-8,07	-0,05	3,19	0,85
Malatya	-8,25	0,30	3,06	0,85	-8,40	0,37	3,08	0,85
Mersin	-6,57	-1,30	3,49	0,79	-6,40	-1,33	3,50	0,79
Muğla	-25,40	0,90	3,13	0,87	-26,61	0,96	3,17	0,87
Niğde	-8,19	-0,29	3,56	0,81	-8,36	-0,32	3,57	0,81
Rize	-46,42	0,89	4,62	0,65	-45,84	0,82	4,62	0,65
Sinop	24,97	-5,55	7,62	0,47	23,98	-5,47	7,56	0,47
Sivas Gemerek	-15,58	0,53	3,34	0,83	-16,08	0,58	3,33	0,83
Sivas Divriği	-21,17	1,08	3,55	0,82	-20,52	0,98	3,52	0,82
Şanlıurfa	-11,90	0,53	2,91	0,87	-12,41	0,51	2,87	0,87
Şırnak	-17,63	-0,16	3,61	0,82	-21,70	0,77	3,92	0,79
Tekirdağ	-1,32	-2,13	4,46	0,75	-1,72	-2,15	4,49	0,74
Tokat	-31,84	1,33	3,86	0,79	-31,29	1,27	3,81	0,80
Van	-8,32	-0,82	3,59	0,81	-7,96	-0,87	3,61	0,81
Yozgat	-17,14	0,55	3,22	0,85	-17,58	0,60	3,22	0,86

Eşitlik 2.1 ve 2.2'ye ait ortaklaştırılmış katsayılar kullanılarak elde edilen hata analiz sonuçları ana metinde çok yer kaplayacağı için eklerde verilmiştir. Ana metinde ise katsayıların ortaklaştırılmasına dair başlık altında yorumlamaları yapılmıştır.

EŞİTLİK 2.4 İÇİN ORTAKLAŞTIRILMIŞ KATSAYILAR AİT SONUÇLAR

Çizelge E. 1 Eşitlik 2.4 için ortaklaştırılmış katsayılar ile yapılan uygulamalara ait sonuçlar

Coğrafi Bilgiler	Eşitlik 2.4			
	<i>MPE</i>	<i>MBE</i>	<i>RMSE</i>	<i>NSE</i>
Adana	-28,11	1,73	3,37	0,79
Afyon	-3,39	-0,29	2,82	0,88
Ağrı	-21,90	1,20	3,66	0,82
Aksaray	-14,19	0,38	3,23	0,86
Ankara	-13,12	0,47	3,00	0,87
Antalya	-2,76	-0,37	2,89	0,87
Artvin	-38,11	2,16	4,12	0,72
Balıkesir	-2,82	-1,07	3,40	0,84
Bartın	13,05	-3,85	6,17	0,55
Bingöl	-23,26	1,26	4,10	0,77
Bolu	-21,57	0,69	3,19	0,85
Bursa	-43,06	2,17	4,71	0,68
Çanakkale	8,57	-3,44	5,28	0,70
Diyarbakır	-26,79	0,66	3,50	0,84
Elazığ	-42,69	3,84	5,34	0,64
Erzincan	-15,56	1,03	3,69	0,81
Erzurum	-14,75	1,22	3,91	0,74
Eskişehir	-2,43	-0,80	3,29	0,85
Gümüşhane	-43,09	3,31	4,75	0,69
Hakkari	-8,34	-0,23	3,38	0,81
Isparta	-0,92	-0,81	3,30	0,84
İstanbul	-7,23	-1,29	3,95	0,80
İzmir	-2,62	-0,76	2,94	0,87

Coğrafi Bilgiler	Eşitlik 2.4			
	<i>MPE</i>	<i>MBE</i>	<i>RMSE</i>	<i>NSE</i>
Kahramanmaraş	-17,51	0,82	3,39	0,84
Karaman	-5,02	-0,83	3,43	0,86
Kars	-12,43	0,59	4,12	0,73
Kastamonu	-26,76	1,67	3,34	0,85
Kayseri	-6,85	-0,55	3,34	0,85
Kilis	-14,40	0,55	3,16	0,86
Kırklareli	-8,04	-0,39	2,96	0,88
Konya Beyşehir	-3,46	-0,58	3,31	0,84
Konya Kulu	-6,40	0,17	3,26	0,85
Malatya	-12,51	1,10	3,36	0,82
Mersin	-22,44	0,86	3,27	0,81
Muğla	-21,11	0,83	3,03	0,88
Niğde	-2,72	-0,76	3,57	0,81
Rize	-79,81	3,20	5,66	0,54
Sinop	13,22	-4,32	6,63	0,54
Sivas Gemerek	-18,12	1,49	3,77	0,79
Sivas Divriği	-23,74	1,96	4,00	0,78
Şanlıurfa	-34,28	4,00	5,38	0,63
Şırnak	-13,49	-1,18	3,98	0,79
Tekirdağ	5,12	-2,97	5,04	0,69
Tokat	-38,75	2,43	4,26	0,76
Van	-4,71	-1,28	3,78	0,79
Yozgat	-19,78	1,47	3,68	0,82

Eşitlik 2.4'e ait katsayılar ana metinde verilen denklemlerle elde edilmiştir. Bu denklemler ile katsayılar yükseklik, enlem, boylam gibi coğrafi değişkenlerle ilişkilendirilmiştir. Böylece katsayılar matematiksel ifadeler yardımı ile ortaklaştırılmıştır. Yapılan bu ortaklaştırma uygulaması ile ilgili ayrıntılar ve yorumlara ana metin içinde ulaşılabilir.

EŞİTLİK 2.5 İÇİN ORTAKLAŞTIRILMIŞ KATSAYILAR AİT SONUÇLAR

Çizelge F. 1 Eşitlik 2.5 için ortaklaştırılmış katsayılar ile yapılan uygulamalara ait sonuçlar

Coğrafi Bilgiler	Eşitlik 2.5			
	<i>MPE</i>	<i>MBE</i>	<i>RMSE</i>	<i>NSE</i>
Adana	-13,37	0,06	3,01	0,83
Afyon	0,62	-0,96	3,35	0,84
Ağrı	-42,19	2,73	4,75	0,72
Aksaray	-13,57	-0,04	3,54	0,83
Ankara	-2,65	-0,70	3,27	0,85
Antalya	-10,80	0,20	3,19	0,84
Artvin	-32,04	1,49	3,97	0,73
Balıkesir	-10,75	-0,32	3,40	0,84
Bartın	-3,72	-1,58	4,65	0,70
Bingöl	-42,20	2,36	4,94	0,68
Bolu	-4,19	-0,79	3,37	0,84
Bursa	-59,45	3,02	5,34	0,61
Çanakkale	-20,14	-0,43	3,87	0,82
Diyarbakır	-43,36	0,93	3,95	0,79
Elazığ	-46,07	3,30	4,90	0,68
Erzincan	-23,03	1,49	4,05	0,77
Erzurum	-24,97	1,91	4,21	0,71
Eskişehir	7,05	-2,13	4,25	0,76
Gümüşhane	-40,04	2,79	4,50	0,71
Hakkari	-80,01	6,87	8,32	0,35
Isparta	1,84	-1,62	4,02	0,77
İstanbul	-31,11	0,79	3,66	0,82
İzmir	-9,72	-0,08	3,11	0,85

Coğrafi Bilgiler	Eşitlik 2.5			
	<i>MPE</i>	<i>MBE</i>	<i>RMSE</i>	<i>NSE</i>
Kahramanmaraş	-27,21	1,87	3,59	0,78
Karaman	-11,51	-0,59	3,78	0,83
Kars	-21,10	1,30	4,46	0,69
Kastamonu	2,77	-0,75	3,00	0,87
Kayseri	-14,35	-0,15	3,80	0,81
Kilis	-18,53	1,08	3,36	0,81
Kırklareli	-22,52	0,59	3,44	0,83
Konya Beyşehir	-7,25	-0,36	3,43	0,83
Konya Kulu	4,13	-1,12	3,46	0,83
Malatya	-15,28	0,73	3,80	0,77
Mersin	-4,29	-1,41	3,60	0,78
Muğla	-22,24	0,73	3,29	0,86
Niğde	-24,98	1,25	4,35	0,72
Rize	-77,09	2,77	6,05	0,46
Sinop	-9,66	-1,60	4,94	0,70
Sivas Gemerek	-12,99	0,57	3,62	0,80
Sivas Divriği	-22,84	1,13	3,87	0,78
Şanlıurfa	-17,18	1,51	3,77	0,78
Şırnak	-69,84	3,57	5,88	0,59
Tekirdağ	-29,74	0,60	4,19	0,76
Tokat	-28,66	1,15	4,04	0,77
Van	-47,19	3,42	5,44	0,62
Yozgat	-10,46	0,06	3,39	0,84

Bu ortaklaştırma uygulaması ile ilgili olarak yorumlar ana metin içinde verilmiştir.

EŞİTLİK 2.15 İÇİN ORTAKLAŞTIRILMIŞ KATSAYILAR AİT SONUÇLAR

Burada Eşitlik 2.15'e dair Türkiye coğrafyası için ortaklaştırılmış katsayılar kullanılarak elde edilen sonuçlarla, ölçülen değerler arasında yapılan hata analizi sonuçları verilecektir. Uygulamalar ile ilgili yorumlamalara ana metinde ulaşılabilir.

Çizelge G. 1 Eşitlik 2.15 için ortaklaştırılmış katsayılar ile yapılan uygulamalara ait sonuçlar

Coğrafi Bilgiler	Eşitlik 2.15			
	<i>MPE</i>	<i>MBE</i>	<i>RMSE</i>	<i>NSE</i>
Adana	-12,86	0,28	0,98	0,85
Afyon	-11,83	0,67	1,30	0,87
Ağrı	-19,95	1,01	1,66	0,83
Aksaray	-14,21	0,57	1,30	0,86
Ankara	-16,05	0,95	1,52	0,87
Antalya	-5,46	-0,09	1,13	0,87
Artvin	-26,60	1,29	1,74	0,79
Balıkesir	-4,92	-0,86	1,71	0,86
Bartın	-13,09	-0,46	2,21	0,75
Bingöl	-20,23	0,70	1,44	0,79
Bolu	-26,35	1,41	1,97	0,84
Bursa	-43,89	2,52	3,11	0,69
Çanakkale	0,13	-2,22	2,69	0,76
Diyarbakır	-20,73	-0,09	1,31	0,87
Elazığ	-30,30	2,15	2,54	0,80
Erzincan	-15,37	0,50	1,31	0,82
Erzurum	-16,88	0,60	1,44	0,75
Eskişehir	-10,47	0,14	1,29	0,84
Gümüşhane	-44,81	3,59	3,95	0,72
Hakkari	-11,93	0,17	1,44	0,81
Isparta	-6,03	-0,48	1,39	0,85
İstanbul	-11,70	-0,31	1,25	0,82
İzmir	-2,59	-0,86	1,67	0,88

Coğrafi Bilgiler	Eşitlik 2.15			
	<i>MPE</i>	<i>MBE</i>	<i>RMSE</i>	<i>NSE</i>
Kahramanmaraş	-11,08	0,17	1,32	0,85
Karaman	-5,11	-0,99	1,73	0,84
Kars	-14,61	0,47	1,51	0,73
Kastamonu	-26,42	1,78	2,31	0,84
Kayseri	-9,24	-0,39	1,12	0,85
Kilis	-4,97	-0,72	1,50	0,86
Kırklareli	-19,83	0,97	1,67	0,87
Konya Beyşehir	-7,45	-0,24	1,20	0,85
Konya Kulu	-7,44	0,13	1,11	0,85
Malatya	-8,17	0,12	0,91	0,85
Mersin	-8,35	-1,28	1,66	0,80
Muğla	-21,64	1,65	2,43	0,88
Niğde	-7,85	-0,32	1,24	0,81
Rize	-47,98	1,55	2,04	0,64
Sinop	26,63	-6,36	7,39	0,40
Sivas Gemerek	-13,78	0,31	1,57	0,83
Sivas Divriği	-21,72	1,11	1,58	0,82
Şanlıurfa	-8,56	0,34	1,59	0,86
Şırnak	-18,19	0,12	1,84	0,81
Tekirdağ	-2,17	-1,54	2,12	0,74
Tokat	-8,47	-0,004	1,63	0,85
Van	7,70	-2,19	3,09	0,71
Yozgat	1,16	-0,72	1,89	0,84

MODELLERE AİT ÖRNEK HESAPLAMALAR

Çizelge H. 1 Eşitlik 2.32 için örnek hesaplama

İstasyon: Ankara, Tarih: 01.08.2010 $T_{\min} = 23,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\Delta T = 23,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_a = 31,9\text{ }^{\circ}\text{C}$		$z = 891\text{ m}$, $\phi = 39,9727^{\circ}$ $Vis_{\min} = 20\text{ km}$, $Vis_{\max} = 20\text{ km}$, $RH = 25,4\text{ \%rh}$																																																																												
$\frac{H}{H_0} = \left[a \cdot \left(\frac{T_{\min}}{\Delta T} \right)^c + b \cdot \exp \left[d \cdot \frac{z \cdot (Vis_{\max} + Vis_{\min})}{2 \cdot 10^{12} \cdot l \cdot w} \right] \right] \cdot 10^{-3}$																																																																														
$l = 0,44 - 0,16 \cdot \sqrt{\left[\frac{(\phi - 80)}{60} \right]^2 + \left[\frac{(J - 120)}{263 - \phi} \right]^2}$		l : 3,141245 mm J : İlgili günün yılın kaçınıcı günü olduğu																																																																												
$l = 0,44 - 0,16 \cdot \sqrt{\left[\frac{(39,9727 - 80)}{60} \right]^2 + \left[\frac{(213 - 120)}{263 - 39,9727} \right]^2}$																																																																														
$w = 0,0493 \cdot RH \cdot T_a^{-1} \cdot \exp[26,23 - 5416 \cdot T_a^{-1}]$																																																																														
$w = 0,0493 \cdot 25,4 \cdot (31,9 + 273,15)^{-1} \cdot \exp[26,23 - 5416 \cdot (31,9 + 273,15)^{-1}] = 19,68734\text{ mm}$																																																																														
<table><tr><th>Model adı</th><th>a katsayısı</th><th>b katsayısı</th><th>c katsayısı</th><th>d katsayısı</th></tr><tr><td>Aksaray</td><td>4000</td><td>0,0009879</td><td>-0,6301</td><td>3,107</td></tr><tr><td>Ankara</td><td>5572</td><td>22,96</td><td>-0,7771</td><td>1,885</td></tr><tr><td>Artvin</td><td>4577</td><td>19,32</td><td>-0,6939</td><td>2,394</td></tr><tr><td>Bolu</td><td>4305</td><td>54,31</td><td>-0,716</td><td>-15,24</td></tr><tr><td>Gümüşhane</td><td>2877</td><td>67,35</td><td>-0,633</td><td>-1,074</td></tr><tr><td>Isparta</td><td>3225</td><td>54,42</td><td>-0,6275</td><td>1,017</td></tr><tr><td>Karaman</td><td>2860</td><td>-314,5</td><td>-0,508</td><td>-5,753</td></tr><tr><td>Kastamonu</td><td>3917</td><td>-123,20</td><td>-0,6385</td><td>-1,235</td></tr><tr><td>Kilis</td><td>3548</td><td>34,53</td><td>-0,5902</td><td>0,958</td></tr><tr><td>Muğla</td><td>2730</td><td>-1000</td><td>-0,191</td><td>0,003306</td></tr><tr><td>Rize</td><td>2926</td><td>-669,5</td><td>-0,2723</td><td>37,53</td></tr><tr><td>Sinop</td><td>2348</td><td>410,2</td><td>-0,4105</td><td>-12,38</td></tr><tr><td>Şirnak</td><td>6002</td><td>97,84</td><td>-0,7394</td><td>0,340</td></tr><tr><td>Tokat</td><td>2705</td><td>-482,50</td><td>-0,3261</td><td>-0,153</td></tr></table>				Model adı	a katsayısı	b katsayısı	c katsayısı	d katsayısı	Aksaray	4000	0,0009879	-0,6301	3,107	Ankara	5572	22,96	-0,7771	1,885	Artvin	4577	19,32	-0,6939	2,394	Bolu	4305	54,31	-0,716	-15,24	Gümüşhane	2877	67,35	-0,633	-1,074	Isparta	3225	54,42	-0,6275	1,017	Karaman	2860	-314,5	-0,508	-5,753	Kastamonu	3917	-123,20	-0,6385	-1,235	Kilis	3548	34,53	-0,5902	0,958	Muğla	2730	-1000	-0,191	0,003306	Rize	2926	-669,5	-0,2723	37,53	Sinop	2348	410,2	-0,4105	-12,38	Şirnak	6002	97,84	-0,7394	0,340	Tokat	2705	-482,50	-0,3261	-0,153
Model adı	a katsayısı	b katsayısı	c katsayısı	d katsayısı																																																																										
Aksaray	4000	0,0009879	-0,6301	3,107																																																																										
Ankara	5572	22,96	-0,7771	1,885																																																																										
Artvin	4577	19,32	-0,6939	2,394																																																																										
Bolu	4305	54,31	-0,716	-15,24																																																																										
Gümüşhane	2877	67,35	-0,633	-1,074																																																																										
Isparta	3225	54,42	-0,6275	1,017																																																																										
Karaman	2860	-314,5	-0,508	-5,753																																																																										
Kastamonu	3917	-123,20	-0,6385	-1,235																																																																										
Kilis	3548	34,53	-0,5902	0,958																																																																										
Muğla	2730	-1000	-0,191	0,003306																																																																										
Rize	2926	-669,5	-0,2723	37,53																																																																										
Sinop	2348	410,2	-0,4105	-12,38																																																																										
Şirnak	6002	97,84	-0,7394	0,340																																																																										
Tokat	2705	-482,50	-0,3261	-0,153																																																																										
$\frac{H}{H_0} = \left[5572 \cdot \left(\frac{23,5+273,15}{\Delta T} \right)^{-0,7771} + 22,96 \cdot \exp \left[1,885 \cdot \frac{891 \cdot (20+20)}{2 \cdot 10^{12} \cdot 3,141245 \cdot 19,68734} \right] \right] \cdot 10^{-3} = 0,622488$																																																																														
$H_0 = \frac{24}{\pi} \cdot I_{sc} \cdot E_0 \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(\delta) * \left[\left(\frac{\pi}{180} \right) \cdot \omega_s - \tan(\omega_s) \right]$																																																																														
$E_0 = 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot J}{365}\right)$		$\omega_s = \cos^{-1}[-\tan(\phi) \cdot \tan(\delta)]$																																																																												
$\sin \delta = 0,39785 * \sin[278,97 + 0,9856J] + 1,9165 * \sin(356,6 + 0,9856J)]$																																																																														
$H_0 = 41,55 \frac{MJ}{m^2 \cdot \text{gün}}$		$H = 25,87 \frac{MJ}{m^2 \cdot \text{gün}}$																																																																												

Çizelge H. 2 Eşitlik 2.4, 2.6 ve 2.1 için örnek hesaplama

İstasyon: Ankara, Tarih: 01.08.2010 $T_{\min} = 23,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\Delta T = 16,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\max} = 39,7\text{ }^{\circ}\text{C}$		$z = 891\text{ m}$, $\phi = 39,9727^{\circ}$ $RH = 25,4\text{ \%rh}$, $RH_{\min} = 9,0\text{ \%rh}$, $RH_{\max} = 45,0\text{ \%rh}$	
Eşitlik 2.4 için örnek hesaplama			
$\frac{H}{H_0} = a \cdot [1 - \exp(-\Delta T^b)] + c \cdot RH$			
Model katsayı seçimi Çizelge C.2'den yapılmıştır. $a = -0,14258$; $b = 0,210972$; $c = -0,001958$			
$\frac{H}{H_0} = -0,14258 \cdot [1 - \exp(-16,2^{0,210972})] + (-0,001958) \cdot 25,4$			
$H_0 = 41,55 \frac{MJ}{m^2 \cdot \text{gün}}$		$H = 27,92 \frac{MJ}{m^2 \cdot \text{gün}}$	
Eşitlik 2.6 için örnek hesaplama			
$\frac{H}{H_0} = a \cdot [1 - \exp(\{T_{\max} - T_{\min}\}^{0,5b})] + c \cdot (T_{\max} - T_{\min})^{0,5} \cdot \frac{RH_{\min}}{RH_{\max}} + d \cdot (T_{\max} - T_{\min})^{0,5}$			
Model katsayı seçimi Çizelge C.2'den yapılmıştır. $a = 0,552$; $b = 0,4801$; $c = -0,086$; $d = 1,01$			
$\frac{H}{H_0} = 0,552 \cdot [1 - \exp(\{16,2\}^{0,5 \cdot 0,4801})] + (-0,086) \cdot (16,2)^{0,5} \cdot \frac{9,0}{45,0} + 1,01 \cdot (16,2)^{0,5}$			
$H_0 = 41,55 \frac{MJ}{m^2 \cdot \text{gün}}$		$H = 27,59 \frac{MJ}{m^2 \cdot \text{gün}}$	
Eşitlik 2.1 için örnek hesaplama			
$\frac{H}{H_0} = a \left(\frac{RH}{100} \right) + b(T_{\max} - T_{\min})^{0,5} + c(T_{\max} - T_{\min}) + d \left(\frac{RH}{100} \right) (T_{\max} - T_{\min})^{0,5} + e$			
Model katsayı seçimi Çizelge C.2'den yapılmıştır. $a = -0,9253$; $b = -0,0392$; $c = 0,0106$; $d = 0,1993$; $e = 0,6839$			
$\frac{H}{H_0} = -0,9253 \left(\frac{25,1}{100} \right) + (-0,0392)(16,2)^{0,5} + 0,0106 \cdot (16,2) + 0,1993 \cdot \left(\frac{25,1}{100} \right) (16,2)^{0,5} + 0,6839$			
$H_0 = 41,55 \frac{MJ}{m^2 \cdot \text{gün}}$		$H = 27,77 \frac{MJ}{m^2 \cdot \text{gün}}$	

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Can EKİCİ
Doğum Tarihi ve Yeri : 10.03.1985 – Amsterdam/Hollanda
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : canekici@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Makine Mühendisliği	Gazi Üniversitesi	2011
Lisans	Makine Mühendisliği	Gazi Üniversitesi	2008
Lise	Fen - Matematik	Mehmet Emin Resulzade Anadolu Lisesi	2003

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2011-halen	Türk Standardları Enstitüsü Gebze Kalibrasyon Müdürlüğü	Yüksek Mühendis
2010-2011	TC Kültür ve Turizm Bakanlığı	Uzman Yardımcısı

YAYINLARI

Makale

1. Ekici, C., ve Teke, I., (2018). "Measurement Uncertainty Analysis of Temperature Based Solar Radiation Estimation Models", MAPAN, 33: 233-240.
2. Ekici, C., ve Teke, I., (2018). "Global solar radiation estimation from measurements of visibility and air temperature extremes", Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 1: 1-16.
3. Ekici, C., ve Teke, I., (2018). "Developing a new solar radiation estimation model based on Buckingham theorem", Results in Physics, 9: 263-269.
4. Ekici, C., (2017). "Calibration of Heat Stress Monitor and its Measurement Uncertainty", International Journal of Thermophysics, 38(6): 85.
5. Ekici, C., (2017). "An Adapted Procedure for Calibration of the Non-Digital Peak Pressure Indicators: Motor Compression Measuring Devices", MAPAN, 32(2): 1-8.
6. Ekici, C., (2016). "Uncertainty Modelling of the Reference Pressure Generating with OIML and ASTM Weights in Pressure Balances", MAPAN, 31(4): 265-273.
7. Ekici, C., (2016). "Measurement Uncertainty Budget of the PMV Thermal Comfort Equation", International Journal of Thermophysics, 37(5): 1-21.
8. Ekici, C., ve Atilgan, I., (2013). "A comparison of suit dresses and summer clothes in the terms of thermal comfort", Journal of Environmental Health Science and Engineering, 11(1): 32-44.
9. Atilgan, I., ve Ekici, C., (2012). "Bir Ofiste Döşemeden Ve Radyatörden Isıtmanın Konfor Bakımından Kıyaslanması", Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 27(1): 183-191.

Bildiri

1. Ekici, C., (2013). "PMV Metodu ile Isıl Konfor Ölçümü ve Hesaplanması", 8. Ulusal Ölçümbilim Kongresi, 26-28 Eylül 2013, Kocaeli, 26-28.