

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOĞU ANADOLU BÖLGESİ İLLERİNİN İKLİM VERİLERİ
RÜZGAR VE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİNİN
BELİRLENMESİ**

Şerif YILMAZ

Tez Yöneticisi
Prof. Dr. Yaşar BİÇER

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ENERJİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2007

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOĞU ANADOLU BÖLGESİ İLLERİNİN İKLİM VERİLERİ,
RÜZGAR VE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİNİN
BELİRLENMESİ**

Şerif YILMAZ

Yüksek Lisans Tezi
Makina Mühendisliği Enerji Anabilim Dalı

Bu tez, 18.07.2007 tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği ile başarılı olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Yaşar BİÇER

Üye: Prof. Dr. Yaşar BİÇER

Üye: Doc. Dr. Ebru KAVAK AKPINAR

Üye: Doc. Dr. Aydın DURMUŞ

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 01/08/2007 tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarında kendilerinden çok istifade ettiğim ve bu tezi hazırlamamda bana yardımcı olan değerli danışman hocam Prof. Dr. Yaşar BİÇER, bölüm hocalarımızdan Doç. Dr. Ebru KAVAK AKPINAR, Meteoroloji çalışanlarından Rahmi KILIÇ ve Ahmet ACET' e teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

TEŞEKKÜR

Sayfa No

İÇİNDEKİLER.....	I
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	III
ÇİZELGELER (TABLOLAR) LİSTESİ.....	IV
SİMGELER LİSTESİ.....	V
ÖZET.....	VI
ABSTRACT.....	VII
1. GİRİŞ.....	1
2. İKLİM PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ.....	3
2.1 Basınç.....	3
2.1.1 Basıncın Dağılışını Etkileyen Faktörler.....	3
2.1.1.1. Sıcaklık.....	3
2.1.1.2. Yükselti.....	3
2.1.1.3. Yoğunluk.....	3
2.1.1.4. Mevsimler.....	3
2.1.1.5. Yer Çekimi.....	4
2.1.1.6. Dinamik Etkenler.....	4
2.2. Sıcaklık.....	5
2.2.1. Sıcaklık Terselmesi (Inversion).....	5
2.2.2. Sıcaklığın Dağılışını Etkileyen Faktörler.....	6
2.2.2.1. Güneş Işınlарının Düşme Açısı.....	6
2.2.2.2. Yükselti.....	6
2.2.2.3. Nem Oranı.....	6
2.2.2.4. Rüzgarların Esme Yönü.....	7
2.3. Nem.....	7
2.3.1. Mutlak Nem.....	7
2.3.2. Maksimum Nem (Doyma Miktarı).....	7
2.3.3. Bağlı Nem (Nisbi).....	7
2.4. Rüzgarlar.....	8
2.4.1. Basınç Merkezleri Arasındaki Yatay Uzaklık.....	8
2.4.2. Yer Şekilleri.....	8
2.4.3. Basınç Farkı.....	9
2.5. Güneşlenme Süresi.....	9
2.6. Güneşlenme Şiddeti.....	9
3. DOĞU ANADOLU BÖLGESİNİN COĞRAFİ KONUMU VE BÖLGEYE AİT İLLERİN HAVA PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ.....	10
3.1. Doğu Aadolu Bölgesinin Coğrafi Konumu.....	10

3.2.1.	Basınç.....	11
3.2.2.	Sıcaklık.....	13
3.2.3.	Nem.....	15
3.2.4.	Rüzgar.....	17
3.2.5.	Güneşlenme Süresi.....	19
3.2.6.	Güneşlenme Şiddeti.....	21
4.	DOĞU ANADOLU BÖLGESİ İLLERİNİN RÜZGAR GÜCÜ VE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE MODELLENMESİ.....	24
4.1.	Rüzgar Hızının Değişimi.....	24
4.2.	Rüzgar Türbinine Etki Eden Faktörler.....	25
4.2.1.	Türbülans.....	25
4.2.2.	Tünel Etkisi.....	25
4.2.3.	Tepe Etkisi.....	26
4.2.4.	Park Etkisi Ve Kuyruk Yeli Etkisi.....	26
4.2.5.	Yüzey Şekillerinin Etkisi.....	27
4.3.	Rüzgar Enerjisinin Formüle Edilmesi.....	28
4.4.	Rüzgar Hızı ve Güneşlenme Şiddetinin Formülasyonu.....	32
4.5.	Güneş Enerjisi.....	45
4.5.1.	Sıcak Su Hazırlama Sistemleri.....	45
4.5.2.	Güneş Enerjisi Isıl Uygulamaları.....	45
4.5.3.	Soğutma Ve İklimlendirme.....	46
4.5.4.	Kurutma.....	46
4.5.5.	Yapı Ve Mimamri.....	46
4.5.6.	PV Sistemler.....	46
4.5.7.	Elektrik Üretiminde Güneş Enerjisi Pilleri.....	47
5.	SONUÇ.....	49
	KAYNAKLAR.....	51
	ÖZGEÇMİŞ.....	53

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1	Yüksek Basınç Alanlarında Havanın Hareketi.....	4
Şekil 2.2	Alçak Basınç Alanlarında Havanın Hareketi	5
Şekil 2.3	Yükseklikle Sıcaklık Değişimi.....	6
Şekil 2.4	Basınç Farkı.....	9
Şekil 3.1	Doğu Anadolu Bölgesi Haritası.....	10
Şekil 3.2	Doğu Anadolu Bölgesi İllerindeki Yıllık Ortalama Basınç Şartlarının Değişimi...12	
Şekil 3.3	Doğu Anadolu Bölgesi İllerindeki Yıllık Ortalama Sıcaklık Şartlarının Değişimi..14	
Şekil 3.4	Doğu Anadolu Bölgesi İllerindeki Yıllık Ortalama Nem Şartlarının Değişimi.....16	
Şekil 3.5	Doğu Anadolu Bölgesi İllerindeki Yıllık Ortalama Rüzgar Şartlarının Değişimi....18	
Şekil 3.6	Doğu Anadolu Bölgesi İllerindeki Yıllık Ortalama Güneşlenme Süresi Değişimi...20	
Şekil 3.7	Doğu Anadolu Bölgesi İllerindeki Yıllık Ortalama Güneşlenme Şiddeti Değişimi..22	
Şekil 4.1	Engellerin Türbülansa etkisi.....	25
Şekil 4.2	Rüzgar Türbini İçin Uygun Olan ve Olmayan Arazi Özellikleri.....	26
Şekil 4.3	Rüzgar Türbinlerinin Rüzgar Tarlalarındaki Kurulumu.....	27
Şekil 4.4	Havanın Rotor Çevresindeki Akışı.....	28
Şekil 4.5	Doğu Anadolu Bölgesi İllerindeki Yıllık Ortalama Rüzgar Gücü Değişimi.....	31
Şekil 4.6	Malatya İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi.....	33
Şekil 4.7	Elazığ İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi.....	34
Şekil 4.8	Erzincan İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi....	35
Şekil 4.9	Erzurum İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi....	36
Şekil 4.10	Kars İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi.....	37
Şekil 4.11	Ağrı İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi.....	38
Şekil 4.12	Iğdır İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi.....	39
Şekil 4.13	Tunceli İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi.....	40
Şekil 4.14	Van İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi.....	41
Şekil 4.15	Bingöl İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi.....	42
Şekil 4.16	Muş İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi.....	43
Şekil 4.17	Bitlis İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi.....	44

ÇİZELGELER (TABLOLAR) LİSTESİ

Tablo 4.1	Yüzey Pürüzlülüklerinin Etkisi.....	28
Tablo 4.2	Çeşitli Rüzgar hızı değerlerinde elde edilecek güçler.....	30

SİMGELER LİSTESİ

V	: Rüzgar hızı (m/s)
T	: Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
P	: Basınç (hPa)
$G_{\text{ş}}$	: Güneşlenme şiddeti (cal/cm^2)
G_s	: Güneşlenme süresi (h/gün)
RH	: Bağlı nem
z	: Yerden yükseklik
$V(z)$	: z yüksekliğindeki rüzgar hızı
z_r	: Referans ölçüm yüksekliği
V_r	: z_r yüksekliğindeki rüzgar hızı
$V(10)$	: 10 m yükseklikteki rüzgar hızı
α	: Pürüzlülük katsayısı
z_0	: Pürüzlülük uzunluğu
W	: Rotorsuz durumda rüzgarın akış yönüne dik herhangi bir A alanı içinden birim zamanda taşınan güç
p	: Hava yoğunluğu
A	: Kanat alanı
D	: Rotor çapı
M	: Rotordan geçen havanın ağırlık oranı
F	: Rotor diskindeki kuvvet
b	: Akış aşağı hız faktörü
C_p	: Güç faktörü veya verim
λ	: Şaftın devir sayısı
Y	: Yıllar

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DOĞU ANADOLU BÖLGESİ İLLERİNİN İKLİM VERİLERİ, RÜZGAR VE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

Şerif YILMAZ

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Enerji Anabilim Dalı

2007, Sayfa : 53

Bu çalışmada, Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan illerin sıcaklık, nem, basınç, rüzgar hızı, rüzgar gücü, güneşlenme şiddeti ve güneşlenme müddeti gibi iklim parametreleri 15 yıllık bir periyotta (1991-2005) incelenerek modellenmesi yapıldı. Hava şartlarının modellenmesinde lineer regresyon analizi kullanıldı. Geliştirilen modellerin hava şartları ve hava şartlarının çevre ve enerji üzerindeki etkileri ile ilgili herhangi bir çalışmada kullanılabileceği görüldü.

Anahtar Kelimeler: Basınç, Sıcaklık, Rüzgar Hızı, Rüzgar Gücü, Relatif Nem, Güneşlenme şiddeti ve süresi, Türkiye-Doğu Anadolu Bölgesi

ABSTRACT

HL Thesis

DETERMINATION OF CLIMATIC PARAMETERS, SOLAR AND WIND ENERGY IN CITIES OF EASTERN ANATOLIA

Şerif YILMAZ

Firat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Energy Department of Mechanical Engineering

2007, Page : 53

In this work, climatic parameters as temperature, relative humidity, wind speed, wind power, pressure, solar radiation and solar duration in cities of Eastern Anatolia over a period of 15 years (1991-2005) are studied and modelled. A regression analysis is carried out by using the linear regression technique to model the weather parameters. The models developed can be used in any study related to weather and its effect on the environment and energy.

Keywords: Pressure, Temperature, Wind speed, Wind power, Relative humidity, Solar radiation, Solar duration, Anatolia Region

1.GİRİŞ

İnsanlığın en temel gereksinimi sağlıklı bir yaşam ve kalkınmadır. Sağlıklı yaşamın sağlanabilmesi için tabiatın yani doğal yapının bozulmadan muhafaza edilmesi gerekmektedir.

Gerek sanayileşme gerekse bireylerin daha iyi yaşam istekleri günümüzde enerji tüketimini önemli ölçüde arttırmaktadır. Enerji ihtiyacının karşılanmasında kömür, petrol, doğal gaz gibi yakıtlar öncelikli olarak kullanılmaktadır. Ancak her geçen gün artan enerji talebine karşın bu yakıtların gelecekte yetersiz kalacağı ön görülmekle beraber sanayileşmenin bu denli hızlı büyümesi ve enerji ihtiyacının da büyük oranda fosil yakıtlardan karşılanmasından dolayı çevre kirliliği önemli ölçüde artmakta, insan ve diğer canlıların sağlığı tehdit altına girmektedir. Mevcut enerji üretim ve tüketim sistemleri, yerel, bölgesel ve küresel ölçekte hava, su ve toprak kirlenmesine yol açmaktadır. Fosil yakıtların kullanımı sonucu oluşan kirleticiler (sera gazları) küresel ısınmaya ve buna bağlı olarak da iklim değişikliğine neden olmaktadır [2]. Bu sorunların aşılması yeni enerji kaynaklarının araştırılmasını gündeme getirmektedir. Kirletici azaltmanın en önemli aracı, yeni ve yenilenebilir enerjileri de içerecek şekilde oluşturulacak, çevreye karşı duyarlı ve sürdürülebilir enerji sistemleridir.

Bu amaçla güneş, rüzgar, jeotermal, biyokütle ve hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının değişik sektörlerde uygulanabilmesi için araştırmalar sürdürülmektedir [4].

Herhangi bir yerleşim yerinin yakın geçmişteki ve bugünkü enerji potansiyelini ve sorunlarını olabildiğince belirlemek, potansiyeli geliştirici çalışmalar yapmak, sorunlarına çözüm yolları bulmak ve alternatifler önerebilmek amacıyla iklim ve meteoroloji verilerinin bütün ayrıntılarıyla bilinmesi ve incelenmesi gerekmektedir.

Enerji, sosyoekonomik gelişmenin sürükleyici kuvvetlerinden birisidir. Enerjinin çeşitli şekilleri, özellikle yeni ve yenilenebilir enerji şekilleri, iklim şartlarını bir veri kaynağı olarak kullanmaktadır. Enerjinin üretimi ve kullanımı, iklim ve çevre üzerinde karmaşık bir etkiye sahiptir. Enerjiye olan gereksinim iklim ve hava şartları ile de direkt ilişkilidir. İklim verileri;

- Binaların tasarlanmasında,
- Tarımsal üretimin planlanmasında,
- Konutların ve endüstri alanlarının soğuk havalarda ısıtılması, sıcak havalarda soğutulması için ihtiyaç duyulan enerji, yakıt miktarının belirlenmesinde ve tesisat büyüklüğünün projelendirilmesinde,

- Binalarda enerji analizinin yapılmasında, ısıtma ve soğutma sistemlerinin optimum tasarımı ve işletilmesinde çok büyük öneme sahiptir. Bu nedenlerle son yıllarda enerji alanındaki şu aktiviteler önem kazanmıştır.

1. Hava ve iklim şartlarının enerji üzerindeki etkilerinin ileri seviyede değerlendirilmesi,

2. İklim ve iklim değişiminin enerji sektörü üzerindeki etkilerinin belirlenmesi,

3. Meteorolojik ve hidrolojik bilginin pratik uygulamalarının ve ilgili metodolojilerin enerji tasarrufu, üretimi ve dağıtımının çeşitli alanlarında kullanılmasının kolaylaştırılması.

İklim parametreleri ile ilgili dünyanın ve ülkemizin birçok yerinde ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların birçoğunda güneş ışınlı, rüzgar enerjisi, bağıl nem, sıcaklık, basınç ve toz gibi hava parametreleriyle ilgili ampirik bağıntılar geliştirilmiştir [2-15].

Elazığ'daki hava şartları, güneşlenme şiddeti ve rüzgar gücü potansiyelini belirleme çalışmaları yapılmış güneşlenme enerjisinin oldukça yüksek olduğu, rüzgar enerjisinin ise su pompalama ve küçük işletmelerde elektrik ihtiyacını karşılama amaçlı olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir [2].

Erzurum ili enerji çalışmaları için iklim verileri incelenmiş, güneşlenme enerjisinin zengin olduğu, rüzgar enerjisinin ise tarımsal amaçlı ve küçük işletmelerde elektrik ihtiyacını karşılama amaçlı olarak kullanılabileceği sonucu elde edilmiştir [4].

Sudi Arabistan'ın doğusu için hava karakteristiği ve rüzgar gücü çalışmaları yapılmış, bölgenin enerji potansiyeli modellenerek açıklanmıştır [7].

EİE tarafından yapılan çalışmalarda, Rüzgar enerjisi açısından Bandırma, Antalya, Mardin, Sinop, Gökçeada, Çorlu ve Çanakkale zengin bölgeler olarak tespit edilmiştir [19].

Bu çalışmanın amacı, lineer regresyon modellerini kullanarak Doğu Anadolu Bölgesindeki illere ait Basınç, Sıcaklık, Nem, Rüzgar hızı, Güneşlenme şiddeti ve Güneşlenme müddeti gibi hava parametrelerini inceleyerek, yenilenebilir enerji potansiyelini belirlemek ve ileriki yıllarda bu konularda teorik ya da deneysel olarak yapılacak çalışmalarda bir ön fikir sağlamaktır.

2.İKLİM PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ

2.1. Basınç

Havadaki su buharı ve gazların cisimler üzerine uyguladığı ağırlığa basınç denir. Katı, sıvı ve gazlar ağırlıkları nedeniyle bulundukları yüzeye bir kuvvet uygularlar. Kuvvetin kaynağı ne olursa olsun birim yüzeye dik olarak etki eden kuvvete basınç(P), bütün yüzeye dik olarak etki eden kuvvete de basınç kuvveti(F) denir.

Basınç ölçen alet barometredir. Normal hava basıncı 1013 milibardır. (1033gr.=760mm civa basıncı) 1013 mb'dan daha yüksek değerler yüksek basınç (antisiklon) , altındaki değerler alçak basınç (siklon)tır.

2.1.1. Basıncın Dağılımı Etkileyen Faktörler

2.1.1.1. Sıcaklık

Isınan hava genişler ve yükselir. Sonuçta basınç azalır. Soğuyan hava ağırlaşır ve alçalır. Sonuçta basınç artar.

Sıcaklığa bağlı olarak Ekvatorda sürekli Termik Alçak Basınç, Kutuplarda ise sürekli Termik Yüksek Basınç alanı oluşmuştur.

2.1.1.2. Yükselti

Yükseklere çıkıldıkça atmosferin yoğunluğu azalır. Bunun sonucu basınç ta yükseldikçe azalır. Yükselti ile basınç ters orantılıdır.

Ortalama her 10,5 metre yükseldikçe 1mb basınç azalır. Bu basınç azalmasından yararlanılarak yükselti ölçen alet geliştirilmiştir. Bu alete altimetre denir.

2.1.1.3. Yoğunluk

Atmosferdeki su buharı ve gazların oranıdır. Yoğunluk arttıkça basınç ta artar.

2.1.1.4. Mevsimler

Bir yerde kışın havanın soğuması ile Y.B oluşurken , aynı yerde yazın A.B oluşur.

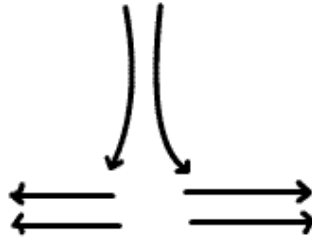
2.1.1.5. Yerçekimi

Havanın ağırlığı yerçekiminin bir eseridir. Bu nedenle atmosferin alt kısmında ağır gazlar yer alır. Dünyanın şeklinden dolayı kutuplarda yer çekimi daha fazladır.

2.1.1.6. Dinamik Etkenler

Dünyanın günlük hareketinden dolayı 30° enlemlerinde sürekli Dinamik Y.B ,60° enlemlerinde ise Dinamik A.B alanları oluşmuştur.

YÜKSEK BASINÇ ALANLARINDA;

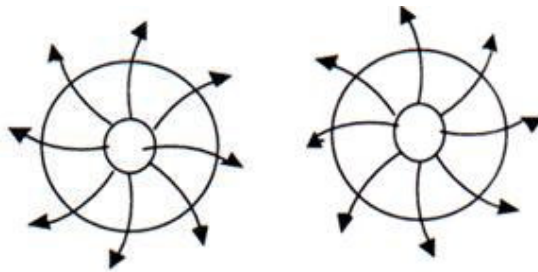


Alçalıcı hava hareketi vardır. Bu sebeple yağış oluşmaz.

Hava hareketi merkezden çevreye doğrudur.

Hava genellikle açıktır. Bu sebeple yerin ısı kaybı fazladır.

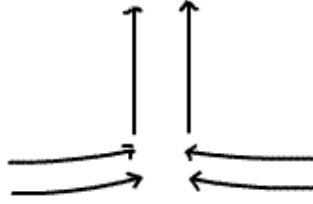
Termik Y.B alanı soğuk, Dinamik Y.B alanı sıcaktır.



KYK YÜKSEK BASINÇ GYK YÜKSEK BASINÇ

Şekil-2.1. Yüksek Basınç Alanlarında Havanın Hareketi

ALÇAK BASINÇ ALANLARINDA;

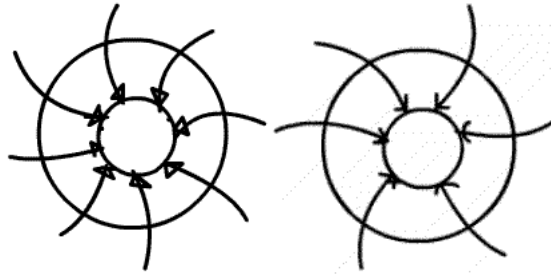


Yükselici hava hareketi vardır. Yükselen hava soğur ve yağış bırakır.

Hava hareketi çevreden merkeze doğrudur.

Hava genellikle kapalıdır. Bu sebeple yerin ısı kaybı azdır.

Termik A.B alanı sıcak, Dinamik A.B alanı soğuktur.



KYK Alçak Basınç

GYK Alçak Basınç

Şekil-2.2. Alçak Basınç Alanlarında Havanın Hareketi

2.2. Sıcaklık

Yeryüzündeki sıcaklığın kaynağı Güneş'tir. Yeryüzünün Güneş'ten aldığı ısı miktarına sıcaklık denir. Termometre ile ölçülür. Sıcaklığın birimi santigrat derece ($^{\circ}\text{C}$) dır.En önemli iklim elemanıdır. Diğer iklim olaylarının da oluşmasında sıcaklık etkilidir.

2.2.1. Sıcaklık Terselmesi (Inversion)

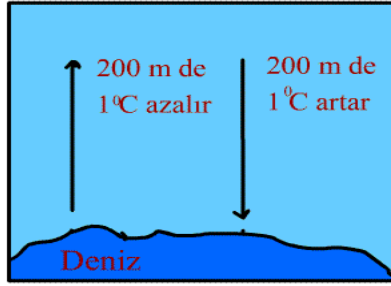
Kışın soğuk ve durgun havalarda soğuk hava çökerek zemine yerleşir. Sıcak hava da onun üzerinde yükselir. Böylece yükseldikçe sıcaklık azalacağı yerde artar . Buna sıcaklık terselmesi denir. Bu olay kışın şehirlerde hava kirliliğini daha da artırır [16].

2.2.2. Sıcaklığın Dağılımını Etkileyen Faktörler

2.2.2.1. Güneş Işınlarnının Düşme Açısı

Işınlarnın düşme açısı küçüldükçe atmosferdeki yolu uzar. Tutulma artar. Sıcaklık azalır. Enlem etkisiyle güneş ışınlarnının düşme açısı kutuplara doğru küçülür ve sıcaklık azalır. Bakı da ışınlarnın düşme açısına önemli derecede etki yapar.

2.2.2.2. Yükselti



Şekil-2.3. Yükseklikle Sıcaklık Değişimi

Yükseldikçe her 200 m de 1 °C sıcaklık azalır. Alçaldıkça da her 200 m de 1 °C sıcaklık artar.

Sıcaklığın dağılışında yükseltinin etkisine örnekler:

Ekvatorial bölgede daimi karlar görülmesi.

Bir dağ yamacı boyunca yükselen havanın yağış bırakması.

Bir dağ yamacı boyunca yükseldikçe bitki örtüsünün değişmesi.

2.2.2.3. Nem Oranı

Nem bir yerin fazla ısınmasını ve soğumasını önler. Nemliliğin fazla olduğı bir yerde hava geç ısınır, geç soğur. Sıcaklık farkı az olur. Nemlilik az ise; hava çabuk ısınır, çabuk soğur. Sıcaklık farkı fazla olur. Yükseklerle çıkıldıkça nem oranı azalır. Bu sebeple yüksek bir yerde hava çabuk ısınır, çabuk soğur.

2.2.2.4. Rüzgarların Esme Yönü

Kutup bölgesine yakın alanlardan gelen rüzgarlar sıcaklığı düşürürken , Ekvatora yakın alanlardan gelenler sıcaklığı artırır. Denizden esen rüzgarlar kışın ıltıcı, yazın serinletici etki yaparlar.

2.3. Nem

Nemlilik yeryüzünde canlı hayatının gelişmesinde ve devamında çok önemli bir unsurdur. Hava ve iklim şartları bakımından da çok önemlidir. Her şeyden önce yağışların kaynağı havadaki su buharıdır.

Su her sıcaklıkta buharlaşır. Bu sebeple atmosferde sürekli bir miktar nem vardır. Buna atmosfer nemliliği denir. Nemliliği ölçen alete de higrometre denir. Atmosfer nemliliği 3 şekilde ifade edilir.

2.3.1. Mutlak Nem

1 m³ hava içinde bulunan nemin gr olarak ağırlığına denir.

Su buharının miktarı hacim itibariyle hiçbir zaman havanın % 4'ünü aşmaz.

2.3.2. Maksimum Nem (Doyma Miktarı)

Belirli bir sıcaklık ve basınç altında 1 m³ havanın taşıyabileceği en fazla nem miktarına denir.

Sıcaklık arttıkça havanın hacmi genişler ve alabileceği nem miktarı artar. Hava soğuduğunda ise hacmi daralır ve alabileceği nem azalır.

2.3.3. Bağlı Nem (Nisbi)

Belirli bir sıcaklıktaki hava kütesinin içinde bulunan nem miktarının o sıcaklıkta alabileceği en fazla nem miktarına oranıdır.

$$\text{Bağıl nem} = \frac{\text{Mutlak nem}}{\text{Max.nem (Doyma noktası)}} \times 100$$

Bağıl nem havada bulunan nemin yüzde cinsinden değeridir.

Bağıl nem havanın nem açığı veya neme doyma oranını verir.

Bir yerde yağış olabilmesi için bağıl nem %100 'ü aşması gerekir.

Sıcaklık arttıkça bağıl nem azalır. Sebebi ısınan havanın hacmi genişler. Alabileceği nem artar.

Sıcaklık azaldıkça , havanın hacmi daralır. Alabileceği nem azalır. Böylece havanın nem açığı azalır. Yani bağıl nem artar.

Bağıl nem azaldıkça buharlaşma artar. Bağıl nem arttıkça buharlaşma azalır.

2.4.Rüzgarlar

Yüksek basınçtan alçak basınca doğru olan hava hareketidir. Birbirine yakın iki merkezde sıcaklık farkı oluşması durumunda görülecek ilk olay rüzgarın esmeye başlamasıdır. Herhangi bir yerde rüzgarın yıl içinde en fazla estiği yöne hakim rüzgar yönü denir. Rüzgarın hızını ölçen alete anemometre denir. Rüzgarın hızı arttıkça;

İç ısı düşer ve soğuk rüzgar halini alır.

Geçtiği yerlerin sıcaklığını düşürür.

Buharlaşmayı artırır. Havanın nem açığı büyür.

Rüzgarın esmesinde birçok faktör etkilidir. Bunlar;

2.4.1. Basınç Merkezleri Arasındaki Yatay Uzaklık:

İzobarların sık geçtiği yerde yatay uzaklık azdır. Bu sebeple sürtünme ile hız kaybı da azdır. Bundan dolayı izobarların sık geçtiği yerde rüzgarın hızı fazla iken , izobarların seyrek geçtiği yerde hız azdır.

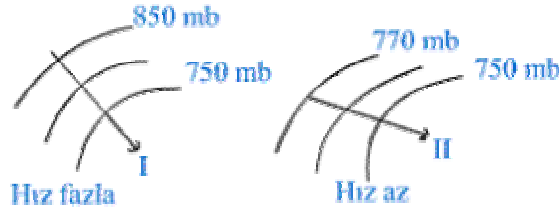
2.4.2. Yer Şekilleri:

Yer şekilleri rüzgara yön verirken, aynı zamanda hızını da etkilerler. Örneğin engebeli bir alanda rüzgarın hızı azalır. Sıradağlar, boğazlar, derin ve uzun vadiler rüzgarların gerçek yönlerini değiştirirler.

Hakim rüzgar yönü ile yer şekillerinin uzanış doğrultusu arasında bir paralellik vardır.

2.4.3. Basınç Farkı:

Basınç farkı arttıkça rüzgarın hızı ve şiddeti de artar. Rüzgarlar her zaman yüksek basınçtan alçak basınca doğru eserler [16].



Şekil-2.4. Basınç Farkı

2.5. Güneşlenme Süresi

Güneş ışınlarının süresini veya günün ne kadar kısmının güneşli geçtiğini kaydeden alete Helyograf denir. Helyograf aleti, güneşten gelen direkt güneş ışınlarını bir diyagram üzerine kaydeder.

Güneşlenme süresi arttıkça sıcaklık artar. Yaz aylarında güneşlenme süresi fazla olduğundan sıcaklık değerleri yüksektir. Yine gün içinde en yüksek sıcaklıkların tam öğle vakti değil, öğleden birkaç saat sonra olması güneşlenme süresi ile ilgilidir. Geceleri ise, Güneş'ten enerji alınmadığı için soğuma görülür. Bu nedenle günün en soğuk anı, sabah Güneş doğmadan önceki andır.

2.6. Güneşlenme Şiddeti:

Radyasyon ölçümü Aktinograf aleti ile ölçülür. Aktinograf aleti, yatay bir yüzeye gelen toplam radyasyon şiddetini kalori cinsinden diyagram üzerine kaydeden alettir.

3. DOĞU ANADOLU BÖLGESİNİN COĞRAFİ KONUMU VE BÖLGEYE AİT İLLERİN HAVA PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ

3.1. Doğu Anadolu Bölgesinin Coğrafi Konumu

Yurdumuzun doğusunda 164.000 km² lik bir alanla Türkiye yüz ölçümünün % 21'ini kaplamaktadır. Tüm coğrafi bölgelerimiz arasında yüz ölçümünün büyüklüğü bakımından 1. sırada yer alır. Kuzey-güney yönünde en geniş alan kaplayan bölgemizdir.

Bölgenin ortalama yükseltisi 2000 - 2200 m arasındadır. Ortalama yükseltisi en fazla olan bölgemizdir. "Türkiye'nin çatısı" olarak isimlendirilir. Bölgenin en alçak yeri olan Iğdır Ovası (850m) dahi İç Anadolu'nun ortalama yükseltisine yakındır. Erzurum Ovası 1800 m, Yüksekova 2200 m yükseltiye sahiptir. Bölgede yer alan ovaların ortalama yükseltisi 1500'dir.

Bölgede bulunan dağlar, doğu-batı doğrultusunda ve üç sıra halinde uzanırlar. Doğu Anadolu maden çeşitliliği ve maden rezervi bakımından Türkiye'nin en zengin bölgesidir. Ülkemizin elektrik üretiminin büyük bir bölümü bu bölgede yapılmaktadır. Akarsular üzerinde kurulu olan birçok baraj gölü bulunmaktadır. Madenler bakımından durum böyle olmasına rağmen bölgede sanayi yatırımları yok denecek kadar azdır. Özellikle ulaşım probleminin yaşanması, dağlık alanların oranı sanayi tesislerinin az olmasına yol açmıştır.



Şekil 3.1 Doğu Anadolu Bölgesi Haritası

Bölgedeki yer şekillerinin başlıca etkileri şöyle sıralanabilir;

a) Yükseltiden dolayı sıcaklık değerleri düşmüştür. Tarım ürünleri düşük sıcaklığın etkisiyle daha geç olgunlaşır. Tarım ürün çeşidi azdır.

b) Bölgede yüzey şekillerine bağlı olarak Kuzey-güney doğrultusunda ulaşım zordur. Ulaşım Doğu-batı yönünde daha kolaydır. Türkiye'de ulaşım ağının en seyrek ve en elverişsiz olduğu bölgedir.

c) Ekilebilen alanlar azalmıştır. Sanayi de gelişmediğinden halk daha çok tarım kesiminde çalışmaktadır. Dolayısıyla Türkiye'de tarımsal nüfus yoğunluğu en fazla olan bölgemizdir.

d) Hidroelektrik potansiyeli en yüksek akarsular bu bölgemizdedir.

e) Gerçek sıcaklık ile indirgenmiş sıcaklık arasında farkın en fazla olduğu bölgedir.

f) Gerçek yüzölçüm ile izdüşüm yüzölçüm arasında da farkın en fazla olduğu bölgedir.

g) Yerşekilleri ve iklimin olumsuz etkisinden dolayı tarımsal faaliyet gelişmemiştir. Bölgede birinci ekonomik faaliyet hayvancılıktır.

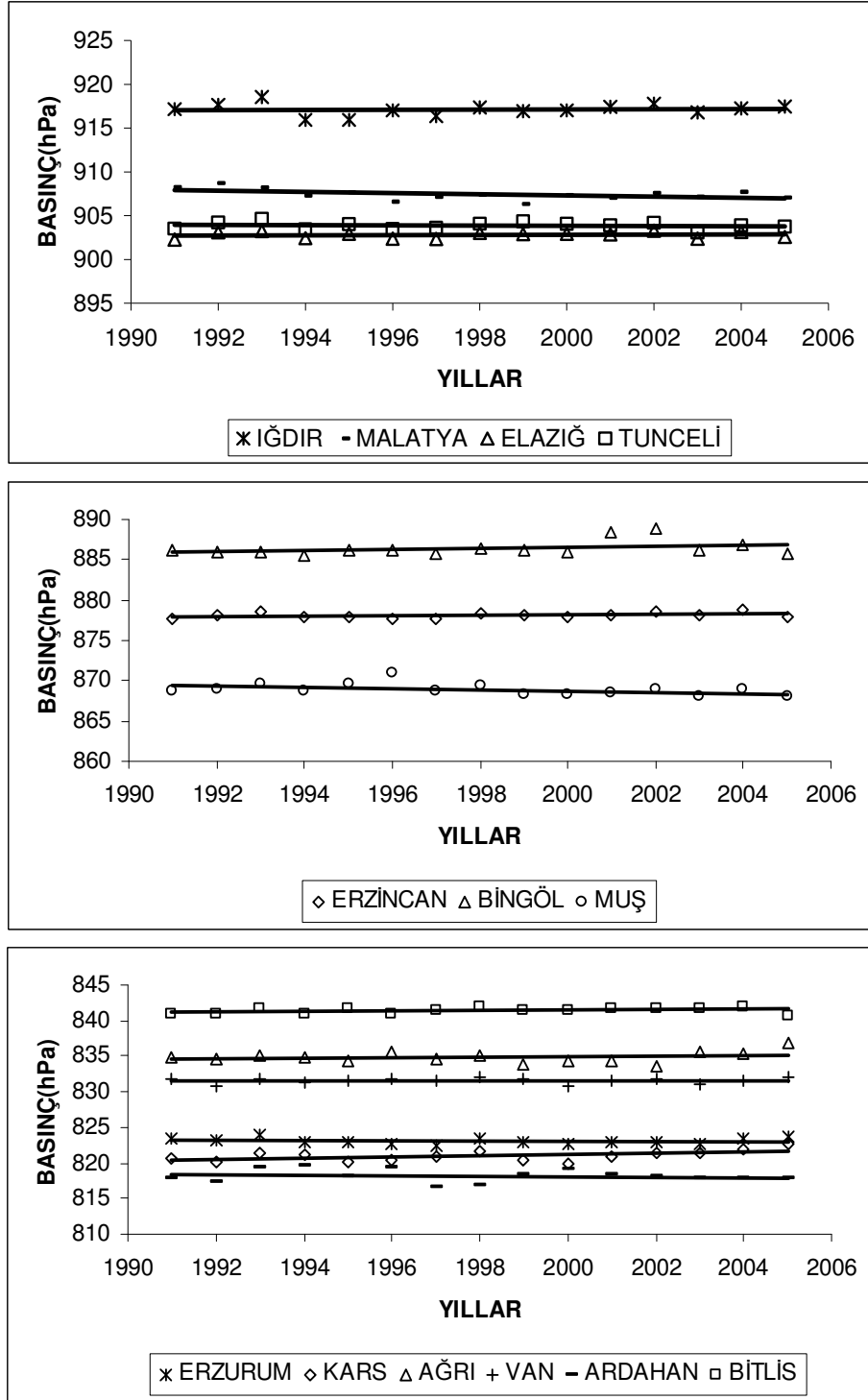
3.2. Doğu Anadolu Bölgesi İlleri Hava Parametrelerinin İncelenmesi

Regresyon analizi, en küçük kareler metodunu kullanarak deneysel datalara eğri uyduran bir istatistiksel analizdir. Regresyon, tek bir bağımlı değişkeni bir veya birden fazla bağımsız değişkenin nasıl etkilediğini analiz etmek için çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır [2]. Bu çalışmada, Doğu Anadolu illerine ait 15 yıllık bir periyoda (1991-2005) basınç, sıcaklık, relatif nem, rüzgar hızı, güneşlenme müddeti ve güneşlenme şiddeti lineer regresyon analizi kullanılarak %95 bir doğrulukla modellendi. Yıllık ortalama rüzgar gücü ve güneşlenme şiddeti üzerinde diğer hava parametrelerinin etkisi non-lineer regresyon metodu kullanılarak araştırıldı.

3.2.1. Basınç

Doğu Anadolu Bölgesi illerine ait 15 yıllık bir periyotta (1991-2005) basınç parametresi incelenerek modellenmesi yapıldı. Şekil-3.2'de tüm iller için basınç parametresi modellenmesi gösterilerek iller arasındaki basınç farkı ortaya konmuş ayrıca basınç parametresindeki değişim yıllara bağlı olarak formülize edilmiştir.

Basıncın yıllara göre modellenmesi;



Şekil 3.2 Doğu Anadolu Bölgesi İllerindeki Yıllık Ortalama Basınç Şartlarının Değişimi (1991-2005)

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi 1991-2005 yılları arasındaki yıllık ortalama basınç değerleri il bazında Iğdır için 915,9-918,5 hPa, Malatya için 906,3-908,7 hPa, Tunceli için 903,1-904,6 hPa, Elazığ için 902,3-903,3 hPa, Bingöl için 885,6-888,8 hPa, Erzincan için 877,6-878,9 hPa, Muş için 868,1-870,9 hPa, Bitlis için 840,7-8841,9 hPa, Ağrı için 833,6-837,0 hPa, Van için 830,9-8832,1 hPa, Erzurum için 822,4-824,0 hPa, Kars için 819,9-822,6 hPa, Ardahan için ise 816,5-819,6 hPa arasında değişim göstermiştir. Şekil 3.2’ de görüldüğü gibi yıllık ortalama basınç değerlerinin, hemen hemen sabit kaldığı gözlenmektedir.

Doğu Anadolu Bölgesine ait her bir il için 15 yıllık periyotta (1991-2005) yıllık ortalama basınç değişimini lineer regresyon analizi sonuçları göstermektedir. Basınç datası için elde edilen lineer regresyon bağıntıları aşağıda verilmiştir.

$$P = -0,0702*Y + 1047,7 \text{ (Malatya); } P = 0,0101*Y + 882,5 \text{ (Elazığ);}$$

$$P = 0,0912*Y + 638,66 \text{ (Kars); } P = -0,012*Y + 927,84 \text{ (Tunceli);}$$

$$P = -0,0174*Y + 857,96 \text{ (Erzurum); } P = 0,0912*Y + 638,66 \text{ (Erzincan);}$$

$$P = 0,0454*Y + 744,14 \text{ (Ağrı); } P = 0,0122*Y + 892,66 \text{ (Iğdır);}$$

$$P = 0,0046*Y + 822,42 \text{ (Van); } P = 0,0772*Y + 732,16 \text{ (Bingöl);}$$

$$P = -0,0343*Y + 886,6 \text{ (Ardahan); } P = -0,0755*Y + 1019,8 \text{ (Muş);}$$

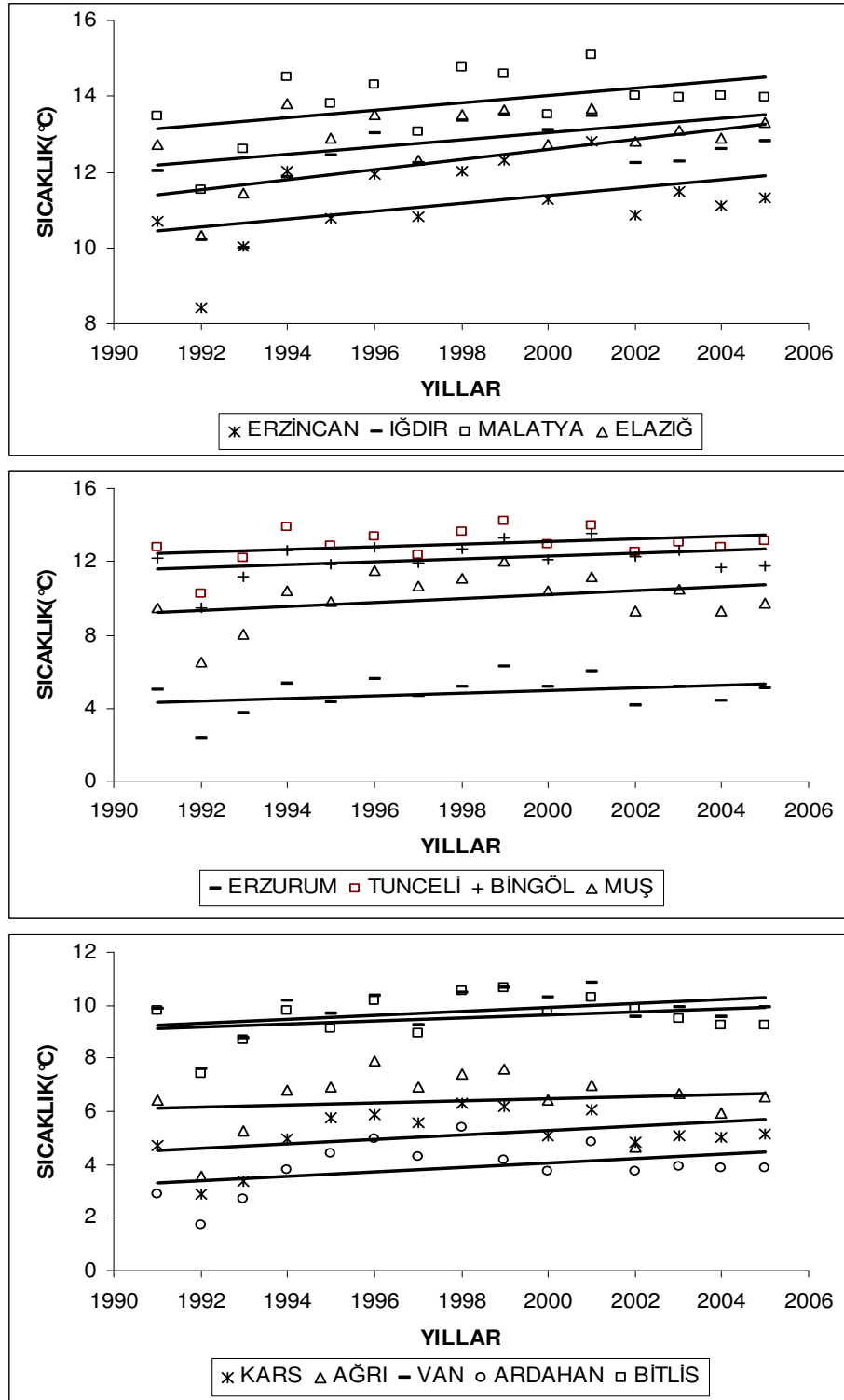
$$P = 0,0316*Y + 778,22 \text{ (Bitlis)}$$

Burada “P” basıncı, “Y” ise yılları göstermektedir.

3.2.2. Sıcaklık

Doğu Anadolu Bölgesi illerine ait 15 yıllık bir periyotta (1991-2005) sıcaklık parametresi incelenerek modellenmesi yapıldı. Şekil-3.3 de tüm iller için sıcaklık parametresi modellenmesi gösterilerek iller arasındaki sıcaklık farkı ortaya konmuş ayrıca sıcaklık parametresindeki değişim yıllara bağlı olarak formülüze edilmiştir. Elde edilen modeller ve illere ait sıcaklık denklemleri sıcaklıktaki artışı ortaya koyarak ileriki yıllar için belirleyici olmuştur.

Sıcaklığın yıllara göre modellenmesi;



Şekil 3.3 Doğu Anadolu Bölgesi İllerindeki Yıllık Ortalama Sıcaklık Şartlarının Değişimi (1991-2005)

Şekil 3.3’de görüldüğü gibi 1991-2005 yılları arasındaki yıllık ortalama sıcaklık değerleri il bazında Iğdır için 10,0-13,5 °C, Malatya için 11,5-15,1 °C, Tunceli için 10,2-14,2 °C, Elazığ için 10,3-13,8 °C, Bingöl için 9,5-13,5 °C, Erzincan için 8,4-12,8 °C, Muş için 6,6-12,0 °C, Bitlis için 7,4-10,6 °C, Ağrı için 3,6-7,6 °C, Van için 7,6-10,8 °C, Erzurum için 2,4-6,3 °C, Kars için 2,9-6,3 °C, Ardahan için ise 1,7-5,4 °C arasında değişim göstermiştir. Şekil 3.3’de görüldüğü gibi yıllık ortalama sıcaklık değerlerinden oluşan eğrilerin eğimlerinin çok küçük de olsa artış halinde olduğu gözlenmektedir.

Doğu Anadolu Bölgesine ait her bir il için 15 yıllık periyotta (1991-2005) yıllık ortalama sıcaklık değişimini lineer regresyon analizi sonuçları göstermektedir. Sıcaklık datası için elde edilen lineer regresyon bağıntıları, aşağıda verilmiştir.

$$T = 0,0967*Y - 179,33 \text{ (Malatya); } T = 0,0935*Y - 173,93 \text{ (Elazığ);}$$

$$T = 0,0749*Y - 144,78 \text{ (Erzurum); } T = 0,1043*Y - 197,3 \text{ (Erzincan);}$$

$$T = 0,0858*Y - 166,32 \text{ (Kars); } T = 0,0396*Y - 72,683 \text{ (Ağrı);}$$

$$T = 0,1337*Y - 254,84 \text{ (Iğdır); } T = 0,0762*Y - 139,23 \text{ (Tunceli);}$$

$$T = 0,0735*Y - 137,03 \text{ (Van); } T = 0,0767*Y - 141,17 \text{ (Bingöl);}$$

$$T = 0,1063*Y - 202,29 \text{ (Muş); } T = 0,0865*Y - 168,92 \text{ (Ardahan);}$$

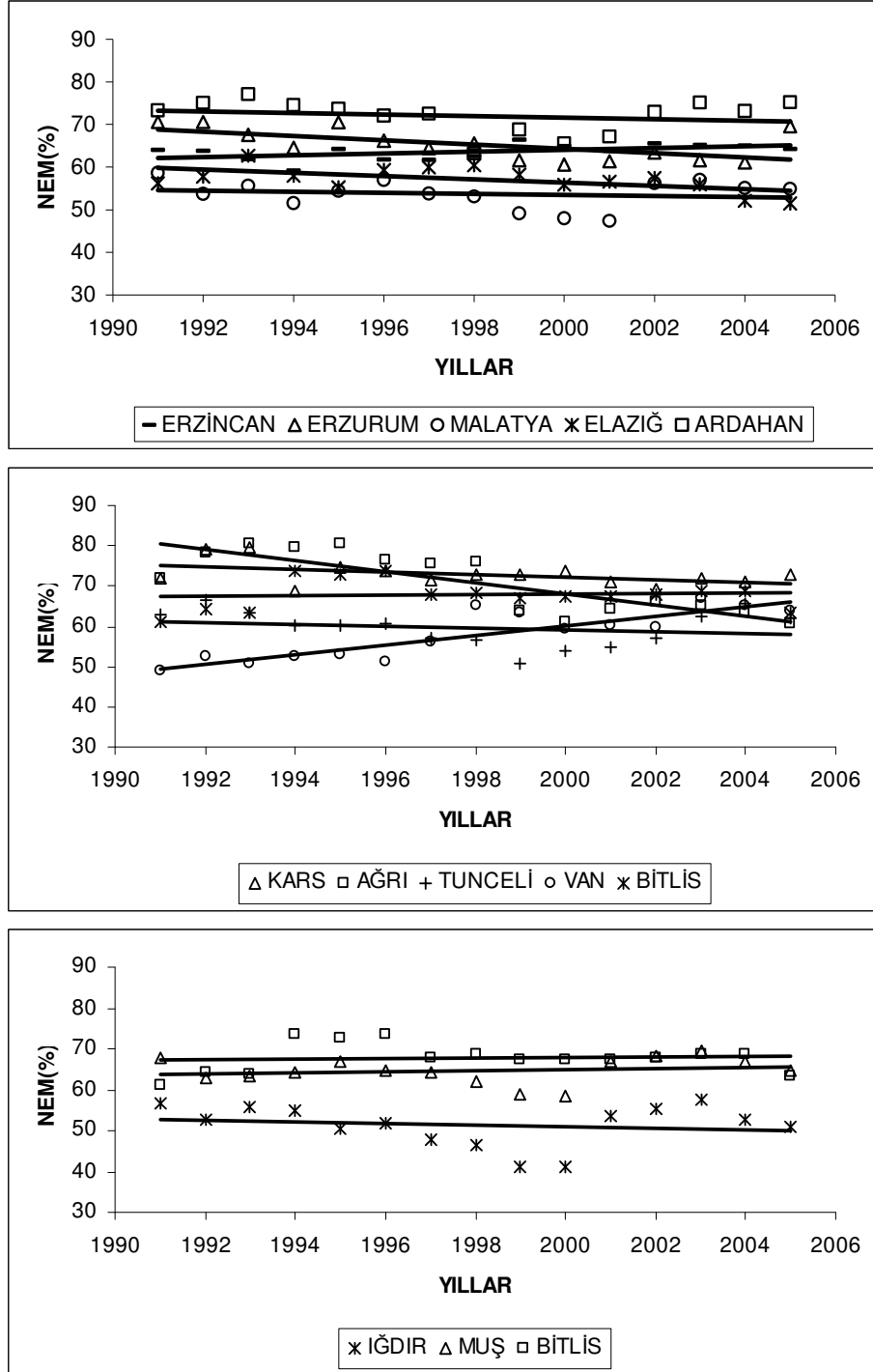
$$T = 0,0562*Y - 102,74 \text{ (Bitlis)}$$

Burada “T” sıcaklığı, “Y” ise yılları göstermektedir.

3.2.3. Nem

Doğu Anadolu Bölgesi illerine ait 15 yıllık bir periyotta (1991-2005) nem parametresi incelenerek modellenmesi yapıldı. Şekil-3.4 de tüm iller için nem parametresi modellenmesi gösterilerek iller arasındaki nem farkı ortaya konmuş ayrıca nem parametresindeki değişim yıllara bağlı olarak formülize edilmiştir.

Nemin yıllara göre modellenmesi;



Şekil 3.4 Doğu Anadolu Bölgesi İllerindeki Yıllık Ortalama Nem Değişimi (1991-2005)

Şekil 3.4’de görüldüğü gibi 1991-2005 yılları arasındaki yıllık ortalama nem değerleri il bazında Iğdır için %41-58, Malatya için %47-59, Tunceli için %51-67, Elazığ için %51-63, Bingöl için %50-61, Erzincan için %59-66, Muş için %58-68, Bitlis için %61-74, Ağrı için %61-80, Van için %49-67, Erzurum için %61-71, Kars için %69-79, Ardahan için ise %63-77 arasında değişim göstermiştir.

Doğu Anadolu Bölgesine ait her bir il için 15 yıllık periyotta (1991-2005) yıllık ortalama nem değişimini lineer regresyon analizi sonuçları göstermektedir. Nem datası için elde edilen lineer regresyon bağıntıları, aşağıda verilmiştir.

$$RH = -0,1271*Y + 307,63 \text{ (Malatya); } RH = -0,3832*Y + 822,8 \text{ (Elazığ);}$$

$$RH = -0,499*Y + 1062,2 \text{ (Erzurum); } RH = 0,2165*Y - 368,93 \text{ (Erzincan);}$$

$$RH = -0,314*Y + 700,4 \text{ (Kars); } RH = -1,3955*Y + 2859,1 \text{ (Ağrı);}$$

$$RH = -0,1723*Y + 395,48 \text{ (Iğdır); } RH = -0,2257*Y + 510,52 \text{ (Tunceli);}$$

$$RH = 1,1951*Y - 2329,8 \text{ (Van); } RH = 0,0452*Y - 32,715 \text{ (Bingöl);}$$

$$RH = 0,1099*Y - 154,96 \text{ (Muş); } RH = -0,1811*Y + 433,87 \text{ (Ardahan);}$$

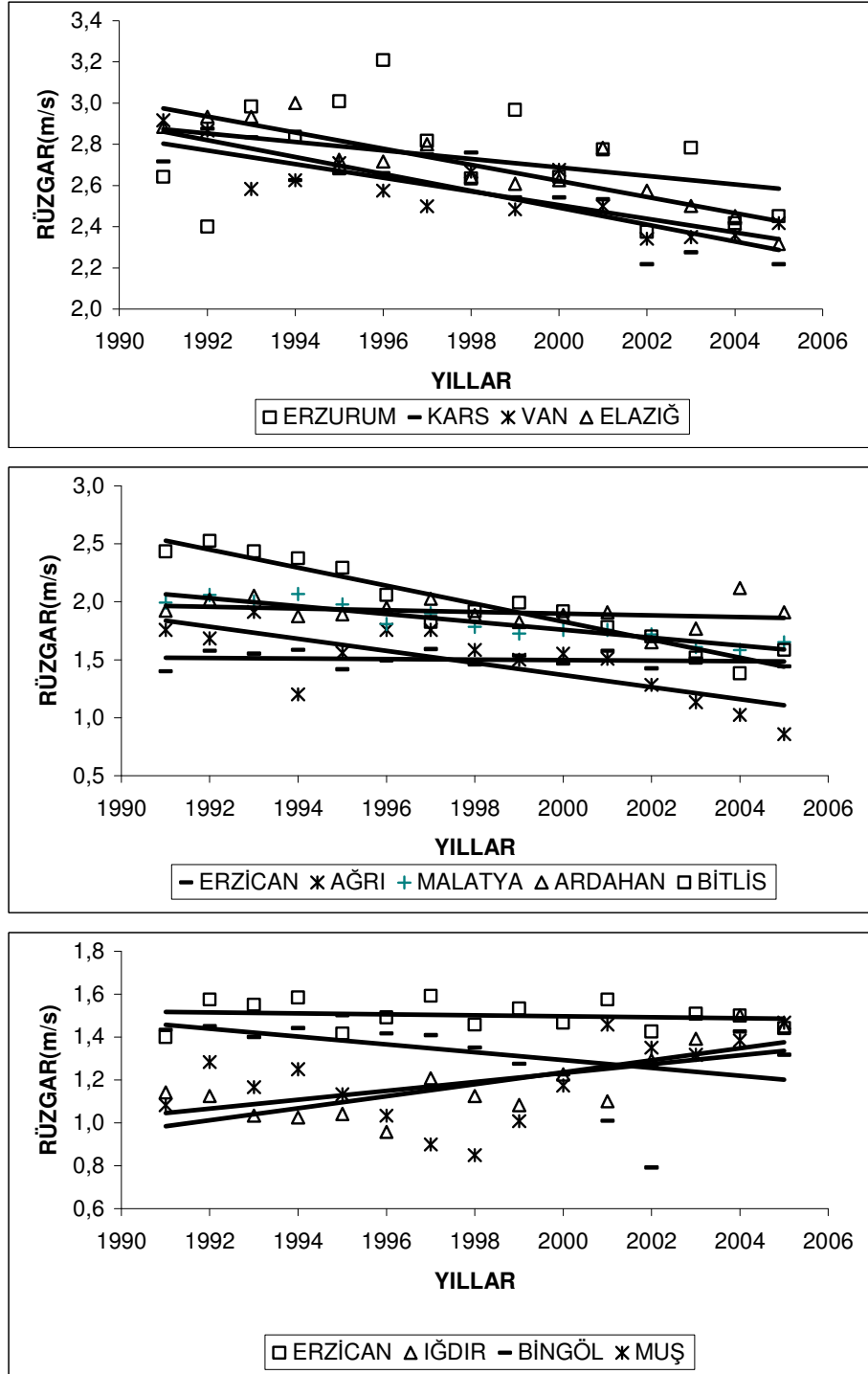
$$RH = 0,0572*Y - 46,505 \text{ (Bitlis)}$$

Burada “RH” nemi , “Y” ise yılları göstermektedir.

3.2.4. Rüzgar

Doğu Anadolu Bölgesi illerine ait 15 yıllık bir periyotta (1991-2005) rüzgar parametresi incelenerek modellenmesi yapıldı. Şekil-3.5’ de tüm iller için rüzgar parametresi modellenmesi gösterilerek iller arasındaki ilişki ortaya konmuş ayrıca rüzgar parametresindeki değişim yıllara bağlı olarak formülüne edilmiştir. Çizilen modeller ve elde edilen denklemler illerin rüzgar potansiyeli hakkında günümüz ve ileriki yıllar için fikir vermektedir. Modellenmeler rüzgar potansiyelinin yüksek olduğu iller esas alınarak yapılmıştır.

Rüzgar hızının yıllara göre modellenmesi;



Şekil 3.5 Doğu Anadolu Bölgesi İllerindeki Yıllık Ortalama Rüzgar Şartlarının Değişimi (1991-2005)

Şekil 3.5’de görüldüğü gibi 1991-2005 yılları arasındaki yıllık ortalama rüzgar değerleri il bazında Iğdır için 1,0-1,6 m/s, Malatya için 1,6-2,1 m/s, Tunceli için 1,1-1,3 m/s, Elazığ için 2,3-3,0 m/s, Bingöl için 0,8-1,5 m/s, Erzincan için 1,4-1,6 m/s, Muş için 0,9-1,5 m/s, Bitlis için 1,4-2,5 m/s, Ağrı için 0,9-1,9 m/s, Van için 2,2-2,9 m/s, Erzurum için 2,4-3,2 m/s, Kars için 2,2-2,9 m/s, Ardahan için ise 1,7-2,1 m/s arasında değişim göstermiştir.

Doğu Anadolu Bölgesine ait ve her bir il için 15 yıllık periyotta (1991-2005) yıllık ortalama rüzgar değişimini lineer regresyon analizi sonuçları göstermektedir. Rüzgar datası için elde edilen lineer regresyon bağıntıları aşağıda verilmiştir.

$$V = -0,034*Y + 69,793 \text{ (Malatya); } V = -0,039*Y + 80,717 \text{ (Elazığ);}$$

$$V = -0,0206*Y + 43,905 \text{ (Erzurum); } V = -0,0023*Y + 6,0204 \text{ (Erzincan);}$$

$$V = -0,041*Y + 84,576 \text{ (Kars); } V = -0,0523*Y + 105,92 \text{ (Ağrı);}$$

$$V = 0,028*Y - 54,835 \text{ (Iğdır); } V = 0,0762*Y - 139,23 \text{ (Tunceli);}$$

$$V = -0,0332*Y + 68,874 \text{ (Van); } V = -0,0182*Y + 37,705 \text{ (Bingöl);}$$

$$V = 0,0207*Y - 40,197 \text{ (Muş); } V = -0,0076*Y + 17,016 \text{ (Ardahan);}$$

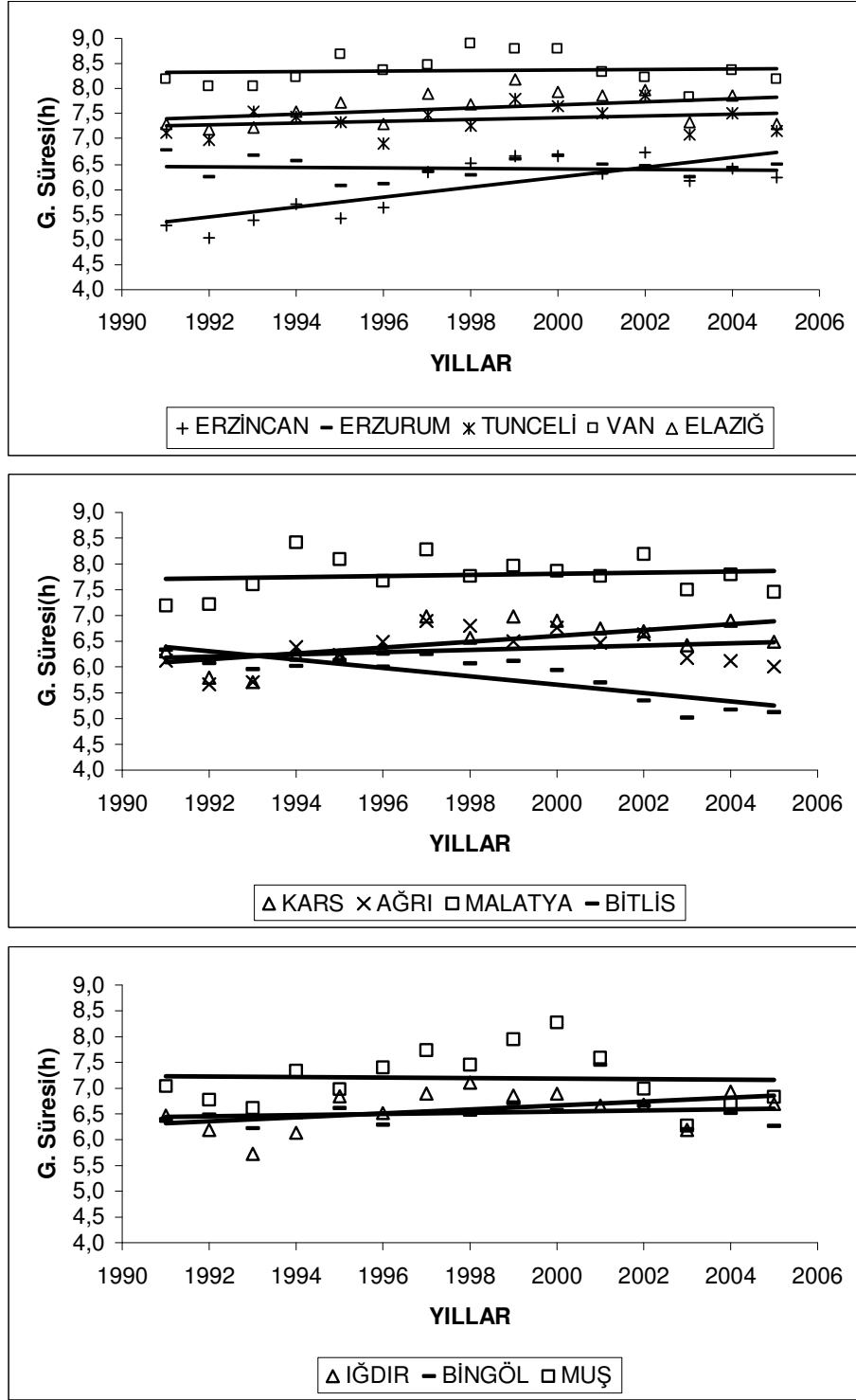
$$V = -0,0776*Y + 157,01 \text{ (Bitlis)}$$

Burada “V” rüzgarı hızını, “Y” ise yılları göstermektedir.

3.2.5. Güneşlenme Süresi

Doğu Anadolu Bölgesi illerine ait 15 yıllık bir periyotta (1991-2005) güneşlenme süresi parametresi incelenip modellenmesi yapılarak aşağıdaki sonuçlar elde edildi. Şekil-3.6’ da tüm iller için güneşlenme parametresi modellenmesi gösterilerek iller arasındaki ilişki ortaya konmuş ayrıca güneşlenme süresindeki değişim yıllara bağlı olarak formülize edilmiştir. Bulunan denklemler illerin güneşlenme süresi hakkında ileriki yıllara ait fikir vermektedir.

Güneşlenme süresinin yıllara göre modellenmesi;



Şekil 3.6 Doğu Anadolu Bölgesi İllerindeki Yıllık Ortalama Güneşlenme Süresi Değişimi (1991-2005)

Şekil 3.6’da görüldüğü gibi 1991-2005 yılları arasındaki yıllık ortalama güneşlenme süresi değerleri il bazında Iğdır için 5,7-7,1 h/gün, Malatya için 7,2-8,4 h/gün, Tunceli için 6,9-7,9 h/gün, Elazığ için 7,2-8,2 h/gün, Bingöl için 6,2-7,5 h/gün, Erzincan için 5,0-6,7 h/gün, Muş için 6,3-8,3 h/gün, Bitlis için 5,0-6,3 h/gün, Ağrı için 5,7-6,9 h/gün, Van için 7,8-8,9 h/gün, Erzurum için 6,1-6,8 h/gün, Kars için ise 5,7-7,0 h/gün arasında değişim göstermiştir.

Doğu Anadolu Bölgesine ait her bir il için 15 yıllık periyotta (1991-2005) yıllık ortalama güneşlenme süresi değişimini lineer regresyon analizi sonuçları göstermektedir. Güneşlenme süresi datası için elde edilen lineer regresyon bağıntıları, aşağıda verilmiştir.

$$G_s = 0,0107*Y - 13,681 \text{ (Malatya); } G_s = 0,0289*Y - 50,176 \text{ (Elazığ);}$$

$$G_s = -0,0034*Y + 13,254 \text{ (Erzurum); } G_s = 0,1*Y - 193,71 \text{ (Erzincan);}$$

$$G_s = 0,0571*Y - 107,5 \text{ (Kars); } G_s = 0,0216*Y - 36,78 \text{ (Ağrı);}$$

$$G_s = 0,0384*Y - 70,063 \text{ (Iğdır); } G_s = 0,0174*Y - 27,469 \text{ (Tunceli);}$$

$$G_s = 0,0041*Y + 0,2117 \text{ (Van); } G_s = 0,0117*Y - 16,785 \text{ (Bingöl);}$$

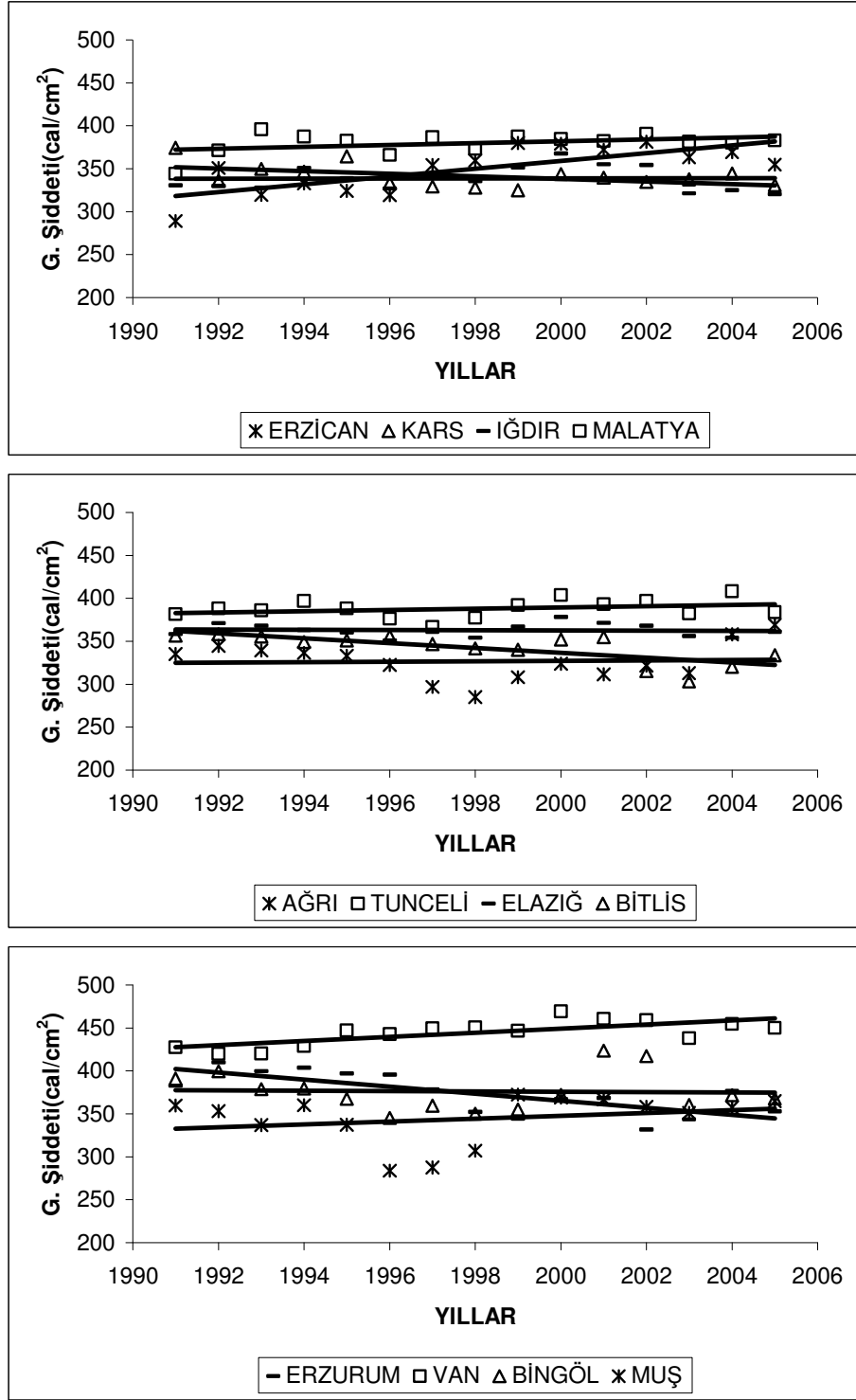
$$G_s = -0,0046*Y + 16,355 \text{ (Muş); } G_s = -0,0814*Y + 168,51 \text{ (Bitlis).}$$

Burada “Gs” güneşlenme süresini , “Y” ise yılları göstermektedir.

3.2.6. Güneşlenme Şiddeti

Doğu Anadolu Bölgesi illerine ait 15 yıllık bir periyotta (1991-2005) güneşlenme şiddeti incelenmiş ve modellenmesi yapılmıştır. Şekil-3.7’de tüm iller için güneşlenme şiddeti modellenmesi gösterilerek iller arasındaki fark ortaya konmuştur. Ayrıca güneşlenme şiddetindeki değişim yıllara bağlı olarak formülize edilmiştir. Elde edilen modeller ve illere ait güneşlenme şiddeti denklemleri ileriki yıllarda illerin güneş enerjisi potansiyeli hakkında belirleyici olmuştur.

Güneşlenme şiddetinin yıllara göre modellenmesi;



Şekil 3.7 Doğu Anadolu Bölgesi İllerindeki Yıllık Ortalama Güneşlenme Şiddeti Değişimi (1991-2005)

Şekil 3.7’de görüldüğü gibi 1991-2005 yılları arasındaki yıllık ortalama güneşlenme şiddeti değerleri il bazında Iğdır için 320,36-367,95 cal/cm², Malatya için 344,31-396,29 cal/cm², Tunceli için 366,45-407,98 cal/cm², Elazığ için 350,57-378,33 cal/cm², Bingöl için 345,46-423,77 cal/cm², Erzincan için 289,24-381,43 cal/cm², Muş için 284,02-372,63 cal/cm², Bitlis için 303,12-358,16 cal/cm², Ağrı için 284,82-368,86 cal/cm², Van için 420,01-469,44 cal/cm², Erzurum için 331,73-410,08 cal/cm², Kars için ise 325,02-374,51 cal/cm² arasında değişim göstermiştir.

Doğu Anadolu Bölgesine ait her bir il için 15 yıllık periyotta (1991-2005) yıllık ortalama güneşlenme şiddeti değişimini lineer regresyon analizi sonuçları göstermektedir. Güneşlenme şiddeti datası için elde edilen lineer regresyon bağıntıları aşağıda verilmiştir.

$$G_s = 1,0783*Y - 1774,4 \text{ (Malatya); } G_s = -0,1084*Y + 579,38 \text{ (Elazığ);}$$

$$G_s = -4,1237*Y + 8612,8 \text{ (Erzurum); } G_s = 4,5452*Y - 8731,2 \text{ (Erzincan);}$$

$$G_s = -1,5107*Y + 3359,8 \text{ (Kars); } G_s = 0,2655*Y - 203,92 \text{ (Ağrı);}$$

$$G_s = 0,0568*Y + 225,34 \text{ (Iğdır); } G_s = 0,7557*Y - 1122 \text{ (Tunceli);}$$

$$G_s = 2,3882*Y - 4327,2 \text{ (Van); } G_s = -0,1895*Y + 754,72 \text{ (Bingöl);}$$

$$G_s = 1,6747*Y - 3001,5 \text{ (Muş); } G_s = -2,8195*Y + 5975,6 \text{ (Bitlis).}$$

Burada “G_s” güneşlenme şiddetini , “Y” ise yılları göstermektedir.

4. DOĞU ANADOLU BÖLGESİ İLLERİNİN RÜZGAR GÜCÜ VE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE MODELLENMESİ

Yer yüzeyinin gerek duyduğu enerjinin tümü Güneş'ten gelmektedir. Güneş yeryüzüne her saat 100.000.000.000.000 kWh 'lık enerji yayar. Başka bir deyişle, yer yüzeyi Güneş'ten 10^{17} watt gücünde enerji alır. Güneş'ten gelen enerjinin yaklaşık %1-2 'si rüzgar enerjisine dönüşür [4]. Yani rüzgar enerjisi hız enerjisine (kinetik enerjiye) dönüşmüş güneş enerjisidir denilebilir. Karalar, denizler ve atmosfer farklı özgül ısılara sahip oldukları için , güneşten alınan enerji sonrasında farklı sıcaklıklara sahip olurlar. Sıcaklık dağılımı, coğrafik ve çevresel koşullara bağlıdır. Yer yüzeyinde ortaya çıkan sıcaklık ve buna bağlı basınç farklılıkları rüzgarların oluşmasına neden olmaktadır.

4.1. Rüzgar Hızının Değişimi

Atmosferik sınır tabaka, yüzeydeki değişikliklerden en fazla etkilenen ve bu etkilenmeye hızlı bir şekilde tepki veren atmosferin yüzey tabakası olarak tanımlanmaktadır. Atmosferik sınır tabakada, momentum, ısı ve kütle alış verişi meydana gelir. Rüzgar enerjisinde kullanılan rüzgar eşitlikleri atmosferik sınır tabaka için geliştirilmiştir.

Rüzgar hızı profili, rüzgar hızını düşey değişimi, türbin yüksekliği baz alınarak iki şekilde bulur.

Hellman üstel eşitliği;

$$V(z)=V_r(z/z_r)^a$$

z : yerden yükseklik

$V(z)$: z yüksekliğindeki rüzgar hızı

z_r : referans ölçüm yüksekliği

V_r : z_r yüksekliğindeki rüzgar hızı

a : pürüzlülük katsayısı

Logaritmik fonksiyon;

$$V(z) = \frac{V_r}{\ln(z/z_0)}$$

$$V(10) = \frac{V_r}{\ln(10/z_0)}$$

z : yerden yükseklik

$V(z)$: z yüksekliğindeki rüzgar hızı

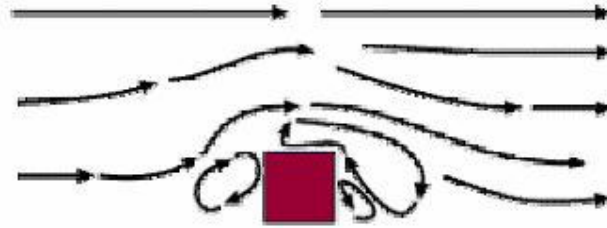
$V(10)$:10 m yükseklikteki rüzgar hızı

z_0 : pürüzlülük uzunluğu

4.2. Rüzgar Türbinine Etki Eden Faktörler

4.2.1. Türbülans

Türbülans düzenli olmayan rüzgar akışıdır. Çok engebeli ve pürüzlü arazilerde binalar, ağaçlar vb. engeller çok fazla türbülans yaratır. Türbülans alanı engelin yüksekliğinin 3 katına kadar uzanabilir. Şekil 4.1’de de görüleceği gibi türbülans engelin arka tarafında daha belirgindir. Türbülans rüzgar türbininde enerji üretim verimliliğini azaltır ve türbin de yıpranma ve hasarlara yol açar. Bu nedenle düşük türbülans yoğunluğu rüzgar türbinlerinin ömürlerinin daha uzun olmasını sağlar.



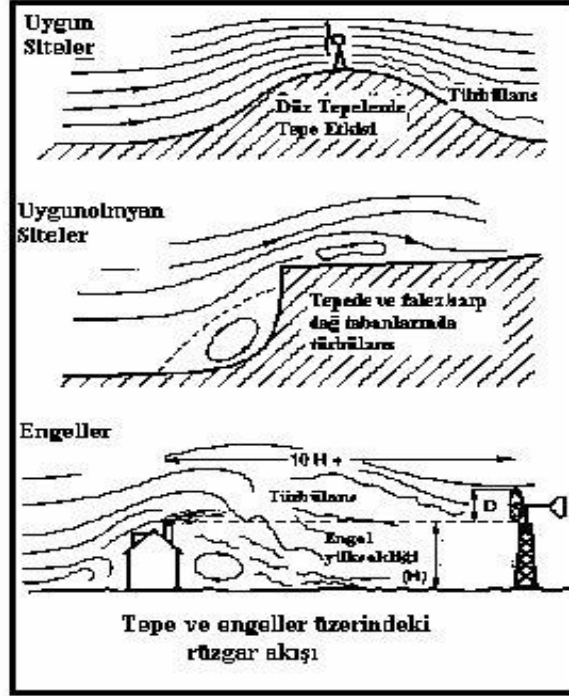
Şekil 4.1 Engellerin Türbülansa etkisi

4.2.2. Tünel Etkisi

Rüzgarın binalar arasından ve dağlar arası dar geçitlerden geçerken hızı artar. Buna tünel etkisi denir. Rüzgar hızı açık alanlarda 6 m/s ise, bu tür yerlerden geçerken 9 m/s kadar yükselebilir. Bir tünele kurulan bir rüzgar türbinini, çevre alanlardakinden daha yüksek rüzgar hızlarını yakalama şansına sahip olacaktır. İyi bir tünel etkisi sağlamak için, tünelin arazi içine mükemmel olarak girmiş olması gerekir. Tepeleri çok sert ve düzgün olmayan bir durumda ise, o alanda türbülans çoktur, yani rüzgar (yönü çok fazla değiştiğinden) dönmekte olacaktır. Türbülansın çok olduğu yerlerde rüzgar hız avantajı tamamen olumsuz etkilenir. Sürekli değişen rüzgarlar türbinlerde yırtılma, çatlama gibi zararlara sebep olabilir.

4.2.3. Tepe Etkisi

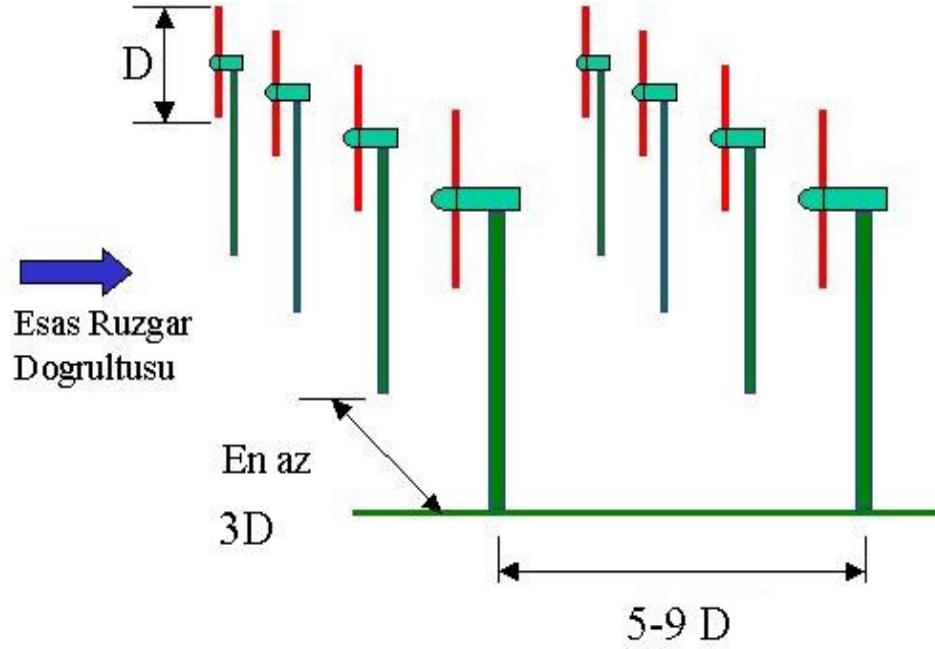
Rüzgar türbinleri rüzgar hızından daha iyi biçimde yararlanmak için yerleştirilecek en uygun mekanlar tepelerdir. Tepelerde rüzgar hızları çevreye göre daha yüksektir. Fakat düzgün ve pürüzlü tepelerde, rüzgar hızının artması bir avantaj oluşturmalarına rağmen, türbülans meydana gelmesi bunu tümüyle ortadan kaldırır. Şekil 4.2’ de rüzgar türbini için uygun olan ve olmayan arazi özellikleri gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Rüzgar Türbini İçin Uygun Olan ve Olmayan Arazi Özellikleri

4.2.4. Park Etkisi Ve Kuyruk Yeli Etkisi

Rüzgar tarlalarındaki her bir türbin rüzgarın hızını azaltır. Bu sebeple türbinler hakim rüzgar yönüne göre yerleştirilmeliler. Genel olarak rüzgar tarlalarında türbinler arası uzaklık hakim rüzgar yönünde ise 5-9 rotor çapı, bu yöne dikse 3-5 rotor çapı kadar bir uzaklığa yerleştirilmeliler. Var olan park etki sebebiyle rüzgar tarlalarında %5 lik bir enerji kaybı olur. Türbine gelen rüzgar, türbinden çıktıktan sonra arka kısımda uzun bir aralıkta türbülans oluşturur. Bu da ikinci sırada yerleştirilen türbinlerde kuyruk yeli etkisi yapar. Bunu önlemek ikinci sıradaki türbinler birinci sıradakilerden daha uzağa, yaklaşık 3 rotor, kurulmalıdır. Genellikle, aşağıdaki şekildeki gibi yerleştirilirler [17].



Şekil 4.3 Rüzgar Türbinlerinin Rüzgar Tarlalarındaki Kurulumu

4.2.5. Yüzey Şekillerinin Etkisi

Rüzgar 1 km'lik yüksekliğe kadar yeryüzü engebeliğinden etkilenir. Engebelik ne kadar fazla ise rüzgar hızında da azalmalar o kadar fazla olur. Tablo 4.1'de farklı yüzeylerin verilen pürüzlülük değerlerine göre su yüzeyi, rüzgarı daha az etkileyen en pürüzsüz yüzeydir. Rüzgar türbininin enerji verimliliği de uygun rüzgar koşullarını değerlendirmek için arazilerin pürüzlülük bağlı katsayıları büyük önem taşır.

Tablo 4.1 Yüzey Pürüzlülüklerinin Etkisi [3]

Pürüzlülük Sınıfı	Pürüzlülük Uzunluğu	Enerji İndeksi (%)	Arazi tanımı
0	0.0002	10	Su Yüzeyi
0.5	0.0024	73	Tamamıyla açık alan, düzgün bir yüzey, hava alanlarındaki beton yollar, çayır ekili alanlar, vbg.
1	0.03	52	Açık tarım alanı, dağınık binalar. Sadece yumuşak düzgün tepeler.
1.5	0.055	45	Bir kaç binanın bulunduğu tarım alanı, yaklaşık 1.250 m aralıklarla 8 m uzunluktaki çitlerin bulunduğu alan.
2	0.1	39	Bir kaç binanın bulunduğu tarım alanı. 8 m uzunluktaki çitlerin yaklaşık 500 m aralıklarla bulunduğu alan.
2.5	0.2	31	Çok sayıda ev, çalılık ve örtünün ve 8 m uzunluklu çitlerin 250 m aralıklarla bulunduğu alan.
3	0.4	24	Köyler, küçük kasabalar çok sayıda uzun çitlerin bulunduğu tarım alanı, orman, çok pürüzlü ve düz olmayan alan.
3.5	0.8	18	Büyük şehirler, yüksek binalar
4	1.6	13	Çok büyük şehirler, çok yüksek bina ve gökdelenler.

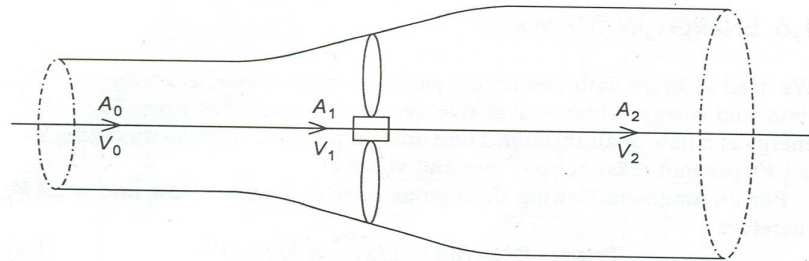
4.3. Rüzgar Enerjisinin Formüle Edilmesi

Rüzgar gücünün hesabında kinetik enerji formülü kullanılır. Rüzgar hareket halindeki bir hava akımı olduğu için rüzgarında bir kinetik enerjisi vardır. Hareket halindeki havanın gücü kinetik enerjinin saniye başına akış oranıdır.

Rotorsuz durumda rüzgarın akış yönüne dik herhangi bir A alanı içinden birim zamanda taşınan güç şu şekilde verilir:

$$W = (\rho V_0^3) A / 2 \quad (1)$$

Burada ρ havanın yoğunluğunu, A kanat alanını ve V_0 ise rüzgar hızını göstermektedir. Bu gücün tamamı rüzgar türbini tarafından faydalı güce dönüştürülemez. Rüzgar türbini için uygun güç rotordan geçen havanın kinetik enerjisindeki değişime eşittir”



Şekil 4.4 Havanın Rotor Çevresindeki Akışı

Rotordan geçen havanın ağırlık oranı türbin giriş ve çıkışlarında sabittir.

$$\mathbf{M} = \rho \mathbf{A}_0 \mathbf{V}_0 = \rho \mathbf{A}_1 \mathbf{V}_1 = \rho \mathbf{A}_2 \mathbf{V}_2 \quad (2)$$

Rotor diskinde ki F kuvveti momentum değişim oranı ile ifade edilirse;

$$\mathbf{F} = \mathbf{m}(\mathbf{V}_0 - \mathbf{V}_2) \quad (3)$$

Rotordan elde edilecek güç, kinetik enerji değişim oranı ile verilir.

$$\mathbf{W} = \mathbf{m}(\frac{1}{2} \mathbf{V}_0^2 - \frac{1}{2} \mathbf{V}_2^2) \quad (4)$$

Rotora gelen hız $\mathbf{V}_1$ ise, enerji

$$\mathbf{W} = \mathbf{F} \mathbf{V}_1 \quad (5)$$

olarak elde edilir.

Denklemleri kullanırsak;

$$\mathbf{V}_1 = \frac{1}{2}(\mathbf{V}_0 - \mathbf{V}_2) \quad (6)$$

Akış aşağı hız faktörü (downstream velocity factor) ,

$$\mathbf{b} = \mathbf{V}_2 / \mathbf{V}_0 \quad (7)$$

elde edilir.

Buradan da denklemler kullanılarak

$$\mathbf{F}/\mathbf{A}_1 = \frac{1}{2} \rho \mathbf{V}_0^2 (1 - \mathbf{b}^2) \quad (8)$$

ve

$$\mathbf{W}/\mathbf{A}_1 = \frac{1}{2} \rho \mathbf{V}_0^3 \frac{1}{2} (1 - \mathbf{b}^2)(1 + \mathbf{b}) \quad (9)$$

ifadeleri elde edilir.

$\mathbf{C}_p$, güç faktörü veya verim olup, şu şekilde ifade edilir.

$$\mathbf{C}_p = \mathbf{W}/\mathbf{W}_1 \quad (10)$$

$$W_1 = 1/2 \rho A_1 V_0^3 \text{ olmasından dolayı;} \quad (11)$$

$$C_p = 1/2(1-b^2)(1+b) \quad (12)$$

C_p maksimum değeri %59.3 dür. Bu değere Lanchester Betz limiti denir. Bu limit değer, rüzgar enerjisi elektrik santrallerinin en fazla %59.3 verime sahip olacaklarını göstermektedir. Rüzgar türbinleri için kanat uç hız oranı olan λ ($\lambda = wR/V_0$) şaftın devir sayısını dolayısıyla C_p 'yi etkilemektedir.

Sonuç olarak, bir rüzgar türbininden elde edilecek maksimum güç;

$$W = C_p * 1/2 \rho A_1 V_0^3 \quad (13)$$

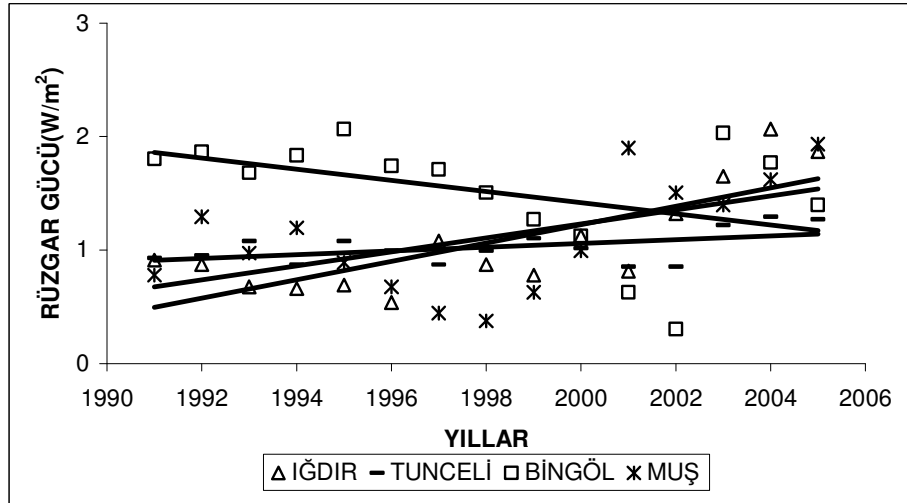
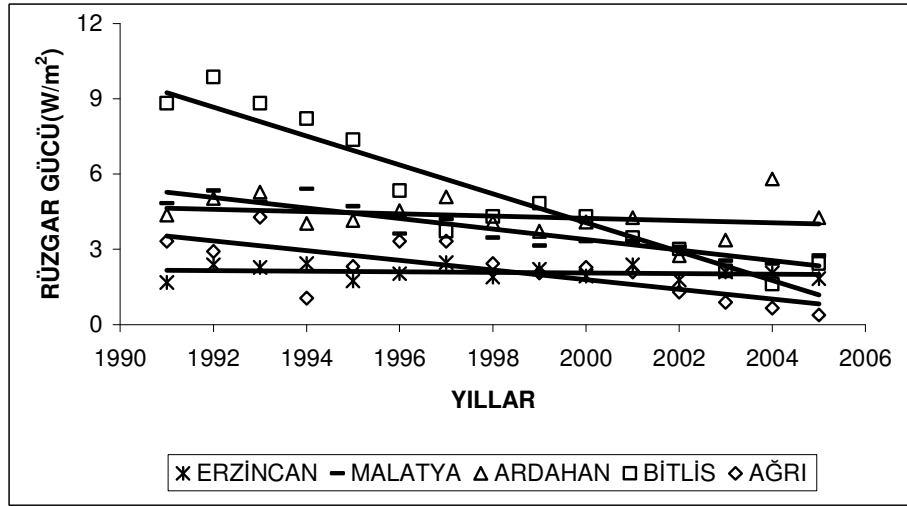
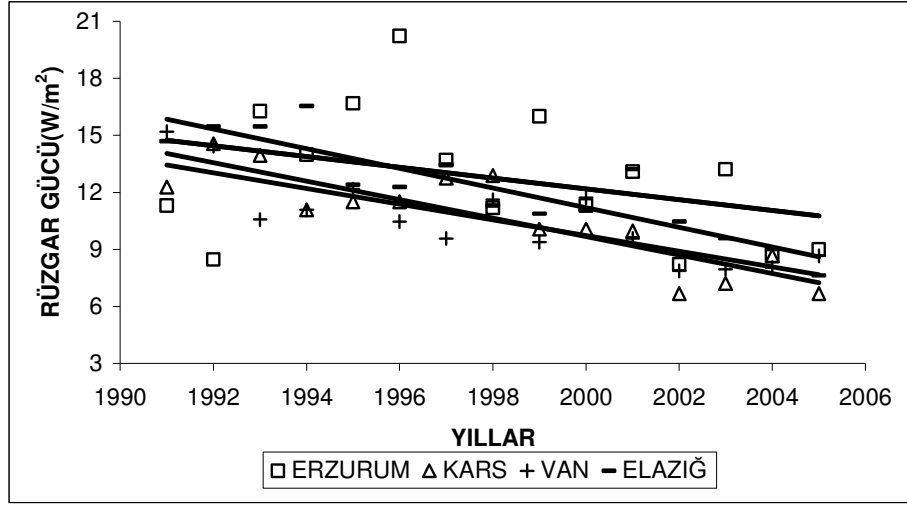
ifade edilebilir.

Denklem (13)' den de görüleceği gibi rüzgardan elde edilebilecek maksimum güç rüzgar hızının küpü ile orantılı. Aşağıdaki tablodan da rüzgar hızındaki küçük bir değişikliğin güçteki etkisi görülebilir.

Tablo 4.2 Çeşitli Rüzgar hızı değerlerinde elde edilecek güçler

m/s	W/m ²	m/s	W/m ²	m/s	W/m ²
0	0	8	313.6	16	2508.8
1	0.6	9	446.5	17	3009.2
2	4.9	10	612.5	18	3572.1
3	16.5	11	815.2	19	4201.1
4	39.2	12	1058.4	20	4900.0
5	76.2	13	1345.7	21	5672.4
6	132.3	14	1680.7	22	6521.9
7	210.1	15	2067.2	23	7452.3

Aşağıda Doğu Anadolu Bölgesi illerine ait 15 yıllık bir periyotta (1991-2005) rüzgar gücü yıllara göre incelenerek modellenmesi yapılmıştır. Ayrıca hava parametrelerinin rüzgara olan etkisi modellenerek formülize edilecektir.



Şekil 4.5 Doğu Anadolu Bölgesi İllerindeki Yıllık Ortalama Rüzgar Gücü Değişimi (1991-2005)

Şekil 4.5’de görüldüğü gibi 1991-2005 yılları arasındaki yıllık ortalama rüzgar gücü değerleri il bazında Iğdır için 0,5-2,1 W/m², Malatya için 2,4-5,4 W/m², Tunceli için 0,9-1,3 W/m², Elazığ için 7,6-16,5 W/m², Bingöl için 0,3-2,1 W/m², Erzincan için 1,7-2,5 W/m², Muş için 0,5-1,9 W/m², Bitlis için 1,6-9,9 W/m², Ağrı için 0,4-4,3 W/m², Van için 7,9-15,2 W/m², Erzurum için 8,2-20,2 W/m², Kars için 6,7-14,6 W/m², Ardahan için ise 2,8-5,8 W/m² arasında değişim göstermiştir.

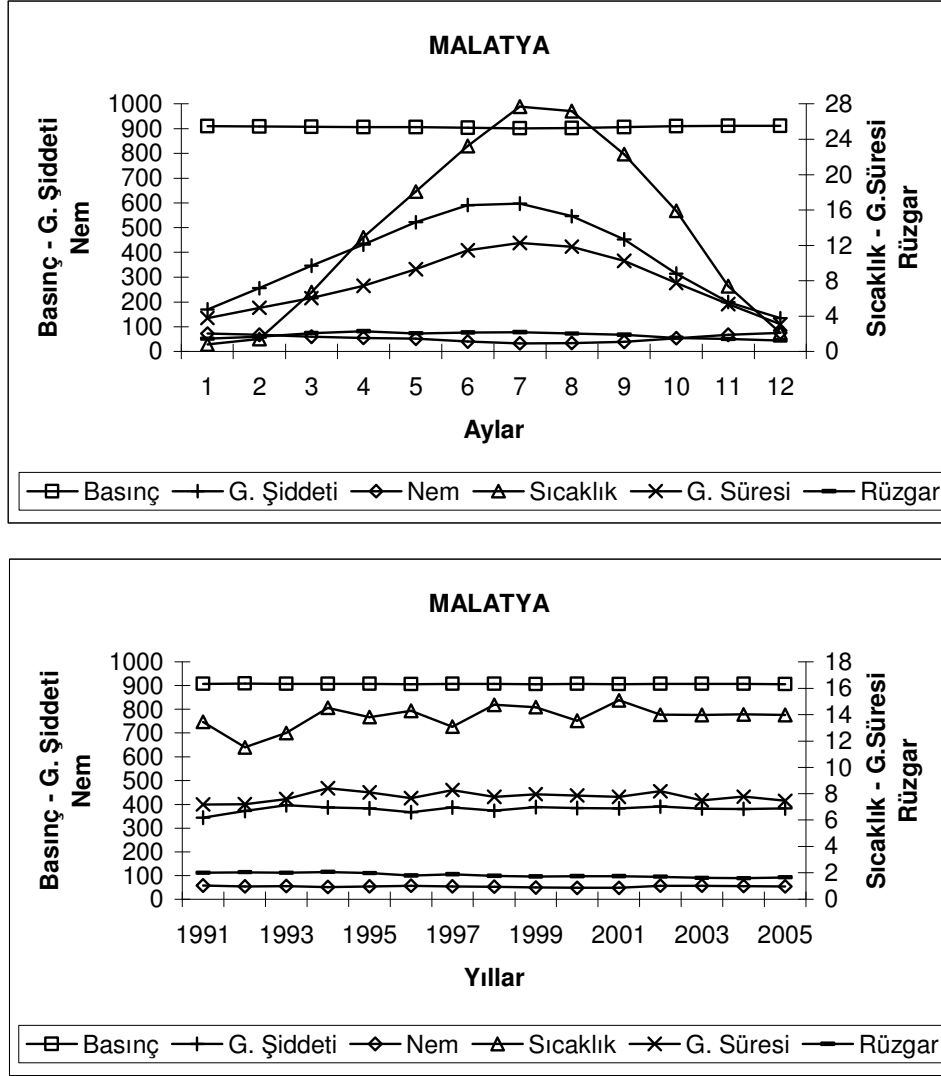
Doğu Anadolu Bölgesi illerinden Erzurum, Elazığ, Van ve Kars illerinde rüzgar gücü diğer illere nazaran yüksektir. Iğdır, Tunceli, Bingöl ve Muş illerinde ise rüzgar gücünün yok denecek kadar az olduğu tespit edilmiştir.

Doğu Anadolu Bölgesi İllerine ait güneşlenme şiddeti modelleri bir önceki bölümde verilmiştir. Elde edilen modeller neticesinde güneşlenme şiddetinin Van, Tunceli, Malatya ve Elazığ illerinde en üst seviyede olmakla beraber tüm illerde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Güneşlenme şiddetinin 15 yıllık (1991-2005) ortalama değerleri hesaplandığında Van ilinin 444,49cal/cm² ile en yüksek değere, Ağrı ilinin ise 326,54 cal/cm² ile en düşük ortalama değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Aylık ortalamalar dikkate alındığında maksimum güneşlenme şiddetinin 2001 Haziran ayında Van ilinde 746,93 cal/cm², minimum güneşlenme şiddetinin ise 1997 Aralık ayında 49,13 cal/cm² olarak Ağrı ilinde gerçekleştiği hesaplanmıştır. Güneşlenme şiddeti değerleri Haziran ve Temmuz aylarında maksimum, Ocak ve Aralık aylarında minimum değerler almıştır. Hem güneşlenme şiddeti hem de rüzgar gücü değerleri kış aylarında minimum, yaz aylarında ise maksimum değerler almış; ilkbahar aylarından yaz aylarına doğru artan bir eğilim, sonbahar aylarından kış aylarına doğru ise azalan bir eğilim göstermiştir.

4.4. Rüzgar Hızı ve Güneşlenme Şiddetinin Formülasyonu

Non-lineer regresyon analizi ile her bir ilin aylık ve yıllık olmak üzere ortalama rüzgar hızı ve güneşlenme şiddeti diğer hava parametrelerine bağlı olarak modellenmiş ve yıllara bağlı olarak formülize edilmiştir. Böylece hava parametrelerinin birbirleriyle olan etkileşimleri gözlenmiş hem de rüzgar hızı ve güneşlenme şiddetine ne ölçüde etki ettikleri bulunarak bize ilerisi için bir fikir sağlamış olacaktır.

Malatya için;

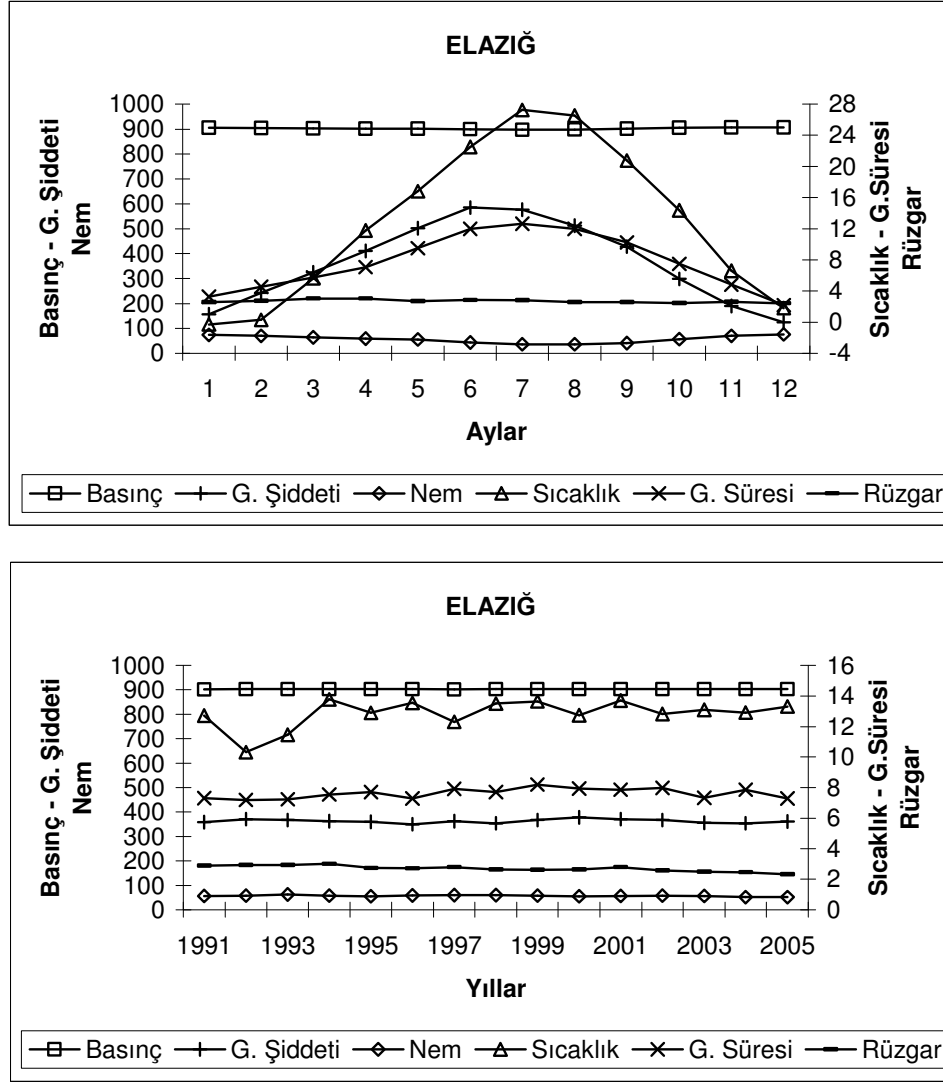


Şekil 4.6 Malatya İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi (1991-2005)

$$\text{Rüzgar Hızı}(V) = -0,007 \cdot G_s + 0,28 \cdot G_s - 0,01 \cdot RH - 0,09 \cdot T + 0,1 \cdot P - 86,95$$

$$G. \text{ Şiddeti}(G_s) = 24,96 \cdot G_s - 1,08 \cdot RH - 7,21 \cdot T - 35,38 \cdot V + 0,49 \cdot P - 41,37$$

Elazığ için;

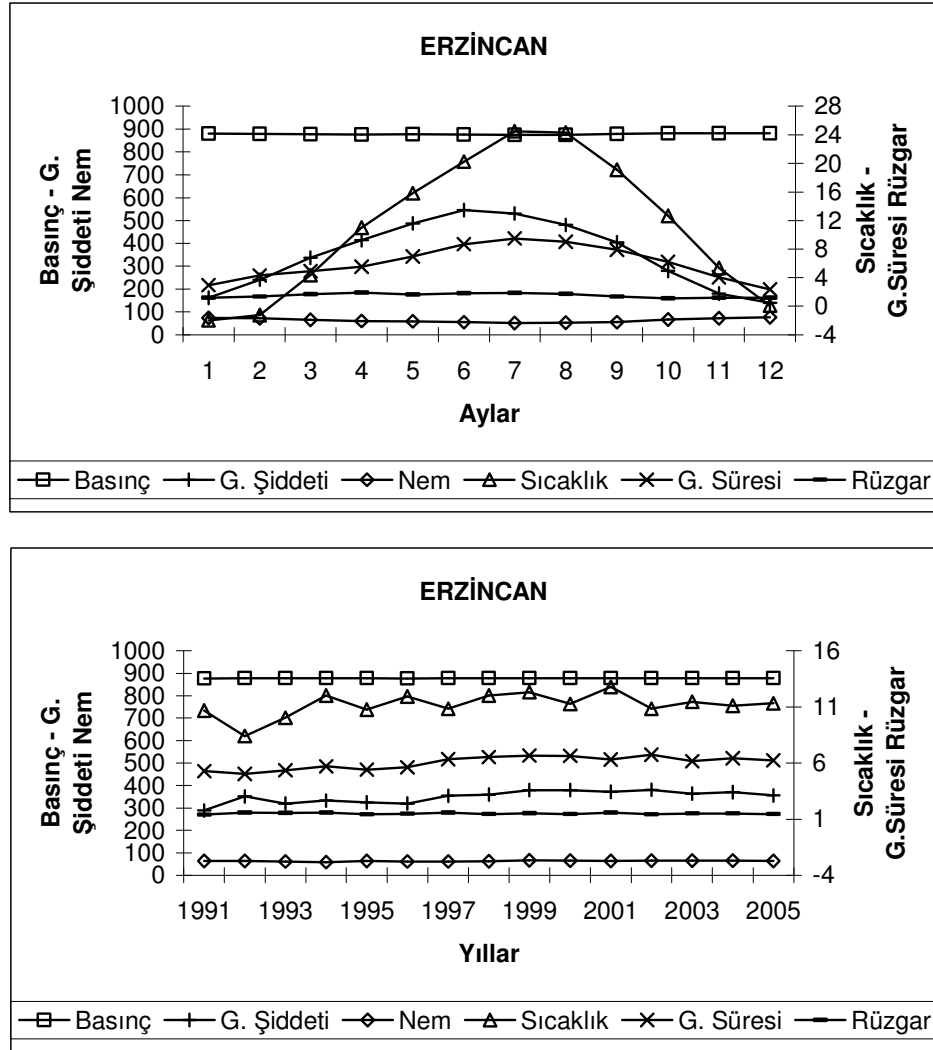


Şekil 4.7 Elazığ İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi (1991-2005)

$$\text{Rüzgar Hızı}(V) = 0,007 \cdot G_{\text{ş}} - 0,09 \cdot G_s + 0,04 \cdot RH - 0,04 \cdot T - 0,14 \cdot P + 128,15$$

$$G. \text{ Şiddeti}(G_{\text{ş}}) = 11,49 \cdot G_s - 0,58 \cdot RH - 3,3 \cdot T + 15,18 \cdot V + 3,66 \cdot P - 2995,75$$

Erzincan için;

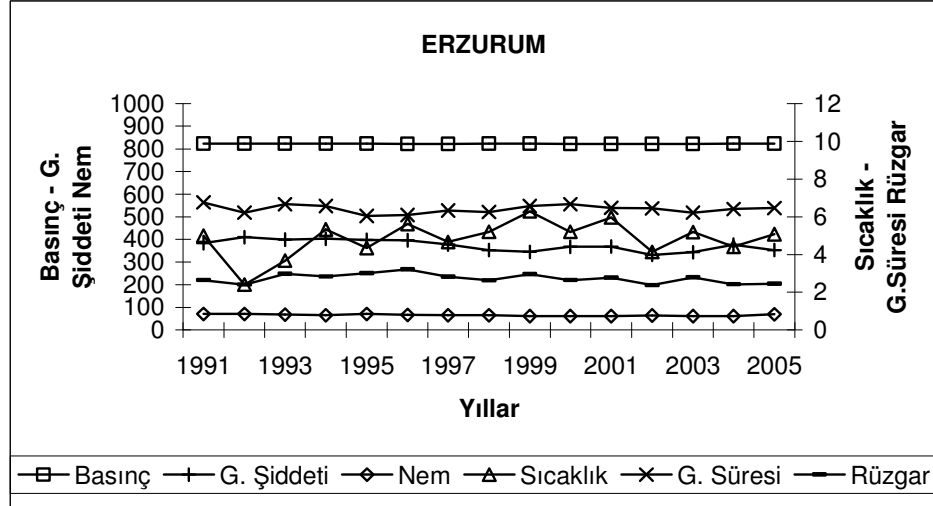
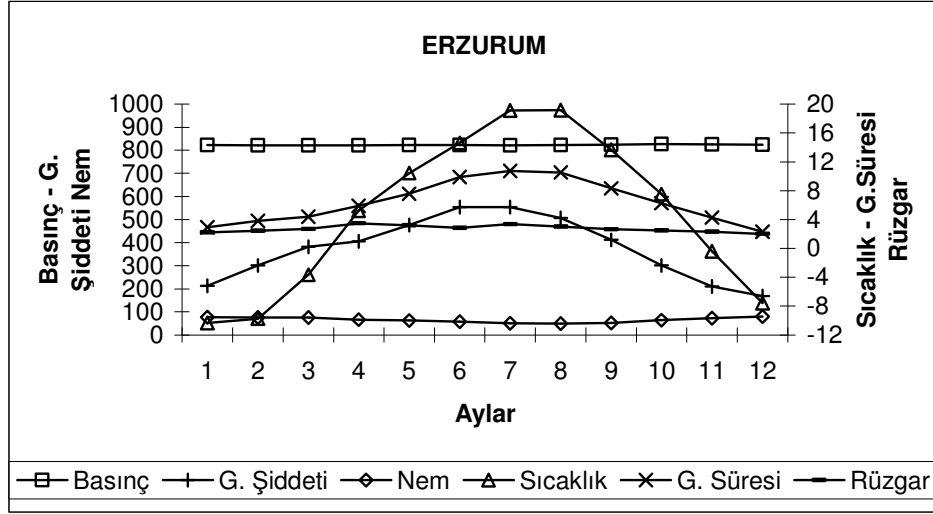


Şekil 4.8 Erzincan İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi (1991-2005)

$$\text{Rüzgar Hızı}(V) = 0,003 \cdot G_{\text{Ş}} - 0,01 \cdot G_{\text{S}} - 0,02 \cdot RH + 0,01 \cdot T + 0,01 \cdot P - 8,98$$

$$G. \text{ Şiddeti}(G_{\text{Ş}}) = 40,28 \cdot G_{\text{S}} + 5,17 \cdot RH - 4,22 \cdot T + 161,23 \cdot V + 1,28 \cdot P - 1542,5$$

Erzurum için;

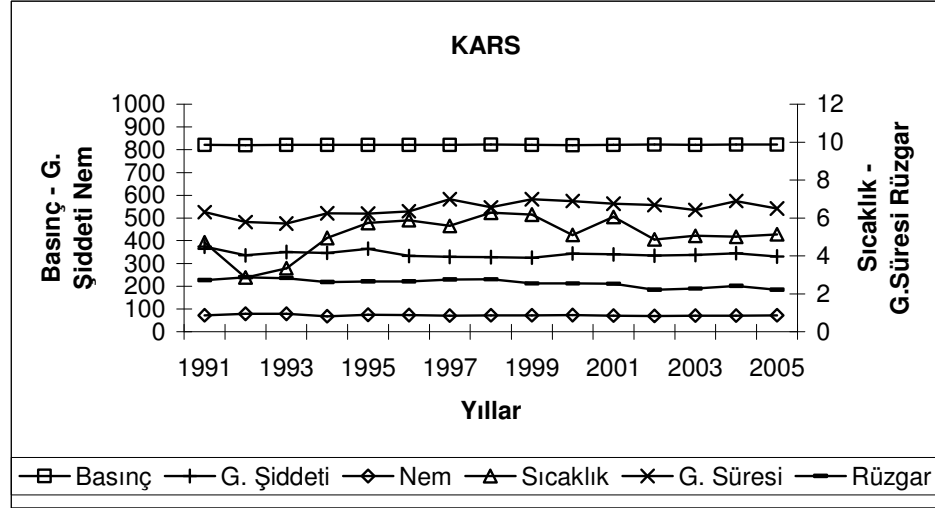
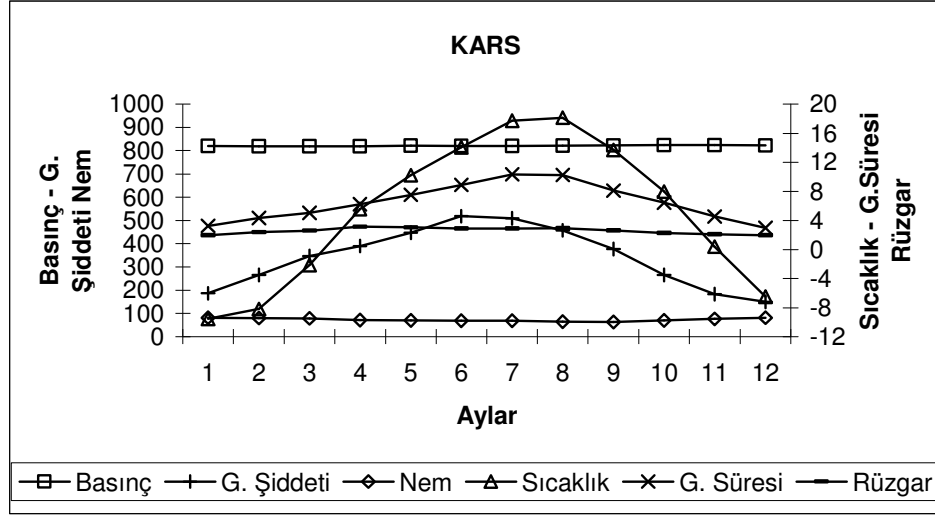


Şekil 4.9 Erzurum İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi (1991-2005)

$$\text{Rüzgar Hızı}(V) = 0,006 \cdot G_{\text{Ş}} - 0,27 \cdot G_s + 0,003 \cdot RH + 0,19 \cdot T - 0,03 \cdot P + 24,67$$

$$G. \text{ Şiddeti}(G_{\text{Ş}}) = 22,33 \cdot G_s + 1,94 \cdot RH - 15,49 \cdot T + 57,75 \cdot V - 5,76 \cdot P + 4766,61$$

Kars için;

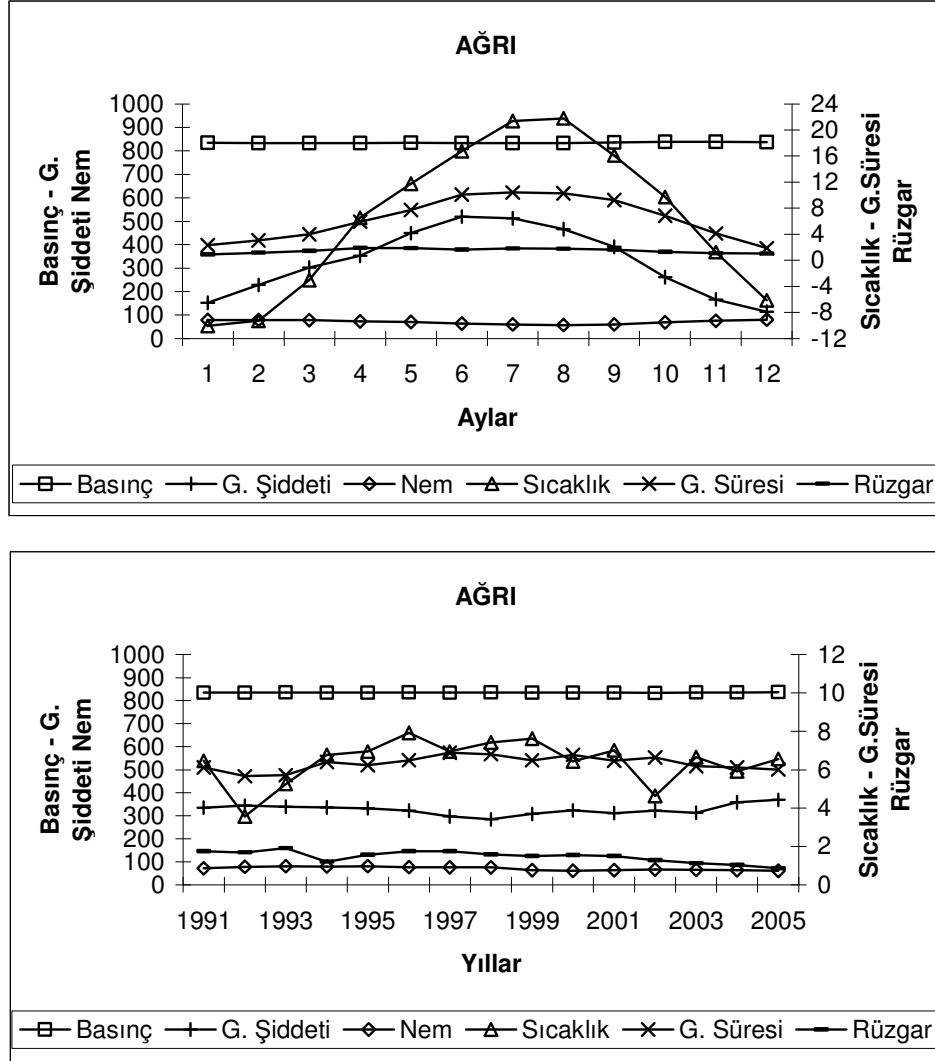


Şekil 4.10 Kars İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi (1991-2005)

$$\text{Rüzgar Hızı}(V) = 0,007 \cdot G_{\text{Ş}} - 0,17 \cdot G_s + 0,03 \cdot RH + 0,04 \cdot T - 0,1 \cdot P + 92,54$$

$$G. \text{ Şiddeti}(G_{\text{Ş}}) = -20,72 \cdot G_s - 2,3 \cdot RH - 1,7 \cdot T + 4,24 \cdot V - 5,53 \cdot P + 5182,6$$

Ağrı için;

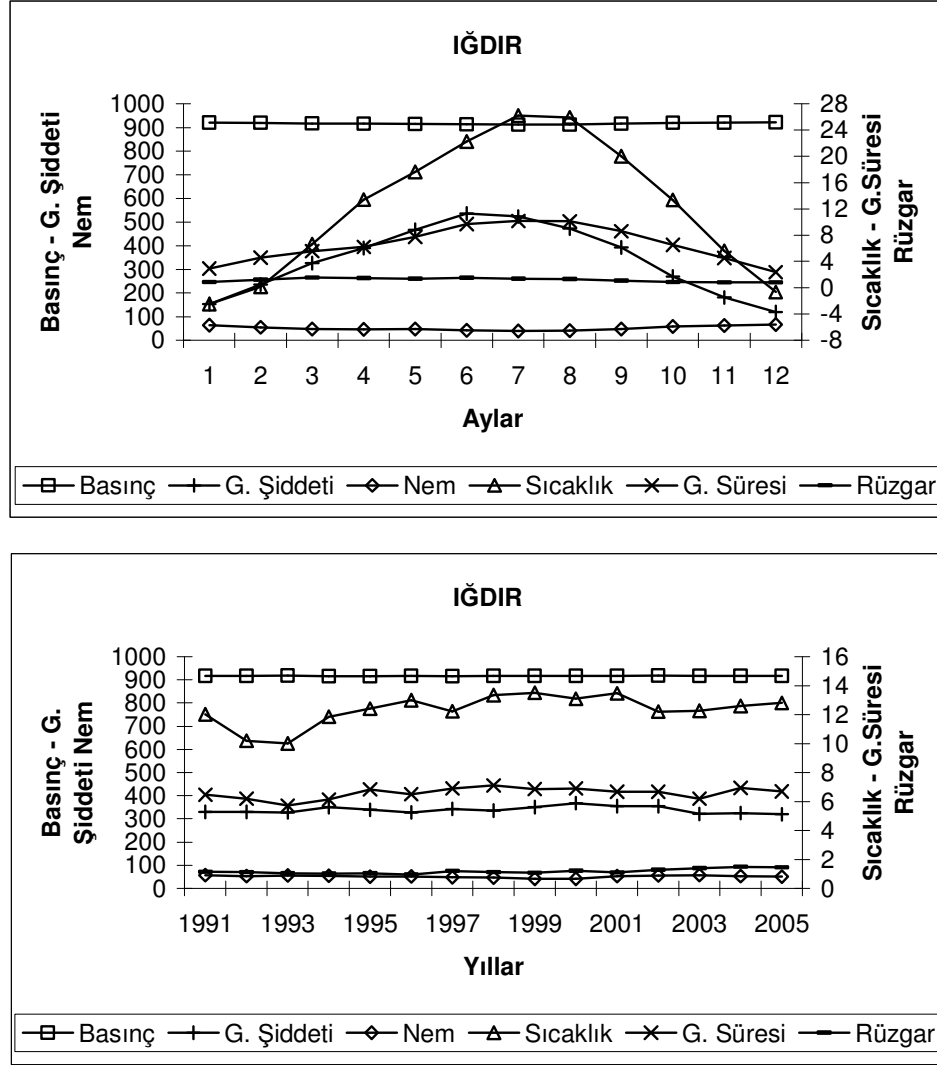


Şekil 4.11 Ağrı İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi (1991-2005)

$$\text{Rüzgar Hızı}(V) = -0,005 \cdot G_{\text{ş}} - 0,26 \cdot G_{\text{s}} + 0,02 \cdot RH + 0,02 \cdot T - 0,11 \cdot P + 94,81$$

$$G. \text{ Şiddeti}(G_{\text{ş}}) = -38,65 \cdot G_{\text{s}} - 0,7 \cdot RH - 3,54 \cdot T - 35,5 \cdot V + 5,89 \cdot P - 4215,37$$

İğdır için;

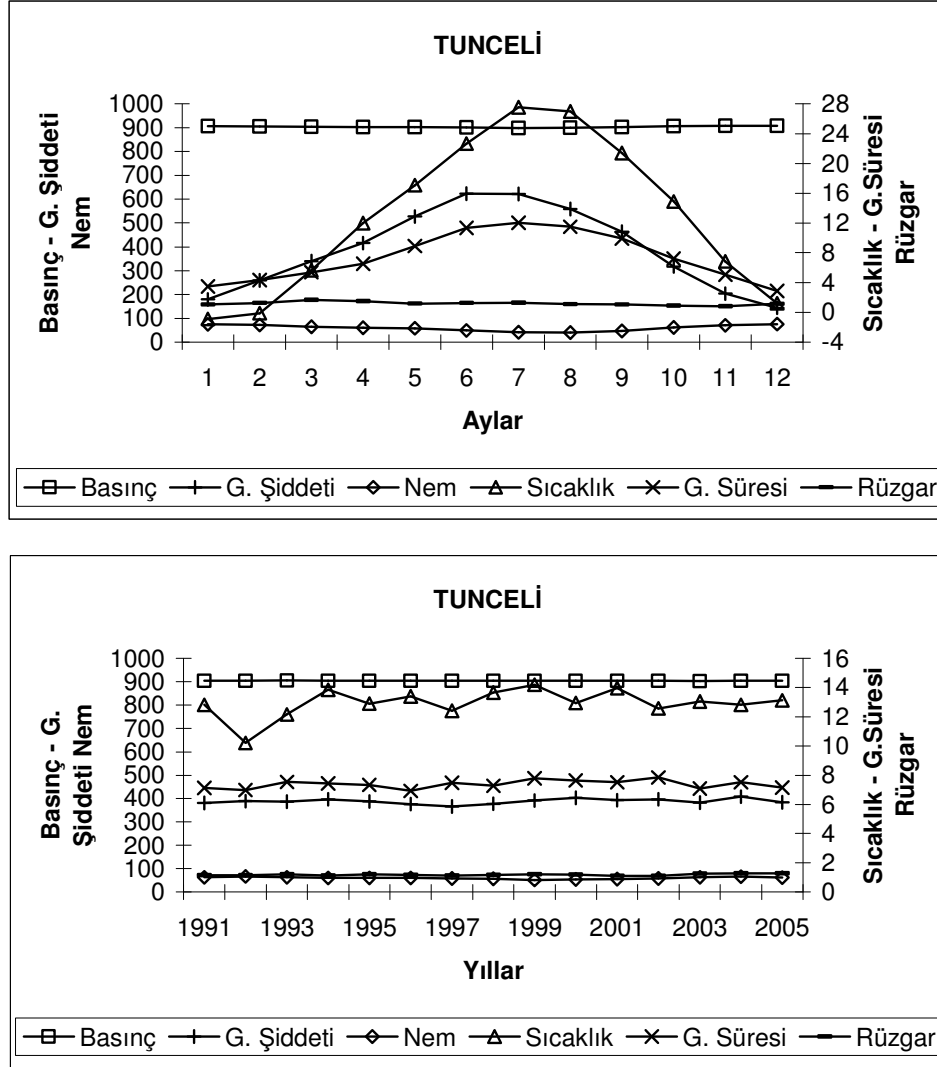


Şekil 4.12 İğdır İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi (1991-2005)

$$\text{Rüzgar Hızı}(V) = -0,003 \cdot G_s + 0,28 \cdot G_s + 0,01 \cdot RH - 0,01 \cdot T + 0,05 \cdot P - 45,3$$

$$G. \text{ Şiddeti}(G_s) = -0,64 \cdot G_s - 1,06 \cdot RH + 2,36 \cdot T - 22,48 \cdot V - 1,18 \cdot P + 1473,41$$

Tunceli için;

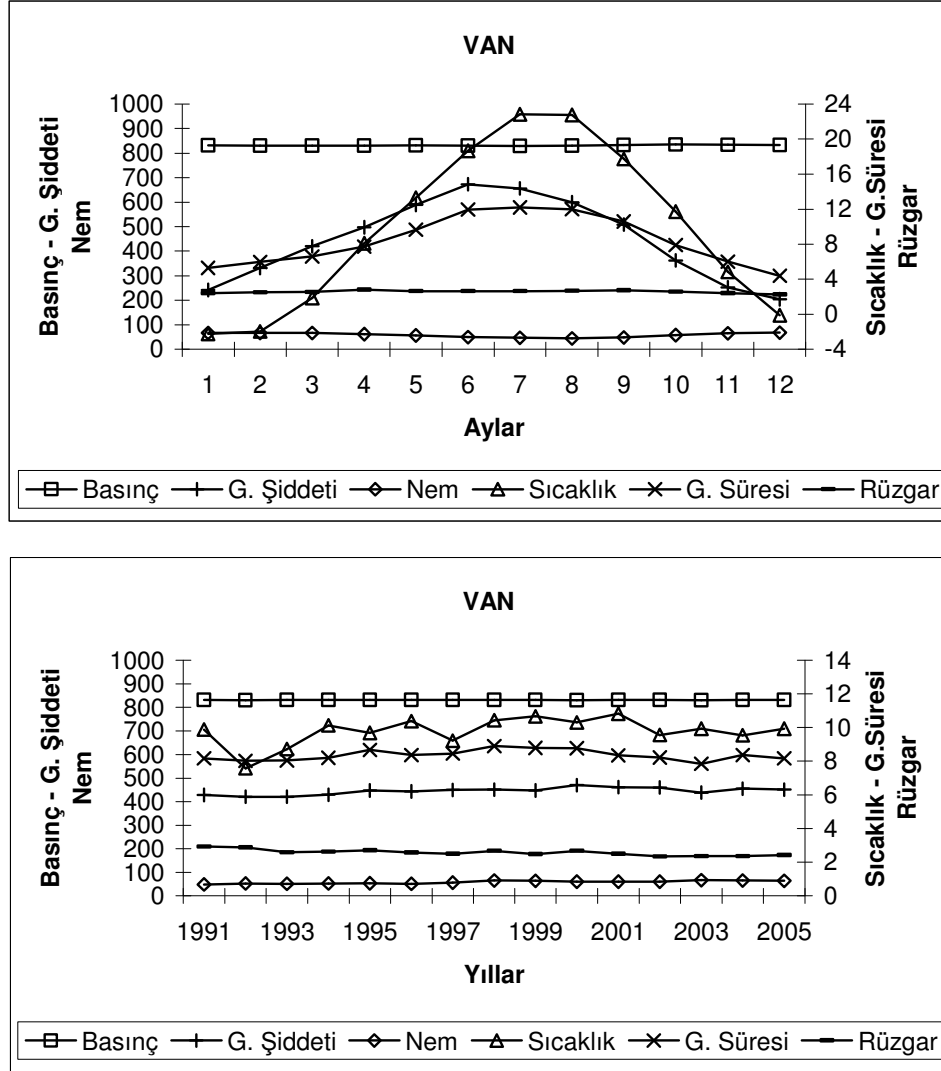


Şekil 4.13 Tunceli İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi (1991-2005)

$$\text{Rüzgar Hızı}(V) = 0,001 \cdot G_{\text{ş}} - 0,04 \cdot G_s + 0,01 \cdot RH + 0,03 \cdot T + 0,045 \cdot P - 40,35$$

$$G. \text{ Şiddeti}(G_{\text{ş}}) = 30,98 \cdot G_s + 1,33 \cdot RH + 2,32 \cdot T + 25,32 \cdot V + 1,03 \cdot P - 907,83$$

Van için;

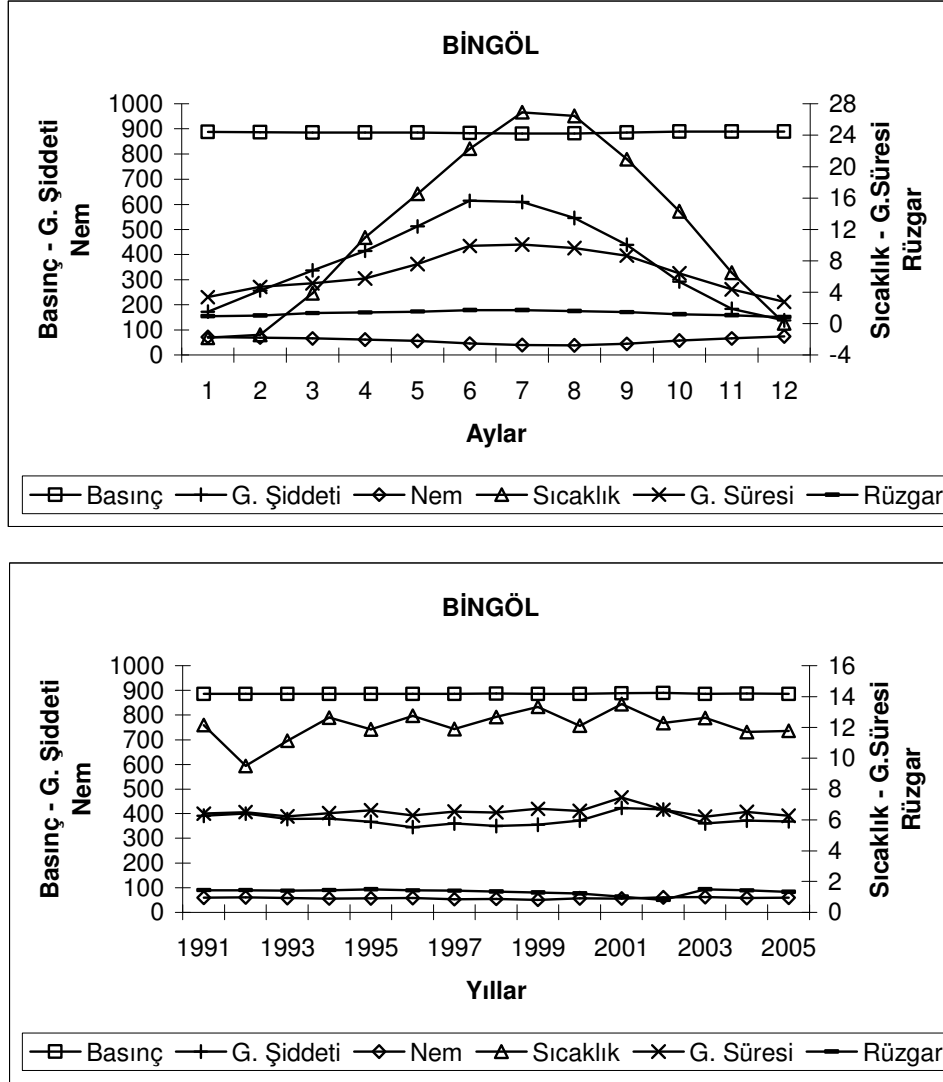


Şekil 4.14 Van İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi (1991-2005)

$$\text{Rüzgar Hızı}(V) = -0,006 \cdot G_s + 0,33 \cdot G_s - 0,01 \cdot RH - 0,002 \cdot T - 0,1 \cdot P + 98,47$$

$$G. \text{ Şiddeti}(G_s) = 26,99 \cdot G_s + 0,19 \cdot RH + 3,75 \cdot T - 40,17 \cdot V - 9,78 \cdot P + 8408$$

Bingöl için;

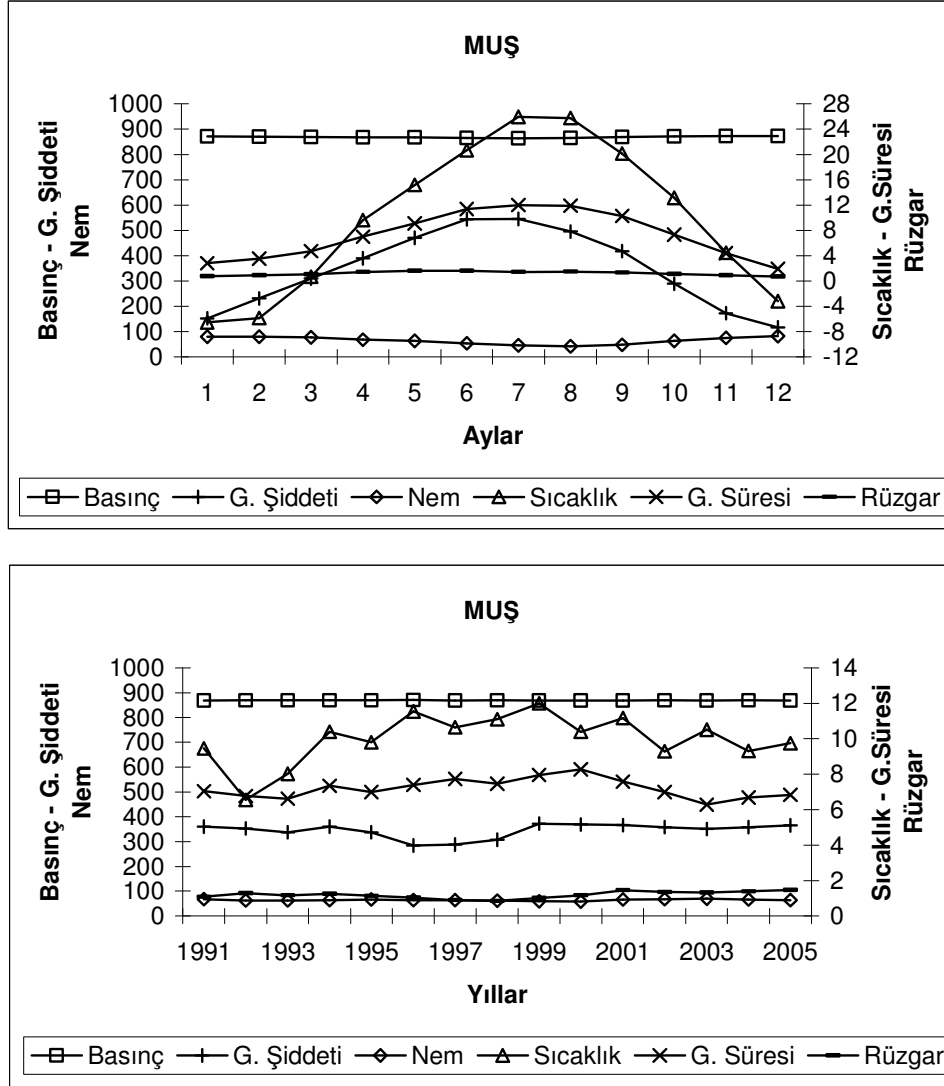


Şekil 4.15 Bingöl İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi (1991-2005)

$$\text{Rüzgar Hızı}(V) = -0,004 \cdot G_{\text{ş}} + 0,26 \cdot G_s + 0,03 \cdot RH - 0,03 \cdot T - 0,17 \cdot P + 148,8$$

$$G. \text{ Şiddeti}(G_{\text{ş}}) = 54,86 \cdot G_s + 3,98 \cdot RH - 6,89 \cdot T - 50,51 \cdot V - 3,48 \cdot P + 3025,87$$

Muş için;

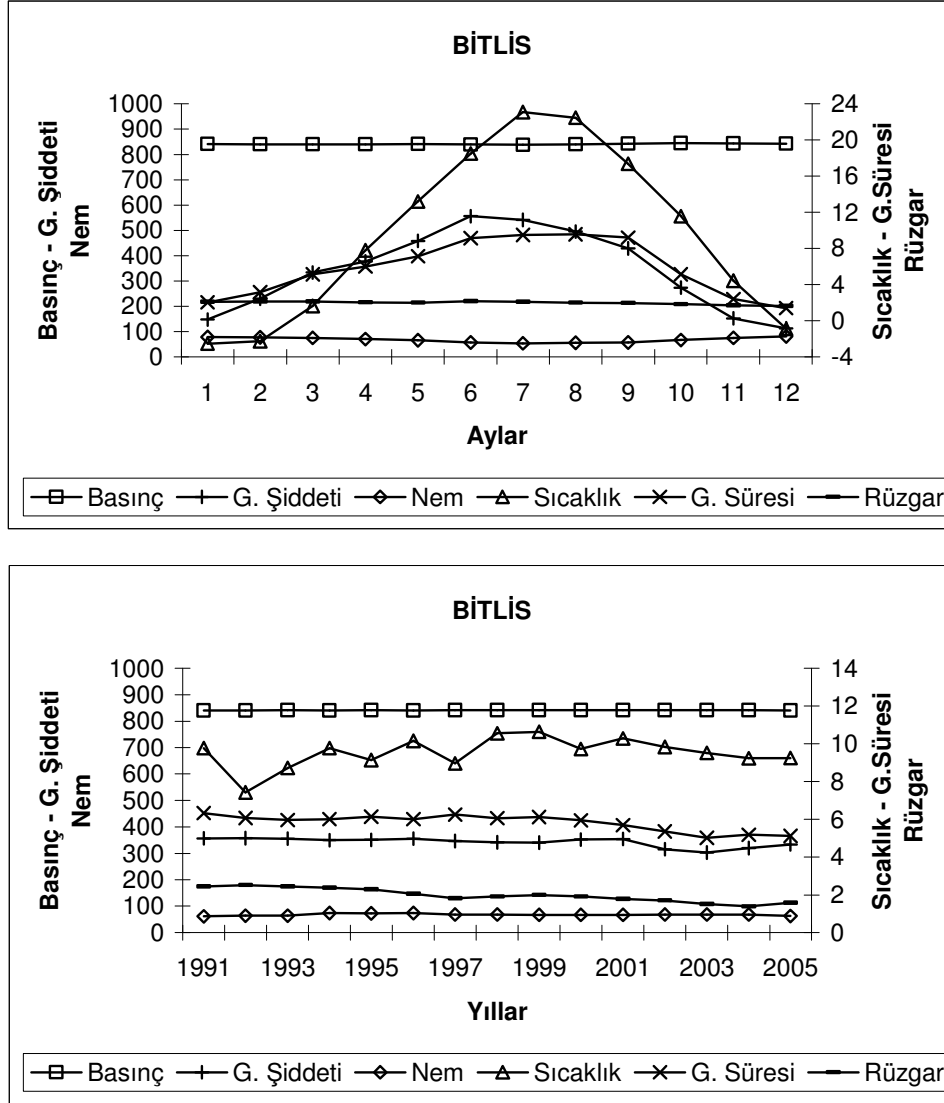


Şekil 4.16 Muş İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi (1991-2005)

$$\text{Rüzgar Hızı}(V) = 0,005 \cdot G_{\text{ş}} - 0,03 \cdot G_s + 0,02 \cdot RH - 0,01 \cdot T + 0,022 \cdot P - 20,72$$

$$G. \text{ Şiddeti}(G_{\text{ş}}) = 1,84 \cdot G_s - 1,88 \cdot RH - 1,76 \cdot T + 84,12 \cdot V - 18,99 \cdot P + 16874,7$$

Bitlis için;



Şekil 4.17 Bitlis İline Ait Hava Parametrelerinin Aylık ve Yıllık Olarak Modellenmesi (1991-2005)

$$\text{Rüzgar Hızı}(V) = 0,003 \cdot G_{\text{ş}} + 0,52 \cdot G_s + 0,001 \cdot RH - 0,11 \cdot T - 0,14 \cdot P + 115,63$$

$$G. \text{ Şiddeti}(G_{\text{ş}}) = 31,62 \cdot G_s - 0,35 \cdot RH - 0,67 \cdot T - 5,53 \cdot V - 8,6 \cdot P + 7433,44$$

4.5. Güneş Enerjisi

Yeryüzünden 151.106 km uzaklıkta bulunan güneş, nükleer yakıtlar dışında dünyada kullanılan tüm yakıtların ana kaynağıdır. İçinde, sürekli olarak hidrojenin helyuma dönüştüğü füzyon reaksiyonları gerçekleşmektedir ve oluşan kütle farkı ısı enerjisine dönüşerek uzaya yayılmaktadır. Dış yüzey sıcaklığı 6000 K olarak kabul edilen ve bilinen en büyük siyah cisim olan güneşin yaydığı ışınımın yeryüzüne ulaşabilen miktarı %70 kadardır. Bu eksilmeler ortaya çıkmadan önce, atmosferin dışında ışınlam değeri 1367 W/m^2 dir, ve bu değeri güneş sabiti olarak alınır. Pratik olarak yeryüzüne ulaşan güneş ışınlamı değeri 1000 W/m^2 olarak kabul edilmektedir.

Güneş enerjisi potansiyelini belirleme çalışmaları sonucunda Doğu Anadolu Bölgesi illerinin güneş ışınlamı ve güneşlenme süresi açısından güneş enerjisi uygulamaları için oldukça uygun olduğu görülmüştür. Bu güneş enerjisi uygulamaları şöyle açıklanabilir.

4.5.1. Sıcak Su Hazırlama Sistemleri

Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinde su, kolaylıkla bulunabilmesi, ucuz olması ve özelliklerinin uygun olması nedeniyle en yaygın kullanılan ısı transfer akışkanıdır

Ticari olarak en uygun kullanımı olan güneş enerjisi uygulamalarından biri olan güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri (SSHS) kollektör, ısı transfer akışkanı, depo, bağlantı elemanları ve diğer yardımcı donanımlarda oluşur. Tek veya iki depolama tanklı direkt/indirekt güneş enerjili SSHS, geri boşaltmalı güneş enerjili SSHS, çalışma akışkanı soğutkan olan sistemler, pasif faz değişimli SSHS gibi tasarımlar geliştirilmiş uygulamaya alınmıştır [11].

Yapılan ölçümlere göre, ülkemizin %63 'ünde 10 ay, %17'sinde ise 1 yıl boyunca güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür [18]. Özellikle güney bölgelerimizde, su ısıtmak amacıyla kullanılan güneş kolektörleri gün geçtikçe artmaktadır.

4.5.2. Güneş Enerjisi Isıl Uygulamaları

Güneş enerjisinden yararlanmak için kullanılan ısı uygulamaları, düşük, orta ve yüksek sıcaklık uygulamaları olmak üzere üçe ayrılır. Düşük sıcaklık uygulamaları, daha çok düzlem toplayıcılarla su ısıtılması, konut ve sera ısıtılması için kullanılır. Orta sıcaklık uygulamalarında, güneş ışınlamı, odaklı toplayıcılarla toplanarak, sanayi için gerekli sıcak su veya buhar elde etmek için kullanılır. Genellikle bu tip toplayıcılarda, güneş ışınlamını sürekli olarak alabilmek için güneşi izleyen mekanizmalara gerek vardır. $300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklık değerinin üzerine çıkabilen,

yüksek sıcaklık uygulamalarında ise, geniş bir alana gelen güneş ışıını bir noktaya odaklanarak, metal ergitme fırınları çalıştırılabilir.

4.5.3. Soğutma ve İklimlendirme

Gerek iklimlendirme gerekse gıda maddeleri, ilaç gibi ürünlerin bozulmadan saklanabilmesi için gerekli soğutmanın elde edilmesinde güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür. Genelde soğutma gereksiniminin olduğu dönem, güneş ışıını şiddetinin en yüksek olduğu yaz aylarına rastlamaktadır. Sıcak iklim bölgelerinde soğutma amaçlı elektrik tüketimi, toplam elektrik tüketiminin yaklaşık %40'nı oluşturmaktadır [4].

4.5.4. Kurutma

Doğu Anadolu Bölgesinde başlıca geçim kaynağı tarım ve hayvancılıktır. Bu bölgede birçok tarımsal ürün yetiştirilmektedir. Üretim döneminde taze olarak tüketilen bu ürünlerin, önemli bir bölümü de kurutulmaktadır. Kurutma işlemi ile tüketim süresinin uzatılması mümkün olabilmektedir. Hazır gıda üretimi sanayisinin gelişmesi ile kurutulmuş ürünlere talep her geçen gün artmaktadır. Tarımsal ürünlerin dış satımında karşılaşılan sorunların aşılması, kurutma işleminin kapalı sistemlerde gerçekleştirilmesiyle mümkündür. Yöresel koşullara uygun olarak tasarlanacak kurutucularda enerji kaynağı olarak güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı mümkündür.

4.5.5. Yapı ve Mimari

Bina yönlendirmesinin ve çevre yapılarının uygun olması durumunda güneş enerjisi teknolojileri uygulanarak enerji tüketimleri azaltılabilir. Çatı ve pencerelerin değiştirilmesi, bina kullanım fonksiyonlarının yeniden düzenlenmesi, ısıtma ve havalandırma sistemlerinin değiştirilmesi, bina cephelerinin onarılması, güneş enerjisi teknolojilerinin uygulanmasında önemlidir. Havalı kollektörlerin kullanımı, güney cephede sera haline dönüştürülmüş balkonlar, kuzey cephede camlı geçiş galerileri, iyi tasarlanmış pencereler, ilave yalıtım gibi uygulamalar ile mevcut binalarda güneş enerjisi katkısı artırılabilir.

4.5.6. PV Sistemler

İletişim sistemleri, trafik sinyalizasyonu, park - bahçe - otoyol aydınlatması, ulusal elektrik şebekesinin ulaşmadığı kırsal yörelerdeki elektrik gereksiniminin karşılanması ve tarımsal amaçlı sulama için PV sistemlerinin kullanımı mümkündür.

4.5.7. Elektrik Üretiminde Güneş Enerjisi Pilleri

Artan sanayileşme ve konfor gereksinimleri, elektrik enerjisine olan talebi de arttırmıştır. Artan talep sonucu, aranan alternatif elektrik üretim yöntemlerinden biri de güneş pillerinden yararlanmaktır.

Güneş pilleri veya daha yaygın isimleriyle, fotovoltaik piller, üzerlerine düşen güneş ışınımını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren düzeneklerdir. Güneş pilleri, güneş ışığını doğru akım olarak elektrik enerjisine çevirirler. Elde edilen elektrik, doğru akım olarak kullanılabilirdiği gibi, alternatif akıma dönüştürülerek de kullanılabilir veya daha sonra kullanılmak amacıyla depolanabilir. Temel olarak, güneş pili; yakıtı güneş ışığı olan, hareketli parçaları olmayan ve çevreye zararlı atıklar içermeyen bir elektrik üretim düzeneğidir. Güneş ışığından her yerde yararlanmak olasıdır; ayrıca bu sistemler kolay taşınır, monte edilebilir ve özelliğine sahiptir. Elektrik çıkış güçlerine göre, kol saati, hesap makinesi gibi küçük güçlü yerlerden, elektrik üretim santralleri gibi büyük güçlü yerlere kadar, elektrik enerjisinin gerektiği her yerde kullanılabilirler [19].

Elektrik üretimi için pek çok yöntem olmasına karşılık, güneş pilleri ile elektrik üretiminin bazı yararları vardır. Bunlar aşağıda kısaca açıklanmıştır.

- Mevcut sistemlerden farklı olarak en büyük yararı, herhangi bir fosil yakıt veya bağlantı gerektirmeden bağımsız olarak elektrik üretilmesidir.
- Kullanılan yakıtı, her yerde ve bedava bulmak mümkündür. Taşıma ve depolama gibi sorunlar yoktur.
- Sistemde kullanılan hareketli parçalar çok az olduğundan çok az bakım gerektirirler. Elektrik üretiminde kullanılan diğer sistemler (jeneratörler, rüzgar veya hidro-elektrik türbinleri vs.) düzenli olarak bakıma gerek duyarlar. Eğer, pv sisteminiz kompleks ise, bir parça bakım gerekebilir; ancak, genel olarak, bu sistemler için “bakımsız” demek yanlış olmayacaktır.
- Diğer elektrik üretim sistemleriyle karşılaştırıldıklarında, belki de en büyük yararları güvenilir olmalarıdır. Hareketli parçaları ya çok azdır; ya da yoktur. Şimşekler, güçlü rüzgarlar veya kum fırtınaları, nem ve ısı, kar veya buz gibi doğa olaylarına dayanıklıdır.
- Enerjiyi kullanmak istendiği yerde üretmek olasıdır. Böylece enerjiyi taşımak gerekmez. Şebekenin ulaşmadığı, örneğin, GSM vericilerinin yerleştirildiği yerlerde, bu sistemi kullanmak olasıdır.

- Enerji kaynağı ile kullanım yeri arasında, uzun kablolar ve bağlantı elemanları olmadığından arada oluşabilecek güç kaybından kaçınılmış olur. Bu sistemle, çok sayıda tüketim noktası beslenmek istendiği zaman bile yerel kayıplar yok denecek kadar azdır.

- Modüler bir sistem olduğu için güç çıkışı kolaylıkla arttırılabilir. Mevcut modüllere yenilerinin eklenmesi ile sistem, artan güç gereksinimini karşılayabilecek duruma getirilebilir.

Güneş enerjisinden ekonomik olarak yararlanabilmek için, “Güneş Kuşağı” da denilen, 45° kuzey-güney enlemleri arasında yer almak gerekmektedir. Yapılan ölçümler, güneşlenme zamanı ve ışıyım şiddeti açısından, ülkemizin yüksek bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇ

Enerji insanoğlunun sahip olduğu en temel gereksinimlerden biridir. Bu nedenle enerji üretimi ve tüketimi üzerinde titizlikle durulması yeni stratejilerin geliştirilmesi gerekmektedir.

İhtiyaç duyulan bu enerjinin en düşük maliyetle ve sürekli olarak teminini sağlamak, çevre ve iklim üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak ve canlıların enerji ihtiyaçlarını karşılarken daha sağlıklı bir gelecek sağlamak amacıyla yaptığımız bu çalışmada, Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan illerin 15 yıllık bir periyoda ait olan hava şartları verileri lineer regresyon yöntemiyle modellenerek incelenmiştir. Ayrıca basınç, sıcaklık, relatif nem, rüzgar hızı, güneşlenme süresi, güneşlenme şiddeti ve rüzgar gücü hava verilerinin birbirleriyle olan etkileşimleri incelenmiş ve bu hava verilerinin rüzgar hızı ve güneşlenme şiddeti üzerine olan etkileri non-lineer regresyon modeli kullanılarak bulunmuştur. Geliştirilen bu modellerle, Doğu Anadolu Bölgesine ait gelecek yıllardaki hava şartları, güneşlenme şiddeti ve rüzgar gücü değerlerini tahmini olarak bulmanın mümkün olduğu ve hava şartlarının çevre ve enerji üzerindeki etkilerinin açıklanabileceği anlaşılmış ve şu sonuçlara ulaşılmıştır.

Enerjinin üretimi ve kullanımı, iklim ve çevre üzerinde kompleks bir etkiye sahiptir. İnsan sağlığına ve çevreye verdiği zararlı etkileri ile ülkemizin sürdürülebilir ve insani kalkınma hedefi açısından büyük tehdit oluşturan fosil kaynaklı yakıtların kullanımına sınırlama getirilmesi ülkemiz açısından çok önemlidir. Sürdürülebilir bir yaşam için kaynakların sürdürülebilirliğinin yanında yenilenebilir olması şarttır. Gelecek nesillere temiz ve kullanılabilir bir dünya bırakmak ve temiz toplum hedefine ulaşmak için sürdürülebilir ve yenilenebilir kaynaklara yönelmek gerekir. Bu nedenle günümüzde ve gelecek için yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ortaya konularak kullanımı ve yönlendirilmesi zorunludur. Bu tür meteorolojik çalışmalar yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında yol gösterici olacaktır.

Yenilenebilir çevre dostu enerji kaynaklarının ulusal enerji arzına katkısı, maliyet azaltıcı etkisi ve tüketiciye olumlu ekonomik ve sosyal yararları dikkate alınarak uygulama alanları hızla genişletilmelidir.

Güneş enerjisi potansiyelini belirleme çalışmaları sonucunda Doğu Anadolu Bölgesi'nin güneş ışıınımı ve güneşlenme süresi açısından güneş enerjisi uygulamaları için özellikle Van, Tunceli, Malatya ve Elazığ olmak üzere oldukça uygun olduğu görülmüştür. Bu nedenle, koşullara uygun olarak tasarlanacak kurutucularda yaş gıda kurutması için enerji kaynağı olarak güneş enerjisi kaynaklarının kullanımı mümkündür.

Güneş mimarisi, bina yönlendirmesinin ve çevre yapılarının uygun olması durumunda güneş enerjisi teknolojileri uygulanarak enerji tüketimleri azaltılabilir.

Sıcak su temininde güneş enerjisinden faydalanılacağı gibi gerek iklimlendirme gerekse gıda maddeleri, ilaç gibi ürünlerin bozulmadan saklanabilmesi için gerekli soğutmanın elde edilmesinde de güneş enerjisinden yararlanarak enerjiden tasarruf edilebilir.

Doğu Anadolu Bölgesi illerinin rüzgar enerjisi potansiyelini belirleme çalışmalarında 1991-2005 yılları arasında 10 m yükseklikte Meteoroloji Bölge Müdürlüğü tarafından ölçülen yıllık ortalama değerler kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Maksimum rüzgar gücü Erzurum, Elazığ, Van ve Kars illerinde hesaplanmıştır. Araştırmanın sonucuna göre Doğu Anadolu Bölgesi illerinin tamamında yıllık ortalama rüzgar gücü değerleri 100 W/m^2 'nin altında olduğu bulunmuştur. Bu rakamlar, tarım ve hayvancılık açısından uygun bir arazi yapısına sahip olan illerde rüzgar enerjisinden, su pompalama amaçlı ya da küçük bir evin elektrik ihtiyacı için faydalanılabileceğini göstermektedir. Ayrıca bu değerler bazı elektrik üretimi ve mekanik uygulamalar için (örneğin pil şarj etme gibi) yeterli olabilmektedir.

KAYNAKLAR

1. “Hava Parametre Verileri” Ankara Meteoroloji Genel Müdürlüğü ve Malatya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü
2. Akpınar E.K., Biçer Y., “Elazığ’daki Hava Şartları ve Rüzgar Gücünün Modellemesi”, II. Ulusal Ege Sempozyumu, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, 26-28 Mayıs 2004, 257-263.
3. Köse, R., Özgür, M.A., Alakuş, B., “Kütahya Rüzgar Enerjisi Potansiyeli”, II. Ulusal Ege Enerji Sempozyumu Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, 26-28 Mayıs 2004, 229-237.
4. Koçar G., Özbalt N., “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyelimiz” , Güneş Enerjisi Enstitüsü Dergisi, 3(1), 81-89, 1999
5. Bakırcı, K., Özyurt, Ö., Yılmaz, M., Erdoğan, S., Erzurum ili enerji çalışmaları için iklim ve meteoroloji verileri, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 9, 5, 19-26, 2006.
6. “Meteoroloji”, 2. Ana Jet Üs/Uçuş Eğitim Merkezi Komutanlığı Yayınları No: 6 Ocak 2000
7. Al-Garni, A.Z., Şahin, A.Z., Al-Farayedhi, A., Modelling of weather characteristics and wind power in the Eastern Part of Saudi Arabia, International Journal of Energy Research, 23, 805-812, 1999.
8. Montgomery, D.C., Peck, E.A., Introduction to linear regression analysis, Wiley, New York, 1985.,
9. Abdul-Aziz J, A-Nagi A, Zumailan AAR (1993) Global solar radiation estimation from relative sunshine hours in Yemen. Renewable Energy 3(6-7): 645-653
10. Apple LSC, Chow TT, Square KFF, Lin JZ (2006) Generation of a typical meteorological year for Hong Kong. Energy Conversion and Management 47: 87-96
11. Tasdemiroglu E, Sever R (1991) Estimation of total solar radiation from cloudiness in Turkey. Renewable Energy 1(5-6): 775-778.
12. Hansen JW (1999) Stochastic daily solar irradiance for biological modeling applications. Agricultural and Forest Meteorology 94(1): 53-63

13. Sen Z (2007) Simple nonlinear solar irradiation estimation model. Renewable Energy 32: 342–350
14. Kasten F, Czeplak G (1980) Solar and terrestrial radiation dependent on the amount and type of cloud. Solar Energy 24(2): 177–189
15. Norris DJ (1968) Correlation of solar radiation with clouds. Solar Energy 12: 107–112.
16. www.meteor.gov.tr , www.coğrafya.dostweb.com
17. Tunay Sıtkı UYAR, “Yenilenebilir Enerji”, <http://bugday.org/category.php>
18. <http://www.enerji.gov.tr/yenilenebilirenerji.htm>
19. <http://www.eie.gov.tr>

ÖZGEÇMİŞ

Şerif YILMAZ, 12.06.1981 tarihinde Malatya da doğdum. İlk ve orta öğrenimimi Malatya Atatürk ilköğretim okulunda, lise öğrenimimi ise Ankara Anadolu Meteoroloji Meslek Lisesinde tamamladım. Kpss sınavıyla 2001 yılında Meteoroloji Genel Müdürlüğüne bağlı Malatya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü bünyesinde Erhaç 7. Ana Jet Üssünde göreve başladım. 2004 yılında Malatya İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünden başarıyla mezun oldum. Şu anda Fırat Üniversitesi Makine Mühendisliği Enerji Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans yapmaktayım.