

T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI

Nurullah YÜKSEL

**EKVATORAL STRATOKÜREDE YAKLAŞIK İKİ YILDA BİR
MEYDANA GELENSALINIMLARIN İYONKÜRENİN D-BÖLGESİ
NÖTR BİLEŞENLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUŞ-2015

T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI

Nurullah YÜKSEL

EKVATORAL STRATOKÜREDE YAKLAŞIK İKİ YILDA BİR
MEYDANA GELENSALINIMLARIN İYONKÜRENİN D-BÖLGESİ
NÖTR BİLEŞENLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ YÖNETİCİSİ
Prof. Dr. Osman ÖZCAN

MUŞ-2015

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Muş Alparslan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum “EKVATORAL STRATOKÜREDE YAKLAŞIK İKİ YILDA BİR MEYDANA GELENSALINIMLARIN İYONKÜRENİN D-BÖLGESİ NÖTR BİLEŞENLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ” adlı tezin tamamen kendi çalışmam olduğunu ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi taahhüt eder, tezimin kağıt ve elektronik kopyalarının Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım. Lisansüstü Eğitim-Öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

Tezim/Raporum sadece Muş Alparslan Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.

Tezimin/Raporumun yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

11/05/2015

Nurullah Yüksel

TEZ KABUL TUTANAĞI
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Prof. Dr. Osman ÖZCAN danışmanlığında, Nurullah YÜKSEL tarafından hazırlanan bu çalışma 11/05/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Fizik Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir

Başkan : Prof. Dr. Osman ÖZCAN.. İmza :
Jüri Üyesi : Doç. Dr. Ali NESİC..... İmza :
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Selçuk SAĞİNE İmza :

Yukarıdaki imzalar adı geçen öğretim üyelerine aittir.

...../...../.....
Doç. Dr. Ercan BURSAL
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
ÖZET.....	III
ABSTRACT	IV
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ	VIII
ÖNSÖZ.....	IX
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

EKVATORAL STRATOKÜREDE YAKLAŞIK İKİ YILDA BİR MEYDANA GELEN SALINIMLAR (QBO)

1.1. BÖLGESEL RÜZGÂRLAR	6
1.2. SICAKLIK VE BOYLAMSAL DOLANIM.....	10
1.3. QBO'NUN OZON YOĞUNLUĞU ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	13

İKİNCİ BÖLÜM

QBO YAYILIMINDA ETKİLİ OLAN DALGALAR

2.1. İNERTİA GRAVİTY DALGALARI	15
2.2. GRAVİTY DALGALARI	16
2.3. EKVATOR BÖLGESİNDEKİ DALGALAR	17
2.4. GEZEGENSEL DALGALAR	20

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL METOT

3.1. KORELASYON YÖNTEMİ.....	21
------------------------------	----

3.2. ZAMAN SERİLERİ ANALİZİ	22
-----------------------------------	----

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR

4.1. KORELASYON ANALİZİ SONUÇLARI	25
---	----

4.2. ZAMAN SERİLERİ ANALİZİ SONUÇLARI	26
---	----

4.2.1. 75 km Yükseklik İçin Analiz Sonuçları	26
--	----

4.2.2. 90 km Yükseklik İçin Analiz Sonuçları	30
--	----

SONUÇLAR VE ÖNERİLER	34
----------------------------	----

ÖNERİLER	35
----------------	----

KAYNAKÇA	36
----------------	----

ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ EKVATORAL STRATOKÜREDE YAKLAŞIK İKİ YILDA BİR MEYDANA GELEN SALINIMLARIN (QBO) İYONKÜRENİN D BÖLGESİ NÖTR BİLEŞENLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Nurullah YÜKSEL

Tez Danışmanı Prof. Dr. Osman ÖZCAN

2015, 38 Sayfa

Bu çalışmada ekvatorial stratokürede yaklaşık iki yılda bir meydana gelen salınımlar (QBO) ile iyonkürenin en alt bölgesine ait olan 75 km ve 90 km yüksekliklerde ölçülen nötr bileşen yoğunluğu arasındaki ilişki istatistiksel olarak analiz edildi. Bu analiz solar maksimum ve solar minimum durumlarına göre ayrı ayrı yapıldı. İstatistiksel olarak Korelasyon ilişkisi ve Zaman Serileri Analizi yöntemi uygulandı. Zaman serileri analizinde değişkenlerin durağanlığı tespit edildikten sonra değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı belirlendi. Bu tespitin ardından geliştirilen regresyon modeli yardımıyla sonuçlar elde edildi. QBO ile 75 km ve 90 km yükseklikteki nötr bileşenler arasında negatif bir ilişkinin varlığı belirlendi. Bu ilişki ilgili yükseklikler için sırasıyla solar maksimum durumunda yaklaşık %70 ve %64 oranında iken solar minimum durumunda yaklaşık %36 ve %15 açıklanabilirlik düzeyinde olduğu görüldü.

Sonuç olarak QBO ve iyonkürenin D-bölgesi nötr bileşenleri arasında istatistiksel olarak negatif bir ilişki olduğu gözlemlendi. Bu ilişkinin solar maksimum durumunda daha yüksek olduğu görüldü.

Anahtar Kelimeler: İyonküre, QBO, Solar Maksimum, Solar Minimum, Korelasyon Analizi, Regresyon Analizi.

ABSTRACT
MASTER'S THESIS
THE EFFECT ON QUASSI BENIAL OSCILLATION (QBO) AND NEUTRAL
CONTENT OF IONOSPHERIC D REGION AT EQUATORIAL
STRATOSPHERE

Nurullah YÜKSEL

Advisor: Professor Osman ÖZCAN

2015, 38 Pages

In this work, relationship between Quasi Biennial Oscillation (QBO) and density of neutral content belong lower ionosphere measured at 75 km and 90 km at equatorial stratosphere were analyzed statistically. This analysis was occurred separately at solar maximum and minimum. Correlation and time series analysis were applied statistically. A long term relationship was determined between variables, after stability of variables in time series analysis was established. Later the results obtained using regression model. A negative relationship between QBO and density of neutral contents was determined at 75 km and 90 km heights. This relation was seen being respectively about 70% and 64% for solar maximum and about 36% and 15% for solar minimum

Consequently a negative relationship between QBO and neutral contents of Ionospheric D region was observed. This relation was seen high at solar maximum.

Keywords: Ionosphere, QBO, Solar Maximum, Solar Minimum, Correlation Analysis, Regression Analysis

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

A°	: Dalga Boyu birimi
UV	: Ultraviyole
NmF2	: F2 Tepesinin Maksimum Elektron Yoğunluğu
QBO	: Yaklaşık İki Yılda Bir Meydana Gelen Salınım (Quasi Biennial Oscilation)
IRI	: International Referance to Ionosphere
SAO	: Yarıyılık Salınım (Semi Annual Oscillation)
SSAO	: Stratoküreye Ait Yarıyılık Salınım
MSAO	: Mezoküreye Ait Yarıyılık Salınım
MQBO	: Mezoküreye Ait Yaklaşık İki Yılda Bir Meydana Gelen Salınım
MRG	: Mixed Rossby Gravity
MLT	: Mesosphere Lower Termosphere
SEKK	: Sıradan En Küçük Kareler Yöntemi
ADF	: Geliştirilmiş Dickey-Fuller testi
KPSS	: Kwiatkowski D, Phillips PCB, Schmidt P, Shin Y. Testi
PP	: Phillips-Perron Testi
r	: Korelasyon Katsayısı
u	: Bölgesel Rüzgâr
T	: Sıcaklık
z	: Logaritmik Basınç Yüksekliği
y	: Yükseklik
H	: Ölçek Yüksekliği
β	: Coriolis Parametresinin Enlemsel Değişimi
L	: Boylamsal Ölçek

a_0 ve a_1	: Regresyon Katsayıları
β_1, β_2 ve β_3	: Regresyon Katsayıları
β_0	: Regresyon Sabiti
ε	: Hata Terimi
t	: Zaman
R	: Regresyon Katsayısı
hPa	: Hekto Pascal
f_oF2	: F2 Bölgesi Kritik Frekansı h_mF2
h_mF2	: F2 Bölgesi Kritik Frekansının Ölçüldüğü Yükseklik
ν	: Dağıtkanlık İlişkisi Frekansı
Δ	: Fark İşlemcisi
k	: Gecikme Sayısı
τ	: Test İstatistiği
N	: Nötür bileşen yoğunluğu
δ	: ADF Testi Parametresi
h_mF2	: F2 Bölgesi Kritik Frekansının Ölçüldüğü Yükseklik
UKMO	: İngiltere Meteorolojik Ofisi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil İyonoküre elektron yoğunluğunun yükseklikle değişimi.....	3
Şekil 1.1. Taşınma sayısının aylık gruplar halinde 50 hPa'da yıllar içindeki değişimi....	7
Şekil 1.2. 2000 Haziran ve 2002 Mayıs zaman aralıklarında: a) Kolhapur için, b) Tirunelveli için aylık ortalama bölgesel rüzgarların değişimi.....	8
Şekil 1.3. Ekvator üzerinde SQBO, SSAO, MQBO, MSAO ve yıllık değişimin dağılımı.....	9
Şekil 1.4. 30–50 hPa da QBO ile ekvator bölgesine ait sıcaklık anormalliği ilişkisi.....	11
Şekil 1.5. Ortalama yatay akım ve QBO rüzgar anormallikleri ile iz taşıma görünümü.....	12
Şekil 2.1. QBO'nun dinamik kontrollerinin şematik gösterimi.....	15
Şekil 4.1. 75 km yükseklik için NnD ile QBO'nun değişimi.....	27
Şekil 4.2. 90 km yükseklik için NnD ile QBO'nun değişimi.....	31

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Atmosferde Kelvin ve MRG dalgalarının karakteristik özellikleri.....	18
Tablo 4.1. QBO ile nötr bileşen arasındaki korelasyon katsayının yüksekliğe göre değişimi.....	26
Tablo 4.2. 75 km yükseklik için birim kök testi sonuçları.....	28
Tablo 4.3. 75 km yükseklik için eş bütünleşme testi sonuçları.....	28
Tablo 4.4. 75 km yükseklik için regresyon modeli sonuçları.....	29
Tablo 4.5. 90 km yükseklik için birim kök testi sonuçları.....	31
Tablo 4.6. 90 km yükseklik için eş bütünleşme testi sonuçları.....	32
Tablo 4.7. 90 km yükseklik için regresyon modeli sonuçları.....	33

ÖNSÖZ

Bu çalışmamda "Ekvatorial Stratokürede Yaklaşık İki Yılda Bir Meydana Gelen Salınımların İyonkürenin D Bölgesi Nötr Bileşenleri Üzerindeki Etkisi" adlı konu ele alınmıştır.

Bu çalışmada her türlü desteğini esirgemeyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Osman ÖZCAN'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca maddi ve manevi desteklerin ötürü ağabeyim Hüseyin YÜKSEL'e ve Eşim Hilal YÜKSEL'e teşekkür ederim.

Muş-2015

Nurullah YÜKSEL

GİRİŞ

Atmosfer, Yer'i çevreleyen hava tabakasıdır ve canlıları Güneş'in zararlı etkilerinden koruyan bir katman görevindedir. Atmosfer, sıcaklık, fiziksel olaylar ve kimyasal bileşenlerine göre çeşitli bölgelere ayrılır: Sıcaklığa göre tropoküre, stratoküre, mezoküre, termoküre ve ekzoküre olmak üzere beş bölgeye ayrılır. Kimyasal bileşenlerine göre ozonküre, iyonküre, helyumküre ve protonküre olmak üzere dört bölgeye ayrılır. Fiziksel özelliklerine göre ise, yerkürenin yakın yüksekliklerdeki çok karmaşık olayların etkisi altındaki karışmış bölge, her gazın kendi ağırlığına göre yerçekiminin etkisi altında ayrı ayrı hareket ettiği difüzyon bölgesi ve yerin manyetik alanının yüklü parçacıkları etkisi altına aldığı manyetoküre olmak üzere üç bölgeye ayrılır (Sağır, 2013).

Tropoküre, atmosferin en alt tabakasıdır. Canlılık faaliyetleri için gerekli olan ve bulutların gezindiği, meteorolojik olayların gerçekleştiği bu bölge atmosferin ilk 10 km yükseklik alanı içinde yer alır. Atmosferik olayların yoğun yaşandığı yerdir. Su buharı, basınç ve sıcaklık değişkenlikleri nedeniyle, bu ortam homojen değildir. 800 nm dalga boyundan daha büyük ışınlar, temelde H₂O ve CO₂ tarafından soğurulur. Bu tabakada en çok bulunan gazlar oksijen ve azot molekülleridir.

Stratoküre, atmosferin 10 km ile 50 km yükseklikleri arasında yer alan bölgesine denilmektedir. Yaklaşık olarak 25 km'de içerdiği ozon (O₃) molekülleri, Güneş'ten gelen morötesi ışınları soğurarak bu katmanın ısınmasına yol açar. Bu nedenle, tropopause düzeyinde -50°C ile -60°C arasında olan sıcaklık stratokürenin alt kesimlerinde her kilometrede 1°C, üst kesimlerinde ise her kilometrede 3°C kadar artarak stratokürenin üst sınırı olan stratopause 0°C düzeyine kadar yükselir. Bu sıcaklık dağılımı, stratokürenin hava akımlarının son derece az olduğu bir tabaka olarak korunmasını sağlar. Bu özellik, stratoküre düzeyinde oluşan kirliliğin kalıcı olabilmesi gibi bir sakınca da yaratabilmektedir. Bu tabakada sıcaklık yükseklikle artar. Bundaki en büyük etken, en önemli sera gazlarından biri olan atmosferdeki ozonun yoğunluğunun büyük bölümünün bu tabakada olmasıdır. Güneş ışınları ozon tarafından emilerek bu tabakanın ısınmasına sebep olur. Yeryüzündeki yaşam için ölümcül etkilere sahip morötesi ışınları süzen ozon tabakası için zararlı bileşiklerin stratoküreye ulaşmasını önlemek bu açıdan önem taşımaktadır.

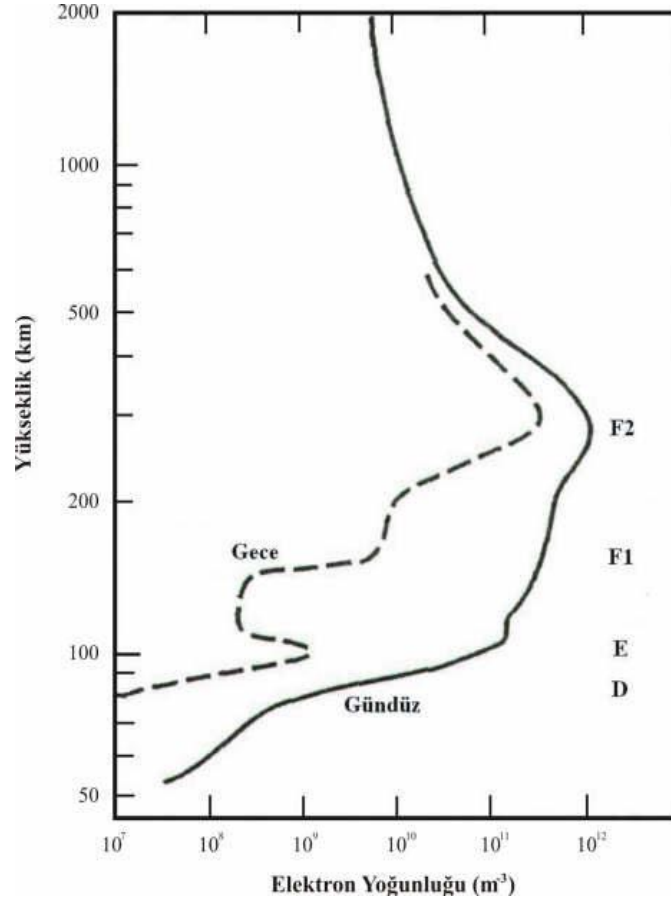
Mezoküre, atmosferin stratoküreden sonra gelen ve üst sınır olarak yaklaşık 90 km'ye kadar uzanan bölgesidir. Bu bölge atmosferin en soğuk bölgesidir. 175 – 200 nm dalga boyu arasındaki ışınlar oksijen tarafından soğurularak bu bölgeyi oluşturur.

Termoküre mezoküre üzerindeki bölgedir. Bu bölgede iyonlaşmanın temel sebebi 175 nm dalga boyundan küçük radyasyonlardır. Yaklaşık 500 km yükseklikteki sıcaklığı 1700°C'dir.

Ekzoküre ise, atmosferin en dışında bulunan çıkış bölgesidir. Bu bölgede moleküller arasındaki çarpışma çok azdır. Bu bölgede iyonlaşmış parçacıklar manyetik alan tarafından, nötr parçacıklar ise yerçekimi tarafından kısa mesafelerde hareket ettirilebilir (Sağır, 2013).

Termokürede Güneş'ten gelen ışınımın, nötr atmosferde iyonlaşma etkisi yapıp ve termoküre içinde başka bir tabaka olan iyonküreyi meydana getirmektedir. Güneş'in bu etkisine bağlı olarak iyonküre, atmosferin Güneş ışınları tarafından oluşturulan bölgesi olarak tanımlanabilir. İyonküre, genellikle eşit sayıda serbest elektronlar ve pozitif iyonlar içerdiğinden dolayı nötr bir ortamdır. Bu özelliğinden dolayı iyonküre doğal bir plazma olarak kabul edilir. İyonkürenin oluşumunda en büyük etki Güneş tarafından oluşturulmakla birlikte, her bölgenin kimyasal yapısı ve bileşenleri farklı olduğundan, Güneş'ten gelen farklı dalga boyuna sahip ışınlar farklı yapıda bölgelerin oluşmasını sağlar. İyonküre yaklaşık Yer'den 50 km yükseklikte başlar ve üst sınırı kesin olarak belli olmamakla birlikte, He^+ ve H^+ gibi hafif iyonların O^+ iyonu gibi iyonlara baskın olmaya başladığı yükseklikte bittiği kabul edilir. İyonkürede elektronlar, atom ve moleküller, kendi ağırlıklarına göre farklı ölçek yüksekliklerinde yer alırlar. Bu nedenle iyonküre içindeki iyonlaşma, farklı yüksekliklerde bulunan farklı atom ve moleküllerden dolayı yükseklikle değişir. Böylece iyon ve serbest elektronlardan meydana gelen farklı bölgeler oluşur. İyonküre elektron yoğunluğuna göre Şekil 1.1 deki gibi D, E, F (F1, F2) olmak üzere üç bölgeye ayrılır: D (50 –80 km), E (80 –180 km), F (180 km ve yukarısı) iyonkürenin farklı bölgelerini göstermek için kullanılırlar (Hunsucker ve Hargreaves 2003; Rishbeth, 1973; Özcan vd.,1996).

Şekil İyonküre elektron yoğunluğunun yükseklikle değişimi.



Bu çalışmada stratoküreye ait yüksekliklerde ölçülen yaklaşık iki yılda meydana gelen salınımlar (QBO – Quasi Bennial Oscillation) olarak adlandırılan etkinin iyonkürenin D bölgesi nötr bileşen yoğunluğu (O, O₂, N₂) üzerindeki etkisi istatistiksel olarak incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda çalışmanın birinci bölümünde QBO'nun tanımı ve etkileri, ikinci bölümünde QBO'nun taşınmasında etkili olan dalgalardan, üçüncü bölümünde çalışmada uygulanacak yöntemlerden ve dördüncü bölümünde ise “<http://strat-www.met.fu-berlin.de>” adresinden alınan QBO verilerinin ile yaygın olarak kullanılan bir model olan NRLMSIS 00 modelinden alınan NnD verileri ile bu yöntemlerde elde edilen sonuçlardan bahsedilmiştir. Beşinci bölümünde ise genel sonuçlara yer verilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

EKVATORAL STRATOKÜREDE YAKLAŞIK İKİ YILDA BİR MEYDANA GELEN SALINIMLAR (QBO)

QBO, Quasi Biennial Oscillation, ortalama 28 aylık periyotlarla karakterize edilen, stratokürede doğu batı yönlü meydana gelen rüzgârlardaki salınımlardır. QBO en fazla ekvatorial bölgede etkilidir. Yaklaşık olarak doğu yönünde 30 m/s ve batı yönünde 20 m/s hızlarla hareket eder. QBO'nun maksimum genliği genel olarak 10 hPa seviyesinde olmakla birlikte 100-2 hPa arasındaki değerlere de ulaşır. Ekvatorial rüzgarlar, doğu-batı yönlü rüzgar bölgelerinde 22 aydan 36 aya kadar değişen periyotlarla baskındır. Bu rüzgar bölgeleri daha yavaş ve az düzensiz yayılmak için doğu yönlü kesilim kuşağı ile düzensiz olarak aşağı doğru yayılır. QBO sıcaklık ile de görülebilir ve tropiklerdeki toplam ozon çeşitliği üzerinde etkindir.

Ekvator bölgesi stratoküresindeki rüzgârların ilk incelemeleri, yaklaşık iki haftalık periyotlar boyunca, doğudan batıya, Krakatau (1883) yanardağ küresel dairesinden yayılan rüzgârların keşfi ile yapıldı. Bu rüzgârlar “Krakatau doğuları” olarak adlandırıldı. 1908'de Alman meteorolojist A. Berson tarafından, ekvator kuşağındaki Afrika'dan fırlatılan balon ile “Berson batıları” olarak bilinen tropopoz yakınında yaklaşık 15 km hızla batıdan doğuya esen rüzgârlar keşfedilmiştir. Daha sonra Reed (1961) ve Ebdon (1960) tarafından ekvator bölgesi stratoküresindeki rüzgârlarda, meteorolojik ve jeofiziksel parametrelerde QBO benzeri salınımları görmek için çalışmalar yapılmıştır (Baldwin vd., 2001; Artigas ve Eliasa, 2005).

Radyosondalar, QBO'nun fazının yıllık skala ile ilgili olmadığını göstermiştir. Diğer bütün stratoküresel döngülerin durumuna benzer durumlar sergilerler. 1970'li yıllarda QBO'nun periyodik rüzgar değişiminin tropikal stratoküreden kaynaklanan atmosferik dalgalardan sürüklendiği anlaşılmıştır. Radyoaktif soğumalar ile stratokürede yayılır ve yukarı doğru hareket ederler.

QBO'nun genliği ekvatorundan uzaklaştıkça hızlı bir şekilde azalır. Bununla birlikte gözlemler ve teoriler QBO'nun atmosferin çok geniş bölgesinde etkili olduğunu göstermiştir. Dalga çiftlenmeleri süresince QBO, kış mevsiminde ekstra tropikal stratokürede etkilidir. Özellikle kuzey yarımkürede gezegensel dalga genliği büyüktür. Bu etkiler ozon gibi bileşenlerde görülür. Kuzey yarımkürede yüksek enlemlerde kış

mevsiminde kutup girdaplarının QBO modülasyonunun aşağı yönlü yayılımı boyunca tropokürede etkilenebilir. QBO, üst stratoküredeki çeşitlilikte, mezoküre ve iyonkürenin F bölgesinde bile etkilidir (Echer, 2007).

Stratoküresel QBO'nun iyonoküresel QBO sürecinden sorumlu olduğu varsayımları ihmal edilemez; çünkü QBO işareti, orta ve yüksek enlemlerde stratoküre seviyesinde vardır. Kane (2005), solar indeks ile QBO'nun ilişkili olduğunu ve gezegenler arası/jeomanyetik QBO nun iki farklı bölgede bazı farklılıklara sahip olduğunu göstermiştir. Dört farklı olguyu tanımlamıştır: Dünya yakınında gezegenler arası alt helio-yüksekliklerinde solar indeksler, stratoküredeki rüzgârlar, jeomanyetik aktivite ve El-Nino güney salınımları. Bu olguların en az üçünde iyonküredeki çeşitlilik ile karşılaşılabılır. Bunlar:

Birinci olarak; stratoküredeki QBO, iyonlaşma/nötr rüzgar dolanım modülasyonu ve iyonkürenin F bölgesinde yukarı doğru yayılan atmosferik dalga yayılımında etkilidir. Bu durumda modülasyon eğer jeomanyetik QBO, stratoküredeki QBO ile etkilenirse doğrudan ilişkili veya QBO ile ilişkisiz sayılabilir.

İkinci olarak; solar aktivite indeksinde (Solar EUV-UV ışınmasında) incelenilen QBO, iyonküredeki yoğunluk çeşitliliği ile direkt olarak ilişkilendirilebilir. Bu modülasyon, solar ışınma süresince eğer bir QBO çeşitliliği iyonlaşmada yazılabilirse, doğrudan gerçekleşir. İyonküredeki seviyelerde yukarı doğru etkili olan yayılım dinamiklerinin stratokürede ısınma nedeni, UV akışındaki QBO çeşitliliğidir

Üçüncü olarak; gezegenler arası manyetik alan/jeomanyetik QBO aktivitesi, iyonkürede QBO'nun nedenlerinden olan hem parçacık yağışı hem de iyonküredeki akım sisteminde etkilidir (Echer, 2007; Sağır, 2013).

İyonküredeki QBO, tüm bu olaylarda etkilidir. Fakat bunlardan biri en çok göze çarpanıdır. Solar aktivite ile stratoküre ilişkisinde, QBO fazının etkileri belirlenmelidir. Lineer olmayan mekanizmalar bu geçişlerde çok önemlidir. Hem gözlemsel hem de teorik çalışmaları daha fazla yoğunlaştırmak gerekir. Bütün bu olaylar zincirini (Güneş, gezegenler arası-jeomanyetik-iyonküre-atmosfer) incelemek gereklidir. Özellikle IRI modelleri sonuçlarıyla, gerçek verileri karşılaştırmak, ilerleyen çalışmaların odağı olacaktır (Echer, 2007; Sağır, 2013).

QBO'nun tüm dünya üzerindeki küresel etkileri, bölgesel rüzgarlar, sıcaklık ve boylamsal dolanım, QBO'nun ozon yoğunluğu üzerindeki etkileri ve kimyasal bileşenler üzerindeki QBO anormallikleri diye dört başlık altında incelenebilir.

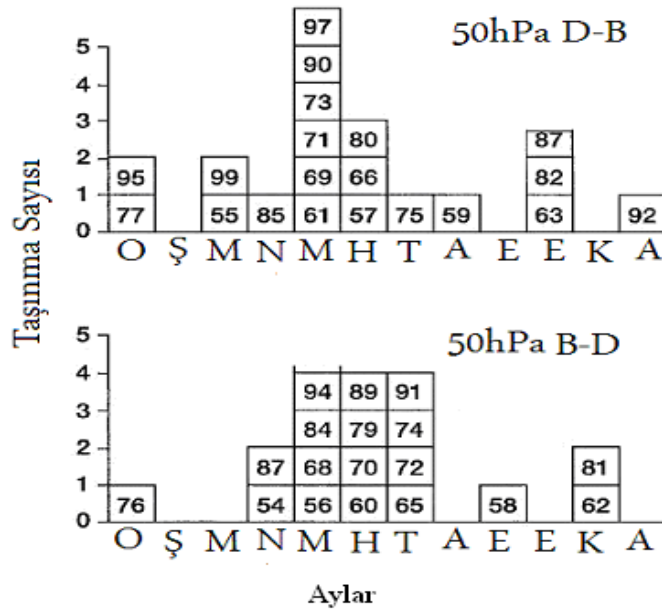
1.1. BÖLGESEL RÜZGÂRLAR

Ekvator bölgesindeki bölgesel rüzgârlarda QBO'nun herhangi bir bileşeni, doğu yönlü fazın daha uzun süreli ve şiddetli, batı yönlü fazın ise aşağı yönlü ve yayılımının da hızlı ve daha düzenli olduğu gösterir. 1953–1995 yılları arasında alınan veriler için QBO'nun ortalama periyodu 28.2 ay olarak elde edilmiştir. Bu süre *Naujokat* (1986)'da elde edilen en kısa süreli periyot rekoru olan 27.7 aydan daha uzun bir süredir. QBO bileşiği için standart sapmanın, doğu ve batı yönlü kısa bölgelerde (batı yönlü fazlar için daha geniş) azalmaya yakın maksimum çeşitlilikler gösterdiği Şekil 1.1'de verilmiştir. (Naujokat, 1986) Şekil 1.1'den de görüldüğü gibi, temel olarak her bir fazın süresinde sapmaları vardır. Dunkerton (1990)'da, QBO'nun kuzey yarımkürede ilkbahar sonlarında ve yaz süresi boyunca meydana gelen 50 hPa değerindeki doğu yönlü bölgelerin başlangıcının, yıllık ölçeğe eşdeğer miktarda olabileceği gözlenmiştir. Bu analizlerin, 50 hPa değerindeki her bir rüzgâr bölgesinin başlangıcını gösterdiği Şekil 1.1'de verilmiştir (Dunkerton, 1990; Sağır, 2013).

Kolhapur ve Tirunelveli istasyonları için Haziran 2000'den Mayıs 2002'ye kadar olan ardışık 24 ay için 80 km'den 98 km'ye kadar aylık ortalama bölgesel rüzgârların zaman- yükseklik kesit alanları Şekil 1.2a ve Şekil 1.2b'de verilmiştir. Siyah gölgeli kısım her iki şekilde de batı yönlü rüzgarları göstermektedir. Şekil 1.2a Kolhapur istasyonu için yaz periyodu boyunca incelemelerin doğu yönlü akıma ve kış boyunca yapılan incelemelerin batı yönlü akıma sahip olduğunu göstermektedir. Akım Nisan sonunda uçlarda ve ekim boyunca batı yönünde olmuştur. Bütün bu şekillerde bölgesel rüzgarlarda yıllık bir salınımın ortaya çıktığı gözlenmektedir. Şekil 1.2a'da, ilkbahar ekinoksu boyunca yaklaşık 84 km ile 92 km arasında çoğunluğu batı yönlü bir akım olduğu, 94 km ve daha yükseklerde sonbahar ekinoksu boyunca doğu yönlü bir akım olduğu gözlenmektedir. Yıllık çeşitlilik gözlemleri, yaz ayları boyunca gelişmiş bir doğu yönlü akım analizler ile önemli bir özelliği ortaya koymaktadır. Gavrilov (2003)'de de benzer özellikler incelenmiştir. İlgili çalışmada yaklaşık 83 km civarındaki bölgesel rüzgârlarda doğu yönlü rüzgârın ek bir maksimumu olduğu gözlenmiştir. Bu

çalışmada ayrıca 2000 ve 2001 yıllarının yaz mevsimleri boyunca 10 m/s değerindeki doğu yönlü akım piki de incelenmiştir. Batı yönlü akımın 2000, 2001, 2002 ekinoks periyotları boyunca kısmen zayıf olduğu gözlenmiştir. (Gavrilov vd., 2003; Sharma vd., 2010) Şekil 1.2b'de Tirunelveli istasyonunda batı yönlü akımın ekinokslar boyunca davranışı ve her bir gün dönümü boyunca da doğu yönlü akımları verilmiştir.

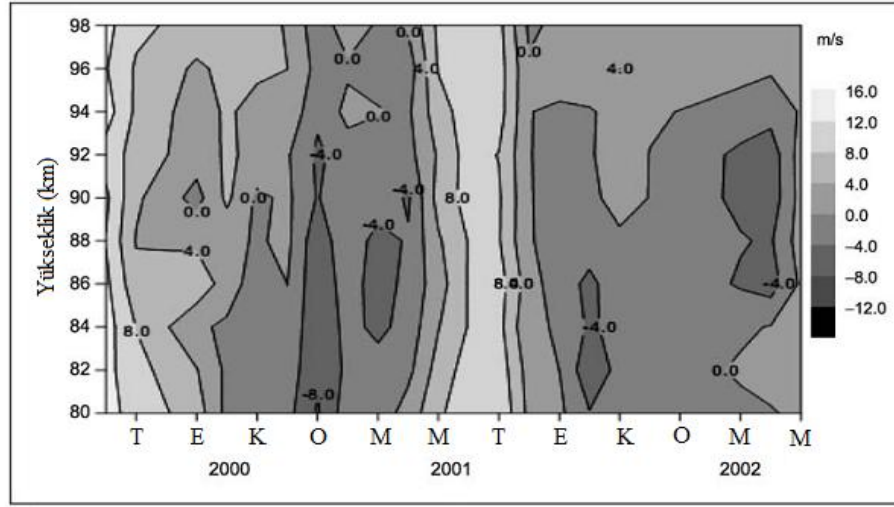
Şekil 1.1. Taşınma sayısının aylık gruplar halinde 50 hPa'da yıllar içindeki değişimi.



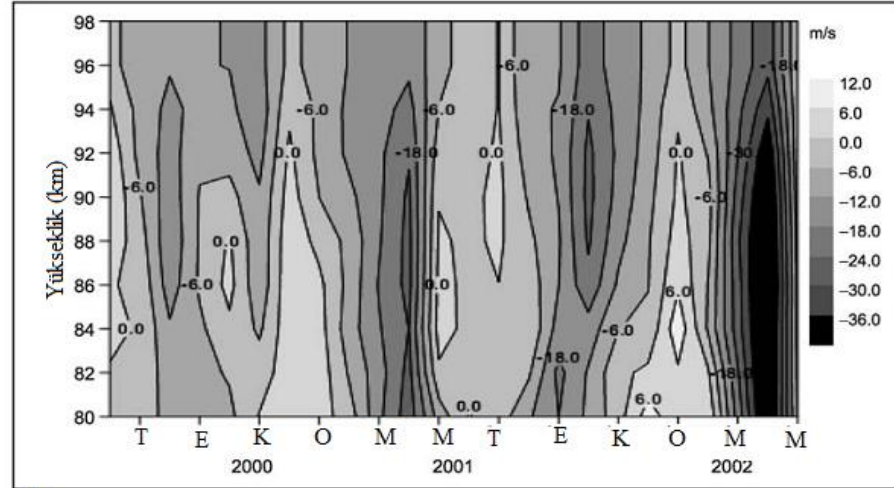
(Pawson vd., 1993)

Rajaram ve Gurubaran (1998) tarafından belirtildiği gibi, tüm bu özellikler bölgesel rüzgârlarda SAO ile tutarlıdır. İlkbahar ekinoksu boyunca batıya doğru olan akım sonbahar ekinoksu boyunca olan akıma göre daha büyüktür. 2002 ilkbahar ekinoksunda batı yönlü hızlar 2001'de gözlenen hızlardan çok daha büyüktür. İlkbahar ekinoksu boyunca batı yönlü akımdaki çeşitlilik, bazı yıllar arasında gözlemlenmiştir. 40 m/s değere sahip maksimum batı yönlü akım 2002 yılında incelenmiştir; bu akımın tam aksine 2001 yılında 25 m/s değerinde batı yönlü akım olduğu görülmüştür. Mezosferik bölgesel rüzgarlarda QBO belirgin olarak gözlenmiştir (Burrage vd.,1996; Rajaramand ve Gurubaran, 1998; Sridharan vd., 2007; Sharma vd., 2010).

Şekil 1.2. 2000 Haziran ve 2002 Mayıs zaman aralıklarında: a) Kolhapur için, b) Tirunelveli için aylık ortalama bölgesel rüzgarların değişimi.



(a)



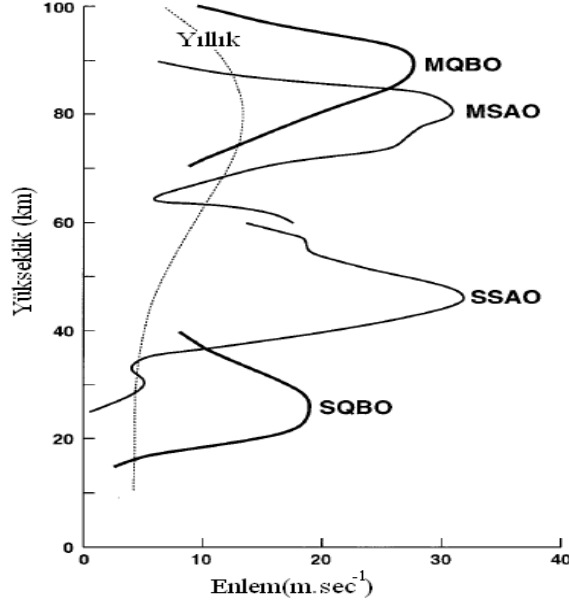
(b)

(Sharma vd., 2010).

Mezoskala yayılım komplekslerinin çizelgelerinden (100 km daha üst mesafeler) elde edilen gezegensel ölçek, değişen tropikal troposferde yayılımda: gravity, inertia gravity, Kelvin ve Rossby-gravity dalgaları içeren dalgaların geniş spektrumlarını kapsar. Bu dalgalar, doğu ve batı yönlü bölgesel momentum taşınımları, yatay ve düşey dalgalanmaların çeşitliliği ve faz hızlarıyla stratosferde yayılır. Bu bölgesel momentumların pek çoğu, stratoküredeki seviyelerde geçicidir. Momentumun aşağı veya kritik seviyelerinin boyutu, bölgesel rüzgârların düşey profilli dalgalarının her biri içinde geçicidir. Bu dalgalar için kritik seviyeler, QBO'nun kesik sınırlarına bağlıdır. Şekil 1.3'de görüldüğü gibi bazı gravity dalgaları stratosferin girişi boyunca yayılır ve

mezosferik QBO veya MQBO olarak bilinen mezopoz yakınında bir QBO meydana getirir (Baldwin vd., 2001). Bu dalgalara üçüncü bölümde ayrıntılı olarak yer verilecektir.

Şekil 1.3. Ekvator üzerinde SQBO, SSAO, MQBO, MSAO ve yıllık değişimin dağılımı



(Baldwin vd. 2001).

Şekil 1,3’de bölgesel rüzgârlarda pek çok tropikal istasyonda gözlenen rüzgâr incelmelerinin uzun süreli zaman serilerinden tanımlanarak elde edilen QBO’nun enlemsel yapısı verilmiştir. QBO’nun genliği ekvator üzerinde yaklaşık 12° meridyensel yarıçapla enlemsel olarak simetriktir. Benzer şekilde QBO’nun yapısı, meteorolojik analizlerden benzetilerek çıkarılır. Fakat genliğin, rawinsonda ölçümleriyle karşılaştırıldığında genellikle gerçek değerinin altında olduğu gözlenmektedir (Baldwin vd., 2001).

Bunun nedeni, doğu yönlü QBO fazında bölgesel rüzgâr yapılarının etkisiyle dalga yönelimlerinin ve düşük bölgesel ortalamalı akışların kutuplara doğru daha aktif şekilde odaklanmasıdır. Bu şekilde 45°K kutup dönenceleri zayıf batı yönlü rüzgârları (veya mavi ışıkta görülen doğu yönlü anormallikleri) göstermektedir. Yüksek enlemde anormallikler, tropokürenin içine etki eder ve tropoküredeki hava akışında küçük bir etkiye sahip olmak için bir mekanizma oluşturur (Baldwin vd., 2001; Sağır, 2013).

1.2. SICAKLIK VE BOYLAMSAL DOLANIM

QBO, hem tropik hem de ekstra tropiklerde oluşan sinyallerle, sıcaklık üzerinde açık bir etki sergilemektedir. QBO tropikal sıcaklığı, bölgesel rüzgârların düşey kesitiyle termal rüzgâr dengesindedir. Ekvator bölgesi β düzlemi için şu şekilde ifade edilir:

$$\frac{\partial u}{\partial z} = \frac{-R}{H\beta} \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \quad (1.1)$$

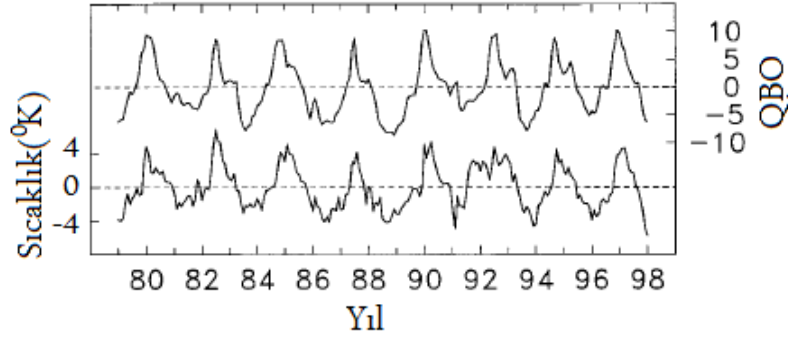
Burada, u , bölgesel rüzgârlar; T , sıcaklık; z , logaritmik basınç yüksekliği (geometrik yüksekliğe karşı yaklaşımı); y , yükseklik; R , gaz sabiti; $H = 7$ km, logaritmik basınç koordinatlarında kullanılan sabit ölçek yüksekliği ve β , Coriolis parametrelerinin enlemsel türevleridir. QBO salınımları için L meridyensel ölçeği, ekvatorda toplanır. Ekvatorda termal rüzgâr dengesi yaklaşık olarak

$$\frac{\partial u}{\partial z} \sim \frac{R}{H\beta} \frac{T}{L^2} \quad (1.2)$$

şeklinde ifade edilir. Düşük stratosferde, QBO ile ilişkide bulunan ekvator bölgesi sıcaklık anormallikleri, maksimum 30–50 hPa civarında ve $\pm 4^\circ\text{K}$ 'nin altındadır. Şekil 1.4'te Singapur için 30 hPa sıcaklık ölçümlerinin zaman serileri uyumu verilmiştir. 30 – 50 hPa seviyesine karşılık gelen bölgesel rüzgarlar düşey kesilim rüzgârlarıyla birleşir. Regresyondan tahmin edilen sıcaklığa karşı $\partial u/\partial z$ eğimi yaklaşık 1000 – 1200 km civarındadır ve meridyensel ölçek L ile tutarlıdır. (Randel vd., 1999)

Daha düşük anormallikler, tropopause civarında gözlenen $\pm 5^\circ\text{K}$ mertebesindeki QBO değişimi ile aşağı doğru uzanır. Orta ve üst stratosfere uzanan QBO sıcaklık anormallikleri de alt stratosferde aynı fazda değildir. 45 km'ye kadar uzanan stratoküredeki asimilasyon verileri, İngiltere Meteorolojik Ofisinden (UKMO) tanımlanan, 1994 yılında kuzey yarım kürede kış boyunca doğu yönlü fazla ilişkide bulunan sıcaklık anormalliklerinin bir örneğidir. Bu veriler muhtemelen QBO sıcaklığının altında olsa da, düşey yapının farklı fazı, uydu radyasyon ölçümlerin uzun erimli kayıtlarında gözlenen güçlü bir olgudur.

Şekil 1.4. 30–50 hPa da QBO ile ekvator bölgesine ait sıcaklık anormallığı ilişkisi



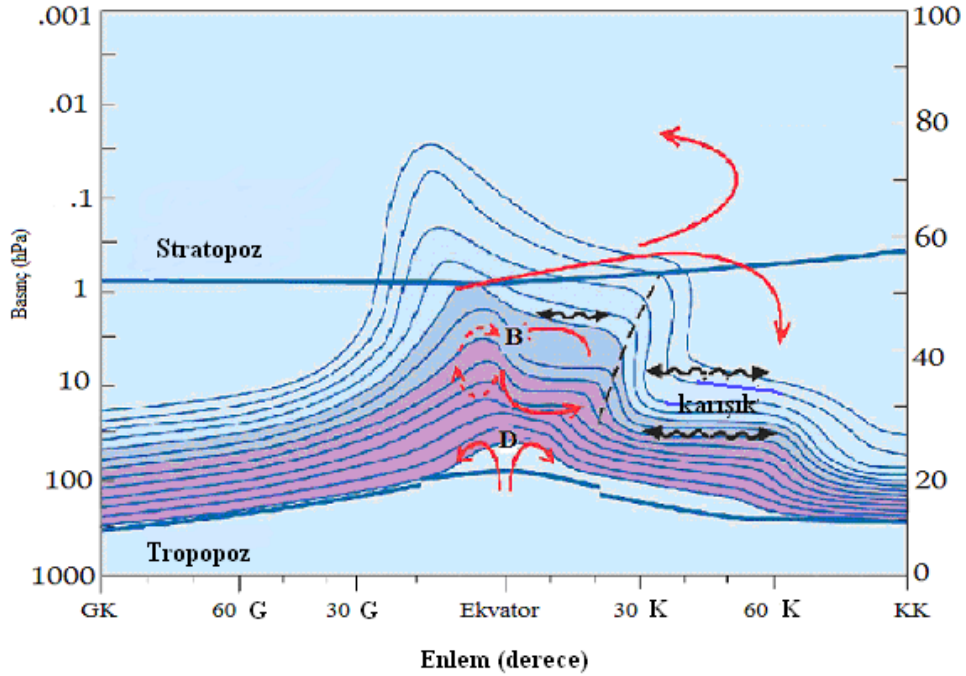
(Baldwin vd. 2001).

Bölgesel ortalama rüzgârların QBO ile modülasyonu, bölgesel ortalama meridyensel dolanım modülasyonu ile eşleştirilir. İklimsel dolanımlar büyük ölçekli ilerlemelerle karakterize edilir. Stratokürede kutuplara doğru taşınma geniştir. Ekstra tropikal tropopause boyunca zamanla azalır. Stratosferin dışında, içinde ve iz türlerindeki kimyasal taşınmalar, dalgalarla ilişkili olan hem karmaşık süreçlerin hem de geniş ölçekli dolanımların sonucudur. Ozon azalmasının bu sonuçları gibi kimyasal süreçler de sadece iz türleri yoğunluklarına bağlı değildir, aynı zamanda kritik sıcaklığa da bağlıdır. Çünkü küresel stratoküredeki dolanımın QBO modları, QBO'nun etkilerinin anlaşılmasında sadece dinamik ve sıcaklıklarda değil, aynı zamanda iz türlerinin dağılımında da etkindir. Ayrıca, küresel iklim çeşitliliği ve değişimi de bu yolla anlaşılır (Baldwin vd., 2001).

N_2O ve CH_4 gibi uzun-sürelili pek çok iz türleri tropokürede meydana gelir ve ekvator bölgesi tropopause boyunca stratokürenin içine taşınır. Şekil 1.5 'de kimyasal iz türlerinin taşınması ve ortalama meridyensel dolanımlarda QBO'nun varlığı gösterilmiştir. Şekil 1.5'de verilen çevreler için ekvator bölgesindeki rüzgarlar yaklaşık 40 hPa ve doğu yönlü olduğunda, kuzey yarımkürede kış boyunca düşey katmanlı izler, idealleştirilmiş ölçülerin şekilleştirilmiş isopleths (meteorolojik bir özelliğin eşit geliş açısına sahip yüzeylerle bağlantılı haritalar üzerindeki bir çizgi)'lerin bir örneğini gösterir. Üst stratokürenin ortalarındaki sürüklenme, iz yoğunluğundaki geniş tropikal maksimumu yansıtır. QBO tarafından oluşturulan ekstra tropikal anormallikler, yarımküresel simetriden sapmaların bir sonucudur ve onlardan bazıları gezegensel ve dalga karışımının mevsimsel devrinin bir ürünüdür. Şekil 1.5'deki siyah çizgi, 40 hPa

değerinde doğu yönlü olduğu kabul edilen, QBO ile ilişkili (zaman-ortalama) dolanım çıkarılabilen) dolanım anormalliklerini göstermektedir.

Şekil 1.5. Ortalama yatay akım ve QBO rüzgar anormallikleri ile iz taşıma görünümü



(Baldwin vd., 2001).

Ekvatorda QBO tropopause boyunca artışı indüklerken, üst stratokürenin ortalarında azalmayı indükler. Alt stratoküredeki dolanım anormallikleri, ekvator boyunca yaklaşık olarak simetrikken, orta stratoküredeki dolanım anormallikleri kış yarımküresinde daha büyüktür. Bu asimetri, izlerin asimetric isoplethslerinde yansıtılır. Buna ek olarak, ortalama meridyensel dolanımların yatay akışı ile ısı transferi söz konusudur. İz, dalga hareketleriyle (yaklaşık isentropik ve sabit potansiyel sıcaklık, yüzeyler) karışır. Bu karışıklık, yatay dalga izleriyle gösterilir. Orta stratoküredeki dolanım anormalliklerinden azalış, alt tropikler (yaklaşık 5 hPa) ve ekvator arasında iz isopleths'lerinde merdiven modeli oluşturur. Orta yüksekli kış yarımkürelerinde, ikinci adım yüzey kırınım kuşağı (surf zone) olarak bilinen kutup girdabını çevreleyen düşük potansiyel girdap bölgesinde, isentropik karmaşa ile meydana gelir. Karışıklık, yaklaşık 3 hPa ve 10°K ve 20°K enlemlerindeki dalga çizgisi ile meydana gelebildiği, üst stratokürede alt tropikal jet eksenlerinde ekvatora doğru da meydana gelebilir. Stratoküre civarında güney yarımküreden kuzey yarımküreye anormallik taşınımı,

ekstra tropikal gezegensel dalga taşınımı ile ilişkilidir. İz taşınmasında QBO'nun detaylı etkilerine ileriki bölümlerde yer verilecektir (Baldwin vd., 2001; Sağır, 2013).

1.3. QBO'NUN OZON YOĞUNLUĞU ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Bölgesel akının dalga yayılımı, doğu yönlü kesilim periyodu boyunca hareket azalması ve batı yönlü kesilim periyodu boyunca ekvator üzerindeki hareket azalmasıyla birlikte gezegen, enlem yüksekliğinde ikincil bir ortalama meridyensel dolanım üretir. Fotokimyasal ömrün, aktif zaman ölçeğinden daha uzun olduğu alt stratokürede iniş hareketleri, stratokürede ozon artışı meydana getirir (Bowman, 1989).

Strato-mezoküredeki ozon, göç eden gelgit harmoniklerini uyaran solar ultraviyole (UV) radyasyonunu emer. Bu yüzden ozon yoğunluğunda QBO, günlük gelgitlerdeki QBO ile ilişkilidir (Hagan vd., 1999).

Toplam kolon miktarındaki ozon artışı, iniş hareketine terstir. Bu düşey hareket ekvator civarında toplam ozon kolonunda QBO oluşumundan sorumludur. Yaklaşık iki yıllık değişikliklerde ozon içeriği, hem dinamik hem de iz alanlarında, orta ve üst enlemlerden belirlenir. Mümkün olan mekanizmaların birkaçı ekstra tropikalleri açıklamak için önerilmiştir (Bowman, 1989; Sağır, 2013).

Birinci olasılıkta; QBO dolanımı, orta ve yüksek enlemlerde genişletilebilir. Ekstra-tropikal ozon anormallikleri, QBO dolanımı ile iklimsel ozon alanının taşınmasından oluşur. Literatürde dinamik QBO, ekvatorun $\pm 15^\circ$ civarıyla sınırlıdır. Bununla birlikte bu teoriye tek karşı çıkanlar Plumb ve Bell, oluşturdukları bir modelle, $\pm 30^\circ$ enleminde genişletilen bir QBO dolanımını önermişlerdir (Bowman, 1989).

İkinci olasılıkta; iklimsel, mevsimsel değişim ve stratoküredeki dolanım, ekvatora ekstra tropiklerde oluşturulan ozon miktarındaki anormallikleri taşıyabilir. Bu teoriyi hem QBO dolanımındaki hem de küresel ortalama meridyensel dolanım ölçeğindeki farklılıktan dolayı ispat etmek zordur. QBO, ortalama meridyensel dolanımdan çok daha küçüktür ve ekvator bölgesi anormallik eğrilerini belirlemek için, ortalama meridyensel dolanımın detaylı yapısını bilmek gerekir. Holton (1989), mevsimsel değişimin ve ortalama meridyensel dolanımların alt tropiklerde ekvator bölgesine ait QBO'nun ozon anormalliklerini taşıdığını söylemiştir. Ancak yapılan analizler bu

teoriyi desteklememektedir. Çünkü ekvator bölgesine ait anormallikler ekvator civarıyla sınırlıdır (Bowman, 1989).

Üçüncü olasılık, ilk iki sürecin birleşimidir. Ekvator bölgesi dalgalarının fazının dışında olan QBO dolanımı ve alt-tropikal kolu tarafından taşınan ozon anormallikleri, iklimsel ortalama ile daha yüksek enlemlere taşınabilir ve bu dolanımda girdap meydana getirebilir. Gray ve Pleye (1989), iki boyutlu (enlem-yükseklik) modelde rüzgâr, sıcaklık ve ozonda QBO'nun pek çok yönlerini benzetmişlerdir (Bowman, 1989, Sağır, 2013).

1.4. KİMYASAL BİLEŞENLER ÜZERİNDEKİ QBO ANORMALLİKLERİ

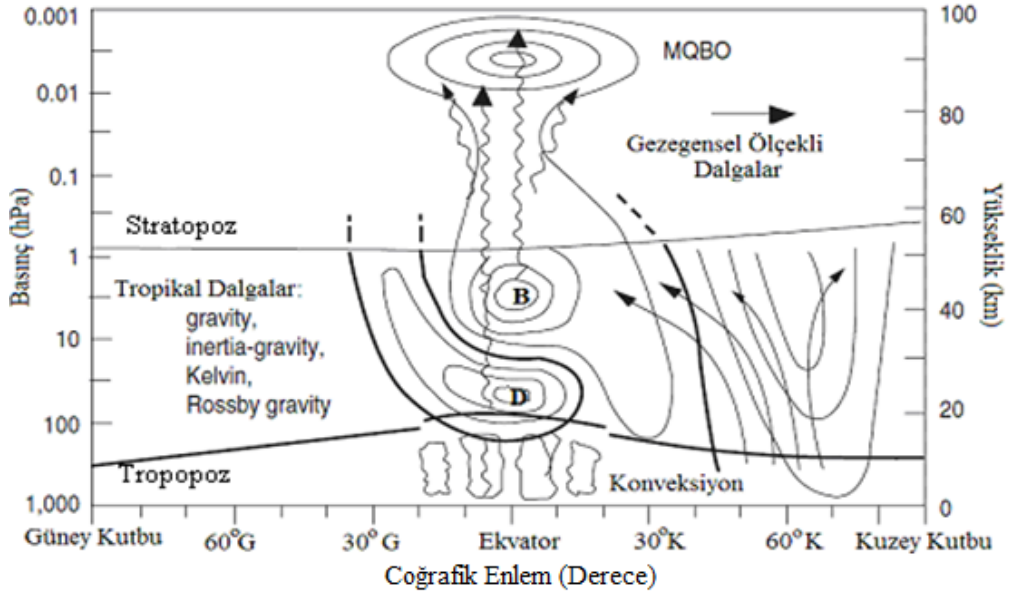
Son zamanlarda yapılan çalışmalarla atmosferde kimyasal bileşenler üzerine QBO'nun etkisini içeren bazı kanıtlar ortaya konmuştur. QBO, su buharı, metan, volkanik aerosol, NO₂ ve N₂O₅ gibi kısa süreli türlerde ve atmosferde pek çok gaz türünde etkilidir. Ekvator bölgesinde büyük patlamaları takip eden volkanik aerosol dağılımları, iki QBO fazıyla ilgili olan farklı dolanım örneği gösterir. H₂O yoğunluğundaki QBO anormallikleri, ozon yoğunluklarındaki azalmanın tam aksine, temel durumda ortalama sürüklenme oranıyla zamanla yavaşça artar. Alt ve orta stratokürede ekvatorun dışındaki CH₄ incelemelerindeki benzerlik H₂O değişimiyle ilişkilidir. Bu anormallikler üst stratokürede 30 km civarında QBO rüzgârlarıyla faz oranları yaklaşıktırlar. Bu bölge üzerinde CH₄ ve H₂O değişimi H₂O⁺² X CH₄'nin çok küçük değişimlerinin varlığından büyük ölçüde sadeleştirilir.

İKİNCİ BÖLÜM

QBO YAYILIMINDA ETKİLİ OLAN DALGALAR

QBO yayılımı üzerinde etkin olan dalgalar Şekil 2.1’de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi QBO, dalgalar yardımı ile stratopozu aşarak MLT’ye kadar ulaşabilmektedir. Aynı zamanda bu durum yerin jeomanyetik alan çizgiler boyunca iyonkürenin F bölgesine kadar taşındığı çalışmalarda öngörülmüştür (Chen, 1992). QBO ile ilişkili dalgalar inertia gravity, gravity, ekvator bölgesi (Kelvin ve Rossby gravity dalgaları) dalgaları ve gezegensel dalgalardır.

Şekil 2.1. QBO’nun dinamik kontrollerinin şematik gösterimi.



(Baldwin vd., 2001).

2.1. İNERTİA GRAVİTY DALGALARI

İnertia gravity dalgalarının sürekli akış durumundaki kütle yer değiştirmeleri ilişkilidir. Bu yer değiştirmeler hem kaldırma hem de dönme kuvvetine karşı bir direnç sergiler. Sonuçta salınımdan üretilen dalgalar, inertia gravity dalgası olarak bilinir (Mohanakumar, 2008).

QBO’nun batı yönlü kesilim fazı ortaya çıktığında, 1990 yılının Şubat-Mart aylarında 24 gün için 7.6°G ve 112.7°B coğrafik koordinatı için yapılan ve alt stratoküreye odaklanılan bir çalışmada, rüzgâr ve sıcaklık verileri için 6 saatlik zaman

aralığında ve 150 m dikey çözünürlükte veriler elde edilmiştir. Bu çalışmada dalganın aşağı yönlü yayılımının alt stratokürede olduğu gözlemlenmiştir. Bu dalgaların dikey dalga boyu yaklaşık 3 km ve dalga periyodu yaklaşık 2 gündür. Benzer dalga yapısı, bölgesel ve boylamsal rüzgâr dalgalanmaları için de görülür. Sıcaklık ve rüzgâr dalgalanmalarının yatay genliği 2 K ve 3 m/s civarındadır (Cadet ve Teitelbaum, 1979; Baldwin vd., 2001).

2.2. GRAVİTY DALGALARI

Dünyanın çekim kuvveti ve atmosferik yoğunluk değişimi tarafından üretilen dengeye geri çağırıcı kuvvet, zorlayıcı kuvvetler ile karşılaştırılabilir olduğunda oluşan dalgalara gravity dalgaları denir. Düşük frekans veya yüksek periyotta (birkaç dakikadan birkaç saate) değişirler.

Gravity dalgaları, küçük ölçeklerde atmosferdeki kaldırma kuvvetinden dolayı ortaya çıkar. Bu dalgalar küresel değildir. Bu yüzden Yerkürenin eğriliğine bağlı değildirler. Dalgalar genellikle yerel kaynaklara sahiptirler ve sınırlı olarak değişen dalga boyları ile yayılırlar. Dünya atmosferinde gravity dalgaları, mezoküre ve stratokürede üretilebilir. Bu bölgelerden daha sonra termoküresel yüksekliklere doğru yayılırlar ve aynı zamanda termokürede de üretilebilirler. Alt atmosferde gravity dalgaları depremler, volkanlar, gök gürültülü fırtınalar, dağlar üzerinde akan hava akımları ve jet akımlardaki tedirginliklerle üretilirler. Üst atmosferde ise Joule ve parçacık ısınma oranları, yüksek enlemlerde Lorentz Kuvveti, gelgitlerin yukarı yönlü yayılımındaki kırılmalar, Güneş tutulmaları ve Güneş yörüngesindeki değişimler ile üretilebilir (Schunk ve Nagy, 2009).

Alt bölgelerdeki yayılmalar, ekvator bölgesinde yüksek frekanslı gravity dalgaları için en etkili kaynaktır. Stratoküreye ait yükseklikleri içeren yayılımın nümerik simülasyonu ile taşıyıcı bulutların üstünde baskın olarak görünen, yüksek frekanslı gravity dalgaları meydana getirilebilir.

Alt iyonkürede, iyon bileşenleri üzerine etkileyen gravity dalgaları, elektron ve iyon yoğunluğu roket ölçümlerinden, elektron yoğunluğunun parçacık yansımaları ve hem MF hem de LF bandındaki radyo yayılım ölçümlerinden elde edilir. Hem LF hem de MF bandının her ikisi gravity dalgalarının fiziksel olarak detaylı incelenmeleri için

kullanılır. LF radyo dalgası emilim ölçümleri, gravity dalga aktivitesini uzun süreli çalışmaları ve gravity dalga aktivitesinin izlenmesi için kullanılır (Lastovicka, 2000).

Atmosferik gravity dalgaları iyonkürede tedirginlikler üretebilir. Bu tedirginliklerin ardından auroral iyonkürede enerjili parçacık yağışı, elektrik akımları ve mekanik zorlanmalar tarafından üretilen ısıya sayesinde varlığını devam ettirir. İyonkürede atmosferik gravity dalga tedirginliklerinin diğer kaynakları, güçlü tropoküreye ait olaylar ve rüzgâr kesilimi ve türbülans bölgeleri ile ilişkili alt ve orta atmosferde yer alır. Bu tür tedirginliğin bir kaynağı olarak Güneş tutulmalarını gösteren çalışmalar vardır. Bazı çalışmalarda Güneş tutulmalarının bir sonucu olarak atmosferik gravity dalgalarının iyonküreye ulaştığı gösterilmiştir. Daha sonra iyonküreye ait tedirginlik üretebilen bir dalga kesilimi oluşur ve bir gravity dalga alanına katkıda bulunabilir. Güneş tutulmaları, tedirginlik gibi bir dalga üretebilir ve iyonkürede elektron yoğunluğunu değiştirebilir. Aynı zamanda termokürede sıcaklık tedirginlikleri de üretebilir (Altadill vd., 2004; Sağır, 2013).

2.3. EKVATOR BÖLGESİNDEKİ DALGALAR

Ekvator bölgesi dalgaları, ekvatora yakın atmosferik dalgalar olarak bilinip oldukça farklı karakterlere sahiptirler. Farklı mekanizmalar ile oluşurlar. Ekvator bölgesi dalgalarının genliği; coğrafik ekvatora yaklaştığında maksimum olur, coğrafik ekvator dan uzaklaştıkça hızlıca azalma gösterir. Bu dalgalar orta ve alt stratokürede QBO'dan, üst stratoküre ve alt mezokürede yıllık salınımdan sorumlu olarak kabul edilirler Bu iki ekvator bölgesi dalgaları, alt stratoküredeki QBO üzerinde önemli rol oynar. Alt stratokürede Kelvin ve Rossby Gravity dalgalarının karakteristik özelliği Tablo 2.1'de verilmiştir (Mohanakumar, 2008).

Bir Kelvin dalgası, Dünyanın Coriolis kuvvetini dengeleyen atmosferdeki bir dalgadır. Kelvin dalgasının bir özelliği de dağıtkan olmamasıdır. Yani dalga tepesinin faz hızı, tüm frekans değerleri için dalganın grup hızına eşittir. Bu durum zamanla kendi şeklini koruyacağı anlamına da gelir (Sağır, 2013).

Tablo 2.1. Atmosferde Kelvin ve MRG dalgalarının karakteristik özellikleri

Özellik	Rossby Gravity Dalgası	Kelvin Dalgası
Periyot	≈4.5 gün	≈15 gün
Yatay dalgaboyu	≈ 10000 km	≈30000 km
Dikey dalgaboyu	≈6 km	≈8 km
Yere göre faz hızı	≈23 m/s batıya doğru	≈25 m/s doğuya doğru
Dalga Tedirginliğinin Genliği		
Bölgesel rüzgâr hızı u	≈3 m/s	≈ 8m/s
Boylamsal rüzgâr hızı v	≈3 m/s	0
Sıcaklık (T)	≈1 °C	≈3 °C
Jeopotansiyel yükseklik Z	≈30 m/s	≈4 m/s
Dikey hız	≈0.15 cm/s	≈0.15 cm/s
Eğim	Yukarı yöne gidiş kadar batı yönlü	Yukarı yöne gidiş kadar doğu yönlü
Dikey momentum akışı	Yukarıya doğru batı yöndedir fakat boylamsal sirkülasyon çiftlenmesi yukarıya doğru doğu yönde taşır	Yukarıya doğru batı yönde momentum taşır
Stratokürede hassas ısının kutuplara doğru akışı	Her iki yarım kürede de kutuplar doğru ısı taşır	Ya kutuplara yada ekvatora doğru ısı taşımaz
Dikeyde grup hızı	Faz hızı aşağı doğru hareket eder fakat grup hızı yukarı yönlüdür	Faz hızı aşağı doğru hareket eder fakat grup hızı yukarı yönlüdür
Emilim bölgesi	Batı yönlü kuşak boyunca nüfuz eder fakat doğu yönlü kuşakta emilir	Doğu yönlü kuşak boyunca nüfuz eder fakat doğu-batı yönlüler arasındaki geçiş kuşağı yakınında emilir

(Sağır, 2013).

MLT ve termoküre bölgelerine dikey dalga boyları 50 km'den büyük ve yüksek hızlı Kelvin dalgaları etki eder. MLT ve alt iyonküreye ait HF yüksekliğinde, 6 – 8 ve 3 – 4 günlük periyotlu Kelvin dalgaları görülür. 3.5 ve 6.5 günlük ekvator bölgesi dalgaları stratoküreden MLT bölgelerine yayılır ve iyonküre ile ilişkili olan E bölgesinin iletkenliğinin ve F bölgesinin dinamiklerinin modülasyonlarında görülebilir (Bhagavathiammal vd., 2010).

Yukarı yönlü yayılan Kelvin dalgaları hem doğu ve hem de batı yönlü QBO fazında aşırı sıklıkla görülür. Stratokürede dikey yayılan Kelvin dalgalarının varlığı, tropoküreye ait zorlanmalar ve üst tropoküredeki rüzgârlara da bağlıdır. Alt stratokürede Kelvin dalgaları, üst tropoküredeki Kelvin dalgalarından daha kısa dikey dalgalanmalara, daha hızlı faz hızına, daha kısa periyoda ve daha küçük bölgesel dalga sayısına sahiptirler (Dunkerton, 1997).

Kelvin dalgaları atmosferik sıcaklıkta, küresel ölçeği ekvator bölgesi ile sınırlanmış dalga modlarının en önemlileridir. Bu dalgalar ekvator ile her iki yarım kürede simetriklerdir. Stratokürede 20° G ve 20° K enlemleri ile sınırlıdır ve doğuya doğru hareket ederler. Bölgesel rüzgâr ve sıcaklık dalgalanmalarında gözlemlenen Kelvin dalga aktivitesinin QBO ile değişimi, azalan batı yönlü kesilim bölgesinde Kelvin dalgalarının beklenen yükselmesi ile tutarlıdır (Baldwin vd., 2001).

Ekvator bölgesi dalgalarının diğer bir türü de Rossby gravity dalgalarıdır. QBO'nun doğu yönlü periyodu boyunca Rossby gravity dalgalarına benzer olan batı yönlü yayılan ekvator bölgesi dalgalarının bir aktivitesi vardır. Bu dalgalar stratoküredeki taşınmalar için en önemli olan gezegensel ölçekli dalgalardır. Rossby gravity dalgaları, potansiyel girdapta geniş ölçekli değişimlerde gelişir. Bu dalgaların yeniden oluşumu, Coriolis kuvvetinin enleme değişimi ile olur. Bu durum, yerküre coğrafyasının dinamiklerinin de bir yansımasıdır (Ern ve Preusse, 2009; Mohanakumar, 2008).

Rossby gravity dalgalarının yıllık değişimi ekvator bölgesindeki stratokürede gözlemlenir ve 50 hPa civarındaki QBO'nun mevsimsel değişim gözlemlerini açıklamaya yardımcı olur. Ekvator ile sınırlı olan bu dalgalar farklı uydu gözlemlerinden elde edilen iz bileşenlerinde ve sıcaklıkta görülür. Bu dalgalar ekvator bölgesi stratoküresindeki QBO ile ilgilidir. QBO'yu sürüklemek için gerekli olan dikey

momentum akışı için Kelvin ve Rossby gravity dalgaları yetersiz kalır. Gerekli momentum akışı bu dalgalardan çok daha büyüktür. Çünkü ekvator bölgesi stratoküresinde yukarı yönlü hava Brewer – Dobson sirkülasyonu ile hareket ettirilir. Ekvator bölgesine ait yükselmede modeller dahil edildiğinde, gerçek QBO için gerekli olan toplam momentum akışı, uzun periyotlu Kelvin ve Rossby gravity dalgalarının geniş ölçekli gözlemlerinden 2 – 4 kez daha büyüktür (Baldwin vd., 2001; Sağır, 2013).

2.4. GEZEGENSEL DALGALAR

Uzun süreli ve sürekli gözlemler sonucunda alt iyonkürede gezegensel dalga etkisinin olduğu anlaşılmıştır. İncelemeler alt iyonkürede radyo dalga emilimi yoluyla yapılmıştır. Bu emilimde LF, MF ve HF frekansları ile 100 kHz – 10 MHz arasındaki frekanslar kullanılmıştır. Gündüz HF ile MF ve gece LF emilimleri için gezegensel dalga benzeri salınımlar Güneş ve jeomanyetik salınımlarla ilgili olmayıp, rüzgâr olarak adlandırılan nötr atmosferdeki benzer salınımlarla ilgilidir. Nötr atmosferdeki gezegensel dalgalar, iyonize edilmiş bileşenlerde görülmüştür. Emilimde 27 günlük değişim bile genellikle doğrudan Güneş kaynaklı değildir. Bu 27 günlük değişimin Güneşten çok daha gezegensel dalgalar ile oldukça ilişkili olduğu görülmüştür. 2003 yılında yapılan incelemelerde, dalga tekniğiyle yaklaşık 85-100 km'de gezegensel dalgalara rastlanmıştır. Genellikle nötr olan üst orta atmosferde gezegensel dalgalar, sürekli rüzgâr ölçümlerinin kullanılmasıyla gözlenebilmiştir. Bu dalgaların yaklaşık 95 km yükseklikte 5, 10 ve 16 günlük baskın periyotlarla yayıldığı gözlenmiştir (Yang vd., 2011; Lastovicka, 1997b; Sağır, 2013).

Tropoküre kökenli gezegensel dalgaların kış aylarında 110 km civarına kadar çıktığı gözlenmiştir. Yaz aylarında gezegensel dalgalar, stratoküresel rüzgârların sınırlamasından dolayı tropoküreden yayılamazlar. Bununla birlikte, gezegensel ölçekli taşınma hareketi, stratoküredeki yüksek sıcaklık değişimlerine sebep olan jet akımların basınçsal sabitliği veya normal modları ile ilişkili olarak üst ve orta atmosferde gözlemlenebilirler. Üst ve orta atmosferik yüksekliklerde kış yarım küresinden yaz yarım küresine doğru gezegensel dalga yayılımı da vardır. Alt iyonkürede gezegensel dalga türü salınımların üst mezoküredeki rüzgâr salınımları ile oldukça iyi örtüştüğü ve bunların Güneş kökenli salınımlar olmadıkları ifade edilmiştir (Lastovicka, 1997a; Lastovicka, 1997b; Lastovicka, 2000; Sağır, 2013).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL METOT

İstatistik, belirli amaçlarla toplanan benzer sayısal bilgilere “veri” denir. Verileri inceleme işiyle uğraşan bilim dalına da istatistik denir. Bu anlamı ile istatistik, belirli amaçlar için belirli yollarla veri toplama ve verileri inceleme amacıyla geliştirilmiş teknikler ve yöntemler bilimidir (Arıcı, 2005). Bu bölümde çalışmanın bulguları ve sonuçlarını elde etmek amacıyla kullanılan yöntemler hakkında bilgi verilmiştir.

3.1. KORELASYON YÖNTEMİ

Korelasyon, iki bazen de daha çok sayıda değişken arasındaki ilişkiyi gösterir. İlişkinin miktarı bir sayı ile belirtilir. Bu sayıya korelasyon katsayısı ya da ilişki katsayısı denir. Değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek, aslında bu ilişkiyi gösteren matematiksel eşitliği belirlemektir. Söz konusu matematiksel eşitlik belirlerken kural olarak, bağımsız değişkene bağlı olarak bağımlı değişken üzerindeki ortalama değişmeyi gösteren matematiksel eşitlik aranır. İlişkiyi gösterecek eşitliğin mahiyeti değişkenlerin durumuna, sayısına ve aralarındaki ilişkinin biçimine bağlıdır.

Sürekli iki değişken arasındaki doğrusal ilişki miktarını gösteren Pearson momentler çarpımı korelasyon katsayısı +1.00 ile -1.00 arasında değişen değerler alabilir. Değişkenlerin ikisi de aynı yönde değişim gösterirse, aralarındaki ilişki pozitifdir; korelasyon katsayısının işareti de (+) dır. Değişkenlerden biri bir yönde değişirken, öteki ters yönde değişirse (biri azalırken diğeri artıyorsa), bu durumda ilişki negatifdir; korelasyon katsayısının işareti de (-) dir. Öte yandan değişkenler arasındaki ne pozitif, ne de negatif yönde bir değişme yoksa, bu durumda korelasyon katsayısı sıfırdır. Korelasyon katsayısının sıfır olması da değişkenler arasında hiçbir ilişki olmadığını gösterir (Özkan, 2003).

Pearson momentler çarpımı korelasyon katsayısının hesaplanmasında kullanılabilir eşitlik, değişik biçimlerde yazılabilir. X ve Y, iki farklı değişken olmak üzere, ham verilerden korelasyon katsayısı aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilir:

$$r = \frac{\sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n}}{\sqrt{\left[\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n} \right] \left[\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \right]}} \quad (3.1)$$

Burada $\sum XY$, değişken değerlerimiz olan X ve Y ye ait ölçümleri çarpılıp, n tane değer için toplanarak elde edilmektedir. Denklem 3.1'deki $\sum X^2$, $\sum Y^2$ ve $\sum XY$ değerler aşağıdaki şekilde açılabilir.

$$\begin{aligned} \sum X - \frac{(\sum X)^2}{n} &= \sum X^2 = \sum (X - \bar{X})^2; \\ \sum Y - \frac{(\sum Y)^2}{n} &= \sum Y^2 = \sum (Y - \bar{Y})^2; \\ \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} &= \sum XY = \sum [(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})] \end{aligned} \quad (3.2)$$

Bu değerler Denklem 3.1'de, yerine yazıldığında korelasyon katsayısı için aşağıdaki ifade elde edilir:

$$r = \frac{\sum [(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})]}{\sqrt{[(X - \bar{X})^2] [(Y - \bar{Y})^2]}} \quad (3.3)$$

Bu denklem üzerinde varyans ve kovaryans gibi istatistiksel ifadeler kullanılarak bazı cebirsel işlemlerle, değişik bazı eşitlikler elde edilebilir. Hangi eşitlik kullanılırsa kullanılsın, elde edilecek katsayı aynı olacaktır. Bu çalışmada ise literatürde bu kapsamdaki çalışmalarda kullanılan korelasyon yöntemlerine benzer olarak, toplanan veri setleri üzerine Denklem 3.3 kullanılarak korelasyon katsayıları elde edilmiştir.

3.2. ZAMAN SERİLERİ ANALİZİ

Zaman serileri, bir dönemden diğerine değişkenlerin değerlerinin ardışık bir şekilde gözleendiği sayısal büyüklüklerdir. Değişkenlerin zaman içinde ardışık bir şekilde gerçekleşmesi bir koşul olmasa da düzenli aralıklarla dizinin gelişimini görme açışından gereklidir.

Zaman serileri analizinde öncelikle bu serilerinin durağanlık özellikleri irdelenir. Değişkenler arasında anlamlı istatistiksel ilişkilerin incelenebilmesi için serilerin durağan olması beklenmektedir. Zaman içerisinde ortalaması ve varyansı değişen

seriler, durağan olamayan veya birim kök içeren seriler olarak adlandırılmaktadır. Zaman serilerinde birim kökün varlığını araştıran ve literatürde yaygın şekilde kullanılan test Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) testidir. Ayrıca, ADF testinde gecikme uzunluklarının doğru seçilmesi testin gücü ve parametrelerin anlamlılık düzeyleri bakımından önemlidir. ADF testi δ parametresinin tahminine dayanmaktadır. δ parametresinin istatistiki olarak sıfırdan farklı olacak şekilde anlamlı çıkması, serilerin durağan olmadığı şeklindeki boş hipotezin reddedileceği anlamına gelmektedir.

Hata terimleri konusundaki sınırlayıcı varsayımlara yer vermeyen ve yüksek derecedeki korelasyonu kontrol etmek için geliştirilen Phillips – Perron (PP) testi, ADF testini tamamlayıcı bir birim kök testidir. PP testinde otokorelasyonu gidermeye yetecek kadar bağımlı değişkenin gecikmeli değerleri modele dahil edilmemekte, bunun yerine Newey – West tahmincisi ile uyarlanmaktadır (Enders, 1995).

Bu birim kök testi dışında KPSS (Kwiatkowski D., Phillips PCB., Schmidt P., Shin Y.) testi de her bir değişkenin durağanlığını etraflıca analiz etmektedir. KPSS diğer testten farklı olarak boş hipotez altında serinin durağan olduğunu ifade etmektedir. KPSS istatistiği, zaman serisinin dışsal değişkenlerle regresyondan elde edilen hata terimlerine bağlıdır (Kwiatkowski vd., 1992; Sağır, 2013).

Her üç test için de, değişkenlerin test istatistiğinin (τ) mutlak değerinin MacKinnon tarafından tablolaştırılan kritik değerlerin mutlak değerinden büyük olması durumunda serinin durağan olduğu sonucuna ulaşılır (Enders, 1995).

İki zaman serisi durağan değil ancak bu değişkenlerin durağan doğrusal bir bileşimleri varsa eş-bütünleşme ilişkisinden söz edilir. Eş-bütünleşme analizi durağan olmayan zaman serileri arasındaki uzun dönem ilişkisinin tahmin edilmesine yöneliktir. Eş-bütünleşmenin varlığı değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu anlamına gelmektedir. Eş-bütünleşme analizinde Engle-Granger yaklaşımı yaygın olarak kullanılmaktadır. Uzun dönem ilişkilerin Engle-Granger yöntemi ile aynı derecede durağan iki değişken arasındaki eş-bütünleşme analizine dayanır. Engle-Granger yönteminde ilk aşama denklemdeki değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin Sıradan En Küçük Kareler (SEKK) yöntemi ile tahmin edilmesidir (Engle ve Granger, 1987). SEKK yöntemi ile denklemdeki değişken katsayıları tahmin edildikten sonra, bu regresyonun hata terimleri serisinin düzeyde durağan olup olmadığına bakılır.

$$\varepsilon_t = X_t - \beta_0 - \beta_1 Y_t - \beta_2 Y_t^2 \quad (3.4)$$

Burada X bağımlı değişken Y bağımsız değişken olmak üzere $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ ikinci dereceden regresyon katsayılarıdır.

Literatürde zaman serileri analizi ile foF2 ile QBO ilişkisi Sağır, (2013) tarafından incelenmiştir. Bu çalışmaya göre foF2 kritik frekans değeri ile QBO arasındaki doğrusal ilişki;

$$\begin{aligned} \text{foF2}_t = & a_0 + a_1 \text{GLS}_t + a_2 \text{GLS}_t^2 + a_3 \text{QBO}_t + \text{Dummy1}_t + \text{Dummy2}_t \\ & + \text{Dummy3}_t + \text{Dummy4}_t + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (3.5)$$

şeklinde ifade edilmiştir. a_0, a_1, a_2 ve a_3 regresyon katsayılarını, ε_t ve t sırasıyla hata terimi ve zamanı ifade etmektedir.

Burada QBO değerleri için Dummy değerleri;

$\text{Dummy1} \leq -15 \text{ m/s}, 0 \text{ m/s} > \text{Dummy2} > -15 \text{ m/s}, 15 \text{ m/s} \geq \text{Dummy3} > 0 \text{ m/s}, \text{Dummy4} > 15 \text{ m/s}$ arasındaki değerler olarak belirlendi.

Mevcut çalışmamızda aynı yöntem nötr bileşenler ile QBO arasındaki ilişkiyi incelemek üzere kullanılmıştır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR

Bu çalışmada Ascension (01.22 °K,103.55 °D) istasyonu saat 1200 için, yaygın olarak kullanılan ve uluslararası kabul gören bir model olan NRLMSIS 00 (<http://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/models/nrlmsise00.php>) modeli kullanılarak elde edilen iyonkürenin D bölgesi 75 km ve 90 km yükseklik değerlerine ait nötr bileşen yoğunluğu ile 70 hPa ve 10 hPa yükseklik değerlerinde ölçülen QBO verileri arasındaki ilişki istatistiksel olarak Bölüm 3 verilen yöntemler kullanılarak analiz edildi.

4.1. KORELASYON ANALİZİ SONUÇLARI

Tablo 4.1 solar maksimum (1999, 2000 ve 2001) ve solar minimum (2007, 2008 ve 2009) ölçüldüğü yıllar için, QBO nun ölçüldüğü minimum yükseklik değeri olan 70 hPa ve maksimum yükseklik değeri olan 10 hPa yükseklerindeki, QBO değerleri ile 75 km ve 90 km yükseklikte ölçülen nötr bileşen yoğunluğu arasındaki korelasyon katsayılarını göstermektedir. Tablodan da görüldüğü gibi hem 75 km hem de 90 km yükseklik değerleri için solar maksimum durumundaki korelasyon katsayısı solar minimumdaki korelasyon katsayısından daha büyüktür. 90 km yükseklik değeri için yapılan hesaplamada, solar maksimum durumunda 70 hPa yükseklik değeri için QBO ile nötr bileşen yoğunluğu arasında her üç yıl içinde zıt bir ilişki var iken 10 hPa yükseklik değerinde bu ilişki pozitif olduğu görülmektedir. Aynı yükseklik değeri için solar minimumda ise sadece 70 hPa yükseklik değeri için 2008 yılında negatif bir ilişki gözlenmektedir. Bunun dışındaki tüm durumlarda pozitif bir ilişki görülmektedir. Yine 90 km yükseklik için 70 hPa da ölçülen QBO'nun nötr bileşenler ile daha fazla ilişkili olduğu görülmektedir. Bu durum beklenene ters bir durumdur. Çünkü 70 hPa yükseklik değeri 90 km yükseklik değerine 10 hPa ya göre daha uzaktır ve etkisinin daha düşük olması beklenmektedir. Bu olumsuz durum ancak Bölüm 3 te belirtilen dalgaların yapısının daha ayrıntılı olarak bilinmesi ile netliğe kavuşabilir.

Tablo 4.1. QBO ile nötr bileşen arasındaki korelasyon katsayısının yüksekliğe göre değişimi

QBO ölçüm yüksekliği (hPa)	75 km yükseklik için						90 km yükseklik için					
	Solar Maksimum			Solar Minimum			Solar Maksimum			Solar Minimum		
	1999	2000	2001	2007	2008	2009	1999	2000	2001	2007	2008	2009
70	-0.36	-0.48	0.002	0.09	-0.02	0.46	-0.63	-0.91	-0.12	0.18	-0.39	0.15
10	0.36	-0.06	0.26	-0.26	0.10	-0.37	0.48	0.50	0.04	0.15	0.15	0.03

4.2. ZAMAN SERİLERİ ANALİZİ SONUÇLARI

Bu çalışmada kullanılacak olan zaman serileri analizi metodu üç aşamadan oluşmaktadır. Aşamalardan birincisi değişkenimiz olan değişkenlerin durağanlığını tespit eden Birim Kök Testidir. İkincisi değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi tespit eden Eş Bütünleşme Testidir. Üçüncüsü ise değişkenler arasında ilişkiyi belirleyen Regresyon analizi testidir. Bu üç testi kullanarak Nötr bileşen yoğunluklarını ölçüm aldığımız her iki yükseklik değeri olan 75 km ve 90 km için ayrı ayrı sonuçlar elde edilmiştir. Model olarak

$$N_n D_t = \beta_0 + \beta_1 QBO_t + Dummy1_t + Dummy2_t + Dummy3_t + Dummy4_t + \varepsilon_t \quad (4.1)$$

Burada $N_n D$ nötr bileşen yoğunluğunu ifade etmektedir. Kurmuş olduğumuz bu model yardımı ile aşağıda tablolar halinde verilen sonuçlar elde edildi.

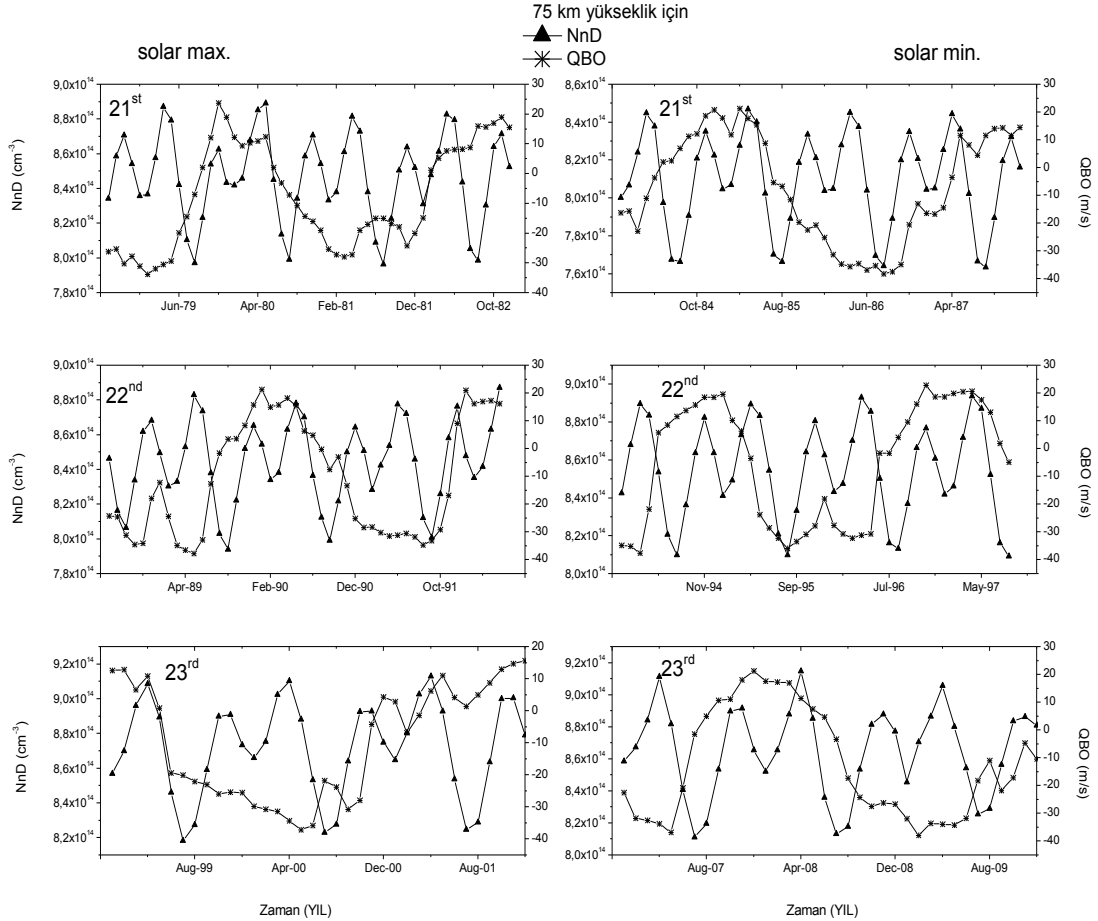
4.2.1 75 km Yükseklik İçin Analiz Sonuçları

Şekil 4.1. solar maksimum ve solar minimum durumlarında 21.,22. Ve23. Devirler için QBO ile 75 km yükseklik için hesaplanan $N_n D$ nin değişimini göstermektedir. Şekildeki sol taraf solar maksimum durumundaki değişimi, sağ taraf ise solar minimum durumundaki değişimi göstermektedir.

Solar maksimum durumunda her üç devir için için batı yönlü QBO ile $N_n D$ arasında pozitif bir ilişki vardır. Doğu yönlü QBO ile $N_n D$ arasında sadece 21 devirde pozitif bir ilişki gözlenmektedir.

Solar minimum durumunda ise hem batı hemde doğu yönlü QBO ile NnD arasında tüm solar devirler de pozitif bir ilişki gözlenmektedir.

Şekil 4.1. 75 km yükseklik için NnD ile QBO'nun değişimi



Birim kök testinde amaç değişkenlerin durağanlığını test etmektir. Durağanlık testi önemli olduğu için bu çalışmada üç ayrı test (ADF, PP, KPSS) ile desteklenmiştir. Bu testin ana mantığı tablonun üst tarafında her bir test türü için yazılan QBO değerlerinin tablonun alt kısmında verilen McKinnon kritik değerinden mutlak değer olarak büyük olmasıdır. Büyük olduğu yüzdelik duruma göre anlamlıdır.

Tablo 4.2 de 75 km için 10 hPa yüksekliğinde ölçülen QBO değişkeninin Birim Kök Testi Sonuçlarını göstermektedir. Tablodan da görüleceği üzere QBO değişkeni ADF ve PP testlerinde %1 KPSS'tesinde ise %5 anlamlılık düzeyinde anlamlıdır. Bu durum bize değişkenimiz olan QBO'nun durağan olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.2. 75 km yükseklik için birim kök testi sonuçları

Değişken	10 hPa		
	ADF	PP	KPSS
QBO	-4.76	-4.76	0.16
NnD	-5.14	-2.10	0.49
Anlamlılık Düzeyi	McKinnon (1996) Kritik Değerleri		
1%	-4.243	-4.243	0.216
5%	-3.544	-3.544	0.146
10%	-3.204	-3.204	0.119

Tablo 4.3 de 75 km yükseklikte solar maksimum ve solar minimum durumları için eş bütünleşme testi sonuçları görülmektedir. Her iki durum için ADF değerlerinin McKinnon kritik değerlerinden mutlak değer olarak büyük olması ve p-value değerlerinin 0.05 ten küçük olması değişkenlerimiz olan QBO ve D bölgesi nötr yoğunluğu arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.3. 75 km yükseklik için eş bütünleşme testi sonuçları.

	Solar Maksimum		Solar Minimum	
	ADF	p-value	ADF	p-value
Model	-4.69	0.000	-5.94	0.000
Anlamlılık Düzeyi	McKinnon (1996) Kritik Değerleri			
1%		-2.65		
5%		-1.95		
10%		-1.61		

Tablo 4.4 te 75 km yükseklik değeri için regresyon analizi sonuçları görülmektedir. Tabloda Probability (F-statistics) (Prob. (F-statistic)) değerinin 0.05 ten küçük olması kurulan modelin anlamlı olduğunu göstermektedir. Durbin Watson değerinin 1.5-2.5 arasında olması modelimizi destekleyen ayrı bir sonuçtur. Modelimizde hem solar minimum hem de solar maksimum durumları için QBO daki artış D bölgesi nötr bileşenleri üzerinde bir azalmaya sebep olduğu görülmektedir. Bu durum modelde QBO katsayılarının negatif işaretli olması ile belirtilmiştir. Adjusted R²

(Adj.R²) solar minimum ve solar maksimum durumları için sırasıyla 0.702 ve 0.365 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.4. 75 km yükseklik için regresyon modeli sonuçları

	Solar Maksimum	Solar Minimum
Sabit	8.68x10 ²⁰ (0.000)*	8.79x10 ²⁰ (0.000)*
QBO	-2.72x10 ¹⁸ (0.030)**	-2.16x10 ¹⁸ (0.055)***
AR (1)	0.699 (0.000)*	0.565 (0.052)***
Dummy1	- (-)	3.43x10 ¹⁹ (0.260)
Dummy2	-1.72x10 ¹⁸ (0.008)*	-7.88x10 ¹⁸ (0.722)
Dummy3	- (-)	-3.29x10 ¹⁹ (0.264)
Dummy4	- (-)	- (-)
R²	0.760	0.560
Adj. R²	0.702	0.365
Durbin Watson	1.689	1.978
Prob. (F-statistics)	(0.000)	(0.030)
White Het.	(0.031)	(0.366)

*, ** ve *** sırasıyla %1, %5, ve %10, anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

Bu durum bize D bölgesi nötr bileşen yoğunluğundaki değişimlerin solar maksimum ve solar minimum durumları için sırasıyla yüzde 70 ve yüzde 36 sının QBO ya bağlı değişimler ile açıklanabildiğini göstermektedir. QBO nun p-değerlerine bakıldığında (parantez içi ifadeler) nötr bileşenler üzerine etki edebileceği sonucu görülmüştür. Ayrıca solar maksimum durumunda yaklaşık %70'i açıklanabilen bu değişimlerin QBO'nun Dummy 2 den kaynaklandığı düşünülmektedir. Solar minimum durumunda ise Dummy1, Dummy2 ve Dummy 3 den kaynaklandığı öngörülebilir.

Ancak bu durum solar maksimumdaki gibi güçlü değil (tabloda * ile belirtilen durum) oldukça düşüktür.

4.2.2 90 km Yükseklik İçin Analiz Sonuçları

Şekil 4.2. Solar maksimum ve solar minimum durumlarında 21.,22. Ve23. Devirler için QBO ile 90 km yükseklik için hesaplanan NnD nin değişimini göstermektedir. Şekildeki sol taraf solar maksimum durumundaki değişimi, sağ taraf ise solar minimum durumundaki değişimi göstermektedir.

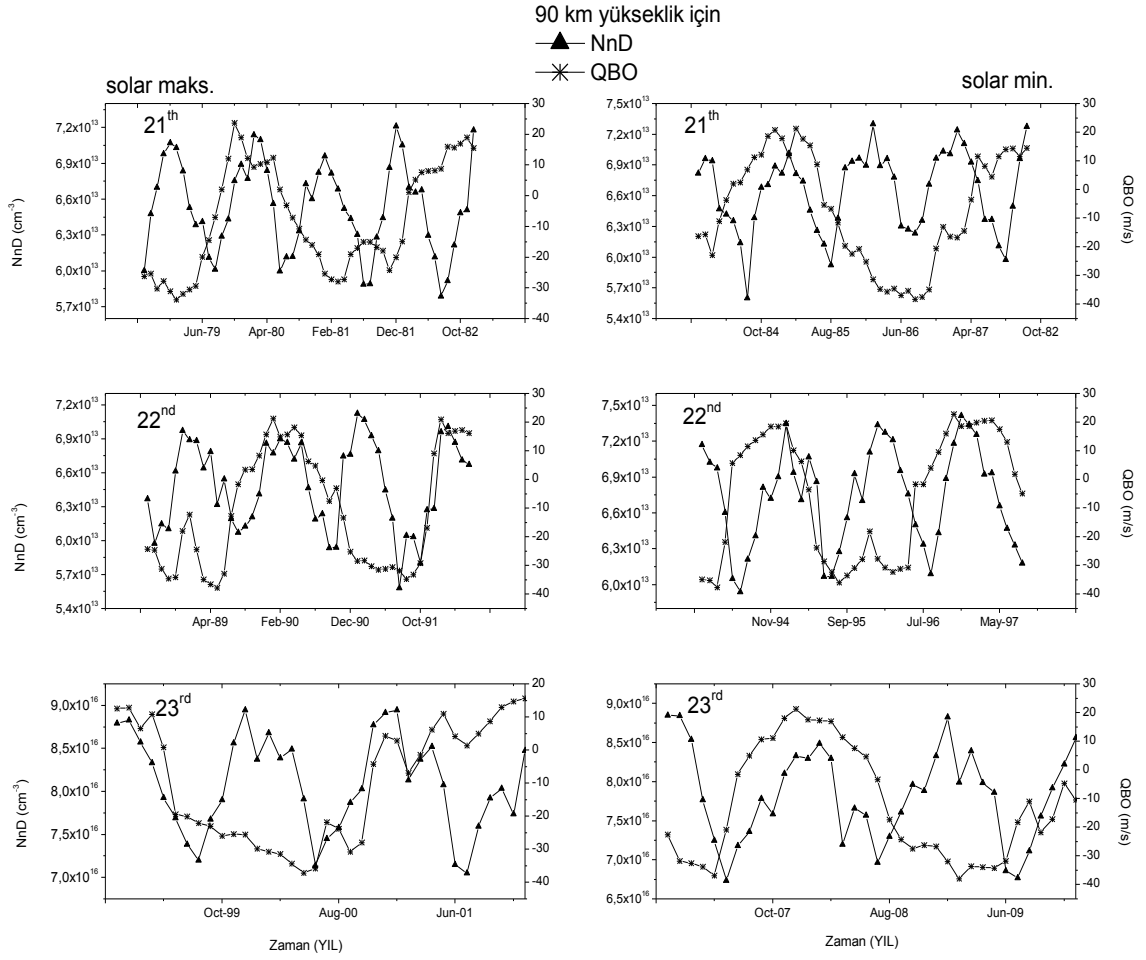
Solar maksimum durumunda NnD ile batı yönlü QBO arasında her üç devirde de pozitif ilişki vardır. Doğu yönlü QBO ile 21. Devirde pozitif ir ilişki var iken 22. Ve 23. Devirlerde negatif bir ilişki gözlenmiştir.

Solar minimum durumunda NnD ile batı yönlü QBO arasında pozitif bir ilişki göze çarparken doğu yönlü QBO ile NnD arasında sadece 23. Devirde negatif bir ilişkiye gözlenmektedir.

Tablo 4.5 te 90 km için 10 hPa yüksekliğinde ölçülen QBO değişkeninin birim kök testini göstermektedir. Değişkenin başlangıçta her üç testende durağan olmadığı görülmektedir durağan hale getirmek için birinci farkları (D(QBO)) alındı. Bu durum neticesinde QBO değişkeni ADF ve PP testlerinde %1 KPSS tesinde ise anlamsız olduğu görülmektedir. Bu anlamsızlık QBO değişkenini birden fazla teste tabi tuttuğumuz için diğerlerinde de anlamlı sonuçlar verdiğiinden dolayı değişkenimiz olan QBO' nun durağan olduğu kabul edilmiştir.

Tablo 4.6 da 90 km yükseklikte solar maksimum ve solar minimum durumları için eş bütünleşme testi sonuçları görülmektedir. Her iki durum için ADF değerlerinin McKinnon critical values ten mutlak değer olarak büyük olması ve p-value değerlerinin 0.05 ten küçük olması değişkenlerimiz olan QBO ve D bölgesi nötr yoğunluğu arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğunu göstermektedir.

Şekil 4.2. 90 km yükseklik için NnD ile QBO'nun değişimi



Tablo 4.5. 90 km yükseklik için birim kök testi sonuçları

Değişkenler	10 hPa		
	ADF	PP	KPSS
QBO	-2.63	-2.63	0.078
NnD	-7.22	-2.65	0.040
D(QBO)	-7.36	-7.36	0.084
D(NnD)	-5.30	-4.50	0.080
Anamlılık Düzeyi	McKinnon(1996)	Kritik Değerleri	
1%	-4.243	-4.243	0.216
5%	-3.544	-3.544	0.146
10%	-3.204	-3.204	0.119

Tablo 4.7’de 90 km yükseklik değeri için regresyon analizi sonuçlarını gösterilmektedir. Tabloda Probability (F-statistics) (Prob. (F-statistic)) değerinin 0.05 ten küçük olması kurulan modelin anlamlı olduğunu göstermektedir. Durbin Watson değerinin 1.5–2.5 arasında olması modelimizi destekleyen ayrı bir sonuçtur.

Tablo 4.6. 90 km yükseklik için eş bütünleşme testi sonuçları

Regression Model	Solar Maximum		Solar Minimum	
	ADF	p-value	ADF	p-
Model	-4.24	0.0001	-5.71	0.000
Anlamlılık Düzeyi	McKinnon (1996) Kritik Değerleri			
1%	-2.65			
5%	-1.95			
10%	-1.61			

Modelimizde hem solar minimum hem de solar maksimum durumları için QBO’daki artış D bölgesi nötr bileşenleri üzerinde bir azalmaya sebep olduğu görülmektedir. Bu durum modelde QBO katsayılarının negatif işaretli olması ile belirtilmiştir. Adjusted R² solar minimum ve solar maksimum durumları için sırasıyla 0.639 ve 0.152 olarak hesaplanmıştır. Bu durum bize D bölgesi nötr bileşen yoğunluğundaki değişimlerin solar maksimum ve minimum durumları için sırasıyla yüzde 64 ve yüzde 15 inin QBO ya bağlı değişimler ile açıklanabildiğini göstermektedir. Ayrıca solar maksimum durumunda yaklaşık yüzde 64 ü açıklanabilen bu değişimlerin QBO’nun her hangi bir dummy bileşeninin solar maksimum durumunda baskın olmadığı gözlenmiştir. Solar minimum durumunda ise Dummy1 den, kaynaklandığı öngörülebilir.

Tablo 4.7. 90 km yükseklik için regresyon modeli sonuçları

	Solar Maksimum	Solar Minimum
Sabit	8.5x10 ¹⁶ (0.000)*	7.2x10 ¹⁹ (0.000)*
QBO	-9.43x10 ¹⁴ (0.008)*	-3.58x10 ¹⁷ (0.182)***
AR (1)	0.334 (0.000)*	0.401 (0.055)***
Dummy1	- (-)	1.6x10 ¹⁹ (0.045)**
Dummy2	-2.37x10 ¹⁵ (0.246)	7.39x10 ¹⁸ (0.168)
Dummy3	2.37x10 ¹⁵ (0.246)	2.43x10 ¹⁸ (0.732)
Dummy4	- (-)	- (-)
R²	0.701	0.355
Adj. R²	0.639	0.152
Durbin Watson	1.576	2.245
Prob. (F-statistics)	(0.000)	(0.054)
White Het.	(0.859)	(0.722)

*, ** ve *** sırasıyla 1%, 5%, ve 10%, anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yaygın olarak kullanılan bir model olan NRLMSIS 00 modeli kullanılarak elde edilen iyon kürenin D bölgesi 75 km ve 90 km yükseklik değerlerine ait nötr bileşen yoğunluğu ile 70 hPa ve 10 hPa yükseklik değerinde ölçülen QBO verileri arasındaki ilişkiye korelasyon analizi ile sadece 10 hPa yüksekliği için zaman serileri analizi ile istatistiksel olarak analiz edildi.

Korelasyon analizi yönteminde, solar maksimum durumundaki korelasyon katsayılarının solar minimum durumundakinden daha büyük olduğu görüldü. Bunun nedeni, güneşin aktif (patlamaların fazla) olduğu dönemlerde iyonkürenin aşağı yönde genişmesi (tıpkı gece büzüldüğü gibi) olabilir. Bu genişmeden dolayı QBO nun ölçüldüğü yükseklik, iyonkürenin D bölgesine daha fazla yaklaşmış olur. Böylece QBO ile nötr bileşenler arasındaki etkileşim, solar minimum durumuna oranla artmış olduğu düşünülmektedir. Ayrıca nötr bileşenlerin ölçüldüğü ve aynı zamanda D bölgesinin yaklaşık olarak en üst sınırı olarak düşünülen 90 km yükseklikte, solar minimum durumundaki korelasyon katsayılarının 70 hPa yüksekliğinde ölçülen QBO için 2008 yılı hariç, hem 70 hPa hem de 10 hPa yüksekliği için pozitif çıktığı görüldü. Solar maksimum durumunda da QBO nun ölçüldüğü yükseklikler için benzer bir durum söz konusudur. 75 km yükseklik değeri QBO nun ölçüldüğü yüksekliklere daha yakın olmasına karşın 90 km yükseklikte QBO ile nötr bileşenler arasında daha güçlü bir ilişkiye rastlanmıştır. Bu durum QBO nun yukarı yönde nüfus etmesinin nedenlerinden olan dalgalar ile alakalı olarak düşünülmektedir.

Zaman serileri analizinde kurmuş olduğumuz modelin her iki yükseklik için de tabloların alt kısmında verilen değerlere bakıldığında anlamlılığı görülmektedir. Adj. R² değerlerine bakıldığında, hem 75 km hem de 90 km yükseklik için solar maksimum durumunda açıklanabilirlik oranı solar minimumdakinden büyük olduğu görülmektedir. QBO nun yönü ve şiddeti göz önünde bulundurulduğunda ise solar maksimum durumunda 75 km yükseklikte sadece Dummy2 (-15<=Dummy2<=0) aralığında etkili olduğu görülmektedir. Aynı yükseklikte solar minimum durumunda ise QBO nun etkisinin yöne ve şiddete bağlı olmadığı görülmüştür. 90 km yükseklikte ise solar maksimum durumunda QBO nun yön ve şiddetinin önemli olmadığı gözlenmiştir.

Aynı yükseklikte solar minimum durumunda QBO nun doğu yönünü gösteren Dummy1 (Dummy1 \geq -15) aralığında nötr bileşen üzerinde etkili olduğu gözlenmiştir.

Sonuç olarak yapılan istatistiksel analizler ile 10 hPa yüksekliğinde ölçülen QBO nun 75 km ve 90 km yüksekliklerde ölçülen nötr bileşenler üzerinde negatif bir etkisinin olduğu gözlenmiştir. Bu etki solar maksimum durumlarında 75 ve 90 km için sırasıyla yaklaşık olarak %70 ve %64 açıklanabilirlik oranındadır. Benzer şekilde solar minimum durumu için ise %36 ve %15 açıklanabilirlik oranındadır.

Öneriler

- Yaptığımız çalışmanın zaman serileri analizi bölümünde QBO nun sadece 10 hPa değeri kullanıldı. Bu ölçüm yükseklik değeri arttırılabilir.
- Nötr bileşen yoğunluğu hesaplanırken D-bögesinde büyük yüzdelik oranda bulunan O, O₂ ve N₂ atom ve molekülleri göz önüne alındı. Bunların sayısı arttırılabilir.
- Solar devrin son maksimum ve minimumunu göz önüne aldık. Daha fazla solar devir için bu yöntem kullanılabilir.
- D bölgesi nötr bileşenlerine etki eden diğer faktörlerde de göz önüne alınabilir.

KAYNAKÇA

- Akkaya, İ., Antenler ve Propagasyon, Mart, 1997.
- Aydoğdu, M., 1980, Ariel 4 Uyduyuyla Elde Edilen Elektron Yoğunluğu Verilerinin 70°-80° D ve 60°-70° B Boylamları Arasında İncelenmesi, Doktora Tezi, E.Ü. Fen Fakóltesi, İzmir, 10-41
- Aydoğdu, M., 1988, Dip Ekvatoru Üzerindeki İyonkürenin F-Bölgesindeki Elektron Kayıp Katsayısının (β) Hesaplanması, Doğa, 12, 14-21
- Baldwin, M. P., Gray, L. J., Dunkerton, T. J., Hamilton, K., Haynes, P. H., Randel, W. J., Holton, J. R., Alexander, M. J., Hirota, I., Horinouchi, T., Jones, D. B. A., Kinnersley, J. S., Marquardt, C., Sato, K., and Takahashi, M., 2001. Quasi-Biennial Oscillation, *Reviews of Geophysics*, 39, 179-229.
- Bowman, K.P., 1989. Global Patterns of The Quasi-Biennial Oscillation in Total Ozone. *Journal of atmospheric Sciences*, 46,21.
- Burrage M. D., Vincent R. A., Mayr H. G., Skinner W. R., Arnold N. F. and Hays P. B., 1996. Long-Term Variability in The Equatorial Middle Atmosphere Zonal Wind, *J. Geophys. Res.*, 101, 12.847–12.854.
- Canyılmaz, M., 2008, VLF Yayılımını Kullanarak Yıldırımın Alt İyonküre Üzerine Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 1-85
- Cezibararak, S., 2005, İyonkürede Foto İyonlaşma Süreçleri, Yüksek Lisans Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 7,8
- Dunkerton, T. J., 1990. Annual Variation of Deseasonalized Mean Flow Acceleration in the Equatorial Lower Stratosphere, *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, 68, 499–508.
- Dunkerton, T.J. and Delisi, D. P., 1984. Climatology of The Equatorial Lower Stratosphere. *Journal of atmospheric Sciences*, 42, 376-396.
- Dunkerton T. J., 1997. The role of Gravity Waves in the Quasi Biennial Oscillation, *J. Geophys. Res.*, 102, 26,053–26,076.
- Echer, E., 2007. On The Quasi-Biennial Oscillation (QBO) Signal in the foF2 Ionospheric parameter, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 69, 621–627.
- Enders W., 1995. Applied Econometric Times Series. John Wiley and Sons: UK. 63-150

- Gavrilov, N. M., Riggin, M. and Fritts D. C., 2003. Mediumfrequency Radar Studies of Gravity-Wave Seasonal Variations Over Hawaii (22 °N, 160°W), *J. Geophys. Res.*, 108, D20 4655.
- Hagan, M. E., Burrage, M. D., Forbes, J. M., Hackney, J., Randel, W. J. and Zhang, X., 1999. QBO Effects on the Diurnal Tide in The Upper Atmosphere, *Earth Planets Space*, 51, 571–578.
- Hunsucker, R.D. and Hargreaves, J., K., 2003, The High-Latitude Ionosphere and It's Effects on Radio Propagation, Cambridge University Press, 1-50.
- Karatay, S., 2005, İyonkürenin Plazmasında Kış Anormalliği, Yüksek Lisans Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 10-12
- Naujokat, B., 1986. An Update of The Observed Quasi-Biennial Oscillation of The Stratospheric Winds Over The Tropics, *J. Atmos.Sci.*, 43, 1873–1877.
- Özcan, O, 1987, Elazığ Üzerindeki İyonkürenin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 11-15
- Özcan, O., Aydoğdu, M., Yeşil, A., Güzel, E., 1996, The Damping of Radio Waves in the Ionospheric Plasma over Elazığ, F. Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi, s. 113–123.
- Pawson, S., Labitzke, K., Lenschow, R., Naujokat, B., Rajewski, B., Wiesner, M., and Wohlfart, R.C., 1993. Climatology of the Northern Hemisphere stratosphere derived from Berlin analyses, part 1, Monthly means, technical report, *Freie Univ. Ser. A*, 7(3), Berlin,
- Rajaram, R. and Gurubaran, S., 1998. Seasonal Variabilities of Low-Latitude Mesospheric Winds; *Ann. Geophys.*, 16, 197–204.
- Randel, W. J., Wu, F., Swinbank, R., Nash, J., and O'Neill, A., 1999. Global QBO Circulation Derived from UKMO Stratospheric Analyses, *J. Atmos. Sci.*, 56, 457–474.
- Rishbeth, H. ve Garriot, O.K., 1969, *Introduction to Ionospheric Physics*, Academic Pres, New York, 175-186
- Rishbeth, H., 1967, A Review of Ionospheric F Region Theory, *Proceedings of The Ref.* Vol. 55, No:1
- Rishbeth, H., 1973, How The Thermospheric Circulation Affects The Ionospheric F₂-Layer
- Rishbeth, H., 1998, How the Thermospheric Circulation Affects the Ionospheric F₂-Layer, *Journal of Atmospheric and Solar Terrestrial Physics* 60, 1385-1402

- Rishbeth, Henry, 1973, Physics and Chemistry of The Ionospheric Contemp, Phys, 14,229, 240.
- Sağır, S. 2008, IRI-2001 Modeli ile Elde Edilen F2 Bölgesinin Maksimum Elektron Yoğunluğunun İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 1-12.
- Sağır, S. 2013, QBO nun İyonküre Üzerindeki Etkisi, Doktora Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 1-85
- Sharma, A. K., Rokade, M. V., Kondala Rao, R., Gurubaran, S. and Patil, P. T., 2010, Comparative Study of MLT Mean Winds Using MF Radars Located at 16.8° N and 8.7° N *J. Earth Syst. Sci.* ,119, 461–470.
- Sridharan S., Tsuda T. and Gurubaran S., 2007, Radar Observations of Long-Term Variability of Mesosphere and Lower Thermosphere Winds over Tirunelveli (8.7° N,77.8°E), *J. Geophys. Res.*, 112, D23105.
- URL-1, <http://www.harp.alaska.edu> (15.04.2007)

ÖZGEÇMİŞ

Nurullah YÜKSEL

KİŞİSEL BİLGİLER:

Doğum Tarihi	01.11.1981
Doğum Yeri	PALU
Uyruğu	T.C.
Medeni Hali	Evli

EĞİTİM:

	Okul	Yıl
İlköğretim	Okçular İ.Ö.O	1988-1993
Ortaöğretim	Kovancılar İmam Hatip Orta Okulu	1994-1996
Lise	Elazığ Karşiyaka Lisesi	1997-2000

	ÜNİVERSİTE	FAKÜLTE/ENSTİTÜ	BÖLÜM/ANABİLİM DALI	TARİH
Lisans	Erciyes	Fen Edebiyat	Fizik	2001-2006
Yüksek Lisans	Muş Alparslan	Fen Bilimleri	Fizik	2010-2015

ÇALIŞTIĞI KURUMLAR:

ÇALIŞTIĞI KURUM	İŞ	YIL
M.E.B	Öğretmen	2007- 2014
Elazığ İl Sağlık Müdürlüğü	Sözleşmeli Personel	2015 -

AKADEMİK ÇALIŞMALAR:

Yüksek Lisans	
Seminer Konusu	Ekvatorial Stratokürede Yaklaşık İki Yılda Bir Meydana Gelen Salımların İyonkürenin D Bölgesi Nötr Bileşenleri Üzerindeki Etkisi
Tez Konusu	Ekvatorial Stratokürede Yaklaşık İki Yılda Bir Meydana Gelen Salımların İyonkürenin D Bölgesi Nötr Bileşenleri Üzerindeki Etkisi