

152142

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜNEŞ LEKESİ ÇEVİRİM SÜRECİ İÇERİSİNDE
KOZMİK IŞINLARIN YERYÜZÜ İKLİMİ-BULUT
ÖRTÜSÜ İLE OLAN İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. M. Ender AKCAN
511011180**

152142

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 6 Ağustos 2004

Tezin Savunulduğu Tarih : 6 Ağustos 2004

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Ş.Sibel MENTES
Tezin Eş Danışmanı : Prof. Dr. Yurdanur TULUNAY
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Zafer ASLAN (B.Ü)
Prof. Dr. Süreyya ÖNEY (İ.T.Ü)
Doç. Dr. Kasım KOÇAK (İ.T.Ü)

[Handwritten signatures of the thesis advisors and jury members]

AĞUSTOS 2004

ÖNSÖZ

Bu çalışmayı yaparken desteklerini esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Ş. Sibel Menteş'e ve eş danışman hocam Prof. Dr. Yurdanur Tulunay'a en içten dileklerimle teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca her ihtiyacım olduğunda yardımlarını gördüğüm, Prof. Dr. Mikdat Kadioğlu'na, Prof. Dr. Zerefşan Kaymaz'a, Doç. Dr. Yurdanur Ünal'a, Araş. Gör. Hasan Tatlı'ya, Yrd. Doç. Dr. Hacı İbrahim Keser'e en içten dileklerimle teşekkürlerimi sunarım.

Özellikle kozmik ışın verilerinin temininde önemli katkıları olan Prof. Karel Kudela'ya ve bulut verileri temininde desteklerini esirgemeyen sevgili Michael Carey'e ayrıca teşekkür etmek istiyorum.

Tabi ki yıllarca maddi ve manevi desteklerini sürekli hissettiğim sevgili aileme teşekkürlerimi sunarken, karşılığını verdiğim için çok mutlu olduğumu belirtmek istiyorum.

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR

TABLO LİSTESİ

ŞEKİL LİSTESİ

SEMBOL LİSTESİ

ÖZET

SUMMARY

1. GİRİŞ

2. KOZMİK IŞINLAR

2.1. Kozmik Işın Kavramı

2.2. Kozmik Işınlaraın Keşfi

2.3. Kozmik Işınlaraın Enerjileri ve Hızı

2.3.1. Supernova

2.4. Galaksi İçerisindeki Kozmik Işınlara

2.4.1. Synchrotron Radiation

2.5. Çok Yüksek Enerjili Kozmik Işınlara

2.6. Güneş Sistemi İçindeki Kozmik Işınlara

2.7. Atmosfer İçerisindeki Kozmik Işınlara

2.7.1. Aerosollerin Kozmik Işınlara ile İlişkisi

2.8. Yerin Magnetik Alanı

3. BULUTLAR VE MİKROFİZİKSEL YAPISI

3.1. Bulut Kavramı ve Bulutluluğun Önemi

3.2. Bulut Damlacıklarının Oluşumu

3.2.1. Çarpışma ve Birleşme Teorisi

3.2.2. Buz-Kristal İşlemi

3.3. Bulut Mikrofiziği

3.4. Bulutluluk ve Kozmik Işınlara Arasındaki İlişki

3.4.1. “İyon-Aerosol-Açık Hava” Mekanizması

3.4.2. “İyon – Aerosol – Bulut” Mekanizması

3.5. Aerosollerin İklim ve Bulutlar İle İlişkisi

4. KULLANILAN VERİ VE ÇALIŞMA ALANI	24
4.1. International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP)	25
4.2. Lomnický Nötron Monitörü	25
4.2.1. Nötron Monitörleri	26
4.2.2. Jeomagnetik Kesme (Cutoff) Etkisi	26
4.2.3. Magnetik Dayanıklılık (Magnetic Rigidity)	27
5. KULLANILAN YÖNTEMLER	28
5.1. SPE Analiz Yöntemi	28
5.2. Yapay Sinir Ağları (YSA)	29
5.2.1. İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları (İBYSA)	30
5.2.2. YSA Tabanlı METUNN Modeli	31
6. ANALİZ VE TARTIŞMALAR	33
6.1. Bulut Verileri Ve Kozmik Işınlr İçin SPE Analizi	33
6.2. YSA Tabanlı METUNN Model Analizi	39
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	39
KAYNAKLAR	42
EKLER	44
ÖZGEÇMİŞ	76

KISALTMALAR

SPE	: Superposed Epoch Analysis
YSA	: Yapay Sinir Ağları
İBYSA	: İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları
METUNN	: Middle East Technical University Neural Network Model
Ci	: Cirrus
Cs	: Cirrostratus
Cc	: Cirrocumulus
As	: Altostratus
Ac	: Altocumulus
St	: Stratus
Sc	: Stratocumulus
Ns	: Nimbostratus
Cu	: Cumulus
Cb	: Cumulonimbus
CN	: Condensation Nuclei
CCN	: Cloud Condensation Nuclei
UCN	: Ultrafine Condensation Nuclei
ISCCP	: International Cloud Climatology Project
WCRP	: World Climate Research Program
IR	: Infrared
VIS	: Visible
NM	: Neutron Monitor
IQSY	: International Quiet Sun Years (1964-65)

TABLO LİSTESİ

	<u>Savfa No</u>
Tablo3.1.1 Bulutların radyatif etkileri.....	12
Tablo6.1.1 ΔT Tablosu.....	47
Tablo6.1.2 “Olay” dönemlerindeki bulut verilerinin değerleri.....	48
Tablo6.1.3 Kozmik ışın yoğunluğu-bulutluluk miktarı korelasyon değerleri...	48
Tablo6.1.5 Kozmik ışın yoğunluğu-bulut tepe sic. korelasyon değerleri.....	48
Tablo6.2.1 METUNN modeli için girdi-çıkı tablosu.....	49
Tablo6.2.2 “Eğitim”, “test” ve “operasyon” evreleri tablosu.....	49
Tablo6.2.3 Model sonuçlarının hata analizleri.....	49

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 : Kozmik ışınların yükseklikle değişimi.....	3
Şekil 2.4.1 : Synchrotron Radiation.....	6
Şekil 2.5.1 : Kozmik ışın sağanağı diagramı.....	7
Şekil 2.5.2 : Elektron ve pozitron oluşumu.....	7
Şekil 2.6.1 : Kozmik ışın yoğunluğu ile güneş leke sayısı değişimi.....	8
Şekil 2.8.1 : Yerin magnetik alanı.....	11
Şekil 3.3.1 : Kaynak ve bulut arasındaki partikül sirkülasyonu.....	16
Şekil 3.4.1.1: İyon-Aerosol-Açık Hava mekanizması.....	19
Şekil 3.4.2.1: İyon-Aerosol-Açık Hava mekanizması.....	21
Şekil 4.1 : İnceleme alanı.....	50
Şekil 4.2 : Farklı monitörler için kozmik ışın yoğunluğu değişimi.....	50
Şekil 5.1 : Kozmik Işın Sıklık Analizi.....	51
Şekil 5.2.1.1 : İleri beslemeli üç katmanlı YSA.....	30
Şekil 6.1.1 : 1983-2001 yılları arasındaki ortalama güneş leke sayısı (a), kozmetik ışın yoğunluğu (b), bulutluluk miktarı (c), bulut tepe sıcaklığı (d) ve bulut optik kalınlığı (e) değişimleri	52
Şekil 6.1.2 : Kozmik ışın yoğunluğu ile bulut verileri anomalileri değişimi....	54
Şekil 6.1.3 : Uzun dönem aylık ortalama değişim(bulutluluk-kozmetik ışın)....	55
Şekil 6.1.4 : Uzun dönem aylık ortalama değişim(bulut optik kal-kozmetik ışın)	56
Şekil 6.1.5 : Uzun dönem aylık ortalama değişim(bul.tepe sic.-kozmetik ışın)..	57
Şekil 6.1.6 : Sakin dönemler için bulut tepe sıcaklığı (ΔT).....	58
Şekil 6.1.7 : Güneş leke sayısı ile ΔT arasındaki aylık (a) ve yıllık (b) değişim.	59
Şekil 6.1.8 : Bulutluluk miktarı için kısa dönem (a) ve uzun dönem (b) SPE ana.	61
Şekil 6.1.9 : Bulut tepe sic. için kısa dönem (a) ve uzun dönem (b) SPE analizi....	62
Şekil 6.1.10 : Bulut tepe sic.ile bulutluluk mik. analizlerinin karşılaştırılması.....	63
Şekil 6.1.11 : Bulut optik kal. için kısa dönem (a) ve uzun dönem (b) SPE analizi.	64
Şekil 6.1.12 : Bulut tepe sic.ile bulut optik kal. analizlerinin karşılaştırılması.....	65
Şekil 6.1.13 : İstanbul için bulutluluk miktarı SPE analizi.....	66
Şekil 6.1.14 : İstanbul için bulut tepe sıcaklığı SPE analizi.....	67
Şekil 6.1.15 : Bulut tepe sic.ile bulutluluk mik. analizlerinin karşılaştırılması (İst.)	68
Şekil 6.1.16 : İstanbul için bulut optik kalınlığı SPE analizi.....	69
Şekil 6.1.17 : Güneş aktiviteleri ile bul. miktarının 1983-2001 dönemindeki trendi	70
Şekil 6.1.18 : Kozmik ışın-bulutluluk ilişkisinin noktasal dağılımı.....	71
Şekil 6.2.1 : Belirlenmiş grid noktaları için gözlenmiş ve tahmin edilmiş bulutluluk miktarı değişimi.....	72
Şekil 6.2.2 : Belirlenmiş grid noktaları için gözlenmiş ve tahmin edilmiş bulut tepe sıcaklığı değişimi	73
Şekil 6.2.3 : Bulutluluk miktarı (a), bulut tepe sıcaklığı (b) için tahmin performansı.....	74

SEMBOL LİSTESİ

K^+, K^-, K^0	: Kaonlar
Π^+, Π^-, Π^0	: Pionlar
μ^+, μ^-, μ^0	: Muonlar
$\nu_\mu, \bar{\nu}_\mu$	: Nötrino muonlar
ρ	: Nükleer tanecik
n	: Nükleer tanecik
γ	: Gamma ışını
e^+, e^-	: Elektronlar
$\rho_v, \rho_{\bar{v}}$	: Subuharı miktarları
ΔT	: Sakin dönemler için bulut tepe sıc. farkı
τ_*^{-1}	: Subuharı artış oranı
τ_{fall}^{-1}	: Yağışa dönüşme oranı
τ_{supply}^{-1}	: Subuharı toplanma oranı
τ_{remove}^{-1}	: Subuharı azalma oranı
τ_{growth}^{-1}	: Partiküllerin çarpışarak büyüme oranı
τ_{cond}^{-1}	: Yoğuşma oranı
τ_{chem}^{-1}	: Partiküllerin kimyasal birleşme oranı
τ_{evap}^{-1}	: Buharlaşma oranı
A	: İyonun atomik kütlesi (çekirdek içindeki nötron veya proton sayısı)
Q	: İyonun yükü
E	: İyonun kinetik enerjisi
M_0	: Atomik kütle
R	: Magnetik dayanıklılık

ÖZET

Yapılan incelemeler global bulutluluk miktarının, dünyanın radyasyon bütçesinde önemli bir rol üstlendiğini ($17-35 \text{ Wm}^{-2}$) ortaya koymuştur. Bu nedenle bulutluluk ve kozmik ışınlar arasındaki ilişkinin incelenmesi ve belirlenmesi dünya iklimi açısından da oldukça önemlidir. Güneş aktivitelerinin minimum olduğu periyotta, atmosfere giren kozmik ışın akısı maksimuma ulaşır. Bu nedenle bu konuda yapılan çalışmalar için güneş aktivitelerinin minimum olduğu dönemler göz önünde bulundurulur. Kozmik ışınlar ile bulutluluk arasında bir ilişkinin olduğuna yönelik çalışmalar son yıllarda artmaya başlamıştır. Eğer kozmik ışınlar ile bulutluluk arasındaki olası ilişki belirlenebilirse, güneş aktiviteleri ile dünya iklimi arasındaki bağlantı da gösterilebilir. Yapılan bu çalışmada SPE analiz yöntemi kullanılarak kozmik ışın-bulut verileri arasındaki ilişki irdelenmiştir ve sonuç olarak bu parametreler arasında bir ilişki görülmüştür. Çalışmanın ikinci aşamasında ise, “Yapay Sinir Ağları (YSA)” tabanlı METUNN modeli ile bulutluluk miktarı ve bulut tepe sıcaklığı için tahmin çalışması yapılmıştır. Elde edilen sonuçların hata limitlerine uygun olduğu görülmüştür.

ABSTRACT

Earth's climate could be affected by changing cloudiness caused by variations in the intensity of galactic cosmic ray in the atmosphere. Some studies demonstrated that a meaningful correlation has been established between cosmic ray intensity and Earth's average cloud cover over the course of one solar cycle. It has been found that the Earth's cloud cover observed by satellites correlated with cosmic rays. Cloud influences vertical integrated radiative properties of the atmosphere ($17-35 \text{ Wm}^{-2}$). The net radiative impact of a particular cloud mainly depends upon its highness above the surface, amount and its optical thickness. It has been shown that the Earth's cloud cover obtained from satellites within the last solar cycle follows the variation in galactic cosmic ray rather than the other solar activity parameters. In this thesis, the relationship between cosmic rays and cloudiness has been investigated by SPE analysis and consequently have shown a significant relationship between these parameters. In this paper a case study will demonstrate the "Artificial Neural Network" modeling (METUNN). That is the regional amount of cloudiness and cloud top temperature will be forecast and consequently have shown a fitted results according to error limits.

1. GİRİŞ

Günümüze değin yapılmakta olan çalışmalar, global bulutluluk miktarının, dünyanın radyasyon bütçesinde önemli bir rol üstlendiğini ($17\text{-}35\text{ Wm}^{-2}$) ortaya koymaktadır. Bu nedenle bulutluluk ve kozmik ışınlar arasındaki ilişkinin incelenmesi ve belirlenmesi dünya iklimi açısından da oldukça önemlidir. Solar aktivitelerin minimum olduğu peryotta, atmosfere giren kozmik ışın akısı maksimuma ulaşır. Bu nedenle bu konuda yapılan çalışmalar için güneş aktivitelerinin minimum olduğu dönemler göz önünde bulundurulur.

Dünya iklimi, atmosferdeki galaktik kozmik ışınların yoğunluğundaki değişikliklerin etkilediği bulutluluk miktarındaki değişimlerden etkilenmektedir (Svensmark ve Christensen, 1999).

Gelişen uydu teknolojisi ile elde edilen veriler yardımıyla yapılan çalışmalar; kozmik ışınlar ve bulutluluk arasındaki etkileşimin daha çok alçak seviyeli bulutlar üzerinde olduğunu göstermektedir (Svensmark, 2000). Alçak seviyeli bulutlar iklim üzerinde net bir soğuma etkisi göstermektedir (Hartmann, 1993). Bu nedenle daha fazla kozmik ışın, daha fazla alçak seviye bulut oluşumu ve daha düşük sıcaklıklar anlamına gelmektedir (Carslaw ve Harrison, 2002). Yapılan gözlemler; solar çevrim sürecinde, alçak seviye bulutlarında meydana gelen %1.7'lik değişimin, dünyanın radyasyon bütçesinde 1 Wm^{-2} oranında değişim meydana getirdiğini göstermektedir. Enerji girişindeki bu değişim CO_2 emisyonlarından kaynaklanan 1.4 Wm^{-2} oranındaki değişim ile karşılaştırıldığında oldukça önemlidir.

Kozmik ışın yoğunluğu geçmişte (yüzyıllık ve bin yıllık zaman ölçeklerinde), güneşin magnetik aktivitesindeki stokastik değişimler ve jeomagnetik alandaki değişimlerin sonucu olarak değişime uğramıştır (Shindell, 1999). Bu değişimler, buz çekirdekleri içerisindeki ^{10}Be konsantrasyonlarının belirlenmesiyle saptanmıştır.

Dünya havasındaki değişimler ile güneş aktivitelerindeki değişkenlik arasında bir bağlantı kurmayı amaçlayan üç temel mekanizma vardır:

- Toplam solar irradyansındaki değişimler, atmosferin düşük seviyelerine değişken bir ısı girişini sağlar. Solar irradyansın geçmiş ölçümleri, güneş çıktısının onlarca yıllık zaman ölçeğinde $\sim 0.1\%$ 'lik bir değişim olduğunu göstermiştir ki bu değişim, güneş tarafından meydana getirilen global ortalama sıcaklık değişiminin ~ 0.1 K değerini açıklamak için yeterlidir.
- İkinci mekanizma; solar çevrim süreci boyunca, yüzde olarak çok değişim gösteren solar ultraviyole (UV) radyasyonunu kapsamaktadır. UV radyasyonunun absorbe edildiği stratosferdeki ısınma ve ozon konsantrasyonundaki değişim hipotezleri, atmosferin aşağı seviyelerine dinamik olarak bağlıdır (Geller ve Alpert, 1980; Haigh, 1996).
- Üçüncü ve son mekanizma ise; yoğunlaşma çekirdeklerinin çokluğu, oraj bulutlarının elektrik yapısı ve siklon içindeki buz oluşumu gibi bulut işlemlerini kapsayan hava üzerindeki kozmik ışınların etkisini kapsamaktadır.

Bu çalışmada, solar çevrim sürecinde dünyanın ortalama bulutluluk miktarı ile kozmik ışın yoğunluğu arasındaki gözlenen ilişki ele alınmaktadır. Bu ilişki araştırılırken, bulut verileri (bulutluluk miktarı, bulut tepe sıcaklığı ve bulut optik kalınlık) için SPE (Superposed Epoch) Analiz yöntemi uygulanmıştır. Analiz sonucunda kozmik ışın yoğunluğunun bulut verileri ile ilişkili olduğu sonucu görülmüştür.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise, "Yapay Sinir Ağları (YSA)" tabanlı METUNN modeli (Tulunay ve diğ., 2004) ile bulutluluk miktarı ve bulut tepe sıcaklığı için tahmin çalışması yapılmıştır. Elde edilen sonuçların hata limitlerine uygun olduğu görülmüştür.

İlerleyen bölümlerde sırasıyla; teorik bilgiler, veri ve çalışma alanı hakkında bilgiler, çalışmada uygulanan yöntemlere ilişkin bilgiler ve analiz sonuçları bulunmaktadır.

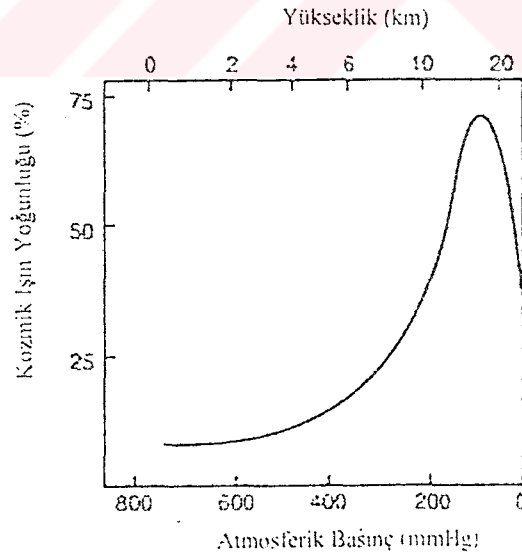
2. KOZMİK IŞINLAR

2.1 Kozmik Işın Kavramı

Kozmik ışınlar, yüksek enerji yüklü parçacıklar olup, ışık hızına yakın bir hızla hareket ederek tüm yönlerden dünyaya girerler. Kozmik ışınlar çoğunlukla, proton ve nötronlar (periyodik tablodaki hafif elementler ile ağır elementler arasında değişen) şeklindedirler.

Kozmik ışınlar, yüksek enerjili elektronlar, pozitronlar ve diğer subatomik partikülleri içerirler. Kozmik ışınlar terimi ile genellikle “galaktik kozmik ışınlar” kastedilmektedir. Galaktik kozmik ışınlar, güneş sistemi dışındaki kaynaklardan ulaşan kozmik ışınlardır.

Dünyanın kutup bölgelerinde kozmik ışın sayısında artış gözlenirken, ekvatora doğru kozmik ışın sayısının azaldığı görülmektedir. Kozmik ışınlar, helyosfere girdiğinde güneş rüzgarının magnetik alan etkisi ve yerin dipol alan etkisi nedeniyle sapmaya maruz kalırlar. Atmosferin tepesinde kozmik ışın akı yoğunluğu %15, ekvator bölgesinde %5 ve kutuplarda ise %50 civarındadır. Kozmik ışın yoğunluğu yükseklikle artmaktadır (Şekil 2.1). Ayrıca kozmik ışınlar enlemle değişkenlik göstermektedir. Bu değişkenlik yüklü parçacıkların yerin magnetik alanı tarafından etkilendiğini göstermektedir.



Şekil 2.1. Kozmik ışınların yükseklikle değişimi. Grafikten kozmik ışın yoğunluğunun 15 km seviyesinde maksimuma ulaştığı ve sonrasında hızla düştüğünü görmekteyiz. Bu değişim 1936 yılında Pfozter tarafından bulunmuştur (Pfozter buradan hareketle ikincil partiküllerin, birincil partiküllere göre daha çok yere ulaşabildiğini belirtmiştir).

(<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/astro/cosmic.html>)

Atmosferde 35 km'nin altındaki bölgede olan iyonizasyon kozmik ışınlar tarafından meydana gelir (yer ile 1 km arasındaki bölge hariç. Bu bölgedeki iyonizasyon dünyanın iç kısımlarından çıkan radyoaktif gazlar tarafından meydana gelir). İyonizasyondaki değişim, atmosferin optik geçirgenliğini etkilemektedir.

Kozmik ışının neden olduğu iyonizasyon, iyonosfer ve yer yüzeyi arasındaki iletkenliğin sürekliliğini sağlar (Carslaw ve Harrison, 2002).

2.2 Kozmik Işınlaraın Keşfi

Kozmik ışınlar, Victor Hess tarafından 1912 yılında keşfedilmiştir. Hess kendisinin de içinde bulunduğu balon yükselirken, elektroskopun çok hızlı bir şekilde yüklendiğini fark etmiş ve atmosfer içerisine dışarıdan bir radyasyon kaynağından giriş olduğunu belirlemiştir. Bu buluşuyla 1936 yılında Nobel ödülü almıştır (http://www.srl.caltech.edu/personnel/dick/cos_encyc.htm).

1930' lu yıllarda yerin magnetik alanından etkilenmesinden dolayı, kozmik ışınların elektrik yüklü olduğu bulunmuştur. Daha sonraki yıllarda kozmik ışınlar ile ilgili yapılan araştırmaların amaçları aşağıda belirtilmektedir:

- Kozmik ışınların kaynağı,
- Kozmik ışınların yüksek hıza sahip olmasının nedeni,
- Galaksi dinamikleri içinde oynadıkları rol,
- Kozmik ışınların kompozisyonu.

2.3 Kozmik Işınlaraın Enerjileri ve Hızı

Kozmik ışınlar yaklaşık %89 hidrojen çekirdeği (proton), %9 helyum ve %1 oranında karbon, oksijen, magnezyum, silikon ve demir gibi ağır elementlere ilaveten ayrıca %1 oranında da elektron içermektedir.

Kozmik ışınların enerjileri MeV (mega elektron volt) veya GeV (giga elektron volt) olarak ölçülür (1 eV = 1 voltluk potansiyel farkı bulunan bir alana bir elektronun girmesi sonucunda ortaya çıkan birim enerji miktarı).

Galaktik kozmik ışınların çoğu 100 MeV ile 10 GeV arasında enerjiye sahiptir. Kozmik ışınlar, enerjilerini supernova patlamaları sonucunda kazanırlar. Galaksi içerisinde yılda yaklaşık 50 supernova patlaması meydana gelmektedir. Supernova patlamaları sonucunda ortaya çıkan toplam enerji miktarı yaklaşık 10^{51}

erg civarındadır. Ortaya çıkan bu enerjinin kozmik ışınların kaynağını oluşturduğu düşünülmektedir.

Kozmik ışınlar şok dalgası gibi hareket ederler ve yüksek hızlarının kaynağını da yine bu büyük patlamalar oluşturmaktadır.

(http://www.srl.caltech.edu/personnel/dick/cos_encvc.htm)

2.3.1 Supernova

Supernova, çok büyük bir yıldızın patlaması olarak tanımlanır. Bu patlama sırasında ortaya çıkan parlaklık, 10 milyar güneşin parlaklığına eşdeğerdedir. Patlama sonucunda ortaya çıkan toplam enerji miktarı 10^{44} joule civarındadır.

Patlamış bir yıldızın bazı katmanları radyatif bulut haline gelerek genişlemeye başlar. Genişleyen bu bulut, patlamanın olmasından çok uzun bir süre sonra görülebilir hale gelmektedir ve “supernova kalıntısı (supernova remnant)” adını alır.

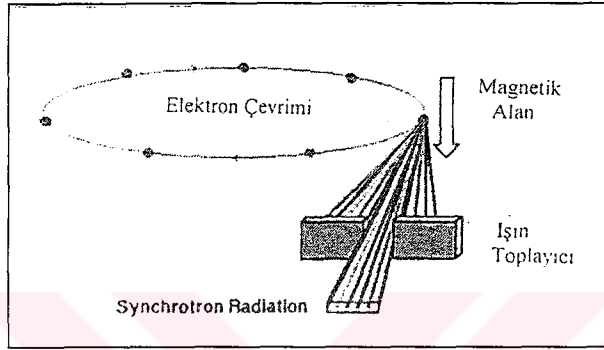
(<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/astro/cosmic.html>)

2.4 Galaksi İçerisindeki Kozmik Işınlar

Kozmik ışınlar elektrik yüklü parçacıklar olduğundan, magnetik alanlardan etkilenmektedirler. Bu nedenle hareket yönleri sabit değil, değişkendir. Hareket yönlerinin sabit olmayışı, oluşum kaynaklarının kesin olarak belirlenebilmesini imkansız kılmaktadır. Bununla beraber galaksi içerisindeki kozmik ışınlar, oluşturdukları elektromanyetik radyasyon nedeniyle izlenebilmektedir. Örneğin Crab Nebula supernovasının bir kozmik ışın kaynağı olduğu bilinmektedir. Bu bilgi, patlamanın yarattığı magnetik alan içerisinde kozmik ışın elektronlarının helezonlarının “radyo synchrotron”lar tarafından kaydedilmesiyle elde edilmiştir. Buna ek olarak, kozmik ışınların gezegenler arası gazlarla çarpışması sonucu ortaya çıkan yüksek enerjili (10 MeV – 1000 MeV) gamma ışınlarının gözlemleri, kozmik ışınların büyük bir bölümünün galaksi plağına hapsedilmiş (tahminen magnetik alan etkisi nedeniyle) olduğunu göstermektedir. Kozmik ışın çekirdeklerinin benzer şekilde çarpışmaları hafif çekirdekli parçacıklar (radyoaktif izotop ^{10}Be gibi) meydana getirir. ^{10}Be izotopunun yarı-ömrü 1.6 milyon yıldır. ^{10}Be miktarı ölçümleri, ki aynı zamanda kozmik ışınları göstermektedir, ortalama olarak kozmik ışınların, galaktik uzay içerisine kaçmadan önce galaksi içerisinde 10 milyon yıl geçirdiğini göstermiştir.

2.4.1 Synchrotron Radyasyonu

Magnetik alan içerisine giren elektronların oluşturduğu elektromagnetik radyasyondur. Magnetik alan içerisine giren elektron hızlanmaya başlar (ivmelenerek) ve sonrasında elektromagnetik enerji yayarlar. Elektronların yaydığı bu enerji; “magnetik bremsstrahlung” veya “synchrotron radiation” olarak tanımlanır.



Synchrotron radyasyonun en önemli özellikleri:

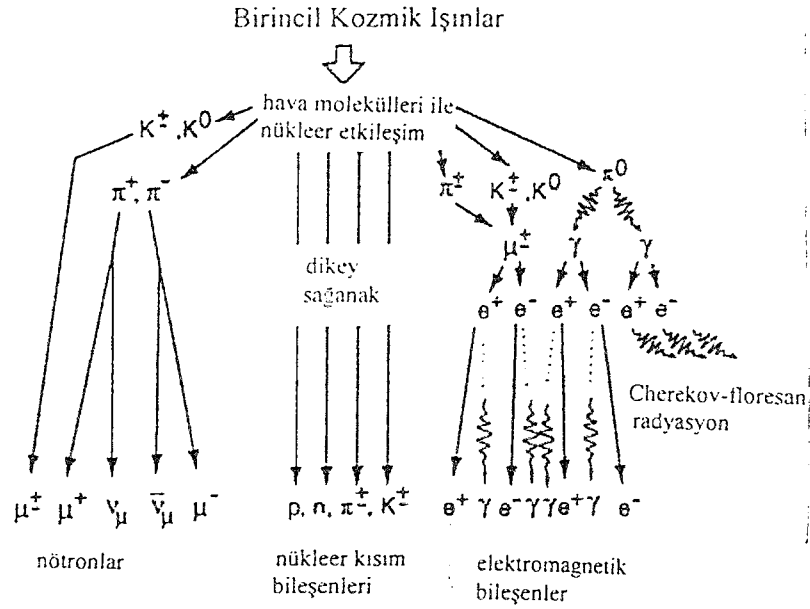
- Yüksek parlaklık,
- Geniş enerji spektrumuna sahip olmasıdır.

Şekil 2.4.1 Synchrotron Radyasyonu (<http://all-physics.net/>)

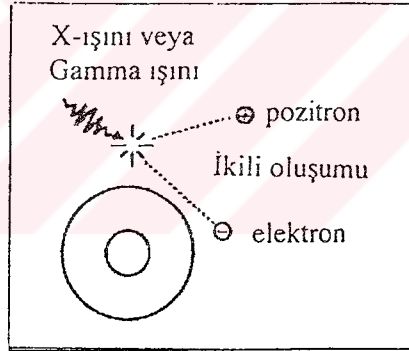
2.5 Çok Yüksek Enerjili Kozmik Işınlr

Yüksek enerjili kozmik ışınlar ile yukarı atmosferde bulunan atomların çarpışmaları sonucunda, yukarı atmosferden yeryüzeyine doğru sağanak şeklinde hareket eden “ikincil kozmik ışın partikülleri” oluşur (Şekil 2.5.1). İkincil kozmik ışınlar, elektronlar ve pozitronları içermektedir. Bu elektron ve pozitronlar; muon, nötron ve gamma ışınlarının çarpışma sonucundaki bozunumları sonucunda çok hızlı bir şekilde oluşmaktadırlar (Şekil 2.5.2).

Yeryüzeyine ulaşabilen kozmik ışınların miktarı, kozmik ışınların enerjisine bağlıdır. Her dakika bedenimize binlerce kozmik ışın girmesine rağmen, radyasyon seviyesi diğer radyasyon kaynaklarına nazaran oldukça düşüktür. Kozmik ışın yoğunluğunun fazla olması (dış uzaydaki) astronotlar ve uzayda bulunan elektronik materyaller için tehlike riski taşımaktadır .



Şekil 2.5.1 Kozmik ışın sağanağı diagramı. Yukarı atmosferde meydana gelen yüksek enerjili çarpışmalar, hafif parçacıkların (pion ve muon gibi) oluşmasını sağlar. Kozmik ışın parçacıkları, atmosferin tepesine “birincil (primary) kozmik ışınlar şeklinde ulaşmaktadır. Atmosferik atomlarla olan çarpışmaları sonucunda “ikincil (secondary)” hale gelmektedirler. (<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/astro/cosmic.html>)

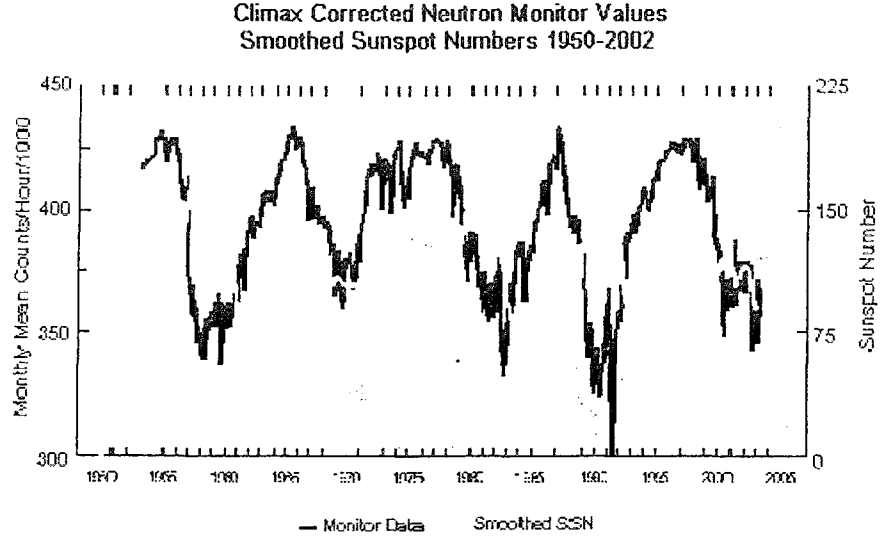


Şekil 2.5.2 Elektron ve pozitron oluşumu
(<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html>)

2.6 Güneş Sistemi İçindeki Kozmik Işınlar

Kozmik ışınlar, ancak gezegenler arası uzayda bulunan magnetik alanların gözlenmesi sonucunda tespit edilmektedir. Ayrıca kozmik ışınlar, güneş rüzgarı (güneş koronasından çıkan elektron ve iyonlardan oluşan plazmanın hızı yaklaşık 400 km/s civarındadır) içerisinde oluşan magnetik alandan da etkilenmektedirler. Bu nedenle güneş merkezi sistemi içlerine doğru gitmeleri çok zordur.

Güneş aktiviteleri değişimi yaklaşık 11 yıllık periyotları içermektedir. Kozmik ışın yoğunluğundaki değişim de solar çevrim ile aynı periyotta (~11 yıl) ancak güneş lekeleri sayısı ile ters ilişkilidir (Şekil 2.6.1).



Şekil 2.6.1. Güneş leke sayısı ile Climax nötron monitöründen sağlanan kozmik ışın verisinin değişimi görülmektedir (http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SOLAR/COSMIC_RAY/cosmic.html)

Güneş nadiren de olsa kozmik ışın çekirdeklerinin ve elektronların kaynağı olabilmektedir. Bu partiküller, korona içerisinden hareket eden şok dalgalarıyla ve güneş alevlerinde ortaya çıkan magnetik enerji ile hız kazanmaktadır.

Uzayda meydana gelen oluşumlar sonucunda, enerji yüklü partiküllerin yoğunluğu 10^2 ile 10^6 katına çıkabilmektedir. Bu hızlı artış, olayların büyüklüğüne bağlı olarak saatlerden günlere kadar olan aralıkta gerçekleşebilmektedir. Solar partikül olayları içindeki maksimum enerji genelde 10 MeV ile 100 MeV arasında değişmektedir. Ancak ender olarak (yılda bir kez) bu enerji miktarı 1 GeV ile 10 GeV arasındaki değerlere de ulaşabilmektedir.

2.7 Atmosfer İçerisindeki Kozmik Işınlr

Kozmik ışınlar, suprnova patlamalarından ve galaksimizdeki diğer kaynaklardan oluşur ve yüksek oranda protonlardan meydana gelir. Yüklü kozmik ışınlar helyosfere girdiklerinde; güneş rüzgarının homojen olmayan magnetik alanı ve yerin dipol alanı tarafından etkilenmektedir.

Yukarı troposferde oluşan “ikincil kozmik ışın sağanakları” ve muoanlar, ~6 km’nin altındaki kozmik ışın yoğunluğunda baskın durumdadırlar.

Kozmik ışınlardan kaynaklanan “zayıf” enerji girişi, solar irradyansların yaklaşık milyarda birine karşılık gelmektedir, ancak iyonizasyon oluşumunu sağlayan en önemli kaynaklardır. Atmosferde 35 km’nin altındaki bölgede olan iyonizasyon kozmik ışınlar tarafından meydana getirilir (yer ile 1 km arasındaki bölge hariç; bu bölgedeki iyonizasyon radyoaktif gazlar tarafından meydana gelir). İyonizasyondaki değişim, atmosferin optik geçirgenliğini etkilemektedir.

Kozmik ışınlar, hava molekülleri ile etkileşime girerek hafif radyoizotopları (^{14}C , ^{10}Be gibi) oluştururlar. Ayrıca kozmik ışınların, global atmosferik elektrik çevrimi üzerinde iki önemli etkisi bulunmaktadır:

- I. Yer yüzeyinden uzak atmosfer derinliklerinde oluşan iyonların başlıca kaynağı kozmik ışınlardır.
- II. Atmosferin elektrik çevrimi üzerinde kozmik ışınların direkt etkisi bulunmaktadır (iyonizasyon nedeniyle iletkenliği etkilemektedir).

Kozmik ışın iyonizasyonu, iyonosfer ve yer yüzeyi arasındaki iletkenliğin korunmasını sağlar. Kozmik ışın iyonizasyon oranı; 2 iyon çifti $\text{cm}^{-3} \text{s}^{-1}$ (yere yakın bölgede) ile 40 iyon çifti $\text{cm}^{-3} \text{s}^{-1}$ (troposferin tepesinde) arasında değişmektedir.

Kozmik ışınlar, küçük pozitif ve negatif iyonların oluşmasını sağlayarak “küçük iyon kümelerini” meydana getirirler. Bu küçük iyonlar çeşitli mekanizmalar ile çok kısa sürede yok olurlar. Örneğin; iyon-iyon birleşimi, iyon-aerosol etkileşimi ve iyon-bulut damlacığı etkileşimi gibi. İyon konsantrasyonu açık havada 500–3000 cm^3 arasında (enlem ve yüksekliğe bağlı olarak) değişim gösterirken, kirli havada çok düşük değerlere ulaşır. Nedeni ise, iyon-aerosol etkileşimidir.

Atmosferin aşağı seviyeleri, kozmik ışınlar tarafından oluşturulan iyonizasyon ile bombardımana tutulurken, kozmik ışınlar ve bulut arasında bir ilişkinin olmasını beklemek son derece doğaldır. İyonların, aerosoller ve bulut işlemleri üzerindeki önemli etkisinin çok iyi bilindiği günümüzde, kozmik ışınlar ile bulut arasındaki ilişkinin belirlenmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır (Carslaw ve Harrison, 2002).

2.7.1 Aerosollerin Kozmik Işınlarla Olan İlişkisi

Aerosollerin yoğunlukları, 1.0 g/cm^3 (kurum, is için) ile 2.6 g/cm^3 (mineraller için) arasında değişmektedir. Aerosollerin en büyük, önemli doğal kaynağı

okyanuslardır. Hava-deniz arasındaki partikül alışverişi; karbon, nitrojen ve sülfür (özellikle dimetilsülfat) aerosollerinin global çevrimini sağlar. Diğer önemli aerosol kaynakları; volkanik patlamalar, toz fırtınaları ve endüstriyel atıklar sonucu oluşan kirliliktir.

Temiz bir çevre içerisinde cm^3 'te 3000 partikülden daha az sayıda aerosol bulunurken, kirlilik oranı yüksek bir çevrede bu sayı $50000/\text{cm}^3$ oranlarına ulaşmaktadır. Şehir merkezleri üzerindeki havada ortalama $160000/\text{cm}^3$ (çoğunlukla is ve %20'si su olmak üzere) aerosol bulunmaktadır. Aerosol konsantrasyonları yükseklikle eksponansiyel olarak azalmaktadır.

Atmosferdeki aerosoller birçok nedenle oluşabilirler. Örneğin; gaz-partikül değişimi, tanecik-partikül değişimi, buharlaşan su damlacıkları ve yüzeyden gelen (duman, toz veya polen şeklinde) toz parçacıkları (Puppacher and Klett, 1997).

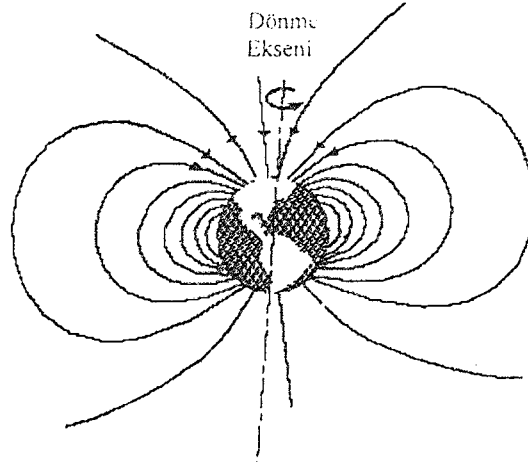
Troposferde çok küçük aerosollerin ($<20\text{nm}$) gaz-partikül formasyonunun, iyonizasyon ile sağlandığı bilinmektedir. Ayrıca aerosollerin belirli bir büyüklüğe ulaştıklarında CCN gibi davrandıkları görülmüştür (Turco ve diğ., 1998, Horrak ve diğ., 1998, Yu ve Turco, 2000).

Troposferde büyük bir kısmı kozmik ışınlar tarafından üretilen iyonlar, aerosol oluşumunda çok büyük önem taşımaktadırlar.

2.8 Yerin Magnetik Alanı

Dünya, merkezinde çoğunluğunu demir ve nikel gibi elektriksel özellikleri olan metallerin oluşturduğu sıvı bir çekirdek tabakasına sahiptir. Bu sıvı metalik çekirdek, dünyanın içerisinde (çok derinlerde) akan elektrik akımları üretirler. Bu elektrik akımları da dünyanın etrafında magnetik alan oluştururlar. Bu magnetik alana, dünyaya ait olduğunu belirtmek için, jeomagnetik alan da denilmektedir.

Dünya, kuzey ve güney kutupları olan çok büyük bir mıknatıs gibidir. Bu durumu ilk olarak 400 yıl önce William Gilbert adında bir fizikçi farketmiştir. Dünya merkezinde çubuk bir mıknatıs bulunan küre olup, bu mıknatısın dünya etrafında yarattığı magnetik alan ile çevrilidir. Bu magnetik alan "dipol alan" olarak adlandırılır (Şekil 2.9.1) (Kaymaz, 1996)



Şekil 2.8.1 Yer'in magnetik alanı (<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html>)

Dünyanın dipol alanı, dünya yüzeyinden çıkarak çok uzak mesafelere ($>>>60000$ km) uzanırlar. Troposferdeki nötral hava üzerinde hiçbir direkt etkileri yoktur fakat atmosferin iyonize olmuş tabakalarında (iyonosfer) etkileri ihmal edilemeyecek kadar büyüktür. Jeomagnetik alan, iyonize olmuş parçacıkların hareketlerini etkiler. Ayrıca iyonosferik elektrik akımlarının ve plazmanın hareketinde değişimlere neden olur. Magnetik alanın önemi yükseklikle artar çünkü, yükseklikle atmosfer nötral yönden daha az yoğun hale gelirken, iyonizasyon derecesi artar. Yerden çok büyük yüksekliklerdeki parçacıkların ve ortamın hareketi tamamen magnetic alan tarafından kontrol edilir ki bu bölgeye “magnetosfer” adı verilmektedir.

İyonosfer ile magnetosfer arasında çok kesin bir sınır yoktur. Buna karşılık magnetosfer ile güneş rüzgarı arasında çok keskin bir sınır tabaka vardır. Bu tabaka çok önemli olup “magnetik geçiş tabakası” olarak adlandırılır. Bu tabakada, güneş rüzgarı ile magnetosfer arasında enerji alış-verişi meydana gelir. Magnetosferin ve yukarı seviyelerdeki iyonosferin davranışlarının büyük bir kısmı bu bölgeden kontrol edilmektedir (Tascione, 1988).

3. BULUTLAR VE MİKROFİZİKSEL YAPISI

Bulut, yaklaşık olarak 10 μm boyutunda sayısız su taneciklerinden veya hava yeterince soğuk ise, buz kristallerinden oluşan çok önemli bir meteorolojik olgudur. Buz kristallerinin boyutları, su taneciklerinden daha büyüktür ancak daha az yoğundur. Yapılan sınıflandırma çalışmaları ile 4 temel bulut tipi belirlenmiştir. Bunlar: Tabaka şeklindeki bulutlar (stratus); küme, yığın şeklindeki bulutlar (cumulus); lif şeklindeki bulutlar (cirrus) ve yağış-fırtına bulutları (nimbus) olarak sıralanmaktadır (Perrie, 1950). Diğer bulutlar bu temel bulutlardan oluşur. 1877 yılında Aberchomby ve Hildebrandson, bu sınıflandırmayı bulut tabanının yüksekliğine göre belirlemiştir:

1. Yüksek Seviyeli Bulutlar (Ci, Cs, Cc) : Yerden ortalama 9 km yükseklikte
2. Orta Seviyeli Bulutlar (As, Ac) : Yerden ortalama 6 km yükseklikte
3. Alçak Seviyeli Bulutlar (St, Sc, Ns) : Yerden ortalama 2 km yükseklikte
4. Dik Gelişimli Bulutlar (Cu, Cb)

3.1 Bulut Kavramı ve Bulutluluğun Önemi

Bulutluluk miktarındaki değişimin iklim üzerindeki etkisi çok önemlidir. Çünkü; bulutlar, dünyanın radyatif dengesinin kontrolünde etkin görev üstlenirler. Bir bulutun radyatif etkisi; bulutun yüzeyden olan yüksekliğine ve bulutun optik derinliğine bağlıdır (Tablo 3.1.1). Bulutların, atmosferin radyatif özellikleri üzerindeki etkisi iki şekilde olmaktadır. Bunlar;

- Atmosfere giren kısa dalga boylu radyasyonun yansımaları sonucunda oluşan soğuma,
- Yerden yayılan uzun dalga boylu radyasyonun engellenmesi sonucunda oluşan ısınma.

Tablo 3.1.1. Bulutların radyatif etkisi (Hartmann, 1993).

	Yüksek Bulutlar (ince)	Yüksek Bulutlar (kalın)	Orta Bulutlar (ince)	Orta Bulutlar (kalın)	Alçak Bulutlar	Toplam
Global Bulutluluk Miktarı (%)	10,1	8,6	10,7	7,3	26,6	63,3
Bulutun Radyatif Gücü (Wm^{-2})	2,4	-7,0	1,1	-7,5	-16,7	-27,7

Tablo 3.1.1.'den görüldüğü üzere; genellikle “ince” bulutlar sıcaklık artışına, “kalın” bulutlar ise soğumaya meyillidir (Hartmann, 1993). Global (toplam) bulutluluğun net radyatif gücü ise, atmosfer içinde 27.7 Wm^{-2} 'lik bir soğuma olduğunu göstermektedir ki bu durum da bulutların radyasyon bütçesi üzerindeki önemli rolünü ortaya koymaktadır. Bu nedenle, bulutluluk ve kozmik ışınlar arasındaki ilişkinin incelenmesi ve belirlenmesi oldukça önemlidir. Alçak seviye bulutları, genellikle optik kalınlığı yüksek olan bulutlardır. Bu bulutlar, güneş ışınlarının yansıtıcısı gibi işlev gördüğünden, dünyanın radyasyon bütçesine negatif bir katkı sağlamaktadır.

Bulutların optik derinliği, bulut damlacığının boyutunu ve dağılımını etkileyen faktörlere ve atmosferik dikey sıcaklık profili ile etkilenen bulut kalınlığına bağlıdır. Sıvı su tanecikleri içeren bulutlardaki (alçak seviyeli bulutlar) taneciklerin boyutsal dağılımı, CCN (bulut yoğuşma çekirdeği) gibi davranan atmosferik aerosol yoğunluğuna bağlıdır. CCN miktarındaki artış; super doyma seviyesi ve atmosferde bulunan aerosol sayısı ile tanımlanır (Rogers, 1979).

Bulut araştırmalarında, başlıca odak noktası kirliliğin bulutlar üzerindeki etkisidir. Kozmik ışınlar ile bulutlar arasındaki bağlantı, iyonların bulut mikrofiziği üzerindeki etkisi ile sağlanmaktadır.

3.2 Bulut Damlacıklarının Oluşumu

Suyun faz değişimleri, bulut mikrofiziğinde en önemli rolü oynamaktadır. Değişimler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır :

- (1) Buhar → Sıvı (yoğuşma)
- (2) Buhar → Katı (birikme)
- (3) Sıvı → Katı (donma)
- (4) Sıvı → Buhar (buharlaşma)
- (5) Katı → Sıvı (erime)
- (6) Katı → Buhar (süblimleşme)

(1), (3) ve (6) ile gösterilen faz değişimleri, meteorolojik açıdan birincil öneme sahiptir. Nedeni ise; bu değişimler, bulut oluşumunu sağlamaktadır.

Yoğuşma, “yoğuşma çekirdekleri” olarak adlandırılan çok küçük partiküller üzerinde başlar. Yoğuşma çekirdeklerinin çoğu higroskopiktir, yani suyu absorbe

edebilme özelliğine sahiptir. Nemlilik oranı % 100'ün altında olduğu zaman, yoğunlaşma bu partiküller üzerinde başlayabilir. Yoğunlaşma başladığında partikül, çözelti oluşturarak çözünür ve bu çözünme yoğunlaşma için gerekli bağıl nemi azaltır. Bu durum “çözünürlük etkisi” olarak adlandırılır. Bu etki sonucunda higroskopik çekirdek içeren bir damlacık atmosferik bağıl nem %100' den çok küçük olduğunda çevresi ile dengede olabilir.

Doymuşluk, buharlaşma ve yoğunlaşma/birikme oranlarının eşit olması olarak tanımlanmaktadır. Nemli bir hava parseli, adyabatik olarak doymuşluk noktasına kadar soğur ancak damlacıklar beklenen forma ulaşamayabilir. Bağıl nemin % 100 değerine ulaşmasıyla birlikte, su damlacıkları tümüyle yoğunlaşır.

Atmosfer önemli bir miktarda mikron ve submikron boyutlarında partikül konsantrasyonları içermektedir. Doymamış nemli hava içerisinde farklı büyüklüklerde yoğunlaşma çekirdekleri bulunmaktadır. Hava soğuduğunda bağıl nem artar ve eğrilik etkisinden dolayı, yoğunlaşma öncelikle büyük çekirdekler üzerinde başlar. Bu büyüme, çevreleri ile denge kuruluncaya kadar devam eder. Eğer hava daha da soğursa, bağıl nem artar ve damlacıklar yeni bir denge yarıçapına ulaşınca kadar daha da büyür.

Süperdoymuşluk terimi ile, bağıl nemin % 100'den fazla olduğu durumlar belirtilmektedir. % 101.5 değerinde bir bağıl neme sahip olan hava için % 1.5 değerinde süperdoymuştur denir. Bulutlarda süperdoymuşluğun % 1'den büyük olması, ortamda yeterince yoğunlaşma çekirdeğinin olduğunu göstermektedir. Atmosferin önemli bir karakteristiği: Bulut oluşturabilmek için atmosfer çoğu zaman yeterince yoğunlaşma çekirdeğine sahiptir ancak bulutun oluşması için bağıl nemin % 100' ün üzerinde olması gerekmektedir.

Bulut oluşumu devam ederken, bulut tepe sıcaklığı mutlaka 0 °C 'ın altındaki değerlere kadar soğuyacaktır. Bulut içindeki süper soğumuş su damlacıklarının donup-donmaması, havada hali hazırda bulunan buz çekirdeklerine bağlıdır. Saf su damlacıklarının homojen olarak donması, sıcaklık -40 °C'a kadar soğumadan mümkün değildir.

Bir bulut yaklaşık olarak 10 µm'lik yarıçapa sahip ufak damlacıklardan meydana gelmektedir. Bulut mikro yapısını değiştiren iki mekanizma vardır:

- Su damlacıklarının çarpışması ve birleşmesi,
- Su damlacıkları ile buz kristallerinin etkileşimi sonucunda bulut tepe sıcaklığının 0 °C'ın altına düşmesi (Rogers, 1979).

3.2.1 Çarpışma ve Birleşme Teorisi

Sıcak bulutlar, donma sıcaklığının üzerinde oluşan bulutlar olarak tanımlanmaktadır. Bu tür bulutlarda, damlacıklar arasındaki çarpışmalar, yağış oluşumunda en önemli rolü oynamaktadır. Bir yağmur damlacığı oluşurken; gerekli çarpışmaların meydana gelebilmesi için, bulut içindeki damlacıkların bazılarının diğerlerine göre daha büyük olması gerekmektedir.

Hava, düşen damlacıklara engel olur. Havanın kaldırma kuvveti, damlacığın büyüklüğüne ve düşme hızına bağlıdır. Damlacığın hızı ne kadar büyük olursa o kadar fazla hava molekülü her bir saniyede damlacıkla o kadar fazla karşılaşır. Havanın kaldırma gücü (direnci), yerçekimi gücüne eşit olana kadar düşen damlacığın hızı artacaktır. Denklik durumunda (havanın kaldırma gücü ile yerçekimi gücünün eşitlenmesi durumu), damlacık “terminal” hız olarak adlandırılan hızla düşmeye devam eder. Daha büyük damlacıkların yüzey alanlarının, ağırlıklarına oranı daha küçük olduğundan, terminal hıza ulaşmadan önceki düşme hızları daha büyüktür. Bunun nedeni; daha büyük damlacıkların, küçük damlacıklara göre daha büyük terminal hıza sahip olmasıdır.

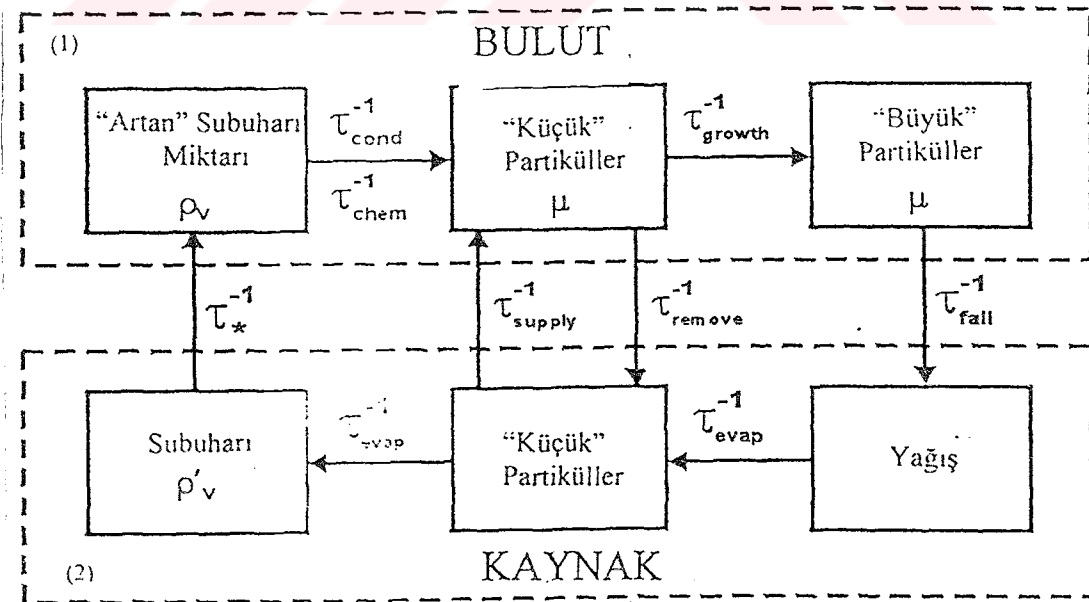
Büyük damlacıklar, küçük damlacıkları çekerek çarpışırlar. Çarpışma sonucunda bulut damlacıklarının birleşmesi sağlanır. Yapılan araştırmalar, damlacıkların çarpışmasının her zaman birleşmeyle sonuçlanmadığını göstermektedir. Eğer çarpışan damlacıklar zıt elektriksel yüke sahipse, birleşebilme olasılığı artmaktadır. Bu nedenle atmosferik elektrik, yağmurun oluşmasında ve bulut damlacıklarının büyümesinde önemli bir rol üstlenmektedir. Çarpışma işlemiyle bulut damlacıklarının büyümesini sağlayan bir diğer önemli faktör de, damlacığın bulut içerisinde harcadığı zamandır. 20 µm çapındaki çok büyük bir bulut damlacığı, 500 m kalınlığındaki bir buluttan çıkana kadar 12 dakika geçecektir. Eğer bulutun kalınlığı 2500 m olursa bu süre, 1 saatin üzerine çıkmaktadır. Bir bulut içindeki yükselen hava akımları, damlacıkların düşme hızını yavaşlatmaktadır. Bulut damlacığının bulutta harcadığı zaman, kalın bir bulutta güçlü hava akımları ile maksimuma ulaşacaktır ve bu yüzden damlacıkların büyüklüğü artacaktır (Kadıoğlu, 1998).

3.2.2 Buz - Kristal İşlemleri

Soğuk bulutlar; bulutların hava sıcaklığının, donma sıcaklığının altında olduğu bölgelede (orta ve yüksek enlemlerde) gelişen bulutlardır. Donma sıcaklığının altında oluşan su damlacıkları “süper soğumuş” su damlacıkları olarak adlandırılır. Sıcaklığın $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğu yükseklerde (7500 m) sadece buz kristalleri bulunmaktadır. Soğuk ve doymuş havada, bazı buz çekirdekleri üzerlerinde su buharı birikir. Bunlar “depolanma çekirdekleri” olarak adlandırılır. Bulut yoğunlaşma çekirdeklerinin atmosferde bol miktarda bulunmasına rağmen, depolanma çekirdeği az sayıda bulunmaktadır. Soğuk ve çok doymuş havada bile direkt çökme ile buz kristallerinin oluşumu nadir görülmektedir. Ancak, bir buz çekirdeğinin geometrisi, bir buz kristalinin geometrisine benzerse süper soğumuş sıvı damlacıkların donması hızlı olabilir. Bu tip partiküller “donma çekirdekleri” olarak adlandırılır. Sıvı su damlacıkları, çekirdek yüzeyleri üzerinde yoğunlaşır ve hemen donar (Kadıoğlu, 1998).

3.3 Bulut Mikrofiziği

Bulut oluşumları, birçok meteorolojik parametre ile (nem, sıcaklık ve atmosferik dinamikler gibi) tahmin edilebilmektedir. Buna karşılık, bulutların birçok özelliği örneğin yansıtma oranı ve yaşam süresi -ki dolayısıyla kapalılık miktarı- çok küçük ve önemli olgular ile etkilenmektedir. Bu olgular öncelikle aerosoller ve bulut partikülleridir. Bu nedenle genel olarak “mikrofiziksel özellikler” olarak adlandırılır.



Şekil 3.3.1. Kaynak ve bulut arasındaki partikül sirkülasyonu

(<http://isccp.giss.nasa.gov/climanal8.htm>)

Subuharının τ^{-1} oranında, atmosferik hareketler sonucunda büyük partiküllere dönüşerek düşmesine "yağış" denmektedir. Diagramda yukarı yönde gösterilen hava hareketleri, yağış oranını azaltmaktadır. Yağış oranı veya "düşüş oranı" (τ_{fall}^{-1}), partiküllerin büyüklüğüyle doğru orantılıdır. Çünkü büyük partiküller daha hızlı düşerler. Diagramda (1) nolu bölümde görülen hareketler havanın soğumasına neden olurken (2) ile gösterilen bölümdeki hareketler havanın ısınmasını sağlamaktadır. Su buharı süperdoymuş duruma gelmesi, bağıl nemin %100'ün üzerinde olduğunu gösterir ki bu durumda bulut partikülleri yoğunlaşmaya başlar.

Bulut partikülleri, çok küçük aerosol partikülleri etrafında toplanarak büyümeye başlar. Bu aerosol partikülleri doğal olaylar ve kirlilik sonucunda oluşup, hava hareketleri ile bulut içerisine girmektedir. Büyümekte olan bulut damlacıklarının sayısı, aerosollerin sayısı ve özelliklerine bağlıdır.

Bu durum sonrasında "artan subuharı miktarı" (diagramdan), bulut partikülleri haline gelerek tükenmektedir ki bu durum:

- Hava parselinin soğuma oranına,
- Sıcaklığa,
- Partiküllerin hangi fazda bulunduğu (sıvı, katı),
- Partiküllerin büyüklüğüne,
- Birim hacimdeki büyümekte olan partiküllerin sayısına,

bağlıdır. Partiküllerin ulaşabileceği büyüklük, yukarı yöndeki hava hareketlerinin ne kadar zamanda sonlanmasıyla belirlenmektedir. Diğer bir deyişle; partikül büyüklüğü, yoğunlaşmanın başlaması için gerekli zamanla belirlenmektedir.

Diagramda yukarı yönde görülen hareketler, aşağı yöndeki hareketlere dönüştüğü zaman, bağıl nem %100'ün altına düşer ve bulut damlacıkları çok hızlı bir şekilde buharlaşır (diagramda τ_{supply}^{-1} ve τ_{remove}^{-1} ile gösterilmektedir).

Buz kristallerinden oluşmuş bulutların çoğunda, sıvı damlacıkların yoğunlaşması donmayı takip eder. Bunun nedeni ise; buz üzerindeki doymuş buhar basıncının düşük olmasıdır (donma seviyesinin altındaki sıcaklıklarda bulunan düz sıvı su yüzeyindeki doymuş buhar basıncına göre).

Diagramda yukarı yönde gösterilen hava hareketleri daha güçlü olduğunda, bulut partikülleri çok daha çabuk büyüyebilirler. Partiküller yeterli büyüklüğe (10-15 μm) ulaştıklarında, düşme hareketine başlayabilirler. Düşme hareketleri, havaya ve damlacıkların birbirleriyle çarpışmasına bağlıdır. Küçük boyutlardaki partiküller,

aralarındaki hava engelini aşarak çarpışamazlar. Yani hava "yastığı" nedeniyle çarpışma engellenmiş olur. Büyük partiküllerin çarpışma oranı ($\tau_{\text{growth}}^{-1}$), ortamda bulunan partikül miktarına ve düşme hızlarına bağlıdır. Eğer çarpışan partiküller, birbirlerinin formlarını bozarak daha büyük partiküller haline gelirse, çarpışmadan oluşan büyüme (partikül sayısında azalma olmasına rağmen) hızlı bir şekilde artar. Bulut içinde, çarpışmayla oluşan büyüme (birleşme olarak da adlandırılmaktadır) ile çökme nedeniyle partiküllerin buluttan çıkışı arasındaki denge çok hızlı bir şekilde sağlanır. Birleşme; partiküllerin çok hızlı bir şekilde büyümesini sağlar ve buluttan çıkabilecek büyüklüğe ulaştığı anda yağış oluşur .

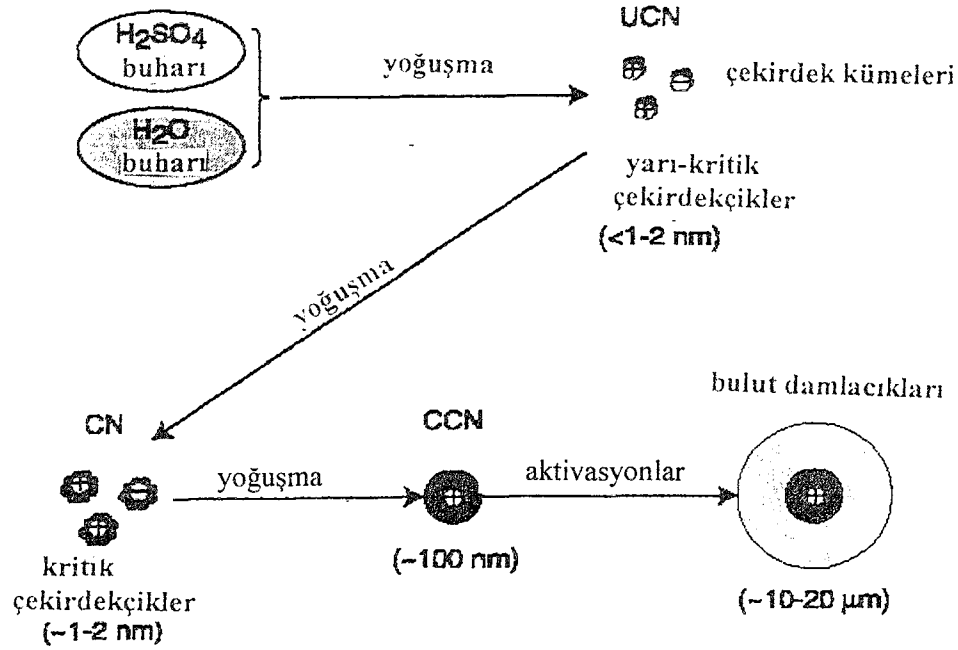
3.4 Bulutluluk ve Kozmik Işınlara Arasındaki İlişki

Bulut oluşumları, birçok meteorolojik parametre ile (nem,sıcaklık ve atmosferik dinamikler gibi) tahmin edilebilmektedir. Buna karşılık, bulutların birçok özelliği örneğin yansıtma oranı ve yaşam süresi -ki dolayısıyla kapalılık miktarı- çok küçük ve önemli olgular ile etkilenmektedir. Bu olgular öncelikle aerosoller ve bulut partikülleridir. Bu nedenle genel olarak "mikrofiziksel özellikler" olarak adlandırılır. Bulut araştırmalarında, başlıca odak noktası kirliliğin (veya aerosollerin) bulutlar üzerindeki etkisidir. Kozmik ışınlar ile bulutlar arasındaki bağlantı, iyonların bulut mikrofiziği üzerindeki etkisi ile sağlanmaktadır.

Kozmik ışınların, CCN konsantrasyonu ve buz partikülleri üzerindeki etkisini tanımlayan iki mekanizma bulunmaktadır. Bunlar; "İyon-Aerosol-Açık Hava" mekanizması ve "İyon-Aerosol-Bulut" mekanizmasıdır.

3.4.1 "İyon-Aerosol-Açık Hava" Mekanizması

Bu mekanizma, kozmik ışınlar tarafından oluşturulan yeni iyonların, atmosferde bulunan aerosoller ile birleşerek bulut yoğunlaşma partiküllerinin (CCN) büyümesini sağlaması şeklinde tanımlanabilir (Şekil 3.4.1.1). Yeni oluşan aerosol partiküllerinin başlıca kaynağı, sülfürik asit (H_2SO_4) gibi yoğunlaşabilen buharlardan oluşan çok küçük yoğunlaşma çekirdekleri (UCN) halinde ayrıştırılmasıdır.



Şekil 3.4.1.1. İyon – Aerosol – Açık-Hava Mekanizması. Diagramda; kozmik ışınlar tarafından oluşturulan çok küçük yoğuşma çekirdeğinin (UCN), bulut yoğuşma çekirdeğini (CCN) büyütmeye evresi gösterilmektedir (Carslaw ve Harrison, 2002).

Son dönemlerde yapılan modelleme çalışmaları; elektriksel yükün varlığının, çekirdek oluşumunun daha hızlı (çekirdeklenme barajını azaltarak) olmasını sağladığını göstermiştir. Bu sonuç; çekirdeklenmenin, iyonize olmayan atmosfere göre çok daha düşük çevre buhar konsantrasyonlarında meydana gelebileceğini göstermektedir. Bu modeller; atmosferin açık-hava bölgelerinde yeni oluşmuş aerosollerin çekirdeklenme hızının, kozmik ışınların iyonize etme hızı ile sınırlandırıldığı sonucunu vermektedir.

Yeni oluşmuş aerosol partiküllerinin CCN boyutuna kadar büyüebilmesi, yoğuşma büyümesi ve partikül konsantrasyonlarını azaltan işlemler (bulut içerisindeki taşınımı gibi) arasındaki oluşum hızına bağlıdır. Kozmik ışın iyonizasyonu sonucunda oluşan yüklü aerosol partikülleri, çekirdeklenme hızını artırmanın yanı sıra, polar moleküllerin yoğuşma hızlarının da artmasını sağlamaktadır (yüksüz partiküllere göre).

Model hesaplamaları; atmosferin aşağı seviyelerindeki iyonizasyon oranının %20'lik değişiminin, aerosol konsantrasyonunun %5-10'luk bölümünü oluşturan 3-10 nm yarıçaplı aerosollere elektriksel yükleme yaptığını göstermiştir. Elektrik yüklü bu aerosollerin bir kısmı zaman içerisinde mutlaka CCN yoğunluğuna katılmaktadır. Ancak kozmik ışın iyonizasyonu orijinli CCN yoğunluğu birçok faktöre bağlıdır: Yoğuşabilecek gazların hali-hazırda bulunması, CCN'in doğrudan kaynakları ve

bulut işlemleri. Model hesaplamalarından çıkan şaşırtıcı sonuç ise; aerosol konsantrasyonlarının oluşumunun, atmosferin aşağı seviyelerinde en büyük oranda olduğu sonucudur. Bu bölgedeki iyonizasyon hızı, yeni aerosol partikülü oluşumu için bir sınırlayıcı faktördür. Atmosferin yukarı seviyelerinde –ki bu bölgede kozmik ışın yoğunluğu daha fazladır- iyonizasyon hızının bu şekilde bir işlevi bulunmamaktadır. Bu teorik sonuç; neden kozmik ışınlar ile bulutluluk arasındaki ilişkinin, alçak seviyeli bulutlarda daha açık görüldüğünü anlamamıza yardımcı olmaktadır.

Aerosol kirliliği ile ortaya çıkan bulut özelliklerindeki değişimler, iklim üzerinde negatif radyatif etki oluşmasını sağlamaktadır. İnsan kaynaklı aktiviteler ile aerosol konsantrasyonu artar ve aynı ortamda bulunan bulutlardaki bulut damlacıklarının sayısının artmasına neden olmaktadır. Bu durumun sonucunda da bulut içindeki damlacıkların sayısı artarken, boyutlarında ise küçülme oluşacaktır. Damlacık konsantrasyonlarındaki artışın sonuçları olarak:

- Bulutun yansıtma oranında artış ve yağışın bastırılması,
- Yağışın bastırılması nedeniyle de bulutun yaşam süresinde artış.

Bu etkiler, atmosfer içerisinde gözlenmektedir.

Bulutlar üzerindeki kozmik ışın etkisi ve aerosollerin (endirekt) etkilerinin her ikiside, aerosol sayısındaki değişim ile ilişkilidir. Fakat önemli farklılıklar mevcuttur:

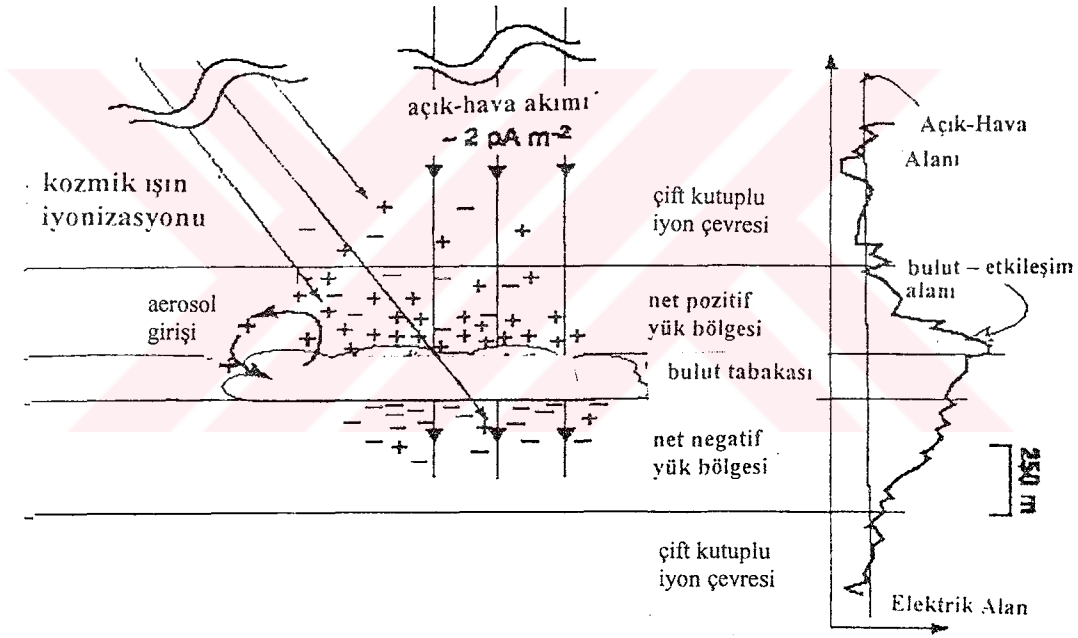
1. Aerosollerin bulutlar üzerindeki endirekt etkisi, toplam yoğuşabilen buharların (özellikle SO_2) konsantrasyonundaki değişim ile ilişkilidir. Buna karşılık kozmik ışınların etkisi, mikrofiziksel işlemlerin oranlarındaki değişimler ile ilişkilidir.
2. Kozmik ışınların bulutlar üzerindeki etkisi global ölçekte aerosol sayılarında küçük değişiklikler yapabilme potansiyeline sahiptir, buna karşılık; kirlilik, sınırlı bölgelerdeki aerosol konsantrasyonunu artırmaktadır.
3. Kirlilik etkileri, kirliliğin olduğu bölgelerde çok kuvvetlidir. Kozmik ışın etkileri ise, düşük aerosol konsantrasyonuna sahip bölgelerde (okyanus üzerindeki hava gibi) daha kuvvetlidir.

Laboratuar gözlemleri; iyonların, yeni oluşan partiküller için bir kaynak potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Son zamanlarda troposferin yukarı

seviyelerinde yapılan ölçümler, bu seviyedeki aerosollerin kozmik ışınlar tarafından (iyonizasyon nedeniyle) oluşturulduğuna dair kanıtlar sunmaktadır. Ayrıca; iyonların çok küçük yoğunlaşma çekirdekçiklerini oluşturdukları gözlenmiştir. Oluşan bu çok küçük çekirdekçikler, yeni şekillenecek aerosol partiküllerinin merkezini oluşturacaklardır. Ayrıca kozmik ışınlar tarafından oluşturulan iyonların varlığı, denizlerin üzerindeki hava içerisindeki yeni aerosol oluşumlarını açıklamaktadır.

3.4.2 “İyon – Aerosol – Bulut” Mekanizması

Bu mekanizma, hali-hazırda bulunan bulut tabakası sonucu oluşan dikey iletkenlik akımı ile açık hava elektrik alanı içindeki değişimlerin gözlemlerine dayanmaktadır. Açık hava elektrik alanı içerisindeki değişimler; ince statiform bulutun, üzerindeki açık havadan çok daha fazla pozitif yüklü olmasını sağlamaktadır.



Şekil 3.4.2.1. İyon – Aerosol – Bulut Mekanizması. Diagramda; yüklü aerosollerin bulut sınırında gelişimi gösterilmektedir. Gelişen yüklü aerosoller bulut içerisine girerek, buz partiküllerinin formasyonunu etkilemekte ve bulutun büyümesini sağlamaktadır. Sağ tarafta ise elektrik alan profili verilmektedir (Carslaw ve Harrison, 2002).

Bulut içerisinde; bulut damlacıkları tarafından yer değiştiren küçük iyonlar olduğu sürece, bulut içerisindeki elektriksel iletkenlik değeri açık-havanın elektriksel iletkenlik değerinden daha büyük olacaktır. Bulutun iletkenliği ile açık-havanın iletkenliği arasındaki bu farklılık, bulut-hava sınırında yüklerin toplanması sonucunu doğurmaktadır. Bulut sınırında toplanan bu yükler sıklıkla büyük miktarda (~100 elektron yükü) olmaktadır. Bu değerdeki yükler ile bulut civarındaki düşük

iletkenliğe sahip bölge arasında oluşan denge durumu, damlacıkların bir kısmının hızlı bir şekilde nötrleşmesini önlemektedir. Bu bölgedeki aerosoller oldukça yüksek oranda yüklüdür. Sınırdaki toplanan yükler, bulut içindeki düşük iletkenliğe sahip bölgenin elektrik alanını artırır. Bu durumda bozulan denge durumunun tekrar kurulması işlemi başlar.

Yapılan çalışmalar; elektrik yüklü aerosollerin, su damlacıkları tarafından olan aerosol taşınma oranını önemli ölçekte artırdığını göstermektedir. Taşınma oranının yükselmesi, hali-hazırda bulunan çok yüklü aerosollerin sayısına ve bu aerosollerin bulut içine girmesine bağlıdır. Çok yüklü damlacıkların buharlaşması, daha çok bulut sınırlarında oluşmaktadır. Ancak, damlacığın buharlaşmasıyla açıkta kalan yük kaybolmayıp, bulut sınırlarında yeni çok yüklü aerosol partiküllerinin oluşmasını sağlamaktadır.

Kozmik ışın yoğunluğunun bulut sınırlarındaki yüklenmiş aerosoller üzerindeki net etkisi nedir?

- Lokal iyonizasyon oranı, kozmik ışın yoğunluğu ile doğru orantılıdır ve bu nedenle endirekt etkisi bulunmaktadır.
- Atmosferik elektrik alanı (ve buradan bulut sınırları içerisine giren iyonların sürüklenme hızı) kozmik ışınlar tarafından etkilenmektedir. Kozmik ışın yoğunluğundaki değişim, bulut civarındaki yüklü aerosollerin şiddetini etkilemektedir. Bu etkileşimin sonucunda, aerosoller ve damlacıkları içeren mikrofiziksel işlemleri etkileyebileceği ortaya çıkmaktadır.

3.5 Aerosollerin, İklim ve Bulutlar ile İlişkisi

Aerosoller, global iklim dengesi üzerinde önemli bir rol üstlenirler ve bu nedenle, iklim değişimi içinde önemli bir olgudur. Aerosol konsantrasyonunun, doğal olaylar sonucundaki değişimleri (büyük volkanik patlamalar sonucundaki değişimler gibi), dünyanın radyasyon dengesini etkilemekte ve dolayısıyla global sıcaklık değişimine neden olmaktadır. Aerosollerin, iklim üzerindeki etkisi iki şekilde olmaktadır:

- Direkt radyatif etkisi: Güneş radyasyonunun saçılması ve yerden yayımlanan radyasyonun absorpsiyonu ile,
- Endirekt radyatif etkisi: Bulut mikrofiziği özellikleri üzerindeki etkisi ile.

Aerosollerin bulutlar üzerindeki etkileri için geliştirilen teoride; aerosol

konsantrasyonunun artması ile bulutu oluşturan damlacıkların boyutlarının küçülmesi ve küçük damlacıklardan oluşan bulutun daha yüksek albedoya ulaşması şeklindedir. Bu durum sonucunda, soğuma meydana gelmektedir.

Bulutların optik derinliği; bulut damlacıklarının boyutunu ve dağılımını etkileyen faktörler ile atmosferik düşey sıcaklık profili ile etkilenen bulut kalınlığına bağlıdır. Bu nedenle alçak seviyeli bulutlar ılıktır (>273 K) ve sıvı su tanecikleri (CCN) içerirler. Bu bulutlardaki tanecik boyut dağılımı, CCN gibi davranan atmosferik aerosol yoğunluğuna bağlıdır. Alçak seviyeli bulutlara giren aerosoller, bulut içerisindeki lokal aerosol sayısının artmasına neden olurlar. Bulut içerisindeki damlacıkların dağılımı, bulutun radyatif özelliklerini etkilemekte ve belirlemektedir (Svensmark, 2000).



4. KULLANILAN VERİ ve ÇALIŞMA ALANININ TANITIMI

Bu çalışmada inceleme alanı olarak belirlediğimiz bölgenin koordinatları, 21.25N-58.75N enlemleri ile 8.75W-48.75E boylamları arasındaki alanı (277 grid noktasını) kapsamaktadır (Şekil 4.1).

Bu bölgede, bulutluluk miktarı ile kozmik ışınlar arasındaki ilişkiyi belirlemek için gerekli bulut verileri (bulutluluk miktarı, bulut tepe sıcaklığı ve bulut optik kalınlığı) International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP) birimine bağlı <http://isccp.giss.nasa.gov/products/onlineDATA.html> web sayfasından “cdf” formatında alınmış ve fortran programı yardımıyla işleme hazır hale getirilmiştir. Kozmik ışın yoğunlukları, sabit noktalarda bulunan nötron monitörleri tarafından kaydedilmektedir. Kozmik ışın yoğunluğunun mutlak değeri, enleme ve yüksekliğe bağlı olarak değişmektedir. Farklı monitörlerce elde edilen kozmik ışın yoğunlukları normalize edildiği takdirde bu farklılığın ortadan kalktığı saptanmıştır (Svensmark ve Christensen, 1997). Bu durumun daha net görülebilmesi amacıyla, aynı döneme (1983-2001) ait 3 farklı monitörden sağlanan kozmik ışın verilerinin değişimi gözlenmiştir (Şekil 4.2). Yapılan incelemeler sonucunda, çalışmada kullanılacak kozmik ışın verileri, tek bir monitörden (Lomnický Nötron Monitörü) sağlanmıştır. Kozmik ışın verileri, Lomnický Nötron Monitörüne ait kayıtların sunulduğu <http://neutronmonitor.ta3.sk> web sayfasından sağlanmıştır. Ayrıca aynı döneme ait güneş aktivitelerini temsil eden güneş leke sayısı (sunspots) verileri <http://www.se.noaa.gov/ftpd> web adresinden temin edilmiştir.

Çalışmanın periyodu 1983 yılı temmuz ayından, 2001 yılı ağustos ayına kadar olan 218 aylık dönemi içermektedir.

Ayrıca YSA tabanlı METUNN (Tulunay ve diğ.,1, 2004) model çalışması ile bulutluluk miktarı ve bulut tepe sıcaklığı tahmini yapmak amacıyla aynı tip bulut verilerinin 1984 ile 1990 yılları arasındaki döneme ait değerlerinden faydalanılmıştır. Modele girdi olarak 1984-1990 yılları arasındaki döneme ait bulutluluk miktarı ve bulut tepe sıcaklığı verilerine ek olarak grid noktalarının jeografik enlem ve boylam değerleri de katılmıştır.

Bu çalışmada girdiler, CC (m, La, Lo) ve CT (m, La, Lo); CC (m-1, La, Lo) ve CT (m-1, La, Lo) şeklinde gösterilmiştir. Burada; CC (m, La, Lo) ve CT (m, La, Lo) parametreleri, bulutluluk miktarının (CC) ve bulut tepe sıcaklığının (CT) halihazırdaki (m) değerlerini göstermektedir. CC (m-1, La, Lo) ve CT (m-1, La, Lo)

parametreleri ise; bulutluluk miktarı ve bulut tepe sıcaklığının bir önceki zamandaki (m-1) değerlerini göstermektedir.

4.1 International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP)

ISCCP, 1982 yılında 1.WCRP (World Climate Research Program) kapsamında oluşturulmuştur. ISCCP data seti global (6596 grid noktası) olarak; bulut optik kalınlığı, bulut tepe basıncı ve yüksekliği, bulutluluk miktarı gibi bulut özellikleri ile ilgili verileri içermektedir. ISCCP uydularında, infrared (IR) ve görünür (VIS) radyansları bulunmaktadır. Elde edilen veriler için gerekli IR ve VIS kalibrasyonları yapılarak hata payı minimuma indirgenmektedir (özellikle 260 K'den düşük bulut tepe sıcaklığına sahip buz bulutları için).

Bu çalışmada, ISCCP'ye ait veri setlerinden D2 veri serisi kullanılmıştır. D2 veri seti, bulut özelliklerinin aylık ortalama değerlerini içermektedir. D2 veri seti bulutluluk miktarını, optik kalınlığını ve bulut tepe basıncını göz önüne alarak kaydetmektedir. ISCCP veri setlerinde optik kalınlıklar baz alınarak: Alçak seviyeli bulutlar (Cu, Sc ve St), orta seviyeli bulutlar (Ac, As ve Ns) ve yüksek seviyeli bulutlar (Ci ve Cs) şeklinde tanımlanmıştır.

4.2 Lomnický Nötron Monitörü

Slovakya'nın Kösice kentinde bulunan "Lomnický Stit Neutron Monitor Of The Department Of Space Physics, Institute Of Experimental Physics" enstitüsüne ait 4 NM 64 nötron monitörünce kaydedilen (dikey kesme dayanıklılığı 3.84 GV olan) verilerden yararlanılmıştır. 4 NM 64 monitörünün özellikleri aşağıda belirtilmektedir:

- Dedektör Tipi : SNM-15
- Jeografik Enlem : 49.20N
- Jeografik Boylam : 20.22E
- Cutoff Rigidity Değeri : 3.84 GV
- Yükseklik : 2634m
- Ortalama Barometrik Basınç : 733.3 mb
- Barometrik Düzeltme Katsayısı : 0.72 %/mb

4.2.1 Nötron Monitörleri

Yeryüzeyinde sabit bir noktada bulunan nötron monitörleri, ikincil kozmik ışınların değişimlerini kaydederler.

Atmosfere girebilen ikincil kozmik ışınlar kaydedilirken, “jeomagnetik kesme (geomagnetic cutoff)” ile kontrol edilmekte ve düzenlenmektedir. Jeomagnetik kesme, magnetik kutuplarda minimum (teorik olarak 0), ekvatoryal bölgede ise maksimum (ortalama 15 GV) değerleri arasında değişmektedir.

Birincil kozmik ışınlar, atmosferin yukarı kesimlerinde hava molekülleriyle çarpışarak ikincil kozmik ışınları oluşturur. Bu ikincil kozmik ışınların önemli bir kısmı yeryüzeyine ulaşır. Dünyanın yüksek enlemlı bölgelerinde –ki bu bölgelerde jeomagnetik kesme değeri düşüktür- nötron monitörlerinin eşik değeri atmosferik kütle (deniz seviyesinde ~1030 gr) tarafından belirlenmektedir. Ekvatoryal enlemlerde nötron monitörlerinin eşik değeri ise, jeomagnetik kesme ile belirlenmektedir.

İkincil kozmik ışınların monitöre kaydedilmesi esnasında, atmosferin üst kısımlarında bulunan nükleer parçalanmalar sonucunda ortaya çıkan yüklü parçacıklarda monitöre kaydedilir. Kaydedilmek istenen nötronlar BF₃ (bortriflorür) kullanılarak tekrar gözden geçirilir ve doğru kaydın yapılması sağlanır. Bu nedenle monitörlere “nötron monitörleri” denilmektedir.

NM-64 (veya süpermonitör) monitörleri IQSY (International Quiet Sun Years 1964-65) için geliştirilmiştir. Bu monitörler xx-NM-64 olarak dizayn edilmektedir. Buradaki “xx” değişken olup, monitör içindeki tüp sayısını göstermektedir.

Nötron monitörleri ile elde edilen veriler, yüzden fazla istasyon için saatlik (UT) ortalama değerleri içermektedir ve bu değerler, atmosferik basınç etkileri için gerekli düzeltmeler yapılarak hesaplanmaktadır.

(http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SOLAR/COSMIC_RAY/cosmic.html)

4.2.2 Jeomagnetik Kesme (Cutoff) Etkisi

Yüklü parçacıkların dışarıdan magnetosfer içerisine girebilmesi, yerin magnetik alanı tarafından sınırlandırılmıştır. Magnetik alana (magnetosfere) girebilecek olan kozmik ışının, tanımlanmış minimum enerjiye sahip olması gerekmektedir. Daha büyük magnetik alan için, daha büyük enerji gerekmektedir. Bir partikülün geçebilme (nüfuz edebilme) yeteneği “magnetik dayanıklılık” olarak tanımlanmaktadır.

Düşük magnetik dayanıklılık (birim yükteki momentum) değerine sahip partiküller, alan içerisine girmeden geri dönmek zorunda kalırlar. Magnetosfer içindeki her nokta ve her yön için gerekli olan bu eşik değeri, “jeomagnetik kesme (geomagnetic cutoff)” olarak adlandırılır. Enerjisi bu değerin altında olan hiçbir parçacık ilerleyemez. Bu kesme değerinin üzerindeki partiküllerin ise, her yönden giriş yapabilmesi mümkün olmaktadır (Lemaitre ve Vallarta, 1933). Magnetosferin dışındaki bölgeler ve kutuplara yakın bölgeler –ekvatoryal bölgelere göre- daha düşük magnetik dayanıklılık değerine sahiptir.

4.2.3 Magnetik Dayanıklılık (Magnetic Rigidity)

Magnetik dayanıklılık (R), bir parçacığın birim yük miktarındaki momentumudur. Parçacığın, yerin magnetik alanı içerisine girebilmesini karakterize etmek ve niceliğini belirlemek amacıyla uygulanmaktadır ve aşağıdaki bağlantı ile tanımlanmaktadır:

$$R = (A/Q)(E^2 + 2M_0E)^{1/2}$$

A = İyonun atomik kütlesi (çekirdek içindeki nötron veya proton sayısı)

Q = İyonun yükü

E = İyonun kinetik enerjisi (GeV/nuc.)

M_0 = Atomik kütle (GeV/c²)

Magnetik dayanıklılık (R), gigavolt (GV) birimi ile gösterilmektedir.

5. ÇALIŞMADA KULLANILAN YÖNTEMLER

Bulut özelliklerinin (bulutluluk miktarı, bulut tepe sıcaklığı ve optik kalınlık) ile kozmik ışınlar arasındaki ilişkiyi göstermek amacıyla Superposed Epoch Analysis (SPE Analizi) uygulanmıştır.

Çalışma periyodu olarak belirlenen dönem (Temmuz1983-Ağustos2001) yaklaşık iki solar çevrim sürecini içine almaktadır. Bu döneme ait kozmik ışın verileri için sıklık analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda, en sık görülen kozmik ışın değerinin %97 olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.1). Kozmik ışın yoğunluğunun $\geq$ %97 olduğu dönemler, solar çevrim sürecinin minimum dönemlerine karşılık gelmektedir. Bu nedenle “%97” değeri, eşik değer olarak kabul edilmiştir. Kozmik ışın yoğunluğunun bu değere eşit veya üstünde olduğu aylar, “olay (event)” olarak tanımlanmıştır.

Bulut özelliklerinin, olay olarak kabul edilen dönemin öncesi ve sonrasındaki değişiminin net olarak görülebilmesi için SPE analiz yöntemi uygulanmıştır.

Ayrıca 4. bölümde detaylı olarak tanımlanan verilerden (1984-1990 arasındaki dönem için) bulutluluk miktarını ve bulut tepe sıcaklığını tahmin etmek amacıyla “Yapay Sinir Ağları (YSA)” çalışması yapılmıştır. Bu çalışma, T. Senalp tarafından geliştirilen YSA tabanlı METUNN programı kullanılarak yapılmıştır (Tulunay ve diğ.,1, 2004).

5.1 SPE Analiz Yöntemi

SPE analiz yöntemi, zaman serileri üzerinde uygulanan istatistiksel bir yöntemdir. Bu yöntem, anahtar-tarihe (key-date) göre belirlenmiş zaman aralıkları için verilerin ayrı kategorilerde sınıflandırılması ve oluşturulan kategorilere ait verilerin ortalamalarının karşılaştırılması işlemlerini içermektedir. SPE analiz yöntemi değişik bilim alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin; iklim ve tarihsel büyük yangınlar arasındaki ilişkiyi içeren çalışmada (Swetnam ve Betancourt, 1990), magnetosferik fizik çalışmasında (Lühr, 1998) ve volkanik aktiviteler ile iklim değişimleri arasındaki ilişkiye dair çalışmada (Mass ve Portmann, 1989) SPE analiz yönteminin kullanıldığı görülmektedir.

SPE analiz yöntemi uygulaması, birkaç adım içermektedir. Bu adımlar:

1. SPE analizi için anahtar-tarihin seçilmesi ve seçilen anahtar-tarihe göre oluşturulacak kategorinin tanıtılması: Bu kategoriler, bazı çevrimsel (periyodiklik içeren) olaylara bağlı olarak oluşturulmaktadır. Belirlenen

kategoriler saat, gün, ay veya yıl gibi zaman aralıklarına göre oluşturulabilir. Örneğin; solar çevrim sürecinin uzunluğu (~11 yıl) gibi dönemler seçilebilmektedir.

2. Her kategori için istatistiksel (ortalama v.s) işlemlerin yapılması: Sonucun doğru ve objektif olmasını sağlamak için uygulanması zorunlu olan adımdır.
3. Sonuçların düzenlenerek gösterilmesi: Sonuçların hangi yöntemle (tablo, grafik veya harita) gösterilmesinin daha iyi olacağının belirlenmesi gerekir.

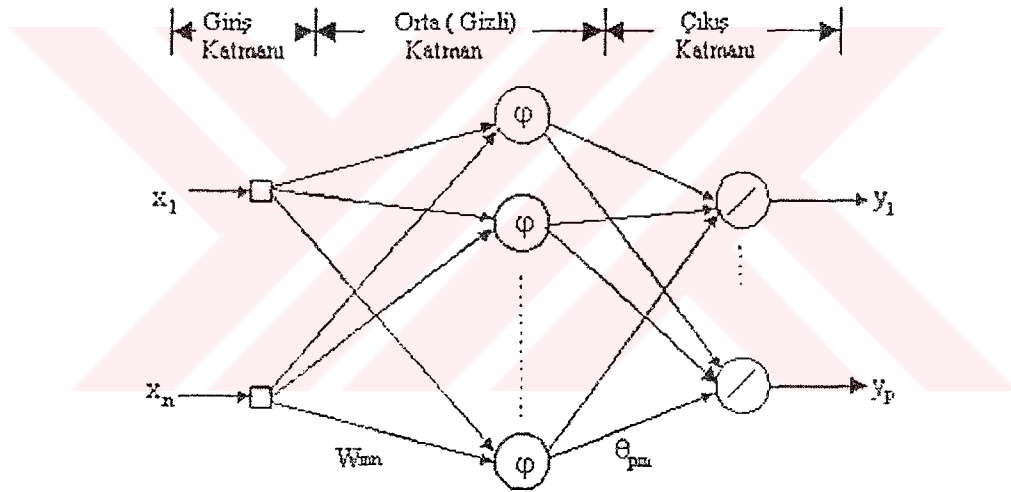
5.2 Yapay Sinir Ağları (YSA)

Beynin üstün özellikleri, bilim adamlarını üzerinde çalışmaya zorlamış ve beynin nörofiziksel yapısından esinlenerek matematiksel modeli çıkarılmaya çalışılmıştır. Beynin bütün davranışlarını tam olarak modelleyebilmek için fiziksel bileşenlerinin doğru olarak modellenmesi gerektiği düşüncesi ile çeşitli yapay hücre ve ağ modelleri geliştirilmiştir. Böylece “Yapay Sinir Ağları” denen yeni ve günümüz bilgisayarlarının algoritmik hesaplama yönteminden farklı bir bilim alanı ortaya çıkmıştır. Yapay sinir ağları; yapısı, bilgi işleme yöntemindeki farklılık ve uygulama alanları nedeniyle çeşitli bilim dallarının da kapsamı alanına girmektedir.

Genel anlamda YSA, beynin bir işlevi yerine getirme yöntemini modellemek için tasarlanan bir sistem olarak tanımlanabilir. YSA, yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmasından oluşur ve genellikle katmanlar şeklinde düzenlenir. Donanım olarak elektronik devrelerle ya da bilgisayarlarda yazılım olarak gerçekleştirilebilir. Beynin bilgi işleme yöntemine uygun olarak YSA, bir öğrenme sürecinden sonra bilgiyi toplama, hücreler arasındaki bağlantı ağırlıkları ile bu bilgiyi saklama ve genelleme yeteneğine sahip paralel dağılmış bir işlemcidir. Öğrenme süreci, arzu edilen amaca ulaşmak için YSA ağırlıklarının yenilenmesini sağlayan öğrenme algoritmalarını ihtiva eder. YSA’ nın hesaplama ve bilgi işleme gücünü, paralel dağılmış yapısından, öğrenebilme ve genelleme yeteneğinden aldığı söylenebilir. Genelleme, eğitim ya da öğrenme sürecinde karşılaşılmayan girişler için de YSA’ nın uygun tepkileri üretmesi olarak tanımlanır. Bu üstün özellikleri, YSA’ nın karmaşık problemleri çözebilme yeteneğini gösterir. Günümüzde birçok bilim alanında (tıp, savunma sanayi, haberleşme, üretim, otomasyon ve kontrol gibi) YSA, uygulama yeri bulmuştur. YSA, doğrusal olmayan karmaşık problemlerin çözümünde en önemli araç olmuştur

5.2.1 İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları (İBYSA)

İleri beslemeli YSA' da, hücreler katmanlar şeklinde düzenlenir ve bir katmandaki hücrelerin çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak verilir. Giriş katmanı, dış ortamlardan aldığı bilgileri hiçbir değişikliğe uğratmadan orta (gizli) katmandaki hücrelere iletir. Bilgi, orta ve çıkış katmanında işlenerek ağ çıkışı belirlenir. Bu yapısı ile ileri beslemeli ağlar doğrusal olmayan statik bir işlevi gerçekleştirir. İleri beslemeli 3 katmanlı YSA' nın, orta katmanında yeterli sayıda hücre olmak kaydıyla, herhangi bir sürekli fonksiyonu istenilen doğrulukta yaklaştırabileceği gösterilmiştir. En çok bilinen geriye yayılım öğrenme algoritması, bu tip YSA ların eğitiminde etkin olarak kullanılmakta ve bazen bu ağlara geriye yayılım ağları da denmektedir. Şekil 5.2.1.1'de giriş, orta ve çıkış katmanı olmak üzere 3 katmanlı ileri beslemeli YSA yapısı verilmiştir.



Şekil 5.2.1.1. İleri beslemeli 3 katmanlı YSA.

(http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol4/cs11/report.html,
<http://batitrakya.dostweb.com/yapaysiniraglari/yapaysiniraglari.htm>)

Herhangi bir problemi çözmek amacıyla kullanılan YSA da, katman sayısı ve orta katmandaki hücre sayısı gibi kesin belirlenememiş bilgilere rağmen nesne tanıma ve sinyal işleme gibi alanların yanı sıra ileri beslemeli YSA, sistemlerin tanımlanması ve denetiminde de yaygın olarak kullanılmaktadır.

5.2.2 YSA Tabanlı METUNN Modeli

METUNN Model Girdileri

Girdiler iki kategoride sınıflandırılmaktadır:

- i. Geçici ve zamansal parametreler
- ii. İşlem için gerekli parametreler

Bu çalışmada girdiler, CC (m, La, Lo) ve CT (m, La, Lo); CC (m-1, La, Lo) ve CT (m-1, La, Lo) şeklinde gösterilmiştir. Burada; CC (m, La, Lo) ve CT (m, La, Lo) parametreleri, bulutluluk miktarının (CC) ve bulut tepe sıcaklığının (CT) hali-hazırdaki (m) değerlerini göstermektedir. CC (m-1, La, Lo) ve CT (m-1, La, Lo) parametreleri ise; bulutluluk miktarı ve bulut tepe sıcaklığının bir önceki zamandaki (m-1) değerlerini göstermektedir.

$$\Delta_1 CC(m) = CC(m, La, Lo) - CC(m-1, La, Lo) \quad (1)$$

$$\Delta_1 CT(m) = CT(m, La, Lo) - CT(m-1, La, Lo)$$

$$\Delta_2 CC(m) = \Delta_1 CC(m, La, Lo) - \Delta_1 CC(m-1, La, Lo) \quad (2)$$

$$\Delta_2 CT(m) = \Delta_1 CT(m, La, Lo) - \Delta_1 CT(m-1, La, Lo)$$

$$R\Delta CC(m, La, Lo) = \Delta_1 CC(m, La, Lo) / CC(m, La, Lo) \quad (3)$$

$$R\Delta CT(m, La, Lo) = \Delta_1 CT(m, La, Lo) / CT(m, La, Lo)$$

METUNN modeli, iki moddan oluşmaktadır. Bunlar; “gelişme modu (development mode)” ve “operasyon modu (operation mode)”. Gelişme modu, öğrenme (training or learning) evresi ile test evresinden oluşmaktadır. Operasyon modunda ise, test evresi sonucunda elde edilen veriler ile bulut verisi (CC, CT) değerlerinin tahmin edilmesi ve hata paylarının hesaplanması işlemleri yapılmaktadır. Operasyon modunun sonunda ise “çapraz korelasyon” katsayıları hesaplanmaktadır (Tulunay ve diğ.,1, 2004).

RMS (Root Mean Square) Hata:

$$RMS_Hata = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N [f_i - o_i]^2}{N}} \quad (4)$$

N (Normalized) Hata:

$$N_Hata = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{(f_i - o_i)}{o_i}}{N} \quad (5)$$

Mutlak Hata:

$$Mtlk_Hata = \frac{\sum_{i=1}^N (f_i - o_i)}{N} \quad (6)$$

Burada: i , tahmin sırası; f_i , i zamanı için tahmin edilen CC ve CT değerleri; o_i , i zamanındaki gözlenen CC ve CT değerleri; N ise toplam tahmin sayısını göstermektedir.

(3), (4) ve (5) eşitlikleri sırasıyla; birinci, ikinci ve bağıl farklar olarak tanımlanmaktadır.

Tahmin edilen ve gözlenen CC ve CT değerleri arasındaki çapraz korelasyon katsayısı (r_{fo}):

$$r_{fo} = \frac{C(f,o)}{\sqrt{C(f,f).C(o,o)}} \quad (7) \text{ formülü ile bulunmaktadır.}$$

(7)'de: C kovaryans, f tahmin edilen CC, CT değerleri ve o gözlenen CC, CT değerleridir (Tulunay ve diğ.,2003).

6. ANALİZ VE TARTIŞMALAR

6.1 Bulut Verileri Ve Kozmik Işınlara İÇin SPE Analizi

Yapılan çalışmalarda kullanılan gözlemsel bulut verilerinin, daha önceki bölümlerde açıklandığı gibi global bulutluluğun ~11 yıllık periyoda sahip güneş aktiviteleri (güneş lekelerinin maksimum ve minimum olduğu dönemler) ile ters orantılı olarak değişen kozmik ışınlarla ilişkili olduğu belirtilmektedir. Bu ilişki özellikle kozmik ışınların partiküller üzerindeki etkisi nedeniyle, bulutun mikrofiziksel yapısı üzerinde etkili olmakta, bu da uzun vadede atmosferin radyatif enerji dengesini değiştirerek iklim üzerinde etki oluşturmaktadır.

Yapılan bu çalışmada, kozmik ışınların bulut parametreleri (bulutluluk miktarı, bulut tepe sıcaklığı ve optik kalınlık değeri) üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla çalışma alanı olarak belirlenen koordinatlarda (21.25N-58.75N enlemleri ile 8.75W-48.75E boylamları arasındaki alan) 1983-2001 yılları arasındaki dönemi içeren bulut ve kozmik ışın verileri kullanılmıştır.

Şekil 6.1.1'e ait (a), (b), (c), (d) ve (e) grafiklerinde sırasıyla 1983-2001 yılları arasındaki aylık ortalama güneş leke sayısı, kozmik ışın yoğunluğu, bulutluluk miktarı, bulut tepe sıcaklığı ve bulut optik kalınlığının değişimi verilmektedir. Şekil 1 (a) güneş aktivitelerinde ~11' er yıllık bir döngü (maksimum ve minimum arasında) görülmektedir. Bu döngü esnasında güneş aktivitelerinin maksimum olduğu dönemde kozmik ışın yoğunluğunun minimum, aktivitelerin minimum olduğu dönemde ise kozmik ışın yoğunluğunun maksimum olduğu görülmektedir.

Bulutluluk miktarını içeren veriler incelendiğinde ise, ~1 yıl mertebesinde periyodik değişimler görülmektedir (c). Bulut tepe sıcaklığı ve optik kalınlık değerleri de benzer şekilde periyodik değişimler göstermektedir (d ve e).

Kozmik ışınlar ile bulut verilerinin değişimi arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi amacı ile bulut miktarı, bulut tepe sıcaklığı ve optik kalınlık değerlerinin ortalamadan sapma değerlerinin yıllara göre değişimleri belirlenmiştir. Şekil 6.1.2. kozmik ışın yoğunluğu ile bulut verilerinin ortalamadan sapma değişimleri arasındaki bu ilişkiyi göstermektedir. Şekilden görüldüğü gibi bulut verileri, kozmik ışın yoğunluğundaki değişimlere paralel bir dağılım göstermektedir. Yine şekilden görüleceği üzere bu değişimler, ~11 yıllık güneş çevrim sürecini kapsayan periyodik bir dağılım göstermektedir.

18 yıla ait uzun dönem aylık ortalama bulutluluk miktarı (ortalamadan) sapma değeri ile kozmik ışın yoğunluğu ortalamadan sapma değerleri arasındaki ilişki ise Şekil 6.1.3.'de verilmektedir. Şekilden görüldüğü gibi bulut miktarı ortalamadan sapma değerleri kış aylarında daha fazla iken yaz döneminde düşüş göstermektedir. Kozmik ışın yoğunluğu ortalamadan sapma değerleri ile mukayese edildiğinde şubat ayında negatif bir ilişki görülmekte, diğer aylarda ise kozmik ışın değerlerine göre bulutluluk miktarı dağılımında bir faz farkı görülmektedir. Faz farkını daha net göstermek amacıyla korelasyon çalışması yapılmış ve sonuçlar Tablo 6.1.3.' de sunulmuştur. Tablo irdelendiğinde kozmik ışın yoğunluğu ve bulutluluk miktarı (ortalamadan sapma değerleri için) arasındaki 2 aylık faz farkı için korelasyon katsayısının oldukça yüksek ($r=0.95$) olduğu görülmektedir.

Şekil 6.1.4'de ise bulut optik kalınlığının ortalamadan sapma değerleri ile kozmik ışın yoğunluğuna ait ortalamadan sapma değerleri arasındaki dağılım sunulmaktadır. Uzun dönem aylık optik kalınlık dağılımının yıllık dağılımın aksine kozmik ışınlarla bir ilişki göstermediği söylenebilir. Mart ve ekim ayları arasında optik kalınlık ortalamadan sapma değerlerinde önemli bir değişim olmaz iken, özellikle ekim ayından itibaren kozmik ışınlardaki azalmaya karşın, bir artış olduğu söylenebilir.

Uzun dönem aylık ortalama bulut tepe sıcaklığı ile kozmik ışın yoğunluğu ortalamadan sapma değerleri arasındaki dağılım şekil 6.1.5'de verilmektedir. İlk altı ay içinde kozmik ışın yoğunluğu ortalamadan sapma değerlerine göre, ters bir dağılım göstermekte iken Haziran-Temmuz ayları arasında aynı dağılım görülmekte, Ağustos-Ekim aylarında ise ters bir dağılım izlenmektedir. Ekim-Aralık döneminde aynı dağılım olmakta yani, azalan kozmik ışın yoğunluğu ile bulut tepe sıcaklığı da azalmaktadır. Şekil 6.1.5.'de görülen faz farkının tespiti amacıyla korelasyon çalışması yapılmış ve sonuçlar Tablo 6.1.5.'de sunulmuştur. Tablodan kozmik ışın yoğunluğu ve bulut tepe sıcaklığı (ortalamadan sapma değerleri için) arasındaki 2 aylık faz farkı için ilişki katsayısının ($r=-0.91$) oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

18 yıllık periyot içerisinde, kozmik ışın yoğunluğundaki değişime bağlı olarak bulut mikrofiziğindeki (miktar, tepe sıcaklığı ve optik kalınlık) yıllık değişim arasında pozitif bir ilişki görülmekte iken uzun dönem aylık dağılımlarda görülen farklılıklar nedeniyle uzun dönem kozmik ışın değerleri için sıklık analizi yapılmıştır (Şekil 5.1). Sıklık analizine göre, kozmik ışın yoğunluğunda en fazla tekrarlanan değer %97 olarak belirlenmiştir. En sık tekrarlanan %97 değerinden küçük olan

dönemler sakın dönem olarak kabul edilerek (sakın $N_{cr} < 97$) bu dönemlerdeki, uzun dönem aylık ortalama bulut tepe sıcaklığı dağılımı belirlenmiştir (Tablo 6.1.1 ve Şekil 6.1.6). Şekil 6.1.6'dan görüldüğü gibi sakın dönemdeki bulut tepe sıcaklığı değeri mevsimsel bir salınım göstermekte ve en yüksek değerine yaz mevsiminde ulaşmaktadır.

Sıklık analizi ile bulunan anahtar parametre olarak seçilen kozmik ışın değerinin (97) altında kozmik ışın dönemlerine karşılık gelen sıcaklık değerlerinin ortalamadan olan fark değerlerinin (ΔT) yıllık değerleri belirlenmiş ve yine aynı periyot (1983-2001) içerisinde yıllara göre güneş aktivitelerinin değişimi belirlenmiştir (Şekil 6.1.7 a-b). Şekil 6.1.7 (a) ve (b) incelendiğinde, solar çevrim süreci içerisinde, güneş aktivitelerinin azalma sürecinde bulut tepe sıcaklığında bir artış, aktivitelerdeki artış sürecinde ise bir azalma olduğu ve bu değişimin ~ 11 'er yıllık çevrim süreci ile paralellik gösterdiği gözlenmektedir. Güneş aktiviteleri ile kozmik ışın yoğunluğu arasındaki negatif ilişki göz önüne alındığında, kozmik ışınların aerosol ve bulut damlacığı üzerindeki iyonizasyon etkisi ile bulut mikrofiziğini nasıl etkileyeceği bulut tepe sıcaklığındaki değişimin ~ 11 'er yıllık çevrim sürecindeki dağılımından anlaşılmaktadır.

Şekil 6.1.7. (a)'da, ΔT 'lerin uzun dönem aylık güneş aktivitelerine göre olan değişimi görülmektedir. Güneş aktiviteleri ile olan negatif ilişkinin aylık dağılımda da belirgin olduğu söylenebilir. Genel beklenen duruma tezat olarak Temmuz ayındaki bu dağılım diğer başka fiziksel faktörler nedeniyle olup-olmadığı farklı bir inceleme konusudur.

SPE analiz yöntemi bulut verilerine (bulutluluk, bulut tepe sıcaklığı ve bulut optik kalınlık) uygulanırken, kozmik ışın yoğunluğu verileri için yapılan sıklık analizi sonucunda belirlenen 97 ve üstündeki değerleri içeren dönemler anahtar-tarih olarak kabul edilmiştir. Şekil 6.1.1.(b)'den görüleceği üzere kozmik ışın yoğunluğunun $\Rightarrow 97$ olduğu dönemler, süreçteki maksimum dönemleri içermektedir. Kasım-1985 ile Ekim-1987 arasındaki zaman dilimi 1. olay, benzer şekilde Eylül-1995 ve Mart-1998 arasındaki zaman dilimi de 2. olay olarak kabul edilmiştir (Tablo 6.1.2) (Belirlenen bu zaman dilimlerinde toplamda ~ 4 yıllık yüksek kozmik ışın yoğunluğu ($\Rightarrow 97$) süreci "olay" olarak kabul edilmiş ve bu sürecin ortalaması SPE analizinde "0" noktası olarak tanımlanmıştır). Her iki olayı üst-üste çakıştırarak ortalaması alınmış ve "0" noktasına karşılık gelen ay belirlenmiştir. Sonrasında ise

“0” noktasına karşılık gelen aydan 10’ar ay öncesi ve sonrasındaki bulutluluk miktarı, bulut tepe sıcaklığı ve bulut optik kalınlık değişimleri belirlenmiştir.

SPE analiz yöntemini bulutluluk miktarı, bulut tepe sıcaklığı ve bulut optik kalınlığı gibi mevsimsel salınımlar içeren parametrelere uygularken, salınının ortadan kaldırılması amacıyla grup (ensemble) ortalaması işlemi uygulanmıştır.

Bulutluluk miktarının SPE analiz sonuçlarına göre; anahtar-tarihten sonraki 2 ay içerisinde, olay dönemlerinden önceki son 4 aya göre bulutluluk miktarı ortalama sapma değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 6.1.8.a). Olaydan sonraki 2. aydan sonra ise bulutluluk miktarı değişiminde kuvvetli ve sürekli düşüş görülmekte ve bu durum 5. aya kadar devam etmektedir. 5. aydan itibaren ise bu değişim sürekli ve keskin bir artış göstermektedir. 9. aydan itibaren yeniden bir düşüş süreci başlamaktadır. Uzun dönem SPE analiz sonuçları irdelendiğinde olaydan sonraki 9. aydan itibaren bu değişimin bir periyodisite gösterdiği söylenebilir (Şekil 6.1.8.b). Bu nedenle olaydan 10 ay öncesinin ve sonrasının incelemenin daha anlamlı olduğu görülmektedir.

Bulut tepe sıcaklığının SPE analizine göre; olaydan önceki 10. aydan 6. aya kadar önemli bir değişim gözlenirken, bu değişimin olay öncesindeki 4 aydan itibaren yok denecek kadar azaldığı görülmektedir. Olaydan sonraki döneme bakıldığında ise ilk bir aydan sonra kuvvetli bir değişim gözlenmektedir (Şekil 6.1.9.a). Uzun dönem SPE analizi sonuçlarına bakıldığında (Şekil 6.1.9.b) ise, bu salınımların, olayın 5 ay öncesi ve 2 ay sonrasından itibaren büyük genlikli olduğu görülmektedir.

10’ar aylık bulut tepe sıcaklığı ve bulutluluk miktarı değişimleri birlikte irdelendiğinde; olaydan itibaren bulutluluk miktarının, bulut tepe sıcaklığı değişimine göre 1 aylık bir faz farkı ile ve zıt yönde bir değişim gösterdiği görülmektedir (Şekil 6.1.10).

Bulut optik kalınlığı SPE analizi sonuçlarına göre; olaydan önceki ve sonraki ilk 5 ay içerisinde (birbirlerine göre) önemli bir değişim gözlenmezken, olay sonrasındaki 5. aydan itibaren kuvvetli bir salınım oluştuğu görülmektedir (Şekil 6.1.11.a). Uzun dönem SPE analizine göre bulut optik kalınlığı değişimi irdelendiğinde; yukarıda belirtilen ayların dışında kalan dönemlerde daha büyük genlikli salınımlar görülmektedir (Şekil 6.1.11.b).

Aynı şekilde bulut tepe sıcaklığı ile optik kalınlık değişimlerinin birlikte incelenmesi durumunda; bulut tepe sıcaklığında görülen kuvvetli bir değişimin

ardından belli bir faz farkıyla (~3 ay) bulut optik kalınlığı da değişim göstermektedir (Şekil 6.1.12).

Bulut mikrofiziğiyle bağlantılı her üç parametrenin (bulutluluk miktarı, bulut tepe sıcaklığı ve bulut optik kalınlığı) SPE analizleri sonucunda, olay olarak belirlenen dönemden önceki değişimlerin salınımlarının, olay sonrasındaki değişimlerin salınımlarına göre çok küçük genlikli olduğu görülmektedir. Olaydan birkaç ay öncesi ve sonrasındaki küçük değişimlere rağmen, bu aralık dışında kalan periyotta daha büyük salınımlı değişimlerin olması iki durumla açıklanabilir: Birincisi; kozmik ışın yoğunluğunun (olay tarihine göre olan birkaç aylık dönemde) azlığı veya çokluğu, diğer atmosferik fiziksel özelliklere göre daha etkili olurken, kuvvetli salınımların başladığı aylarda ise bu fiziksel özellikler bulut yapısı üzerinde daha etkili olmaktadır. İkinci durum ise; bu kuvvetli salınımlar üzerinde her ne kadar atmosferik fiziksel özellikler etkili olsa da, olay sonrasındaki salınımların genliklerinin daha kuvvetli olması, kozmik ışın yoğunluğundaki artışa bağlanabilir.

21.25N-58.75N enlemleri ile 8.75W-48.75E boylamları arasındaki alanı kapsayan bölge üzerindeki bulut parametrelerinin SPE analizinin yanısıra, Türkiye üzerinde olan bir noktadaki bulut parametreleri ve kozmik ışın yoğunluğu arasındaki lokal ilişkiyi göstermek amacıyla pilot nokta olarak İstanbul seçilmiş ve İstanbul üzerindeki aynı dönemi (Tem-1983-Ağu-2001) kapsayan bulut verileri için SPE analizi uygulanmıştır.

İstanbul üzerindeki bulutluluk miktarı değişiminin SPE analizine göre; olay sonrasındaki ilk 7 ay içerisinde, olay öncesine göre sürekli bir artışın olduğu (4. ay hariç) görülmektedir (Şekil 6.1.13).

Bulut tepe sıcaklığı SPE analizi irdelendiğinde; olay sonrasında, olay öncesine göre bulut tepe sıcaklığında bir azalma gözlenmektedir (Şekil 6.1.14). Bulutluluk miktarı ve bulut tepe sıcaklığı değişimleri birlikte incelendiğinde; olaydan itibaren bulutluluk miktarının, bulut tepe sıcaklığı değişimine göre zıt yönde bir değişim gösterdiği görülmektedir (Şekil 6.1.15).

İstanbul için bulut optik kalınlığı SPE analizi irdelendiğinde ise; olay sonrasındaki birinci aydan itibaren ilk 7 ay içerisinde, olay öncesindeki ilk 4 ay içindeki optik kalınlık ortalamadan sapmasına göre bir artış gözlenmektedir. Bu periyodun öncesi ve sonrasındaki dönemlerde ise tam tersi bir durum gözlenmektedir (Şekil 6.1.16).

İstanbul'a ait bulut yapısı için yapılan SPE analiz sonuçları ile çalışma alanı olarak belirlenen bölge için yapılan SPE sonuçları karşılaştırıldığında; lokal (noktasal) bölgedeki değişimlerin, büyük ölçekli bölgedeki değişimle bir zıtlık gösterdiğini söyleyebiliriz. Buradan da bulutluluk-kozmik ışın yoğunluğu arasındaki ilişkinin blirlenmesi amacıyla yapılacak çalışmalarda, alanın mümkün olduğu kadar geniş tutulması sonucunu çıkarabiliriz. Lokal yapılan çalışmalarda, lokal etkilerin ortadan kaldırılmasının zor olması nedeniyle bulutluluk ve kozmik ışınlar arasındaki ilişkiye dair sağlıklı sonuçlar çıkartılamamaktadır.

1983-2001 yılları arasındaki güneş aktiviteleri (sunspots) ile bulutluluk miktarının, dönem içindeki trendleri Şekil 6.1.17 (a) ve (b)'de verilmiştir. (a) şeklinden görüldüğü üzere, güneş aktivitelerinin 18 yıllık periyotta yükselen bir trend içindedir. Buna karşılık (b)'de ise, bulutluluk miktarının aynı dönemdeki trendinin azalan yönde olduğunu görmekteyiz.

Güneş aktiviteleri ile kozmik ışın yoğunluğunun zıt yönlü bir ilişki içinde olduğu bilindiğinden, kozmik ışın yoğunluğu ile bulutluluk miktarının aynı şekilde azalan bir trend içinde olduğu söylenebilir.

Kozmik ışınlar ile bulut verileri arasındaki istatistiksel ilişkiye dair yapılan T-Testi ve F-Testi sonucunda, istatistiksel yönden anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Bulutluluk miktarı ile kozmik ışın yoğunluğu arasındaki ilişkinin noktasal dağılımına bakıldığında (Şekil 6.1.18); aralarında lineer bir ilişkinin varlığı ancak noktaların çok dağınık olduğu görülmektedir. Kozmik ışın yoğunluğu ile bulutluluk miktarı arasındaki istatistiksel bakımdan anlamlı bir ilişki olmamasının sebebini bu noktasal saçılmaya bağlayabiliriz.

Yapılan bütün çalışmalar sonucunda, bulut verileri ile kozmik ışın yoğunluğu arasında istatistiksel yönden anlamlı bir ilişki görülme de, fiziksel yönden oldukça anlamlı bir ilişkinin olduğunu söyleyebiliriz.

6.2. YSA Tabanlı METUNN Model Analizi

YSA tabanlı modele “girdi” ve “çıktılar” Tablo 6.2.1'de gösterilmektedir. Tablo 6.2.2'de “öğrenme”, “test” ve “operasyon” evreleri için veri organizasyonu gösterilmektedir.

Şekil 6.2.1 (a) ve (b), Nisan-1989 ile Aralık-1990 yılları arasında, (31.25N, 33.75E) ve (38.75N, 36.25E) grid noktalarının yıl içindeki bulutluluk miktarının gözlenmiş ve tahmin edilmiş dağılımlarını göstermektedir. (43.75N, 18.75E) grid noktasındaki gözlenen ve tahmin edilen bulut tepe sıcaklığı dağılımı Şekil 6.2.2

(a)'da, (53.75N, 8.75W) grid noktasındaki dağılım ise Şekil 6.2.2 (b)'de gösterilmektedir.

Şekil 6.2.3 (a) ve (b)'de ise bulutluluk miktarı ile bulut tepe sıcaklığının tahmin performansı dağılım şeklinde verilmektedir.

Sonuçların hata analizleri, Tablo 6.2.3'de verilmiştir. Buradaki değerlerden, tahminlerin uygun hata limitlerinde olduğu söylenebilir (Tulunay ve diğ.,2003).



7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

- Dünya iklimi, iç etkilerin (volkanik tozlar veya El-Nino gibi) yanısıra güneş aktiviteleri ile de etkileşim içindedir.
- Solar çevrim süreci içinde gözlenmiş bulut verileri ile kozmik ışın yoğunluğu arasında pozitif bir ilişki gözlenmektedir.
- Kozmik ışınlar tarafından oluşan iyonizasyonun partiküller üzerindeki etkisi nedeniyle, bulutun mikrofiziksel yapısını etkilemekte, bu da uzun vadede atmosferik radyatif enerji dengesini değiştirerek iklim üzerinde etki oluşturmaktadır.
- Solar çevrim sürecinde (~11 yıl) güneş aktiviteleri ile kozmik ışın yoğunluğunun ters orantılı olarak değişim gösterdiği gözlenmektedir. Bulut verileri ile kozmik ışın yoğunluğu değişimlerinin paralelliği, solar çevrim sürecini kapsayan periyodik bir dağılım göstermektedir.
- 18 yıla ait uzun dönem aylık bulutluluk miktarı ile kozmik ışın yoğunluğu arasındaki dağılımda bir faz farkı (~2 ay) görülmektedir.
- Bulut verilerine uygulanan SPE analizi sonucunda, bulut tepe sıcaklığı ile bulutluluk miktarı arasında (~2 aylık faz farkıyla birlikte) zıt yönlü bir değişim görülmektedir.
- Bulut verilerine uygulanan SPE analizi sonucunda, olay olarak belirlenen dönemden önceki değişimlerin salınımlarının, olay sonrasındaki değişimin salınımlarına göre çok küçük genlikli olduğu görülmektedir.
- Kozmik ışın-bulut verileri arasındaki ilişkiye dair lokal noktalar üzerinde yapılan çalışmalarda, lokal etkilerin kaldırılması zor olacağından sağlıklı sonuçlar elde edilememektedir. Bu nedenle bu tarz çalışmalarda, inceleme çok büyük alanlar üzerinde yapılmalıdır.
- İnceleme periyodunda (1983-2001) güneş aktivitelerinin yükselen trendine karşılık, bulutluluk miktarı azalan yönde bir trend göstermektedir.
- Bulut verileri ile kozmik ışın yoğunluğu arasında istatistikselyönden anlamlı bir ilişki görülme de, fiziksel yönden son derece anlamlı bir ilişki gözlenmektedir.

- YSA tabanlı METUNN modeli ile yapılan bulutluluk miktarı ve bulut tepe sıcaklığı tahmin çalışmaları sonucunda, gözlenen değerlere çok yakın (uygun hata limitlerinde) tahmin sonuçlarını elde edilmiştir.
- Her ne kadar kozmik ışınların bulut yapısı üzerinde iyonizasyon nedeniyle önemli bir etki oluşturduğu görülse bile, atmosferin fiziksel özellikleri ve troposfer içindeki süreçlerin, bulut oluşumu ve mikrofiziği üzerindeki etkisini de önemli ölçüde dikkate almak gerekmektedir.
- Kozmik ışınların oluşturduğu iyonizasyonun bulut mikrofiziği üzerindeki etkisinin daha kapsamlı şekilde (sağlıklı aerosol ve iyonizasyon verileri ile birlikte) araştırılması gerekmektedir.

Kozmik ışınların yanısıra bulutluluk miktarını etkileyen diğer atmosferik parametrelerle birlikte bir “faktör analizi” çalışması yapılmalıdır. Analiz sonucunda bulutluluk miktarını etkileyen faktörlerin önem sırası belirlenebilir.

- Kozmik ışın yoğunluğu ile yüzey sıcaklığı arasındaki ilişkinin incelenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Carslaw, K. S., Harrison, F. G., Kirkby, J., 2002. Cosmic Rays, Clouds and Climate, *Science* **298**, pp. 1732-1737.
- Geller, M. A. and Alpert, J. C., 1980. Planetary Wave Coupling Between The Troposphere And The Middle Atmosphere As A Possible Sun-Weather Mechanism, *J. Atmos. Science*, **37**, 1197.
- Haigh, J. D., 1996. The Impact Of Solar Variability On Climate, *Science* **272**, 981.
- Hartmann, D. L., 1993. Radiative Effects Of Clouds On Earth's Climate, In *Aerosol-Cloud-Climate Interactions*, Academic Press.
- Horrak, U., Salm, J. and Tammet, H., 1998. Bursts Of Intermediate Ions In Atmospheric Air, *J. Geophys. Res.* **103**, 13,909.
- Kadioğlu, M., 1998. Fiziksel Meteoroloji II Ders Notları, pp. 63-72, İstanbul.
- Kaymaz, Z., 1996. Yukarı Atmosfer Fiziği Ders Notları, pp. 66-68, İstanbul.
- Perrie, D., W., 1950. *Cloud Physics*. University Of Toronto Press, pp. 18-24. New York.
- Puppracher, H. R. and Klett, J. D., 1997. *Microphysics Of Clouds And Precipitation*, Kluwer, Dordrecht.
- Rogers, R. R., 1979. *A Short Course In Cloud Physics*, II. Edition, pp. 54-58 London.
- Shindell, D., Rind, D., Balabhandran, N., Lean, J. and Lonergan, P., 1999. Solar Cycle Variability, Ozone and Climate, *Science* **284**, 305.
- Svensmark, H. and Friis-Christensen, E., 1997. Variation Of Cosmic Ray Flux And Global Cloud Coverage- A Missing Link In Solar-Climate Relationships, *J. Atm. Sol. Terr. Phys.* **59**, 1225.
- Svensmark, H., 1999. Influence Of Cosmic Rays On Climate, *Phys. Rev. Lett.* **81**, 5027.
- Svensmark, H. and Marsh, N., 2000. Cosmic Rays, Clouds And Climate, *Space Science*. **94**, 215-230.
- Tascione, H., 1988. *An Introduction To The Space Environment*, pp. 35-38, Malabar, Florida.

Tulunay, Y., Tulunay, E., Menteş, Ş., S., Senalp, T. and Akcan, M., E., 2003.
Forecasting Regional Cloudiness And Cloud Top Temperature By
Neural Networks, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, 06-11-April
2003, s.422, Nice, France.

Tulunay, Y., Tulunay, E., Senalp, E., T., 2004. The Neural Network Technique-1:
A General Exposition, Advance In Space Research, Vol. 33/6, pp.
983-987.

Turco, R. P., Zhao, J., Yu, F., 1998. A New Source Of Tropospheric Aerosols: Ion-
Ion Recombination, Geophys. Res. Lett. **25**, 635.

Yu, F. and Turco, R. P., 2000. Ultrafine Aerosol Formation Via Ion-Mediated
Nucleation, Geophys. Res. Lett. **27**, 883.

Web adresleri

- [http:// hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/astro/cosmic.html](http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/astro/cosmic.html)
- http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SOLAR/COSMIC_RAY/cosmic.html
- <http://www.srl.caltech.edu/personnel/dick/cos-encyc.html>
- <http://batitrakya.dostweb.com/yapaysiniraglari/yapaysiniraglari.htm>
- [http:// isccp.giss.nasa.gov/climanal8.htm](http://isccp.giss.nasa.gov/climanal8.htm)
- <http://all-physics.net>
- <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html>
- http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol4/cs11/report.html

EKLER

VERİ OKUMA PROGRAMI

```

module okuma
  implicit none
  public::oku,veri_duz
  contains
  !-----
  subroutine oku(cc,n,y)
    integer,intent(in)::n
    integer,parameter::nz=1
    real,dimension(:),intent(out)::y
    character(len=*),intent(in)::cc
    real,dimension(n,nz)::veri
    !
    integer::i
    !
    open(unit=10,file=cc,status="old",action="readwrite",position="rewind")
    !
    do i=1,n
      read(unit=10,fmt=*)veri(i,1:nz)
    enddo
    close(unit=10,status="keep")
    do i=1,n
      y(i)=veri(i,nz)
    enddo
    return
  end subroutine oku
  !-----
  subroutine veri_duz(veri,n,nx,nt)
    integer,parameter::nz1=95,nz2=92,nz3=90
    integer,intent(in)::n,nx,nt
    real,dimension(:),intent(in)::veri
    real,dimension(n,3)::x
    real,dimension(n)::zaman
    real,dimension(nt,nx)::y
    real,dimension(nt,nz1)::x_1
    real,dimension(nt,nz2)::x_2
    real,dimension(nt,nz3)::x_3
    character(len=100)::dos1,dos2,dos3
    integer::i,j,is,box,box2,t_ime1,t_ime2
    !
    do i=1,n
      x(i,1)=veri(i)
    enddo
    !
    is=0
    do j=1,nt
      do i=1,nx
        is=is+1

```

```

        x(is,2)=real(i)
        x(is,3)=real(j)
        zaman(is)=real(j)
    enddo
enddo
!
do j=1,nx
    box=j
    is=0
    do i=1,n
        box2=int(x(i,2))
        t_ime2=int(x(i,3))
        t_ime1=int(zaman(i))
        if ((box == box2) .and. (t_ime1 == t_ime2)) then
            is=is+1
            y(is,j)=x(i,1)
        endif
    enddo
enddo
do j=1,nt
    do i=1,nz1
        x_1(j,i)=y(j,i)
    enddo
    do i=1,nz2
        x_2(j,i)=y(j,i+nz1)
    enddo
    do i=1,nz3
        x_3(j,i)=y(j,i+nz1+nz2)
    enddo
enddo
print*
print*,"DIKKAT!!"
print*,"veriniz 3 dosyaya ayrildi"
print*,"ilk dosya 95, ikinci dosya 92 ve ucuncu dosya 90 kolonludur"
print*
!-----
print*,"ilk dosyanizin ismini giriniz"
print*,"ornegin, c:\ender\dosya1.txt seklinde"
print*
read*,dos1
print*,"ikinci dosyanizin ismini giriniz"
read*,dos2
print*,"ucuncu dosyanizin ismini giriniz"
read*,dos3
!
open(unit=11,file=dos1,status="replace",action="readwrite",position="rewind")
do i=1,nt
    write(unit=11,fmt="(95f9.3)") x_1(i,1:nz1)
enddo
close(unit=11,status="keep")

```

```

open(unit=11,file=dos2,status="replace",action="readwrite",position="rewind")
do i=1,nt
  write(unit=11,fmt="(92f9.3)") x_2(i,1:nz2)
enddo
close(unit=11,status="keep")
open(unit=11,file=dos3,status="replace",action="readwrite",position="rewind")
do i=1,nt
  write(unit=11,fmt="(90f9.3)") x_3(i,1:nz3)
enddo
close(unit=11,status="keep")
end subroutine veri_duz
!-----
endmodule okuma
!-----
program netcdf_okur
use okuma
integer,parameter::nx=277,nt=218,n=nx*nt
real,dimension(n)::y
character(len=100)::x
integer::nx1,nt1,n1
!
nx1=nx
nt1=nt
n1=n
!
print*,"verinizin ismini giriniz"
print*,"ornegin: c:\ender\data.txt seklinde"
read*,x
print*
call oku(x,n1,y)
call veri_duz(y,n1,nx1,nt1)
endprogram netcdf_okur

```

NOT : Cdf formatındaki bulut verilerini okuyabilmek için gerekli program. Bu programın ana kısmını www.ncar.ucar.edu web sitesinden temin ettikten sonra gerekli komutlar ayarlanmış ve veriler işleme hazır hale getirilmiştir.

Tablo 6.1.1. Temmuz 1983 – Ağustos 2001 yılları arasındaki “Bulut Tepe Sıcaklığı” aylık ortalamaları ile “Kontrol Eğrisi” değerleri arasındaki fark (δT) gösterilmektedir.

Yr. Mo.	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Jan		1.09	-2.43	0.67	-0.29	0.07	2.85	-2.02	0.75	-1.17	-2.89	-1.10	0.29	1.41	3.64	2.79	1.62	-0.40	3.33
Feb		0.98	2.91	1.46	1.45	-1.39	1.48	0.91	-0.40	-1.85	-0.44	0.57	0.93	0.81	-0.56	1.18	-2.51	-0.97	-1.68
Mar		1.31	0.31	4.12	0.68	0.91	2.53	-0.58	1.09	-2.77	-0.80	-0.72	-0.18	1.47	0.17	-2.63	-0.07	-0.56	-0.47
Apr		1.12	3.07	0.16	1.77	1.44	0.80	0.08	1.49	-0.03	-3.73	-0.46	-0.07	0.86	-1.50	-0.49	-2.60	-0.69	0.06
May		1.58	2.88	4.35	2.37	1.88	3.12	1.86	0.71	-2.58	-3.18	-1.39	1.74	-0.86	-2.16	-1.52	-0.17	-3.30	0.12
Jun		2.95	4.83	3.83	1.07	0.24	2.97	2.54	0.04	-2.87	-2.25	0.67	-0.48	-1.17	-0.91	-1.24	-4.03	-2.24	-1.61
Jul	5.61	5.51	4.99	6.19	4.16	-0.33	1.44	-0.92	0.30	-3.27	-1.83	-0.21	0.18	2.68	0.53	-2.43	-4.61	-2.51	-1.73
Aug	4.86	7.99	3.46	3.80	1.36	2.87	1.47	0.72	0.64	-5.04	-3.46	1.18	-0.42	0.76	-3.18	-3.33	-3.54	-3.55	-4.27
Sep	4.25	1.31	4.19	2.44	3.05	2.82	2.73	1.09	2.89	-1.71	-2.64	-5.96	0.06	0.20	-2.15	-2.31	-3.05	0.58	
Oct	3.35	1.49	5.16	0.99	-0.06	1.21	0.98	0.98	-0.16	-1.43	-1.85	-3.68	0.86	-1.08	-3.47	-0.78	0.22	-1.10	
Nov	3.09	0.15	2.22	-0.40	1.38	1.24	-1.79	1.02	-0.96	-4.26	-3.24	1.27	2.64	0.45	1.63	1.41	1.31	0.75	
Dec	0.95	-0.27	-0.51	-1.61	2.00	-0.48	-1.35	0.82	-0.34	0.33	-3.41	-0.45	-1.20	2.75	0.56	0.61	-0.01	1.60	

Tablo 6.1.2 “Olay” dönemlerindeki bulut verilerinin değerleri

Yıl	Ay	Bul.Tep.S. (K.iş.>=%97)	Bulutluluk (K.iş.>=%97)	Bul.Opt.K. (K.iş.>=%97)
1985	11	258.9	52.28	5.34
1986	1	259.5	57.68	5.46
1986	4	245.3	66.20	4.04
1986	5	253.1	56.39	3.99
1986	6	262.8	49.01	4.10
1986	7	269.1	51.04	4.32
1986	8	264.7	52.30	3.80
1986	9	253.1	55.24	3.73
1986	10	256.7	58.09	4.08
1986	11	254.6	60.85	4.89
1986	12	253.9	59.25	5.79
1987	1	247.7	59.53	4.86
1987	2	239.2	61.49	4.43
1987	3	251.7	60.29	4.32
1987	4	245.3	59.26	4.03
1987	5	249.3	60.92	4.80
1987	6	246.9	57.15	4.92
1987	7	263.4	51.55	4.32
1987	8	260.2	55.95	4.39
1987	9	251.7	53.26	4.06
1987	10	250.1	57.96	3.61
1995	9	251.7	50.13	4.03
1995	10	265.4	42.81	3.68
1995	11	256.7	54.01	4.74
1995	12	253.9	57.44	6.32
1996	1	246.1	52.26	4.25
1996	2	261.5	56.78	4.88
1996	3	257.5	55.17	4.74
1996	4	255.3	50.90	3.89
1996	5	249.3	51.73	4.40
1996	6	262.1	43.81	3.88
1996	7	263.4	49.24	3.98
1996	8	262.8	41.28	3.65
1996	12	255.3	57.39	7.85
1997	1	258.9	51.08	6.09
1997	2	249.3	56.57	4.40
1997	3	258.2	52.83	3.51
1997	4	248.5	53.99	3.44
1997	5	253.9	53.63	3.82
1997	6	247.7	51.93	4.13
1997	7	255.3	42.99	3.82
1997	8	253.9	42.12	3.22
1997	9	258.2	46.21	3.29
1997	10	256.7	57.00	4.00

1997	11	262.8	51.64	6.37
1997	12	258.9	59.31	7.51
1998	1	261.5	56.55	5.84
1998	3	254.6	60.28	3.79
1998	10	262.8	44.42	4.82

Tablo 6.1.3. Kozmik ışın yoğunluğu ile bulutluluk miktarı (ortalamadan sapma değerleri için) arasındaki korelasyon değerleri. Kaydırma yapılmadan (normal) korelasyon değerinin 0.5 olarak görülmesine rağmen 2 aylık faz farkını ortadan kaldırmak amacıyla yapılan kaydırma işlemi sonucunda korelasyon değerinin 0.95 gibi çok büyük bir değere ulaştığı görülmektedir.

	Bulutluluk M.	1 Aylık Kaydırma	2 Aylık Kaydırma
Kozmik ışın	0.5	0.84	0.95

Tablo 6.1.5. Kozmik ışın yoğunluğu ile bulut tepe sıcaklığı (ortalamadan sapma değerleri için) arasındaki korelasyon değerleri. Kaydırma yapılmadan (normal) korelasyon değerinin -0.62 olarak görülmesine rağmen 2 aylık faz farkını ortadan kaldırmak amacıyla yapılan kaydırma işlemi sonucunda korelasyon değerinin -0.91 gibi çok büyük bir değere ulaştığı görülmektedir.

	Bulut Tepe S.	1 Aylık Kaydırma	2 Aylık Kaydırma
Kozmik ışın	-0.62	-0.89	- 0.91

Tablo 6.2.1. YSA tabanlı modelin (METUNN) girdi ve çıktıları (Tulunay ve diğ.,2003).

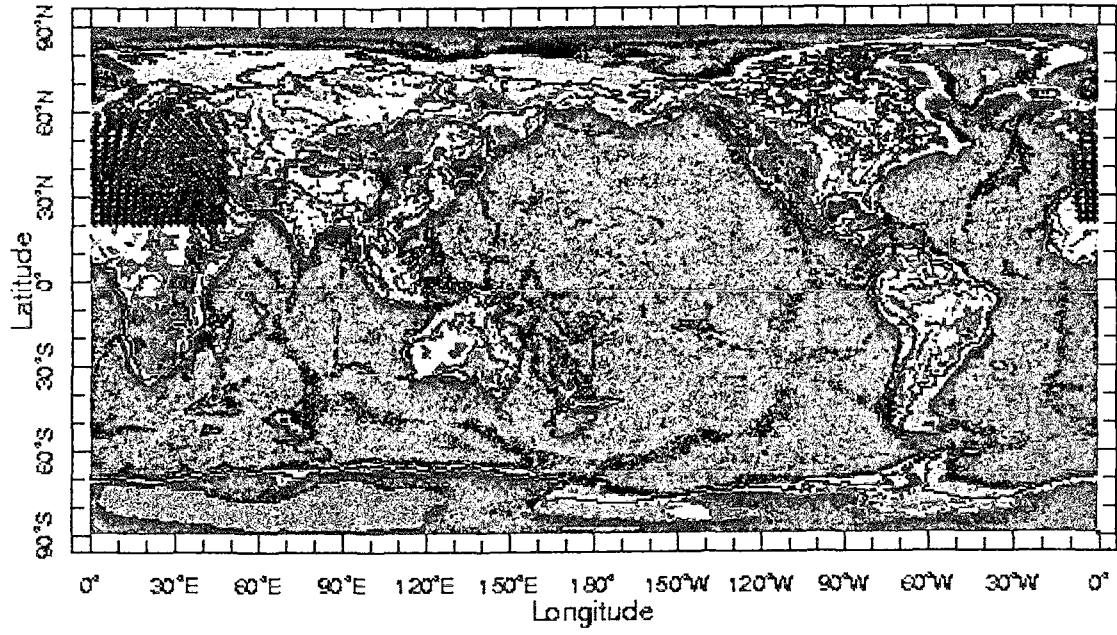
Çıktı	Girdi
CC ve CT'nin bir ay sonraki Tahminleri: CC(k+1) CT(k+1)	<i>12 Girdi</i> Yıl, Ay, Enlem (La), Boylam (L ₀), Hali-hazırdaki Bulut Miktarı, Hali-hazırdaki Bulut Tepe Sıcaklığı, CC ve CT için birinci, ikinci ve bağıl farklar

Tablo 6.2.2. “Eğitim”, “test” ve “operasyon” evreleri tablosu (Tulunay ve diğ.,2003).

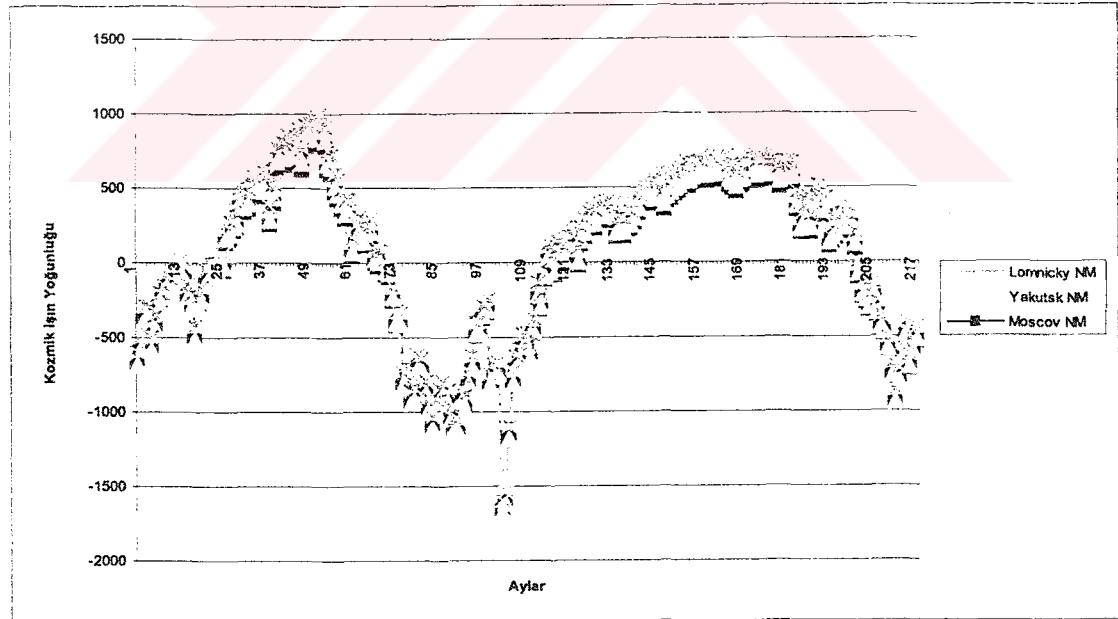
Ay \ Evre	Eğitim Test	Operasyon
Nisan- Aralık	1984	1989
Ocak-Aralık	1985	1990
	1986	

Tablo 6.2.3. Model sonuçlarının hata analizleri (Tulunay ve diğ.,2003).

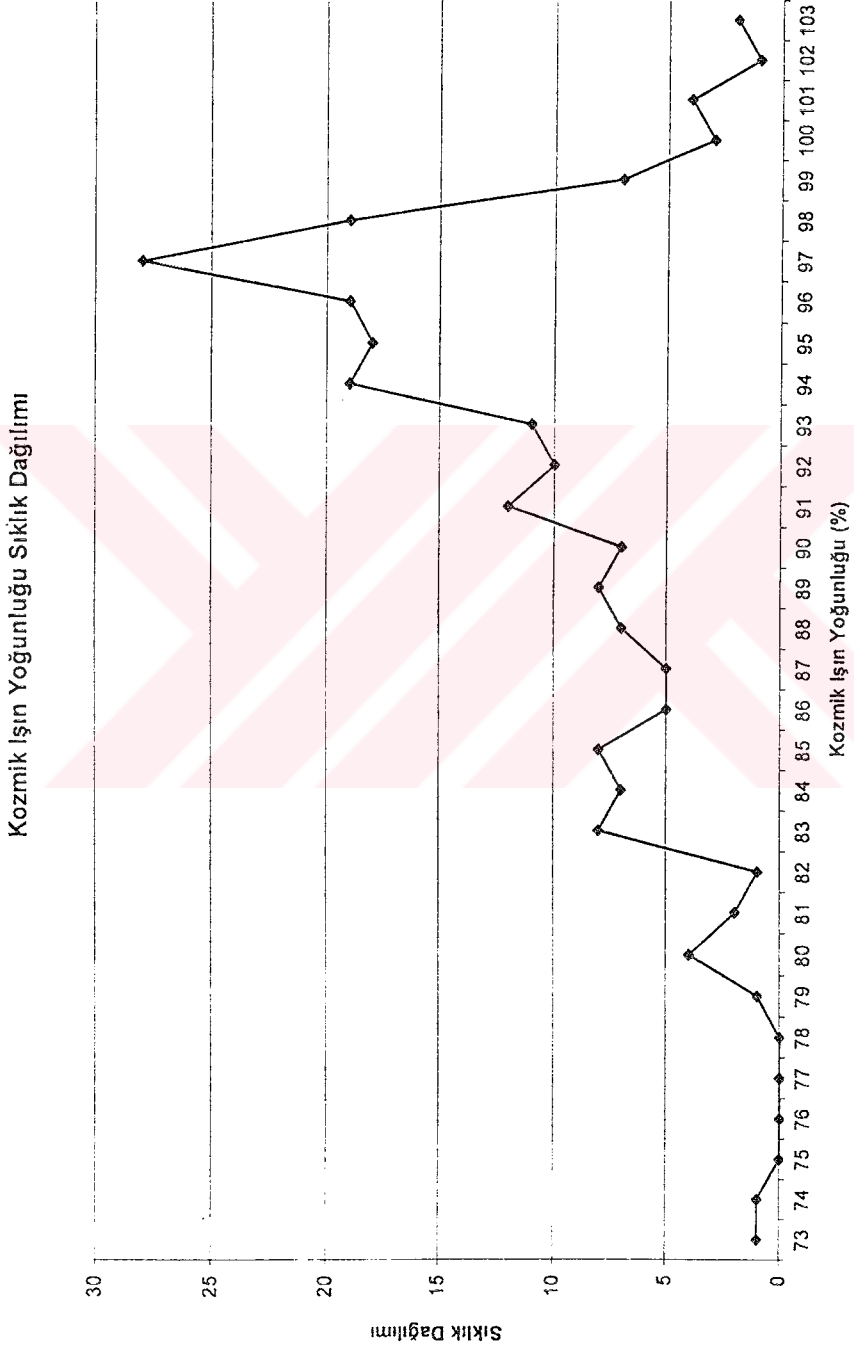
	Bulutluluk Miktarı	Bulut Tepe Sıcaklığı (K)
RMS Hata	0,14419	7,40313
Mutlak Hata	0,11731	5,35787
Çapraz Korelasyon Katsayısı	0,74177	0,78439



Şekil 4.1. (21.25N-58.75N) enlemleri ile (8.75W-48.75E) boylamları arasındaki çalışma alanı.

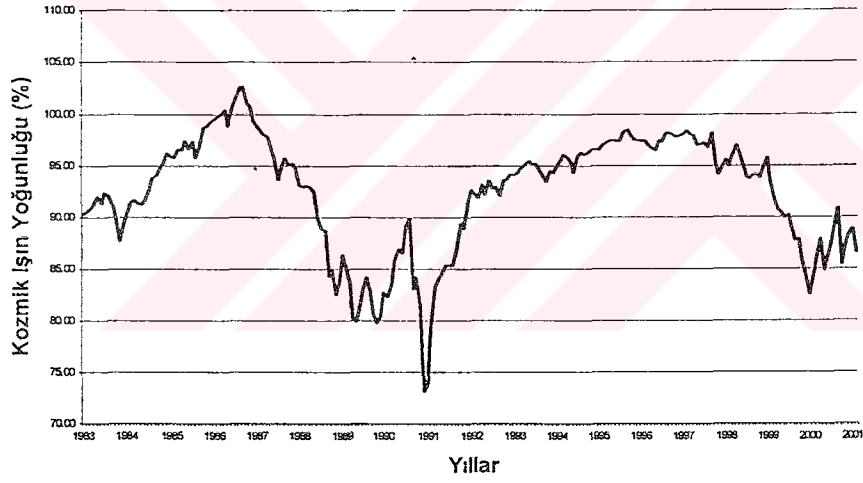
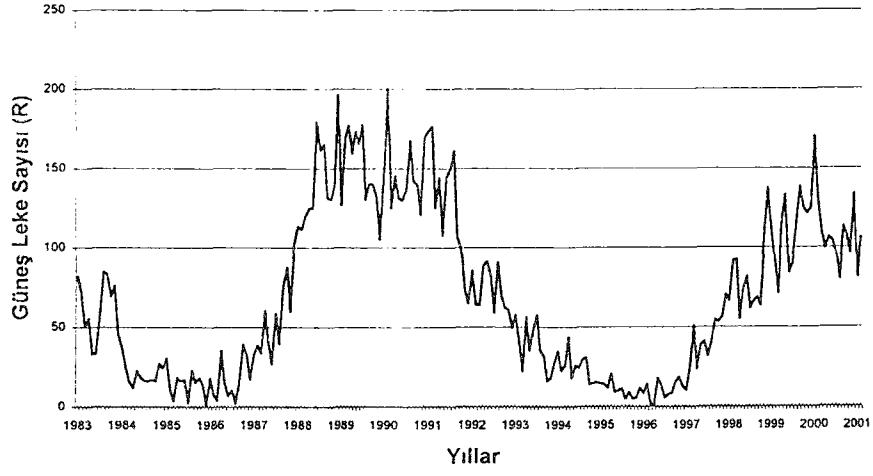


Şekil 4.2. (1983-2001) döneminde üç farklı monitörden sağlanan (Moskova ve Yakutsk nötron monitörlerine ait veriler <http://helios.izmiran.rssi.ru/cosray/main.htm> web adresinden sağlanmıştır) kozmik ışın verilerinin değişimi gözlenmiştir. Farklı enlemlerde ve yüksekliklerde bulunan üç monitör (Lomnický, Yakutsk ve Moskova NM'leri) tarafından kaydedilen verilerin standartlaştırılması durumunda "jeomagnetik kesme" farklılığının ortadan kalktığı görülmektedir.



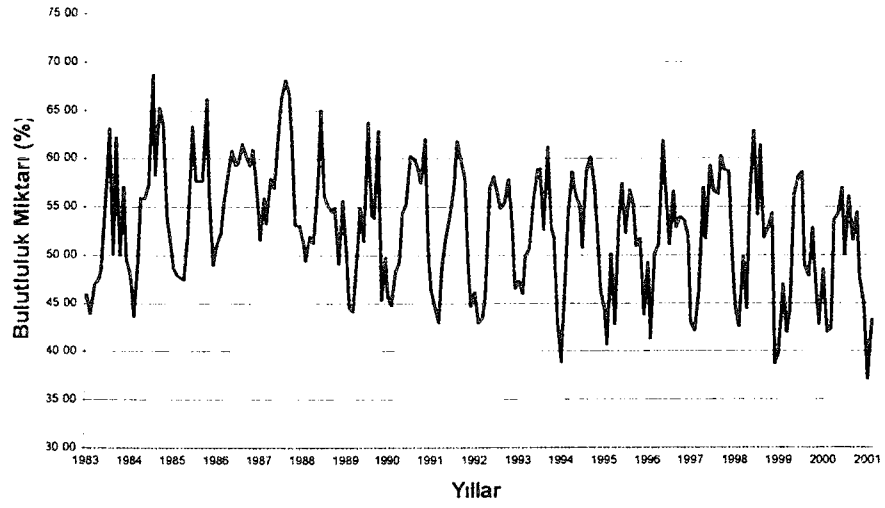
Şekil. 5.1. Kozmik ışın yoğunluğu için sıklık dağılımı

(a)

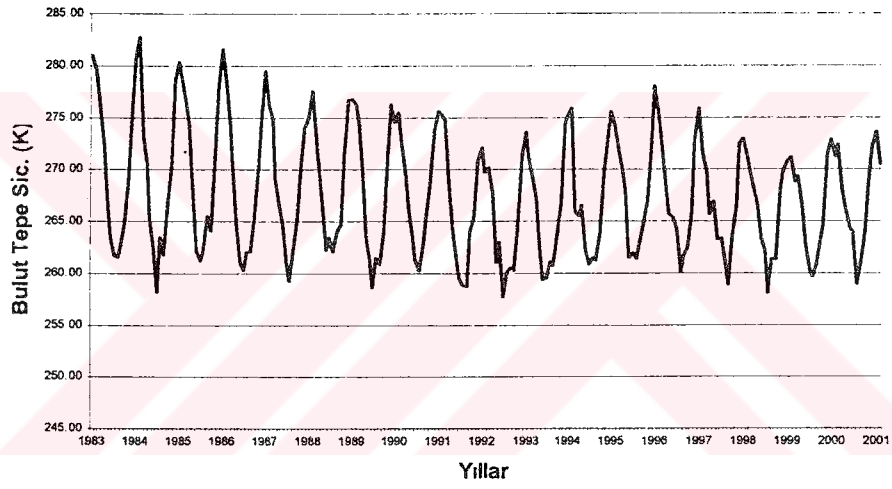


(b)

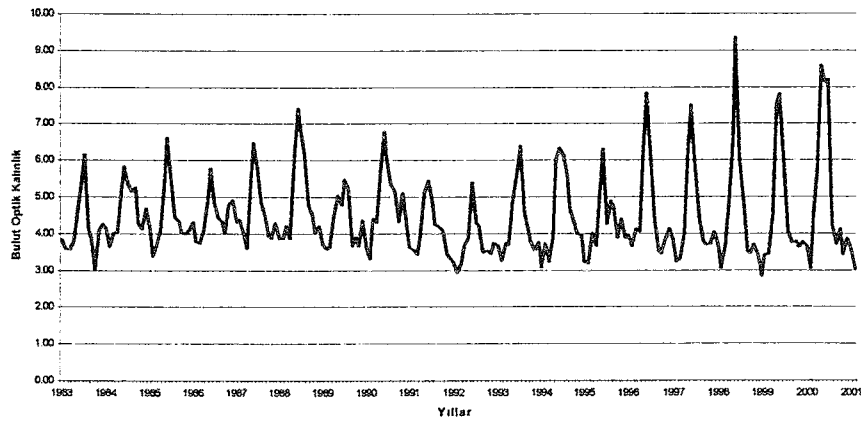
(c)



(d)

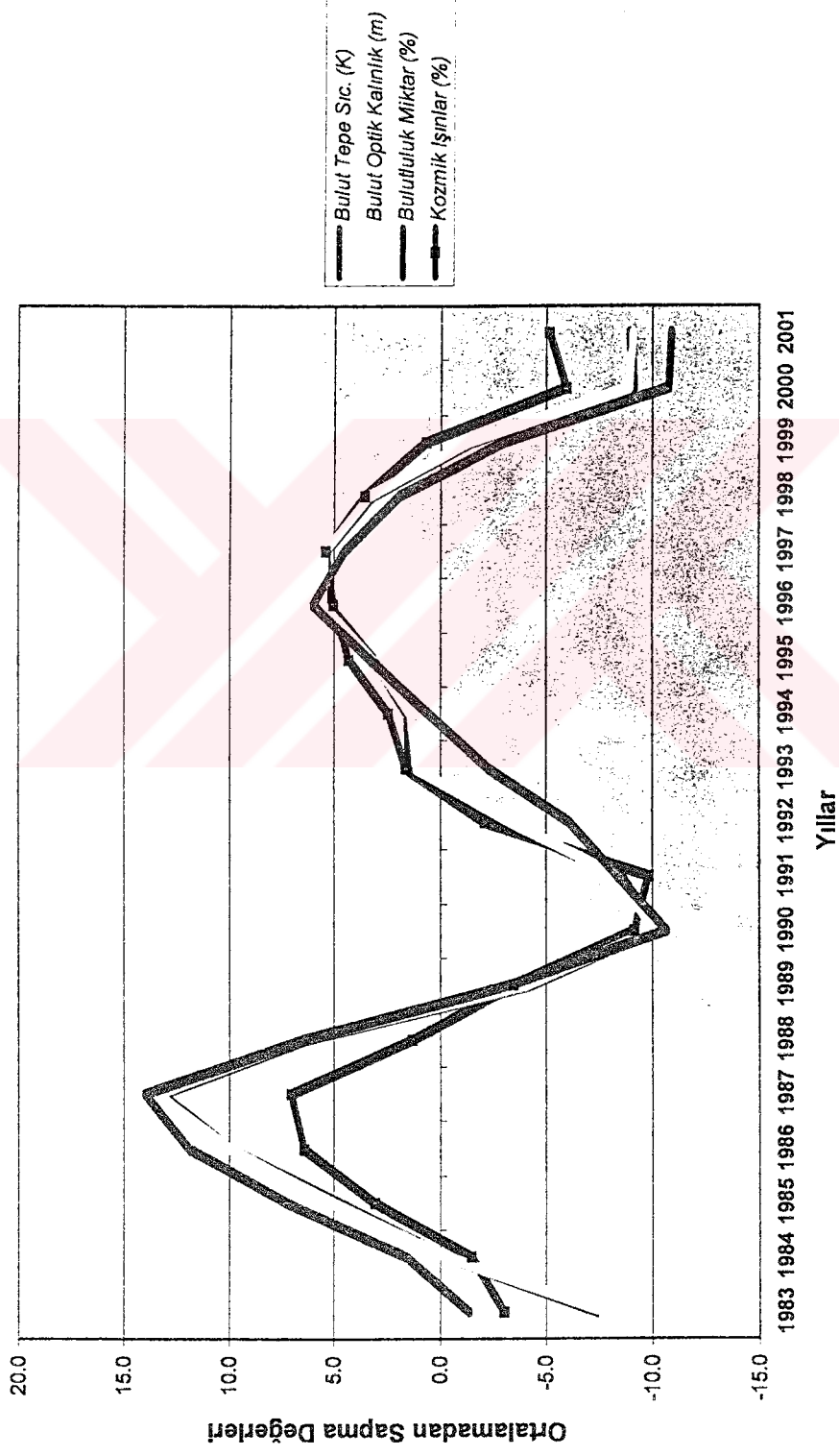


(e)



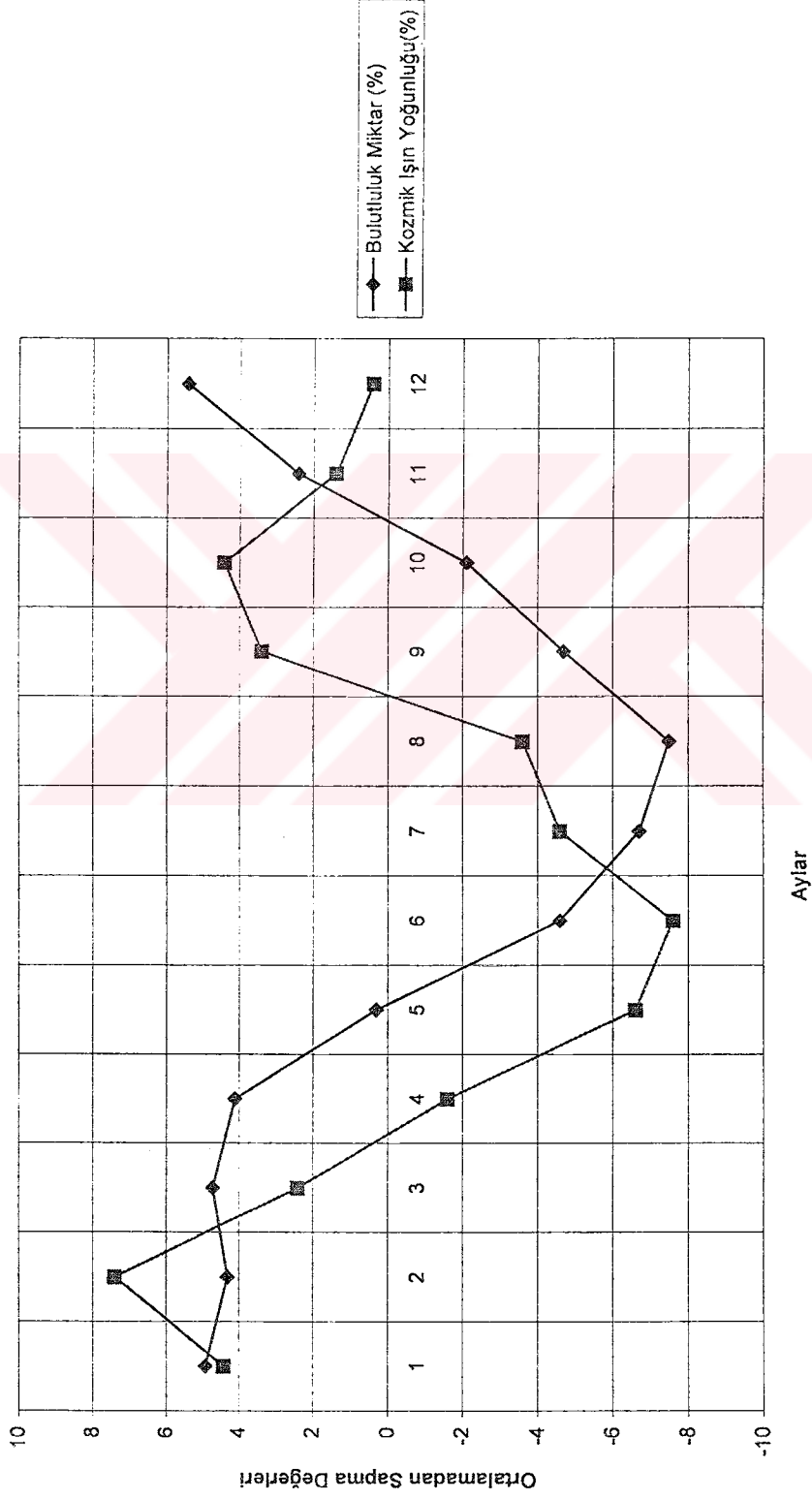
Şekil 6.1.1. 1983-2001 yılları arasındaki ortalama güneş leke sayısı (a), kozmik ışın yoğunluğu (b), bulutluluk miktarı (c), bulut tepe sıcaklığı (d) ve bulut optik kalınlığı (e) değişimleri

Kozmik Işınlar ile Bulut Verilerinin Değişimi



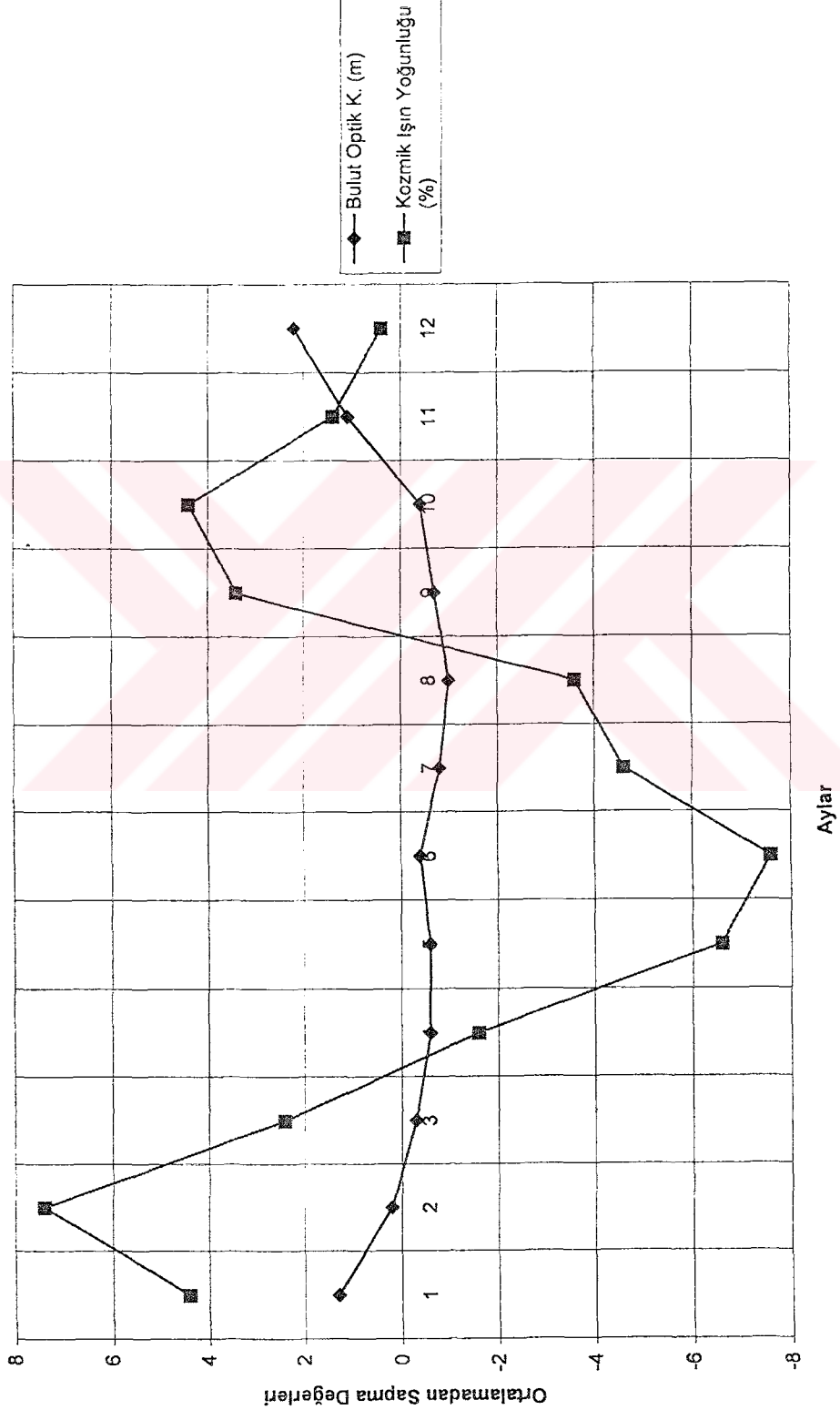
Şekil 6.1.2. Bulut verileri ile kozmik ışın yoğunluğu verileri anomaliler değişimi (uzun dönem yıllık ortalama)

Aylık(18 yıllık ort.) Kozmik Işın-Bulutluluk



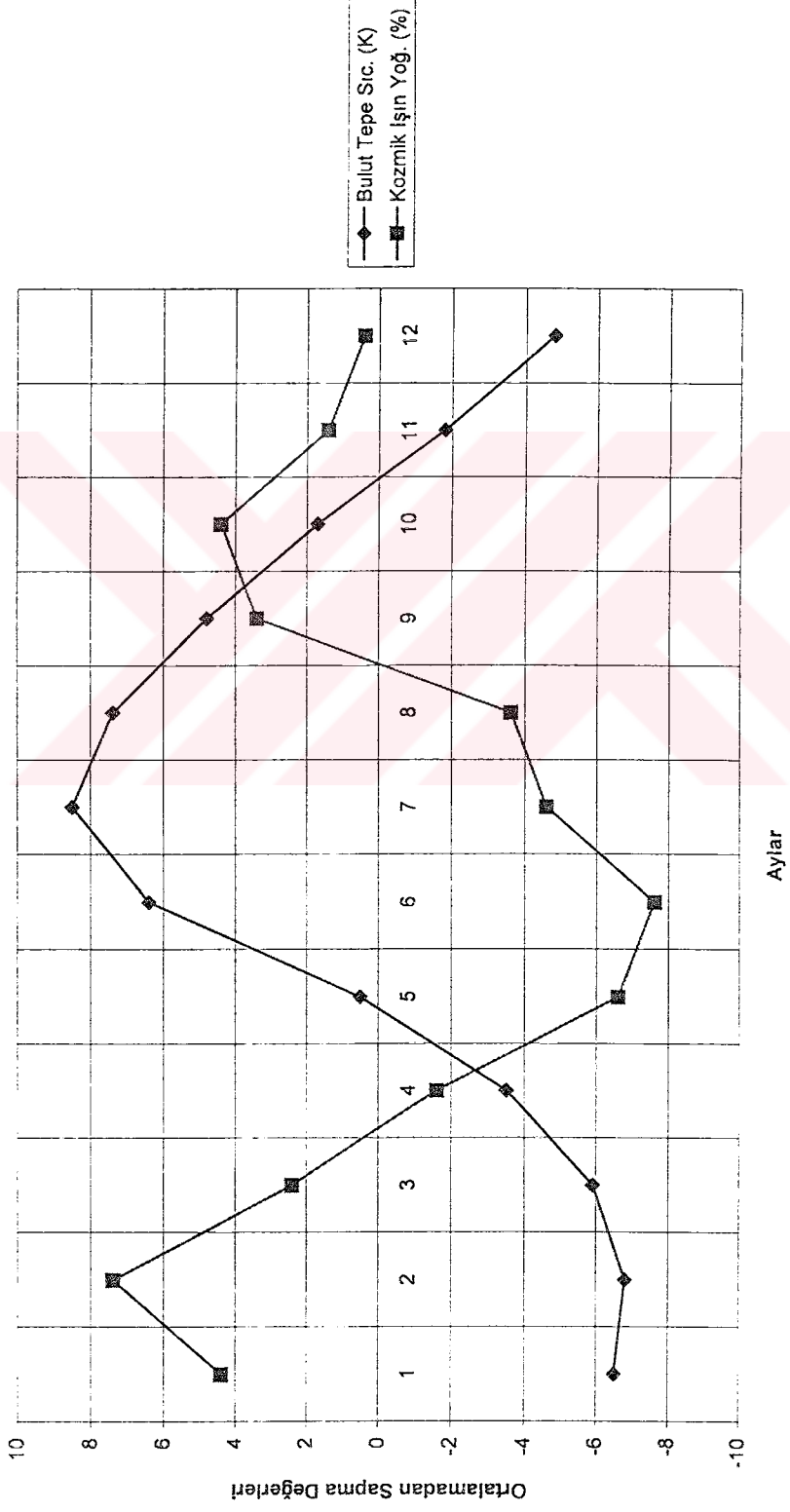
Şekil 6.1.3. Uzun dönem (1983-2001) aylık ortalama bulutluluk miktarı (%) ve kozmik ışın yoğunluğu (%) arasındaki değişim

Aylık (18 yıllık Ort.) K.ışınlar-Bulut Optik. Kal.

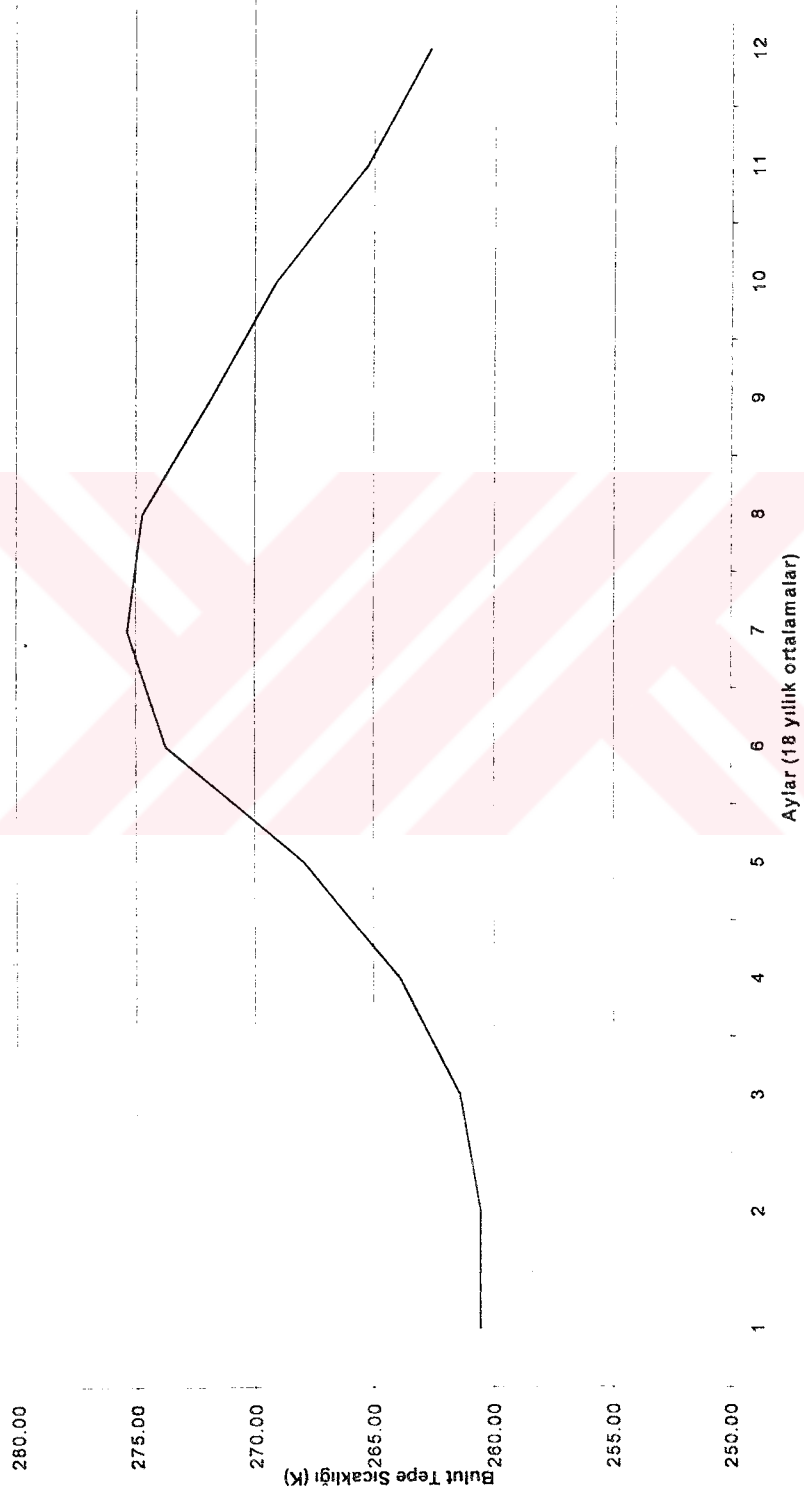


Şekil 6.1.4. Uzun dönem (1983-2001) aylık ortalama bulut optik kalınlık (m) ve kozmik ışın yoğunluğu (%) arasındaki değişim

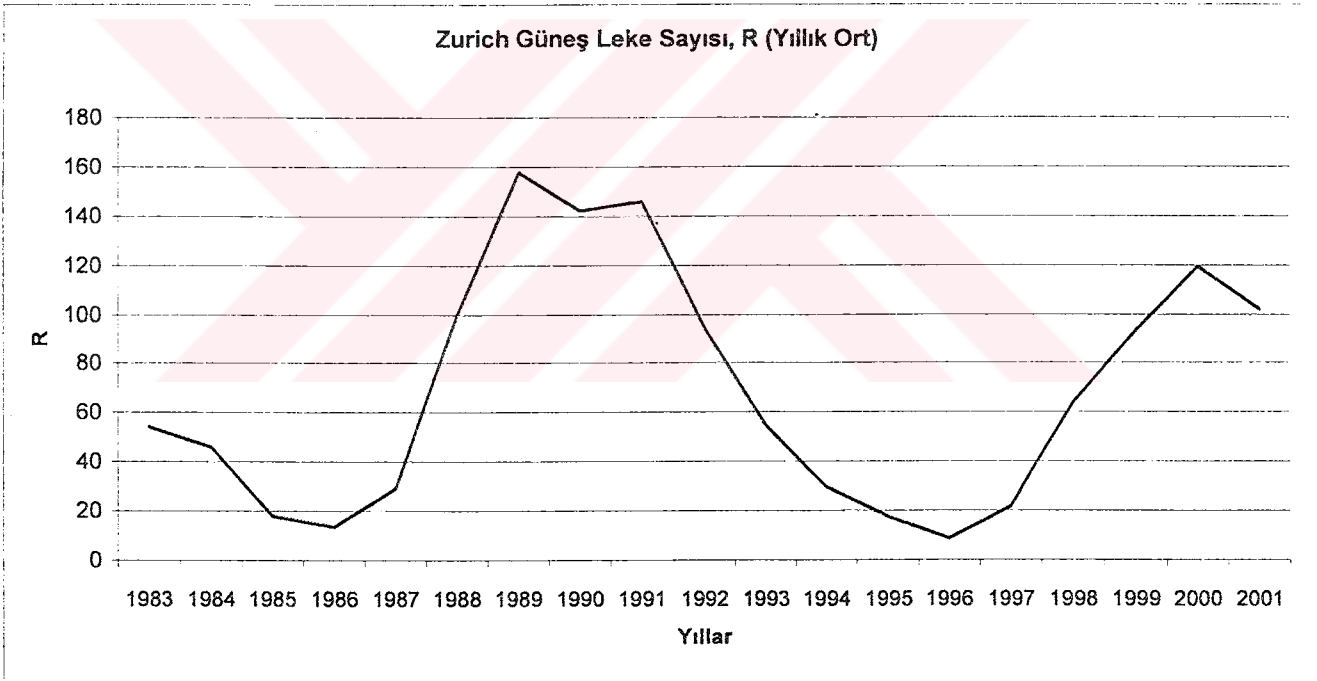
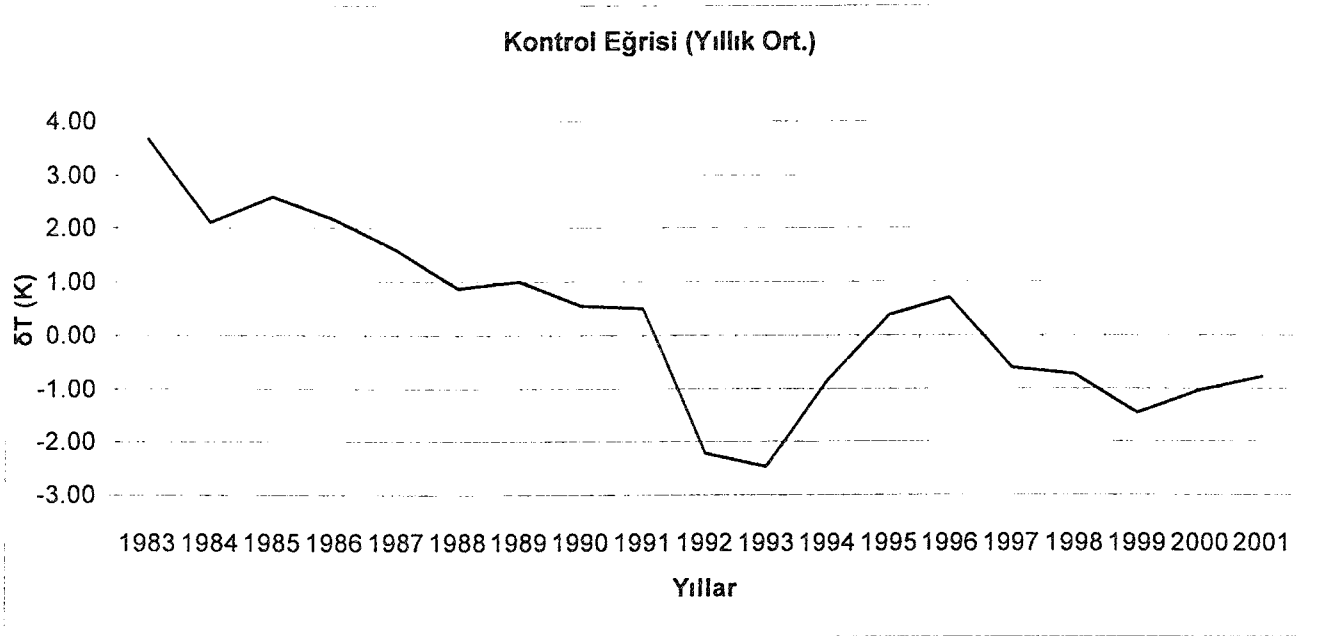
Aylık(18 yıllık ort.) K. Işınlr- Bulut Tepe Sıc.



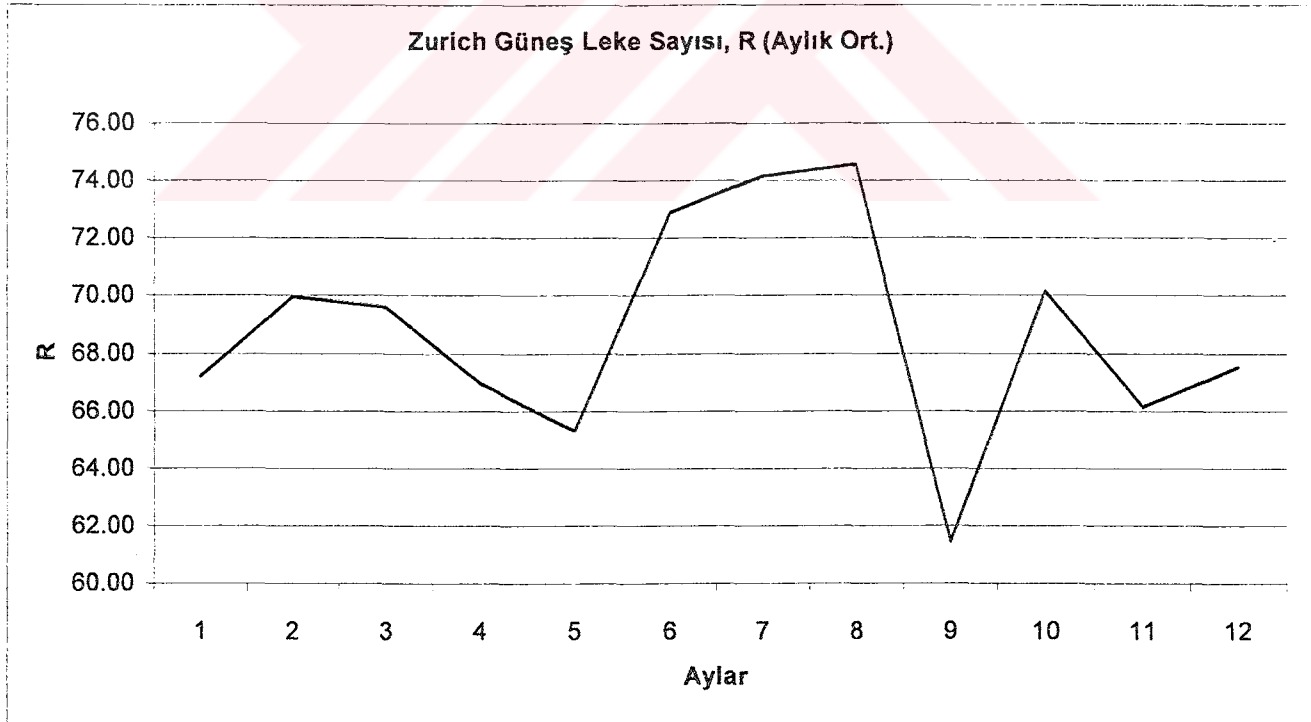
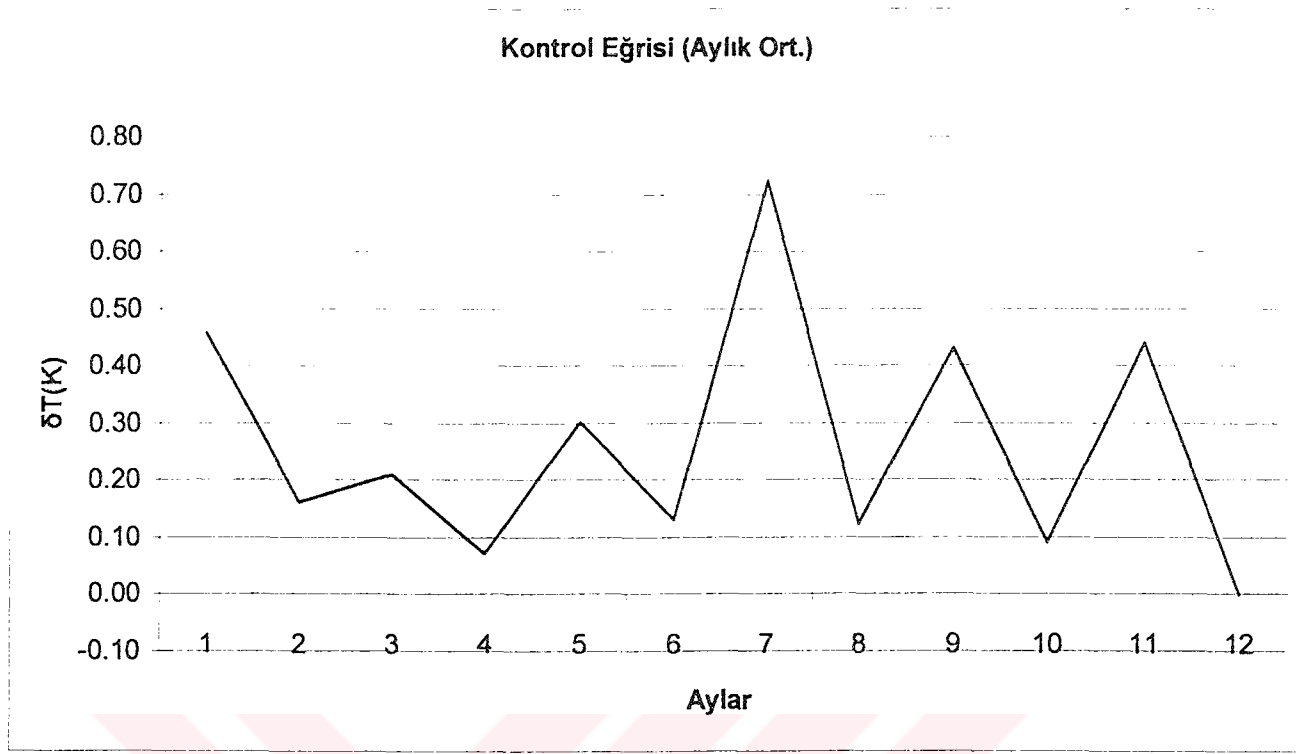
Şekil 6.1.5. Uzun dönem (1983-2001) aylık ortalama bulut tepe sıcaklığı (K) ve kozmik ışın yoğunluğu (%) arasındaki değişim



Şekil 6.1.6. Sakin dönemler için bulut tepe sıcaklığı (ΔT).

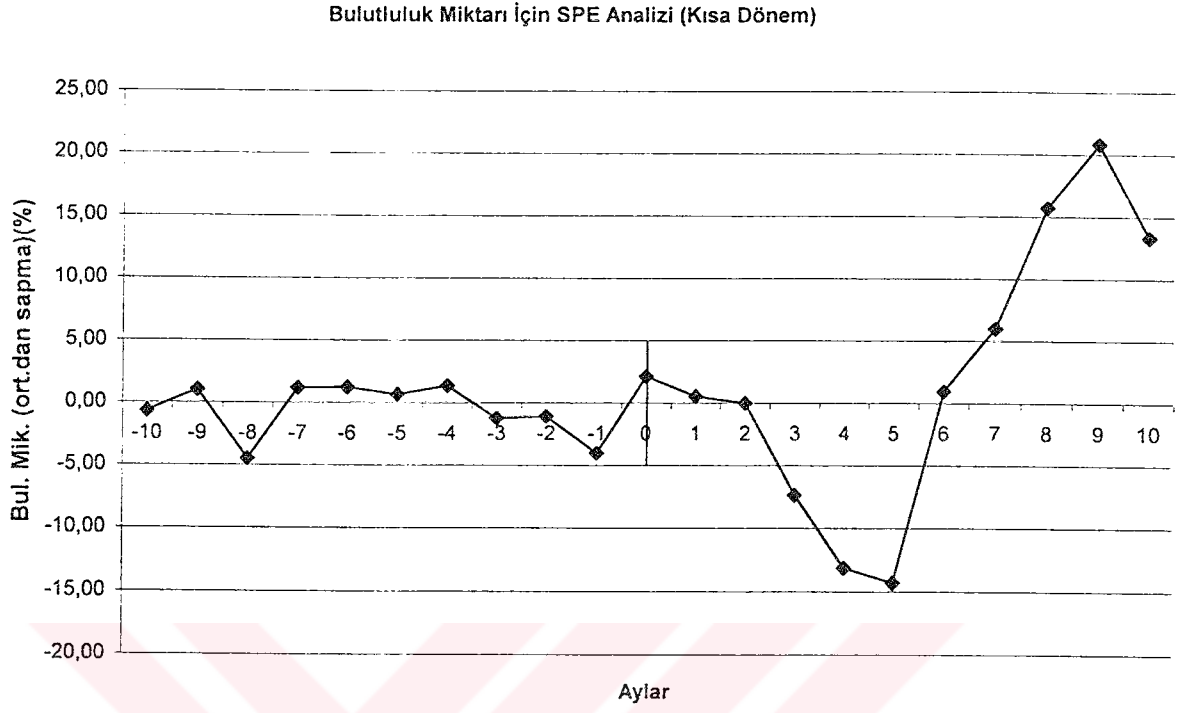


Şekil 6.1.7-a 1983-2001 yılları arasındaki δT ve güneş leke sayısı (yıllık ortalamalarının) değişimi gösterilmektedir.

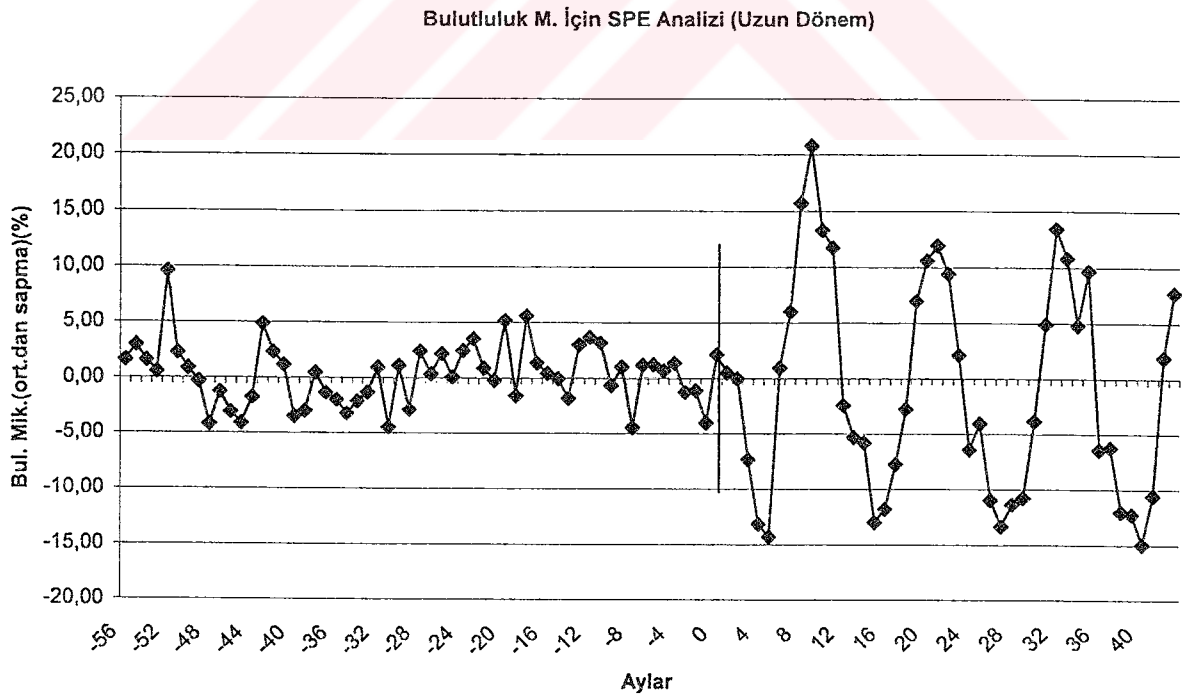


Şekil 6.1.7-b 1983-2001 yılları arasındaki δT ve Sunspots (aylık ortalamalarının) değişimi gösterilmektedir.

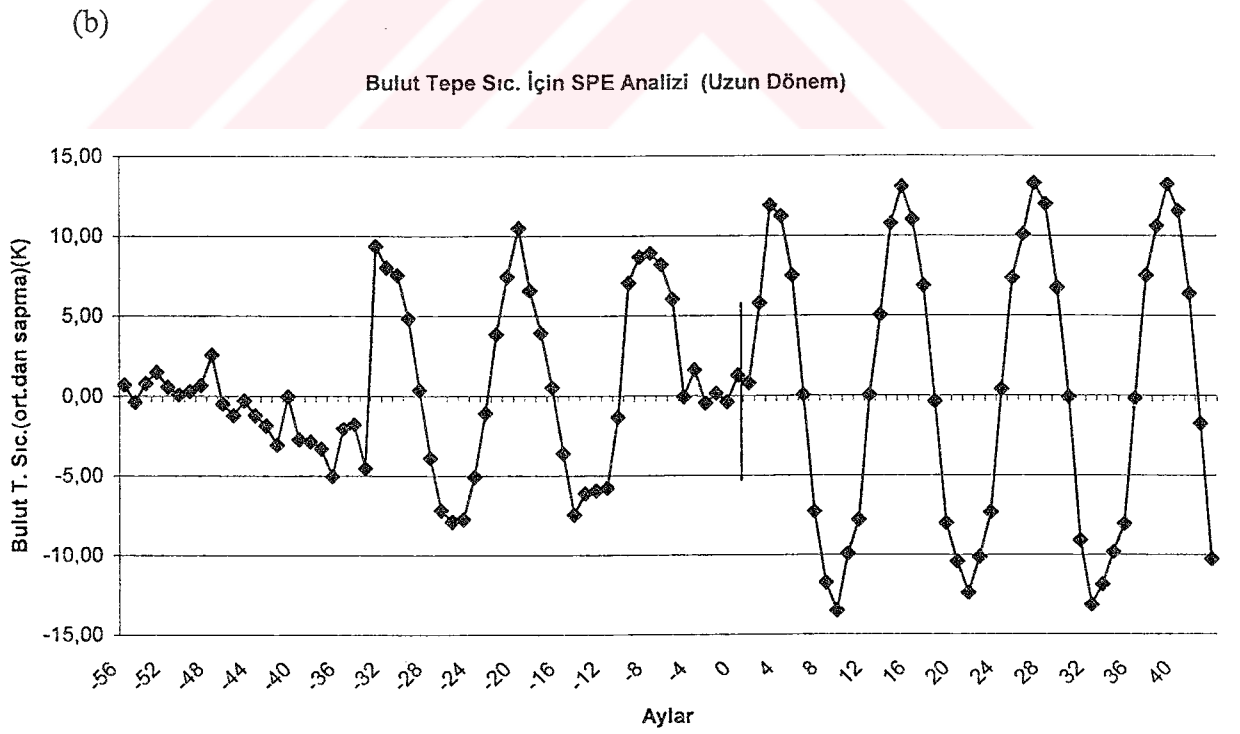
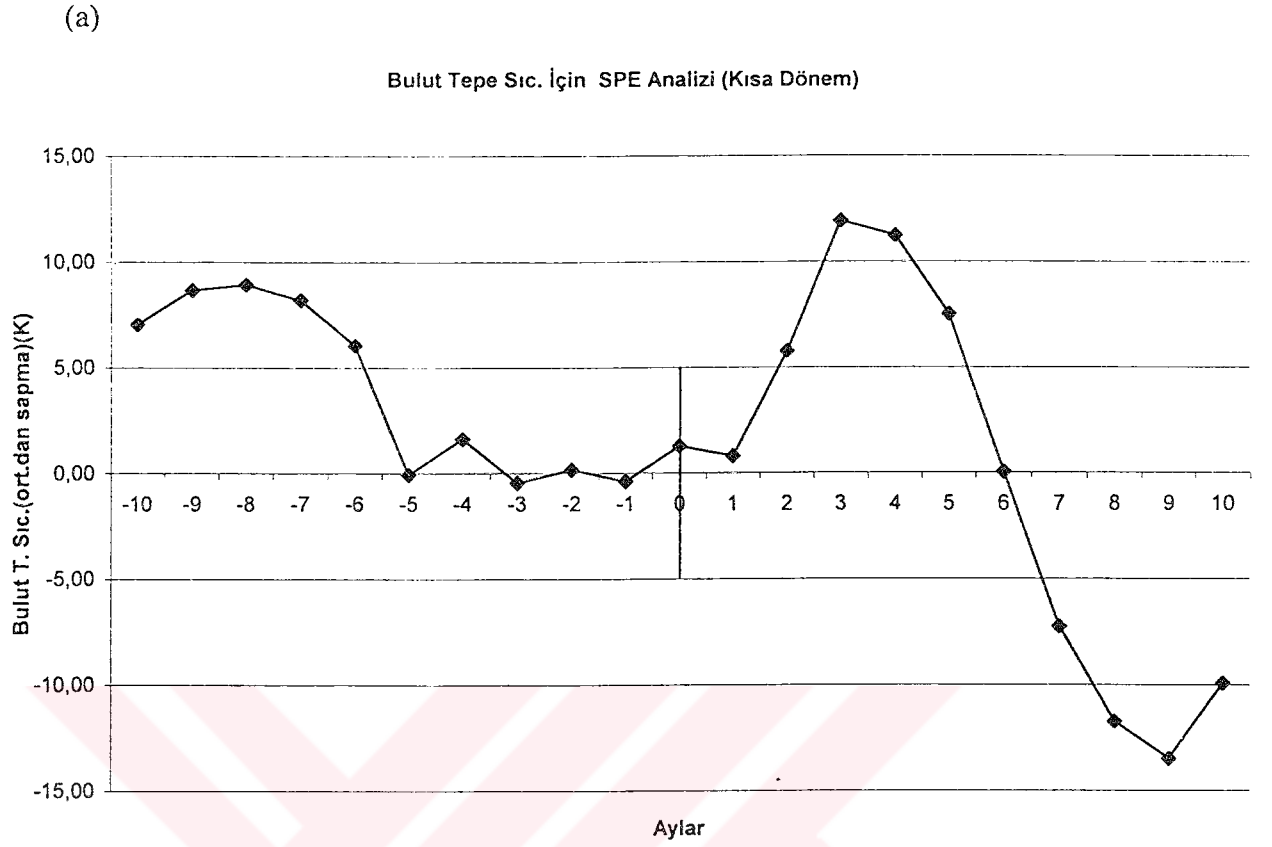
(a)



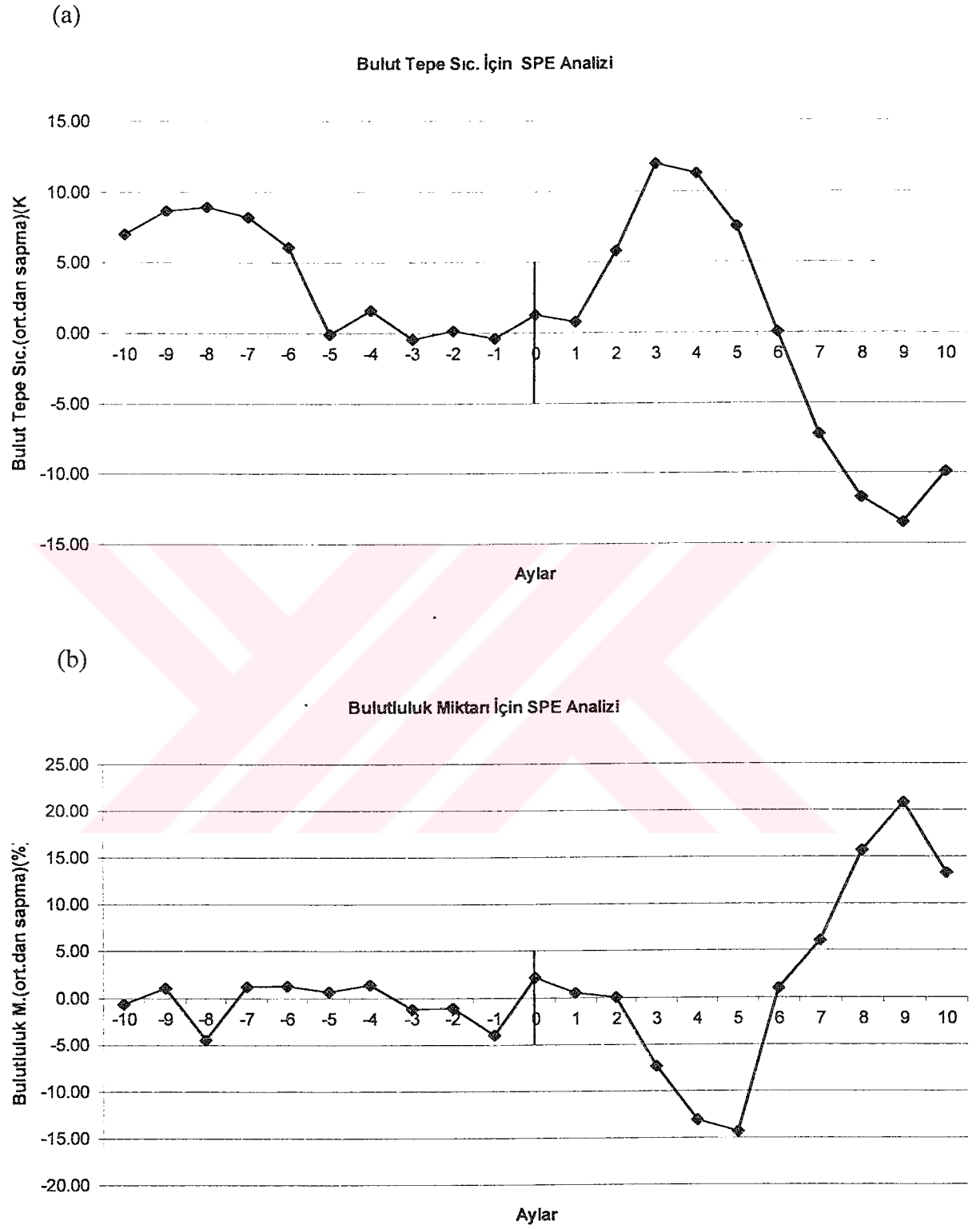
(b)



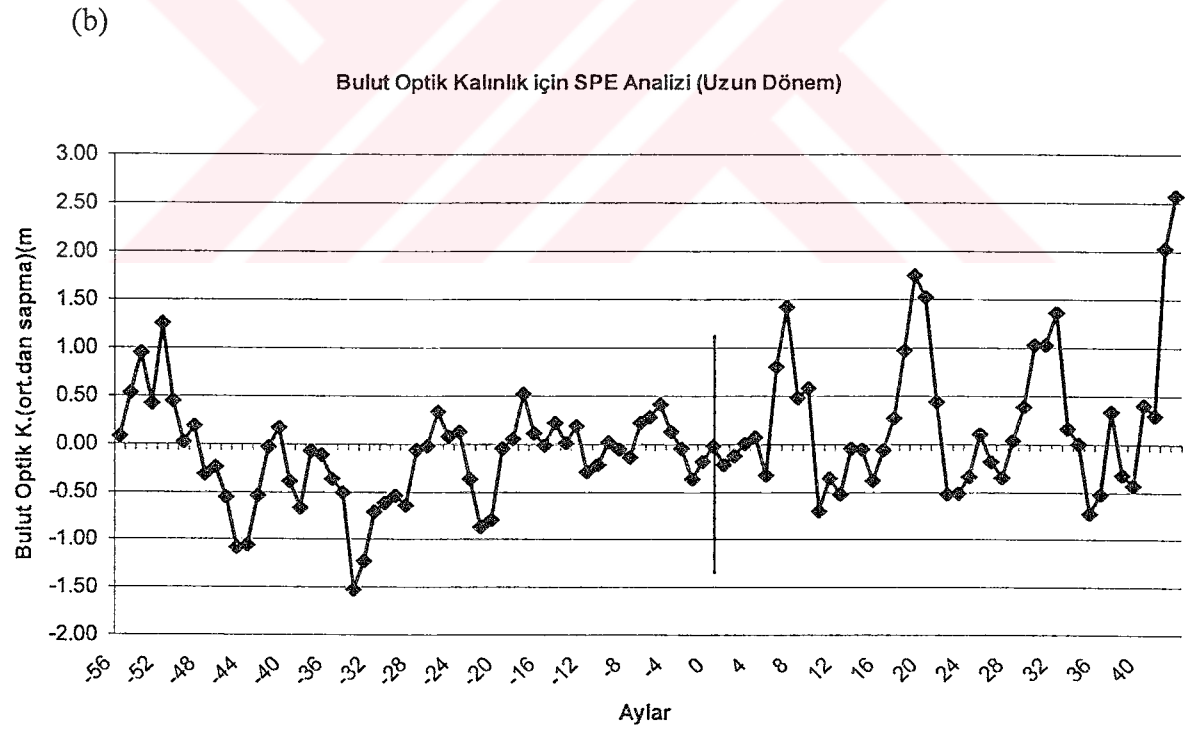
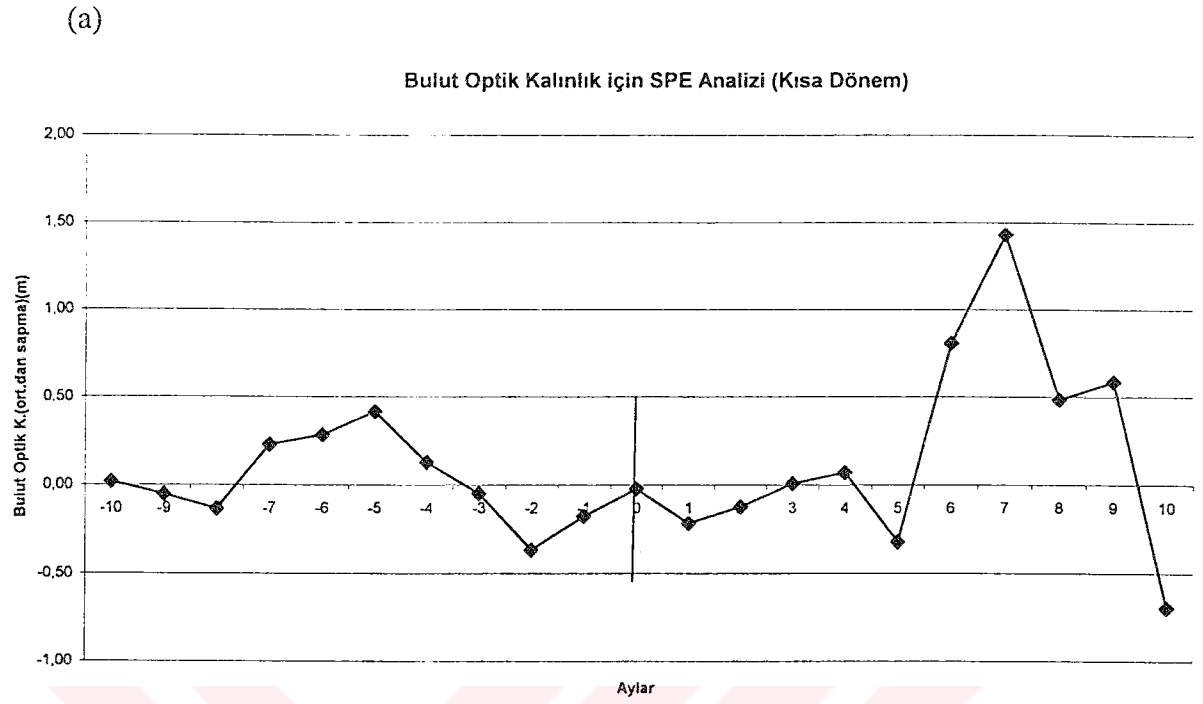
Şekil 6.1.8. Bulutluluk miktarı (%) için kısa dönem (a) ve uzun dönem (b) SPE analizi



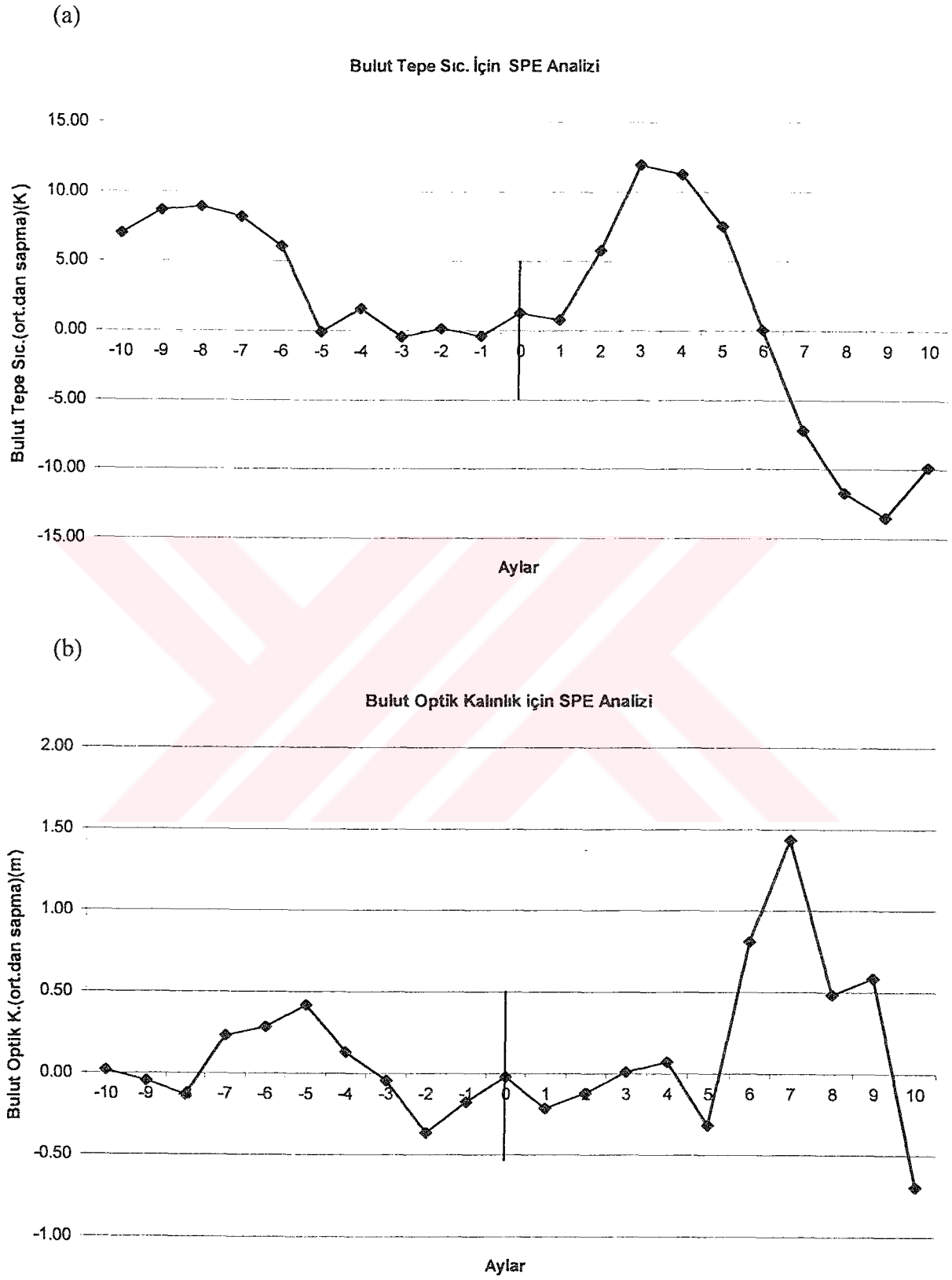
Şekil 6.1.9. Bulut tepe sıcaklığı (K) için kısa dönem (a) ve uzun dönem (b) SPE analizi



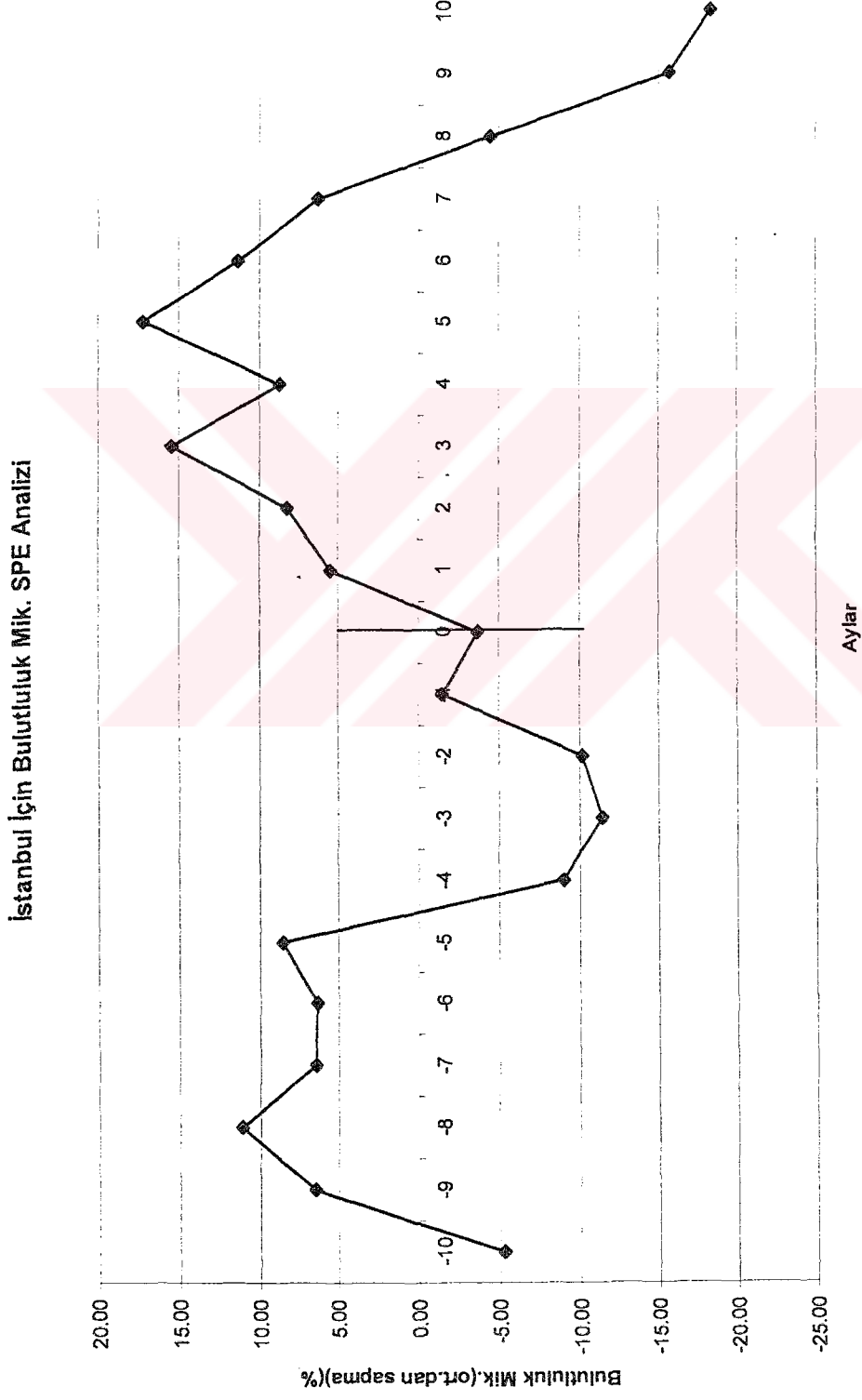
Şekil 6.1.10. Bulut tepe sıcaklığı ile bulutluluk miktarı SPE analizlerinin karşılaştırılması



Şekil 6.1.11. Bulut optik kalınlığı için kısa dönem (a) ve uzun dönem (b) SPE analizi

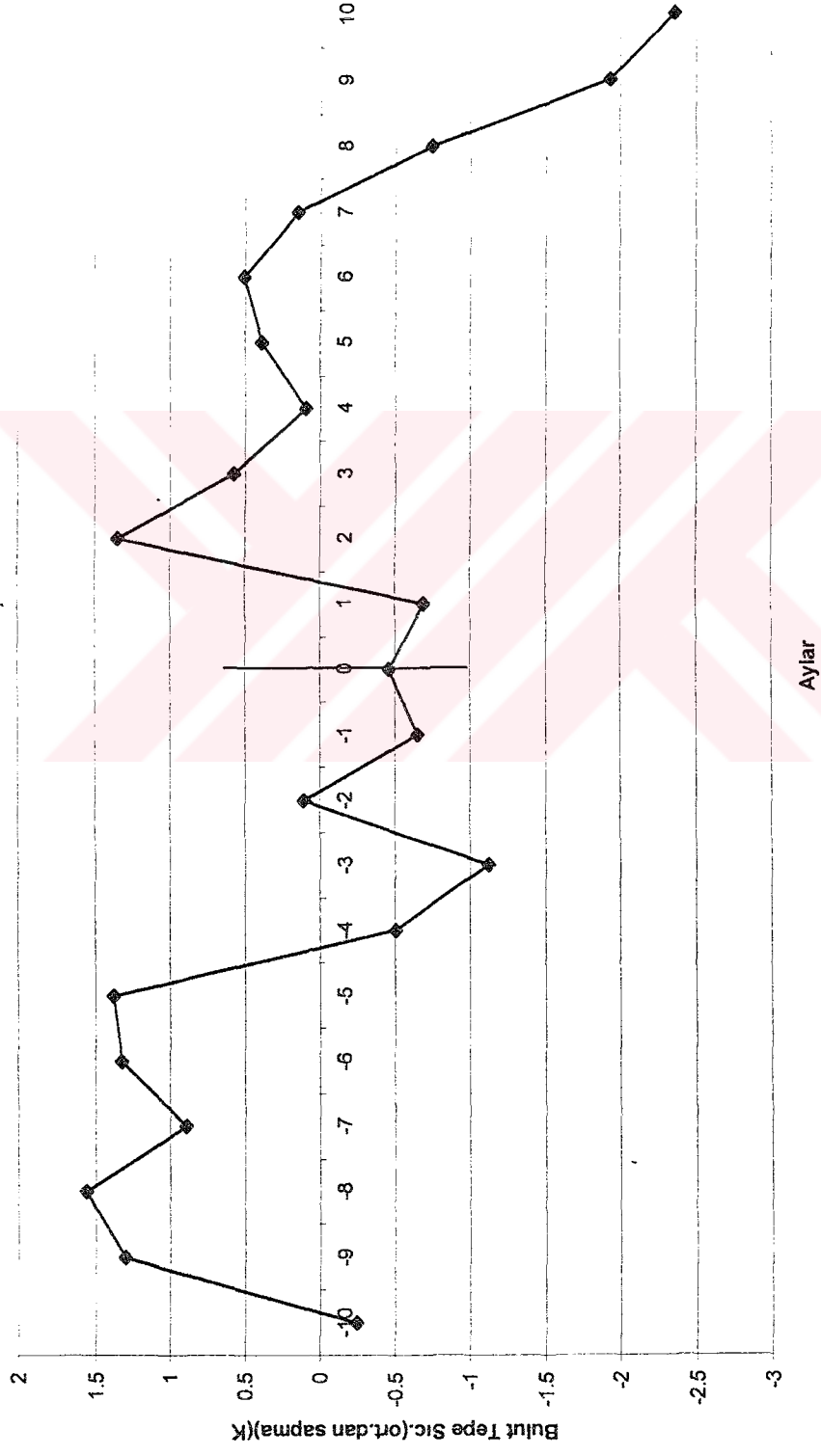


Şekil 6.1.12. Bulut tepe sıcaklığı ile bulut optik kalınlığı SPE analizlerinin karşılaştırılması

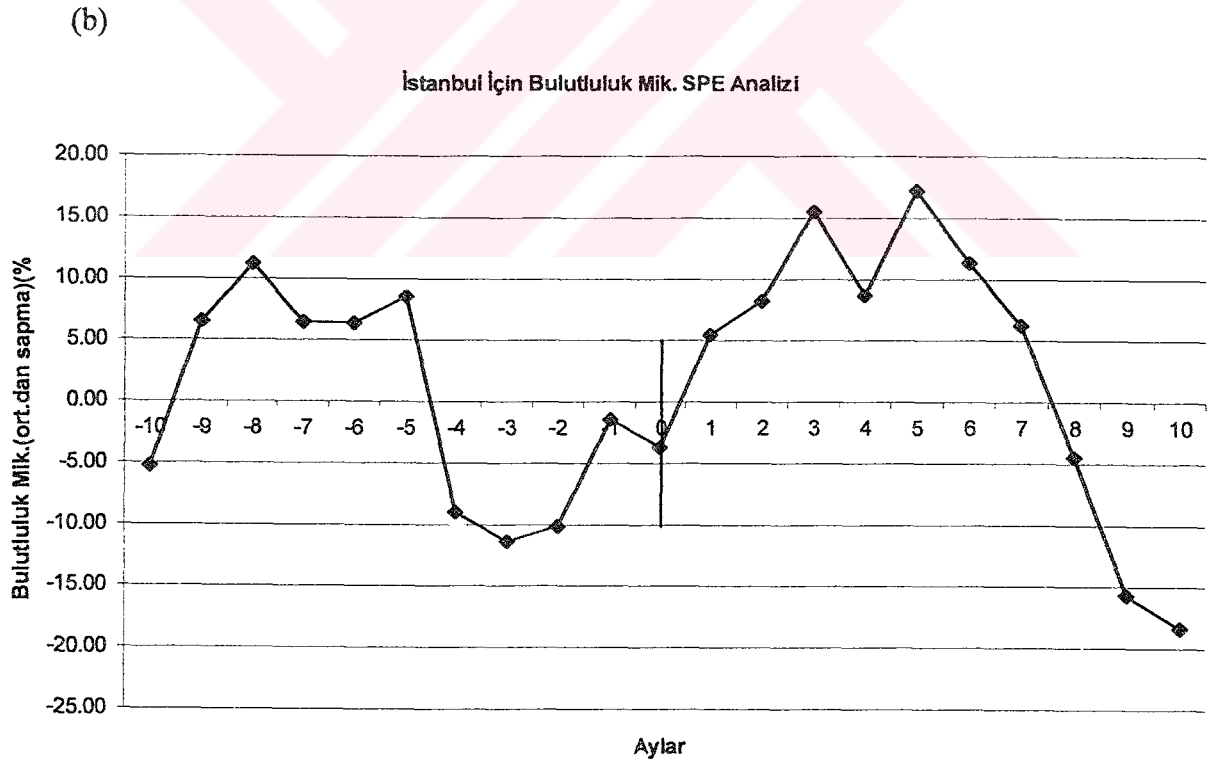
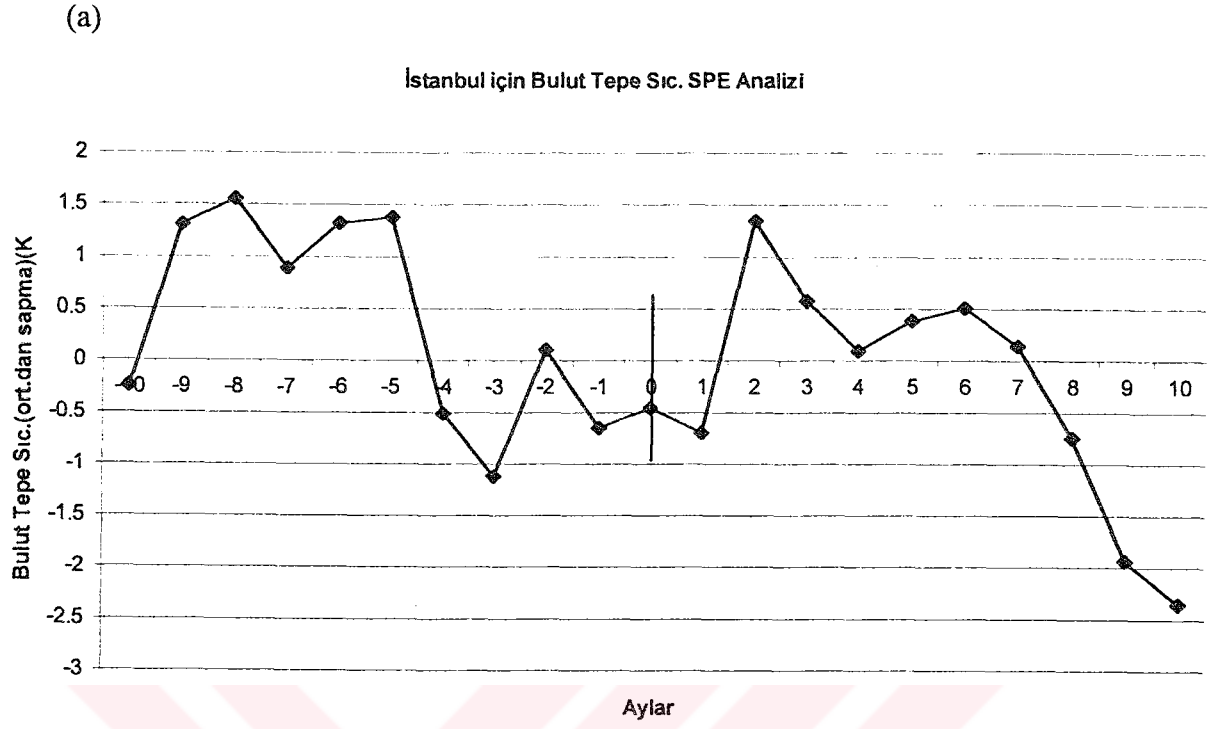


Şekil 6.1.13. İstanbul için bulutluluk miktarı SPE analizi

İstanbul için Bulut Tepe Sıc. SPE Analizi

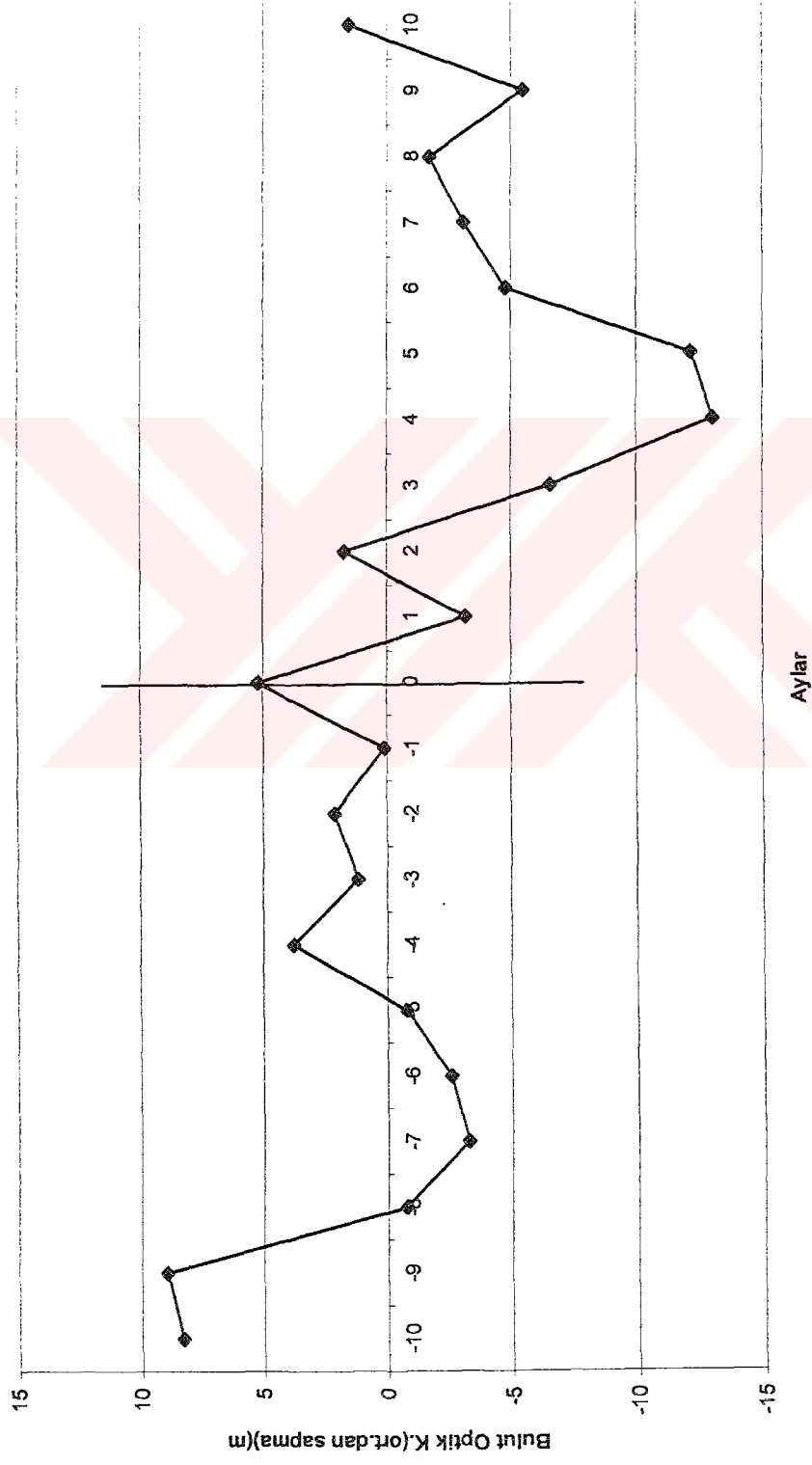


Şekil 6.1.14. İstanbul için bulut tepe sıcaklığı SPE analizi

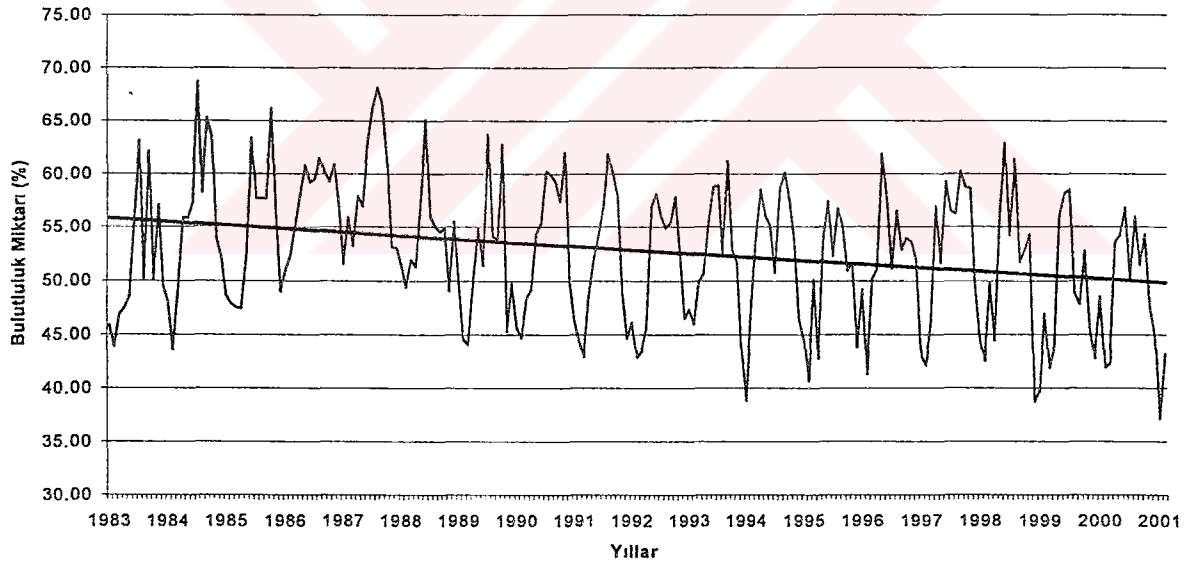
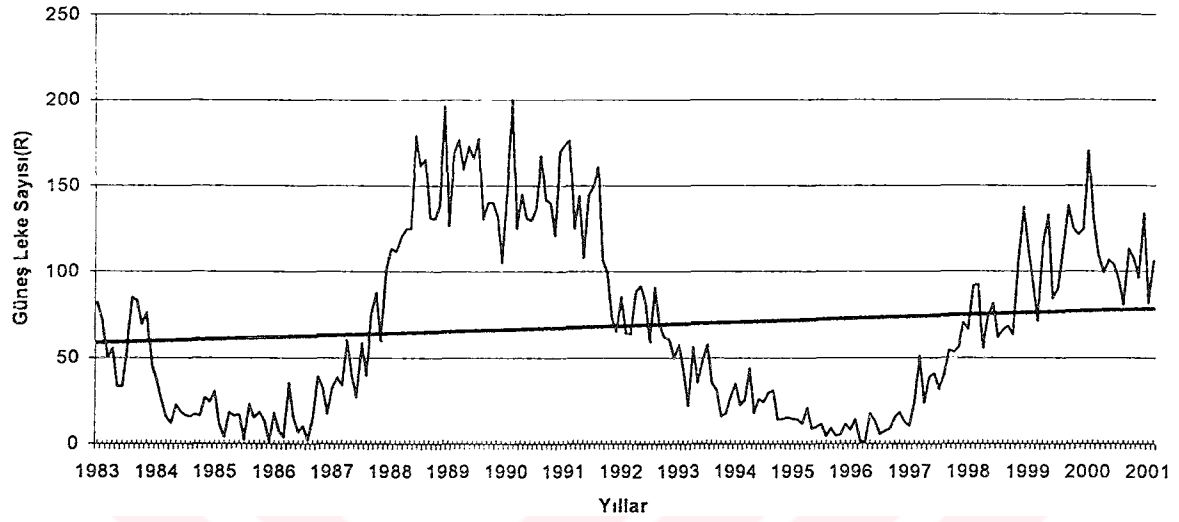


Şekil 6.1.15. Bulut tepe sıcaklığı ile bulutluluk miktarı SPE analizlerinin karşılaştırılması (İstanbul için)

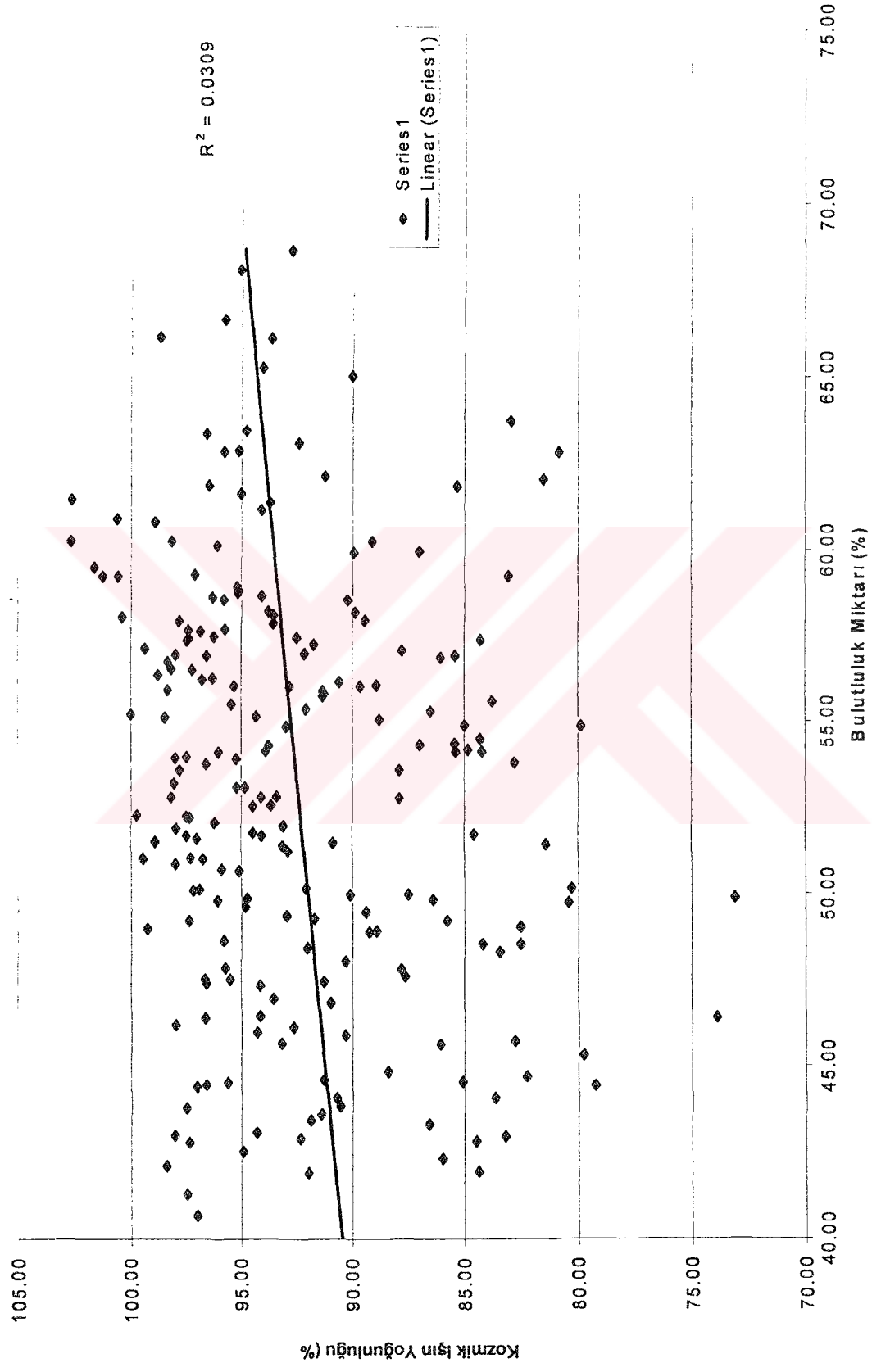
İstanbul İçin Bulut Optik Kal. SPE Analizi



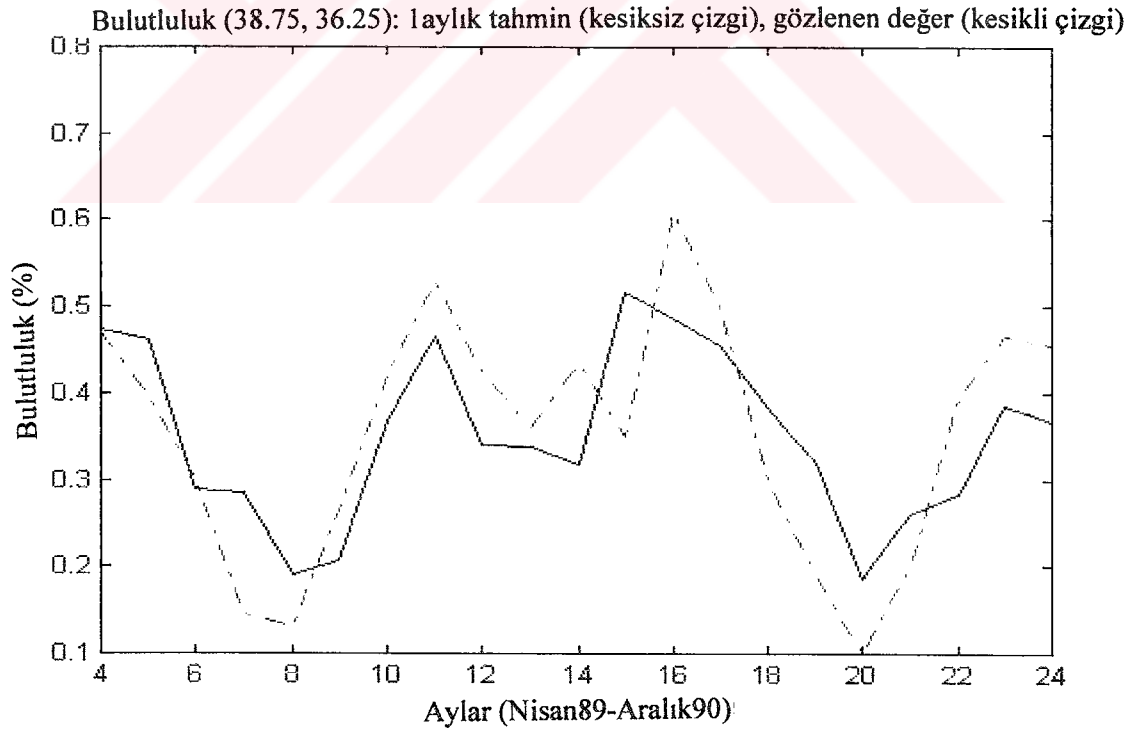
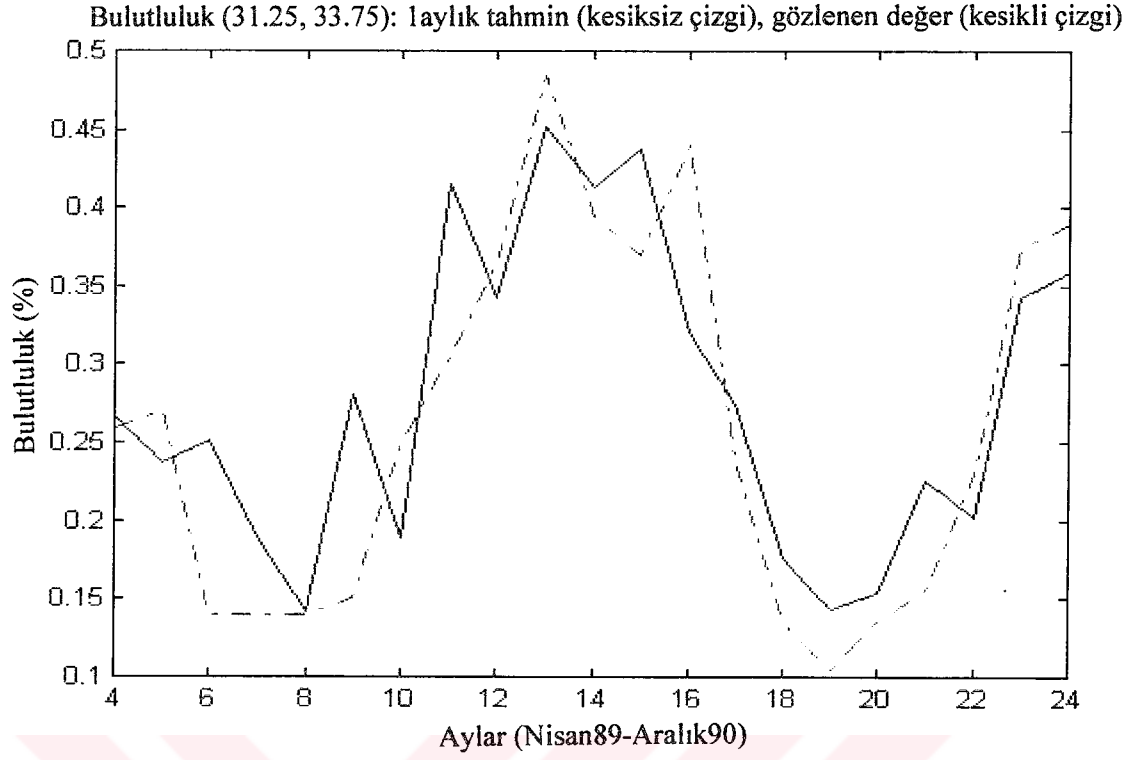
Şekil 6.1.16. İstanbul için bulut optik kalınlığı SPE analizi



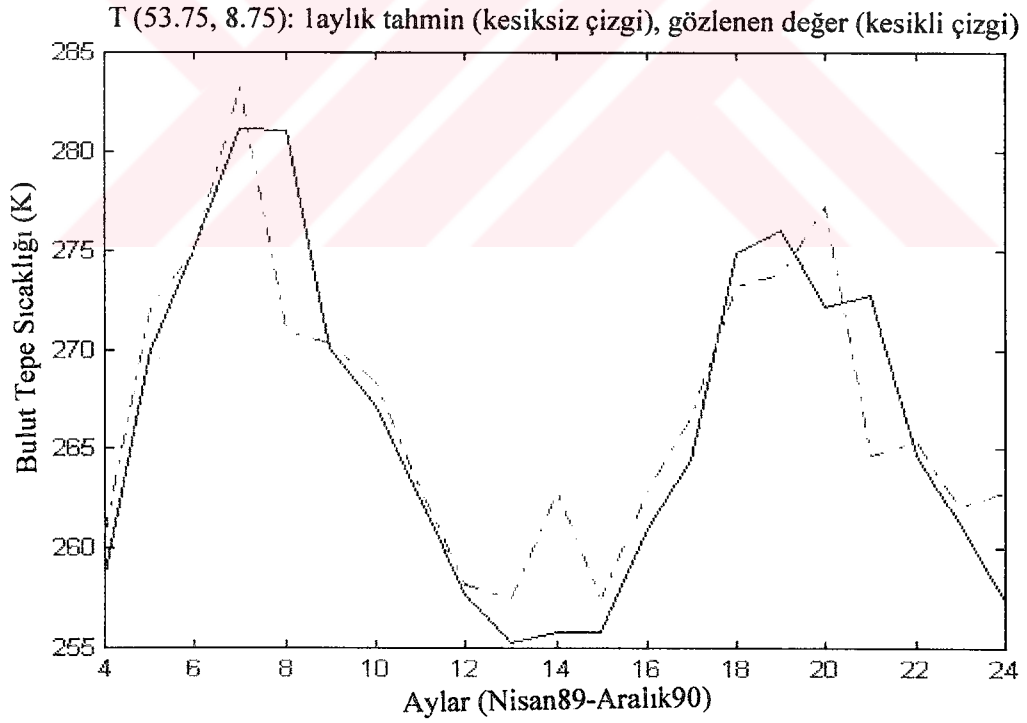
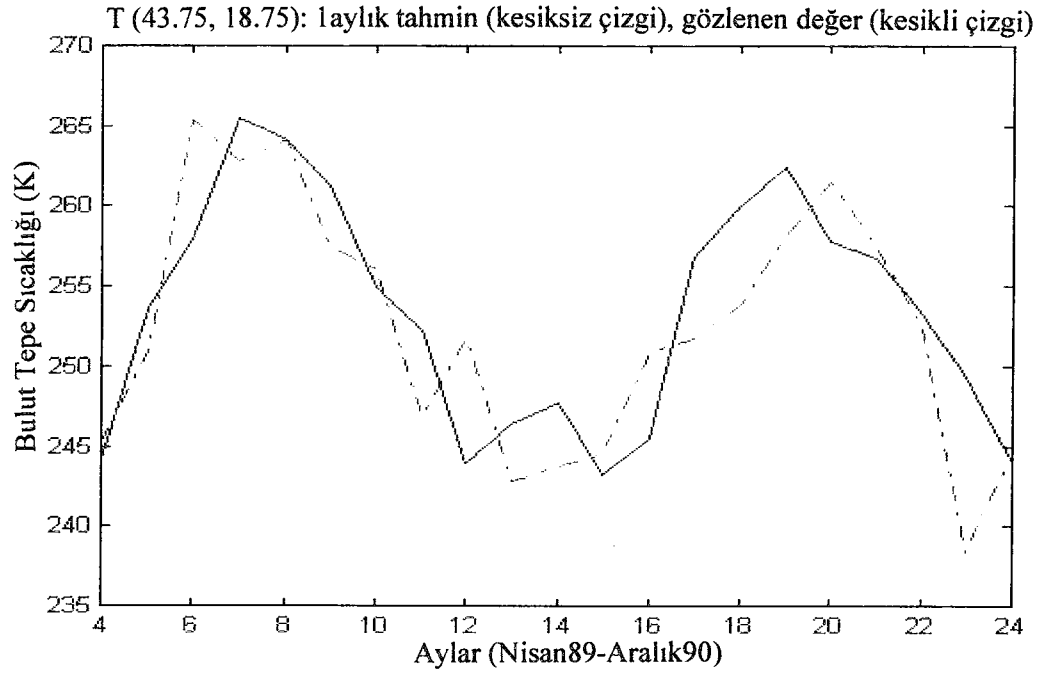
Şekil 6.1.17 Güneş aktiviteleri ile bulutluluk miktarının 1983-2001 dönemindeki trendi



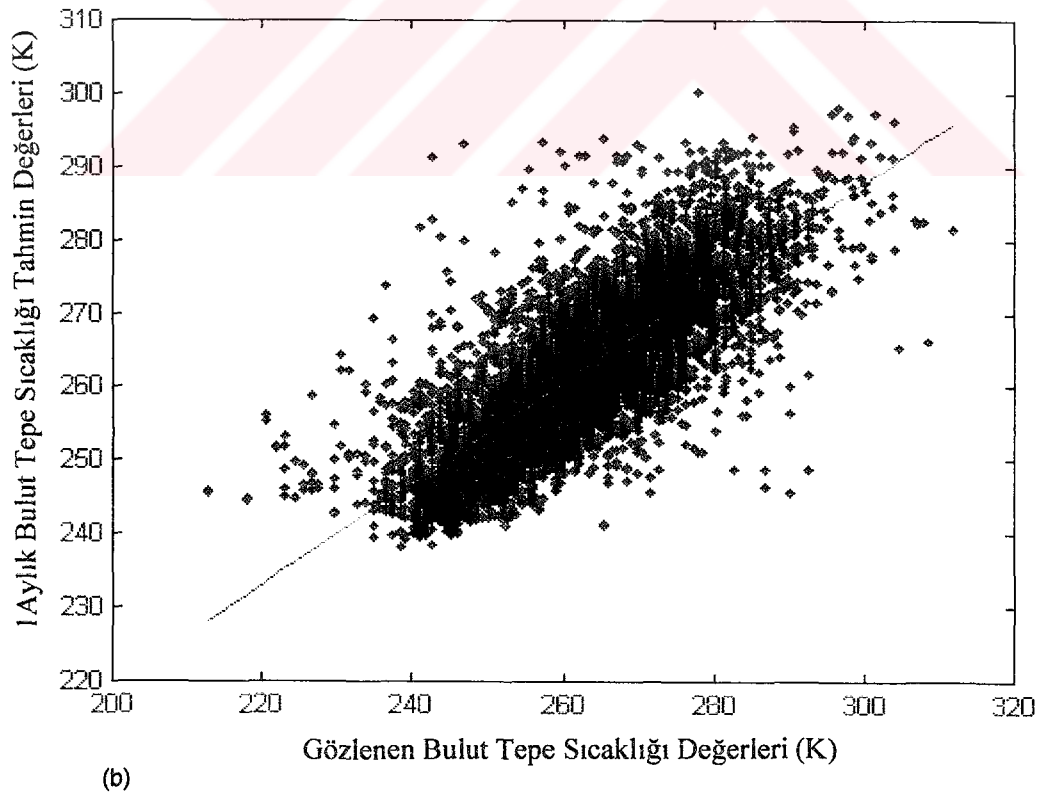
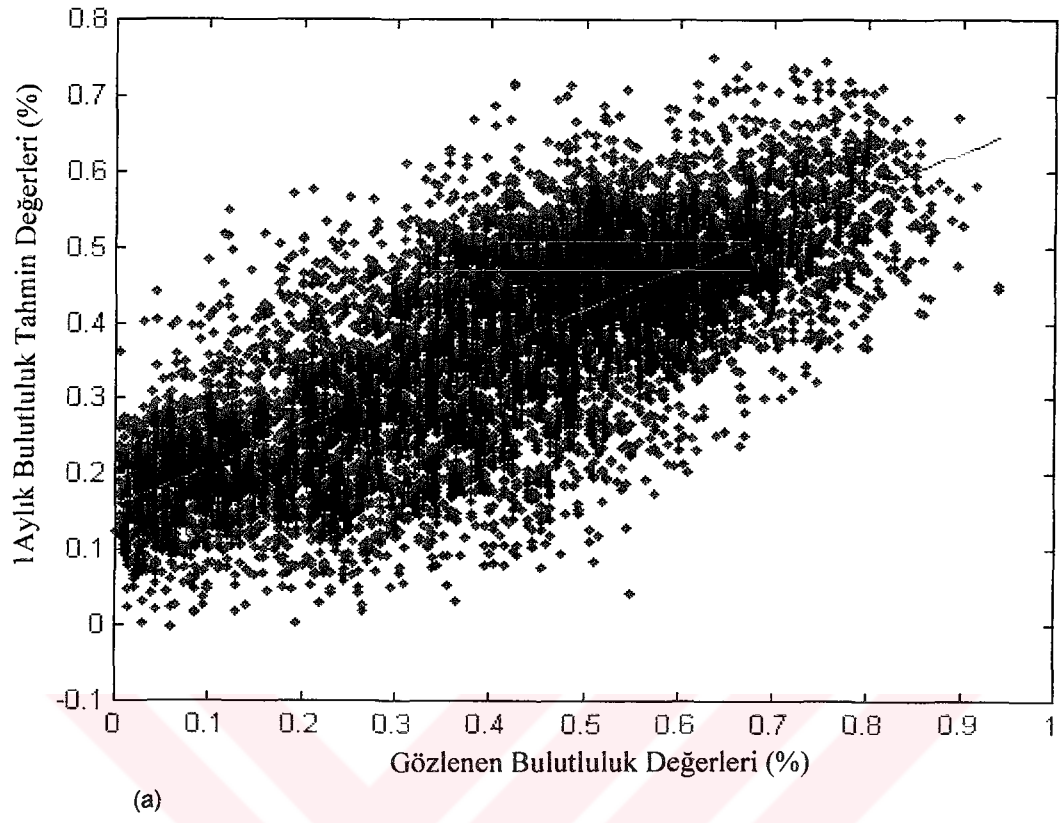
Şekil 6.1.18 Kozmik ışın-bulutluluk ilişkisinin noktasal dağılımı



Şekil 6.2.1. Bir aylık tahmin (katı) ve gözlenmiş (kesikli) bulutluluk değişimi (Nisan 1989 - Aralık 1990) (Tulunay ve diğ.,2003).



Şekil 6.2.2. Bir aylık tahmin (katı) ve gözlenmiş (kesikli) bulut tepe sıcaklığı değişimi. (Nisan 1989 - Aralık 1990) (Tulunay ve diğ.,2003)



Şekil 6.2.3. Bulutluluk miktarı (a), bulut tepe sıcaklığı (b) için tahmin performansı (Tulunay ve diğ.,2003).

ÖZGEÇMİŞ

28.06.1976 tarihinde Malatya'da doğdu. İlkokul eğitimin Malatya'da tamamladı. Ortaokul ve lise eğitimini Yeşilköy 50. Yıl Lissei'nde tamamladıktan sonra 1995 yılında İTÜ Meteoroloji Mühendisliği bölümünde eğitim görmeye hak kazandı. 2001 yılında lisans eğitimini tamamladıktan sonra 2002 yılında aynı bölümde yüksek lisans eğitimine başladı ve halen eğitime devam etmektedir.