

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ AVRASYA YER BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ERKEN KAR ERİMELERİNİN FIRAT VE DİCLE HAVZASINDAKİ NEHİRLERİN
AKIM ZAMANINA ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Bahadır ALTÜRK**

Anabilim Dalı : İklim ve Deniz Bilimleri

Programı : Yer Sistem Bilimi

HAZİRAN 2009

**ERKEN KAR ERİMELERİNİN FIRAT VE DİCLE HAVZASINDAKİ NEHİRLERİN
AKIM ZAMANINA ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Bahadır ALTÜRK
(601071003)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04 Mayıs 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 05 Haziran 2009

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ömer Lütfi ŞEN
Doç. Dr. Tayfun KİNDAP
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Mehmet KARACA
Prof. Dr. Nüzhet DALFES
Prof. Dr. Necati AĞIRALIOĞLU**

HAZİRAN 2009

ÖNSÖZ

İki yıllık yüksek lisans tezim süresince, öncelikle bana çalışmamda yol gösteren, değerli bilgilerini benimle paylaşan, verilerin elde edilmesi, tez aşamasında hangi yöntem ve aşamaları kullanmam gerekliliği konusunda yol gösteren, Tübitak proje bursu ile bu çalışmada bana maddi ve manevi destek olan danışman hocalarım Doç.Dr.Ömer Lütü Şen ve Doç.Dr.Tayfun Kindap'a;

İlgili konularda yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen Prof. Dr. Mehmet Karaca'ya ve çalışma arkadaşlarıma;

Beni sevgi ve sabır ile destekleyen aileme;

Teşekkürü borç bilir saygılarımı sunarım.

Mayıs, 2009

BAHADIR ALTÜRK

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	vii
TABLO LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÖZET	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. İklim Sistemi ve Bileşenleri	3
1.1.1 Atmosfer	4
1.1.2 Okyanuslar	5
1.1.3 Buzküre	5
1.1.4 Biyosfer	5
1.2. İklim Değişimi	6
1.2.1 Doğal kaynaklı iklim değişimi	6
1.2.2 İnsan kaynaklı iklim değişimi	7
1.3. Şehir Isı Adası	7
1.4. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	9
1.5. Önceki Çalışmalar	10
2. ÇALIŞMA ALANI, MATERYAL VE YÖNTEM	12
2.1. Fırat - Dicle Havzalarının Coğrafi Özellikleri	12
2.2. Veri	13
2.3. Merkez Zaman Metodu	17
2.4. Mann-Kendal Trend Testi	17
2.5. T-Testi	19
3. ANALİZLER VE BULGULAR	21
3.1. Türkiye Ve Dünya Sıcaklık Ortalamaları Analizi	21
3.2. Bulgular	24
3.2.1. Merkez zaman, sıcaklık ve yağış analizi	24
3.2.2. Merkez zaman Mann-Kendal trend analizi	36
3.2.3. Nehir akım ortalamalarının farklı iki zaman dilimi analizi	39
3.2.4. Farklı iki periyodun merkez zaman günlerinin t-test istatistiği	42
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	43
4.1. Genel Sonuçlar	43
KAYNAKLAR	47
EKLER	49
ÖZGEÇMİŞ	53

KISALTMALAR

CRU	: İklim Araştırma Birimi
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
İDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
NASA	: Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Uzay ve Havacılık Dairesi
PCM	: Paralel İklim Modeli
USGS	: Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Ölçüm

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo.2.1 : Fırat ve Dicle havzaları nehir akım gözlem istasyonları ve özellikleri.	15
Tablo.2.2 : Şehir meteoroloji gözlem istasyonları ve özellikleri.	16
Tablo.3.1 : Fırat ve Dicle nehri gözlem istasyonları ve iki farklı dönem için merkez zaman günleri ortalaması.	41
Tablo.3.2 : Fırat ve Dicle nehri gözlem istasyonları ve iki farklı dönem için merkez zaman günleri t-test istatistiği.	43

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil.1.1 : Aynı bölgede bulunan şehir ve kırsal kesim arasındaki sıcaklık farkı, şehir ısı adası oluşumu.	8
Şekil.2.1 : Türkiye'deki meteoroloji istasyonları ve rakım değerleri.	12
Şekil.2.2 : Türkiye'deki farklı rakıma sahip meteoroloji istasyonları üç yıllık hareketli sıcaklık ortalamaları.	13
Şekil.2.3 : Fırat ve Dicle Havzaları.	14
Şekil.2.4 : Fırat ve Dicle havzalarından seçilen istasyonlar.	16
Şekil.3.1 : CRU verisi Türkiye ve Dünya yıllık ortalama sıcaklık anomalisi değerleri.	22
Şekil.3.2 : CRU verisi Türkiye, Dünya ve Fırat – Dicle havzaları yıllık ortalama sıcaklık anomalisi değerleri.	23
Şekil.3.3 : Bağıştas istasyonunun 1969-2006 yılları arasındaki merkez zaman değişimi.	25
Şekil.3.4 : Çayağzı istasyonunun 1970-2006 yılları arasındaki merkez zaman değişimi.	25
Şekil.3.5 : Karaköprü istasyonunun 1970-2006 yılları arasındaki merkez zaman değişimi.	26
Şekil.3.6 : Melekbahçe istasyonunun 1969-2007 yılları arasındaki merkez zaman değişimi.	26
Şekil.3.7 : Palu istasyonunun 1968-2007 yılları arasındaki merkez zaman değişimi.	27
Şekil.3.8 : Tutak istasyonunun 1969-2006 yılları arasındaki merkez zaman değişimi.	27

- Şekil.3.9 :** Baykan istasyonunun 1967-2007 yılları arasındaki merkez zaman değişimi. 28
- Şekil.3.10 :** Üzümcü istasyonunun 1971-2007 yılları arasındaki merkez zaman değişimi. 28
- Şekil.3.11 :** Ağrı istasyonunun 1969-2003 yılları arasındaki en yakın akım istasyonunun ortalama merkez zaman gününe kadarki 0 °C den yüksek gün sayısı. 29
- Şekil.3.12 :** Ağrı istasyonunun 1970-2005 yılları arasındaki yıllık ortalama yağış grafiği ve en yakın akım istasyonunun merkez zamanı gününe kadarki yağış grafiği. 30
- Şekil.3.13 :** Bingöl istasyonunun 1969-2003 yılları arasındaki en yakın akım istasyonunun ortalama merkez zaman gününe kadarki 0 °C den yüksek gün sayısı. 30
- Şekil.3.14 :** Bingöl istasyonunun 1970-2005 yılları arasındaki yıllık ortalama yağış grafiği ve en yakın akım istasyonunun merkez zamanı gününe kadarki yağış grafiği. 31
- Şekil.3.15 :** Bitlis istasyonunun 1967-2003 yılları arasındaki en yakın akım istasyonunun ortalama merkez zaman gününe kadarki 0 °C den yüksek gün sayısı. 31
- Şekil.3.16 :** Bitlis istasyonunun 1970-2005 yılları arasındaki yıllık ortalama yağış grafiği ve en yakın akım istasyonunun merkez zamanı gününe kadarki yağış grafiği 32
- Şekil.3.17 :** Muş istasyonunun 1969-2003 yılları arasındaki en yakın akım istasyonunun ortalama merkez zaman gününe kadarki 0 °C den yüksek gün sayısı. 32
- Şekil.3.18 :** Muş istasyonunun 1970-2005 yılları arasındaki yıllık ortalama yağış grafiği ve en yakın akım istasyonunun merkez zamanı gününe kadarki yağış grafiği 33
- Şekil.3.19 :** Palu istasyonunun 1969-2003 yılları arasındaki en yakın akım istasyonunun ortalama merkez zaman gününe kadarki 0 °C den yüksek gün sayısı. 33
- Şekil.3.20 :** Palu istasyonunun 1970-2005 yılları arasındaki yıllık ortalama yağış grafiği ve en yakın akım istasyonunun merkez zamanı gününe kadarki yağış grafiği. 34

- Şekil.3.21** : Tunceli istasyonunun 1969-2003 yılları arasındaki en yakın akım istasyonunun ortalama merkez zaman gününe kadarki 0 °C den yüksek gün sayısı. 34
- Şekil.3.22** : Tunceli istasyonunun 1970-2005 yılları arasındaki yıllık ortalama yağış grafiği ve en yakın akım istasyonunun merkez zamanı gününe kadarki yağış grafiği. 35
- Şekil.3.23** : Bağıştaş istasyonu (solda) ve Çayağazı istasyonu (sağda) Mann-Kendal trend testi. 36
- Şekil.3.24** : Karaköprü istasyonu (solda) ve Melekbahçe istasyonu (sağda) Mann-Kendal trend testi. 37
- Şekil.3.25** : Palu istasyonu (solda) ve Tutak istasyonu (sağda) Mann-Kendal trend testi. 37
- Şekil.3.26** : Baykan istasyonu (solda) ve Üzümcü istasyonu (sağda) Mann-Kendal trend testi. 38
- Şekil.3.27** : Bağıştaş ve Çayağazı istasyonlarının 1990-2006 ve 1972-1988 yılları arası ortalama akım değerleri ve merkez zaman günlerinin karşılaştırılması. 39
- Şekil.3.28** : Karaköprü ve Melekbahçe istasyonlarının 1990-2006 ve 1972-1988 yılları arası ortalama akım değerleri ve merkez zaman günlerinin karşılaştırılması. 40
- Şekil.3.29** : Palu ve Tutak istasyonlarının 1990-2006 ve 1972-1988 yılları arası ortalama akım değerleri ve merkez zaman günlerinin karşılaştırılması. 40
- Şekil.3.30** : Baykan ve Üzümcü istasyonlarının 1990-2006 ve 1972-1988 yılları arası ortalama akım değerleri ve merkez zaman günlerinin karşılaştırılması. 41

ERKEN KAR ERİMELERİNİN FIRAT VE DICLE HAVZASINDAKİ NEHİRLERİN AKIM ZAMANINA ETKİSİ

ÖZET

Bahar aylarındaki kar erimeleri Fırat ve Dicle havzalarındaki nehirler için en önemli su katkısıdır. Eğer iklim değişirse bu katkı da değişebilir.

1970-2007 tarihleri arasındaki 40 yıla yakın zaman diliminde bu bölgedeki nehirlerin akım zamanlarında bahar kar erimelerindeki kaymadan dolayı öne çekilme gerçekleşmiştir. Merkez zaman metodu kullanılarak bu kayma değerlerinin ne kadar olduğu tespit edilmiştir. Nehir akımlarındaki bu değişimler bölgedeki yağış ve sıcaklık salınımlarından kaynaklanıyor. Mann-Kendall trend testi ile yapılan eğilim analizinde bu azalışın anlamlılık seviyesine çok yakın olsa da belirli yıllarda anlamlılığı yakaladığı gözüküyor.

Dikkati çeken önemli özelliklerden biri ise Türkiye ve Dünya' sıcaklık artışlarının aynı zaman diliminde olmamasıdır. Dünya'da bu artışın 1960'lı yıllardan itibaren başlaması, Türkiye'de ise 1990'lı yıllardan sonra meydana gelmesidir. Bu durum nehir akım merkez zamanını da etkilemektedir. Ayrıca 1972-1988 ve 1990-2006 yıllarına ait iki farklı periyotta merkez zaman günlerinin 1990-2006 yılında 1972-1988 periyoduna göre sekiz istasyon için 2 ila 8 gün arasında öne çekildiği gözlemleniyor. Bu değerlerin gün olarak ne kadar anlamlı olduğu ise T-test istatistiği ile yapılan analizler sonucu ortaya çıkmıştır.

EFFECT OF EARLIER SNOWMELT TO STREAMFLOW TIMING IN THE EUPHRATES AND TIGRIS BASIN RIVERS

SUMMARY

Spring snowmelt is the most important contribution of many rivers in Euphrates and Tigris basins. If climate changes, this contribution may change.

A shift in the timing of springtime snowmelt towards earlier in the year already is observed during 1970-2007 in many rivers. A shift in the timing was calculated by using center time method. Streamflows change is related to regional temperature and precipitation. Streamflows center time has significant level in some years. 8 stations are subjected to Mann-Kendall trend analyses. Some years center times have a decreasing trend.

One of the other important thing Turkey and Globe warming trend periods are not the same in the years. Warming starts in spite of in the world at the end of the 1960, Turkey warming is at the beginning of 1990. Center times was observed to 1972-1988 and 1990-2006 periods, so 1990-2006 period is earlier 2 or 8 days compared to 1972-1988 period for eight stations. These days are analysed to understand which stations have significant level by using T-test statistic.

1. GİRİŞ

Ulusal Uzay ve Havacılık Dairesi (NASA – Amerika Birleşik Devletleri), 2008 Ekim ayı itibariyle, atmosferdeki karbondioksit gazının endüstrileşme öncesi değeri olan 285 ppm'den 383ppm'e (ppm: milyonda bir parçacık) yükseldiğini, küresel sıcaklığın geride bıraktığımız yüzyılda 0.74 derece arttığını, deniz seviyesinin 1895 yılından itibaren 17 santimetre civarında yükseldiğini ve Kuzey Kutbu deniz buzullarının 1979 yılından beri alansal olarak yüzde 38 kadar küçüldüğünü ortaya koymaktadır.

Diğer taraftan, model çalışmaları ile geleceğe yönelik yapılan simülasyonlarda, 21. yüzyılda küresel ortalama yüzey ısınmasının en iyi tahminlere göre 1.8 - 4.0 °C arasında olacağına işaret ediliyor. Ayrıca 21. yüzyılda küresel ortalama deniz seviyesi artışının 18–59 santimetre arasında olacağı beklenmektedir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (Climate Change) 2007 yılında yayınladığı 4. Değerlendirme Raporu'nda bunlara ek olarak, gelecekte karla kaplı alanlarda daralma ve deniz buzullarında azalma kaçınılmaz (hemen hemen kesin), aşırı sıcaklıkların, sıcaklık dalgalarının ve şiddetli yağışların oluşması kuvvetle muhtemel olarak tasvir edilmektedir. Ayrıca yukarı enlemlerde yağışın artması ve tropikler altı karasal alanlarda yağışın azalması da "kuvvetle muhtemel" olarak ifade edilmektedir. ABD'nin batısı ve Akdeniz havzasını da içeren yarı kurak alanlarda su kaynaklarının azalacağına ise hemen hemen kesin gözü ile bakılmaktadır.

Peki Akdeniz havzasında yer alan Türkiye için neler söylenebilir? Genelde küresel iklim model simülasyonları kullanılarak hazırlanan IPCC'nin son raporundaki bilgilere göre ülkemiz bu yüzyılın başlarında (2020-2029) değişik senaryolara göre, 0.5 ile 1.5 °C arasında, yüzyılın sonlarında (2090-2099) ise yine değişik senaryolara göre, 2 ile 5 °C arasında sıcaklık artışına maruz kalacaktır. Yağışa baktığımızda, en kötümser senaryolardan birine göre yüzyılın sonlarına doğru kış yağışlarında Türkiye'nin güney yarısında önemli azalmalar ve yaz yağışlarında ise yurt çapında önemli azalmaların tahmin edildiğini görebilmekteyiz.

Küresel iklim modellerinin çözünürlükleri bütün küre için çalıştırıldıklarından düşüktür. Dolayısıyla, Türkiye gibi nispeten küçük alanlar için detaylı bilgi vermezler. Bu nedenle, bu modellerin ürettikleri veriler, bölgesel çapta çalıştırılan bölgesel iklim modelleri ile detaylandırılır. Türkiye için bu şekilde gerçekleştirilen simülasyonlar mevcuttur. Nispeten kötümser bir senaryoya (IPCC'nin A2 emisyon senaryosu) göre gerçekleştirilen simülasyonun sonuçlarına baktığımızda, içinde bulunduğumuz yüzyılın sonlarına doğru, Türkiye'de sıcaklıkların 2 ile 6 derece arasında yükseleceği, en küçük artışın kış mevsiminde ve en yüksek artışın yaz mevsiminde olacağı görülmektedir. 2040'lı yıllara kadar sınırlı kalacak sıcaklık artışının, bu tarihlerden itibaren Türkiye ve bulunduğu bölgede hızla artacağı anlaşılmaktadır. Artışlar bölgesel farklılıklar göstermekle beraber, bazı bölgelerde 6 dereceye kadar ulaşabilecektir. Yüzyılın sonlarına doğru gece-gündüz sıcaklık farklarında da artışlar meydana gelebilecektir. Yaz mevsiminde ardışık aşırı sıcak günlü dönemler, Akdeniz Bölgesi'nin kıyı kesiminde ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde artacaktır. 35 dereceden sıcak günlerin sayısı da, daha çok yaz ve güz mevsimlerinde ülkemizin önemli bir bölümünde artış gösterecektir (Dalfes ve Karaca, 2008).

Mevsimsel olarak bakıldığında kış ve ilkbahar yağışlarında ülkemizin güney kesimlerinde ciddi azalışlar ve kuzey kesimlerinde ise artışlar öngörülmektedir. Ancak, model sonuçlarına göre, ülkemize düşen toplam yağış miktarında azalma beklenmektedir. Ardışık kurak günler sayısında, ortalama yağış değişimine benzer değişiklikler olabilecektir. 10 milimetreden fazla yağışlı günlerin sayısı ise ülkemizin büyük bölümünde hemen her mevsim azalacaktır. Akdeniz Bölgesi'nin kış yağışlarında yüzyılın ortalarından itibaren kalıcı ciddi bir azalma meydana gelecektir (Dalfes ve Karaca, 2008).

Özellikle Fırat ve Dicle gibi büyük nehirlerimizi besleyen Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki kar örtüsünde sıcaklık artışından dolayı meydana gelecek azalma, yüzey akışında önemli mevsimsel değişikliklere neden olacaktır. Kar birikme dönemi olan kış mevsiminde daha az kar birikecek, daha çok su akışa geçecektir. Kar erime döneminde ise daha az birikmiş kar olacağından, daha az yüzey akışı meydana gelebilecektir. Bu nedenle nehirlerdeki akış rejimi değişecek; kış aylarında debiler yükselirken, ilkbahar aylarında düşecektir.

Bu hassasiyeti göz önüne alarak, bu çalışmada Türkiye'nin doğu ve güneydoğu kesimini kaplayan Fırat ve Dicle havzalarındaki nehirlerin kar erimelerine bağlı olarak akım zamanlarındaki değişimler incelenmiştir. Bu bölge ve çevresi yüksek topoğrafyadan dolayı bol miktarda kar yağışı almakta ve bunun sonucu olarak nehirler kar suyu ile beslenmektedir. Kar erimleri, sıcaklık, yağış ve nehir akımları arasında belirgin bir ilişki söz konusudur. Kar erimelerine bağlı olarak farklılıklar gösteren nehir akımlarının yıllık zamanlamasındaki olası değişimleri o bölgede iklim değişiminin ne boyutlarda olduğu ile ilgili iyi bir indikatör olduğu düşünülmektedir. Akımlar, yağış ve sıcaklık değişimlerine çabuk tepki veren oluşumlardır. Bahar aylarındaki kar erimleri bu nehirler için en önemli su katkısıdır. Eğer iklim değişirse bu katkı da değişebilecektir (Stewart ve diğ., 2004).

İnsan elinin çok fazla değmediği bu ıssız coğrafyadaki nehir akımlarının erken kar erimesi neticesinde akım zamanının öne çekilmesi bu bölgede gerçekten bir ısınma yani sıcaklık artışının varolduğunun göstergesidir. Eğer ısınma eğilimi sinyali bu kırsal bölge için de yakalanabilirse, sıcaklık artışının sadece şehirlerdeki meteorolojik gözlem istasyonlarında değil aynı zamanda insan elinin değmediği açık arazide de saptanacağı öngörülmüş olacaktır. Böylelikle, bulunduğu coğrafya koşulları açısından iklim değişimi ile ilgili son derece farklılıklar gösterebilecek bu bölge için küresel ısınma konusunda daha net bilgilere kavuşma olanağı sunulabilecektir.

1.1. İklim Sistemi ve Bileşenleri

İklim “Yeryüzünün herhangi bir yerinde uzun yıllar boyunca yaşanan ya da gözlenen tüm hava koşullarının ortalama durumu” olarak tanımlanmaktadır. Dünya Meteoroloji Örgütü ise, bir bölgenin iklimini belirlemek için en az 30 yıllık bir periyodun istatistiksel olarak ele alınmasını öngörmektedir. Diğer taraftan, bir bölge için iki farklı iklim tipini görebilmek, ancak son derece uzun bir periyoda bakmakla mümkün olabilmektedir.

İklimin belirlenmesinde atmosfer koşullarının değerlendirilmesiyle birlikte, okyanuslar, buzullar, bitki örtüsü gibi unsurlarında hesaba katılması gerekmektedir. Bu nedenle, iklim ile ilgili çalışmalarda tüm elemanların içinde olduğu bir sistem yaklaşımı

içerisinde konuyu ele almak gerekmektedir. İklim sistemi beş ana bileşenden oluşmaktadır: atmosfer (yeri saran gazlar), hidrosfer (okyanuslar, göller, yeraltı suları vb), biyosfer (tüm yaşayan canlılar), buzküre (deniz buzları, buzullar), litosfer (yerkabuğu katmanı) ve tüm bunlar arasındaki interaktif ilişki.

1.1.1 Atmosfer

İklimi belirleyen parametrelerin başında sıcaklık, yağış, rüzgar, nemlilik, basınç gibi öğeler vardır. Atmosfer yerküreyi saran gaz kütesidir ve sıcaklık değişimi göz önüne alınarak 5 farklı tabakadan oluştuğu söylenebilir. Meteorolojik olaylar hemen yerin üzerindeki troposfer katmanında gerçekleşmektedir. Atmosferi oluşturan gazlardan iklim üzerindeki en önemli etkiye sahip su buharı ve karbondioksit, bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir. Su buharı yere ve zamana göre oranı en çok değişen gazdır. Yeryüzünün aşırı ısınıp, soğumasını engeller. Yağış, bulut, sis gibi hava olaylarının oluşumunu sağlar. Karbondioksit ise güneşten gelen ışınların geçmesine izin verirken, yerden yayılan uzun dalga boylu radyasyonun tutulmasına olanak verir. Havada karbondioksit (CO₂) miktarının artması sıcaklığı artırıcı, azalması ise sıcaklığı düşürücü etki yapar. Atmosfer iklim döngüsünün belirlenmesinde belirleyici rol üstlenir. İklim değişiminde sera gazlarının önemi çok fazladır. Atmosferdeki gazlar, yeryüzündeki ısının bir kısmını tutar ve yeryüzünün ısı kaybına engel olurlar. Atmosferin, ışığı geçirme ve ısıyı tutma özelliği vardır. Atmosferin ısıyı tutma yeteneği sayesinde suların sıcaklığı dengede kalır. Böylece nehirlerin ve okyanusların donması engellenmiş olmaktadır. Bu şekilde oluşan, atmosferin ısıtma ve yalıtma etkisine “Sera etkisi” denir.

Başlıca sera gazları Dünya'daki sera etkisine neden olan gazlar %36-70 su buharı, %9-26 karbondioksit, %4-9 metan ve %3-7 ile ozondur.

1.1.2 Okyanuslar

İklimi etkileyen en önemli faktörlerden okyanus akıntı sistemleri taşıyıcı bant olarak adlandırılır. Apel'e (1987) göre bu sistemin İzlanda yakınlarında, soğuk olan suyun dibine indiğini burada yön değiştiren bu akıntının Atlas okyanusu boyunca ilerleyerek Pasifik okyanusuna geçip Antartika yakınlarında 2 kola ayrıldığını, birisinin Avustralya'nın doğusunda Pasifik okyanusunun kuzeyine uzanarak yol boyunca ısınıp ve yüzeye çıktığını, buradan A.B.D.'nin batı kıyılarına izleyerek güneye ve Avustralya'nın kuzeyinden geçtiğini, diğer kolun Hint okyanusunda çember çizdiğini, ısınan ve yüzeyden akan suların Avustralya'nın batısında diğer kolla birleşip tek kol halinde Afrika'nın batısını takiben kuzeye ilerlediğini ve İzlanda yakınlarında tekrar dibine batan suların sirkülasyonu tamamladığı açıkça belirtilmektedir. Sistemin 1600 yılda bu döngüyü tamamladığı hesaplanmıştır (Primeau, 2005). Taşıyıcı bantın, okyanuslar arası su ve ısı alışverişini sağlayarak iklimde belirleyici rol üstlendiği çok iyi bilinmektedir. Örneğin bu akıntı sayesinde Kuzeybatı Avrupa'nın sıcaklığı bulunduğu enleme göre diğer bölgelerden daha ılımandır. Böylelikle bu bölge daha yaşanır hale gelmiştir.

1.1.3 Buz küre

Buz küre dünyadaki büyük buzulları, kar örtüsünü, donmuş deniz, nehir ve gölleri, dağlardaki küçük buzulları ve donmuş toprağı içine alan, iklim sistemindeki okyanuslardan sonraki en önemli bileşenlerdendir. Dünya'daki tatlı suyun %75 ini oluşturmaktadır. Son yıllardaki sıcaklık artışı ile birlikte özellikle kuzey yarımküredeki Grönland ve deniz buzullarının NASA raporlarına göre önemli ölçüde azaldığı belirtilmiştir. Buzulların azalması ısınmayı artırıcı etki yapmaktadır, bunun nedeni güneşten gelen ışınlarını önemli ölçüde yansıtan buzulların azalması neticesinde gelen ışın ve yansıyan ışın arasındaki dengenin bozulmasıdır.

1.1.4 Biyosfer

Yaşayan tüm canlıların iklim üzerine yaptığı değişim kaçınılmazdır. Arazi yapısı, bitkiler, hayvanlar, insanlar ekosistemin ayrılmaz birer parçasıdır. Bu döngüdeki herhangi bir değişiklik o bölgenin iklim şartlarının değişiminde büyük rol oynamaktadır.

Bitkilerden olan buharlaşma, albedo, arazi yapısı ve bunun hidrolojik döngüye olan etkisi biyosferin iklimin üzerindeki önemli faktörlerden bazılarıdır.

1.2. İklim Değişimi

İklim ile ilgili en uzun ölçümler Dünya'nın çeşitli bölgelerinde sıcaklık ölçümleri olarak karşımıza çıkmakta ve bu ölçümlerden hareketle sıcaklık değerleri ancak 150 yıl öncesine kadar belirlenebilmektedir. Geçmiş kayıtlara ait bilgilere ise, ağaç halkalarından, buzullardan, göl ve deniz diplerinden alınan örneklerle çeşitli yöntemlerin uygulanması ile ulaşılmaktadır. Bu yöntemlerle jeolojik devirlerin iklimsel değişim periyotları hakkında bilgi edinmek mümkün olmaktadır. Doğal kaynaklı faktörlerin iklim üzerine etkisi çok uzun zaman diliminde ortaya çıkmaktadır. Elde edilen sonuçlar ile Dünya'nın pek çok kez buzul çağından ve ılıman iklim çağından geçtiği anlaşılmaktadır.

1.2.1. Doğal kaynaklı iklim değişimi

Doğal süreçte gelişen iklim değişiklikleri sadece atmosferden kaynaklı değişkenlere bağlı olmayabilir. Son yüzyılda yapılan araştırmalar iklime etki eden faktörlerin sadece atmosfer kaynaklı olmadığını açıkça göstermektedir. Milankoviç döngüleri, okyanuslardaki sıcak ve soğuk su akıntıları, büyük yanardağ patlamaları gibi çeşitli faktörler iklim üzerine etki eden en önemli doğal etkenlerdir. Milankovitch (1998) Dünya'nın yörünge elipsinin dışmerkezliliği, dönme ekseninin eğikliği, dönme eksenin yalpası konularında herhangi bir enleme düşen güneşlenme gücünü geçmiş ve gelecek için matematiksel olarak hesaplamıştır. Yörünge elipsinin dışmerkezliliği 100.000 yıllık periyotta bu teoride hesaplanmıştır. Diğer önemli bir özellik ise Dünya'nın dönme eksenidir. Bu faktörde Milankoviç 41.000 yıllık periyotlarla şu an $23,45^0$ olan eksen eğikliği açısının $22,1^0$ ve $24,5^0$ derece arasında değiştiğini hesaplamıştır. Bu da güneşlenme açısını değiştirmektedir. Dönme eksenin yalpasında ise 20.000 periyotluk bir zaman diliminde yörünge yaz ve kış dönenceleri değişmektedir. Bu üç faktör, uzun zaman diliminde iklimin değişmesinde önemli faktörler olarak düşünülmektedir. Güneşten gelen enerji bu faktörler sayesinde değişip iklim üzerinde etkili olabilmektedir.

1.2.2. İnsan kaynaklı iklim değişimi

Doğal nedenlerin yanında son yüzyılda insan faktörünün iklim üzerine olan etkisi de büyük tartışma konusudur. Günümüzde iklim değişikliği, sera gazı birikimlerini arttıran insan etkinlikleri de dikkate alınarak tanımlanabilmektedir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (İDÇS), “Karşılaştırılabilir bir zaman periyodunda gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan ya da dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan etkinlikleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik” biçiminde tanımlanmıştır. İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) İkinci Değerlendirme Raporu'nda (IPCC,1996a), iklim sistemine ilişkin yeni bulgulardan yola çıkılarak, “Bulgu dengesinin, küresel iklim üzerinde belirgin bir insan etkisinin bulunduğunu gösterdiği” ve “İklimin geçen yüzyıl boyunca değiştiği” vurgulanmıştır.

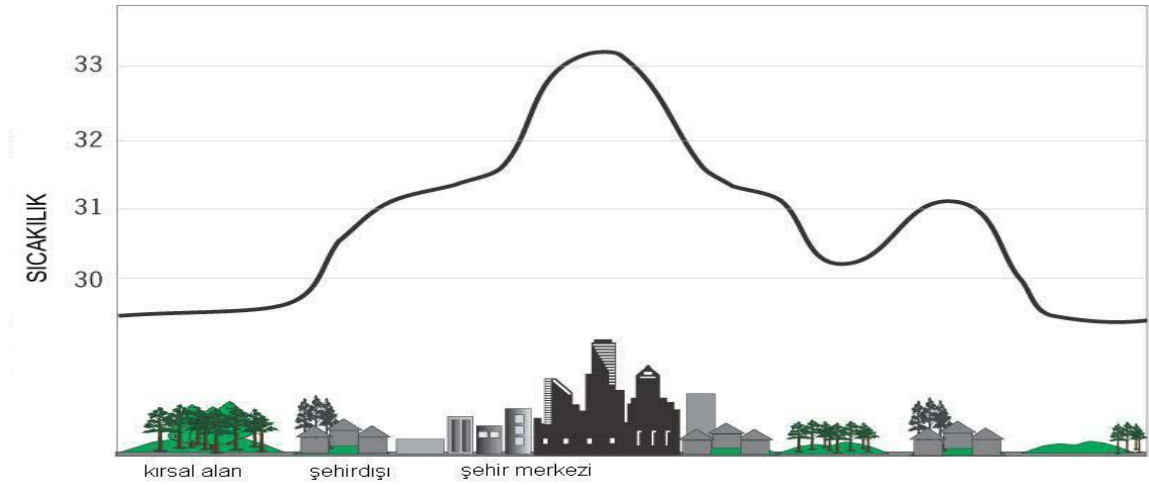
İnsanın küresel iklim değişimine yaptığı en büyük etken sera gazlarındaki artışı tetiklemesidir. IPCC (2001a) raporuna göre atmosferdeki karbondioksit (CO₂) ve diğer sera gazı birikimlerinde sanayi devriminden sonra başlayan hızlı artış eğilimine koşut olarak, küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında belirgin bir artış eğilimi gözlendiği, küresel ortalama yüzey sıcaklıklarının da geçen yüzyılda 0.4-0.8 °C arasında arttığı belirtilmiştir. Bu rapora göre ayrıca iklim modelleri ile yapılan senaryolarda 1990-2100 döneminde dünya genelinde 1.4-5.8 °C artış olacağını ve 2050 yılına değin Türkiye'nin yıllık ortalama sıcaklıklarında yaklaşık 1-3 °C artış olacağı tahmin edilmektedir. İklim Değişikliği (2007) raporuna göre +2, +5, +6 derecelik ortalama sıcaklık artışlarına göre yapılan farklı senaryolar için deniz seviyesinin artacağı, su kaynaklarının yok olacağı, tarım arazilerinin zarar göreceği, canlı türlerinin kaybolacağı, buzulların büyük bir bölümünün eriyeyeği gibi birçok felaket senaryosu yazılıp ortaya konulmaktadır.

1.3. Şehir Isı Adası

İnsan faktörünün iklim üzerine yaptığı değişimlerden bir diğeri ise, sanayi devriminden sonra kırsal kesimden kentlere göçün başlaması ile şehirlerin büyüyerek daha fazla yapı ve enerji ihtiyacının ortaya çıkmasında büyük bir rol almasıdır. Yüzey şekillerinin değişmesi radyasyon dengesini, enerjiyi ve su dengesini etkileyebilmektedir. Arazi

örtüsünün betonlaşması, enerji dengesinin değişerek buharlaşmayı azaltması ve su buharı ısı akısını (latent heat flux) azaltarak şehirlerin daha sıcak olmasını sağlamasıdır (Kalande ve Oke, 1980).

Kentleşme ve bitki örtüsü tahribatı ile birlikte şehir ısıyı içinde hapsederek kendine özgü bir ısı adası oluşturmaktadır. Şehirlerdeki nüfus artışı ve buna bağlı kirlilik kentlerdeki sıcaklığı arttırmakta ve şehirlerin çevresine göre daha sıcak olmasını sağlamaktadır. Bu durum, şehir ısı adası olarak adlandırılmaktadır (Voogt ve Oke, 2003).



Şekil.1.1 Aynı bölgede bulunan şehir ve kırsal kesim arasındaki sıcaklık farkı, şehir ısı adası oluşumu. (Voogt ve Oke, 2003)

Açık arazide bulunan meteorolojik gözlem istasyonları zaman içinde yapılaşma ile kentlerin içinde kaldığı için, bu konu ile araştırma yapılan birçok ülkede şehir ısı adasından dolayı ölçülen sıcaklık değerlerinin aynı şehrin kırsal kesiminde kalan istasyon değerlerinden daha yüksek çıktığı gözlemlenmiştir.

Artan sera gazları, arazi tahribatı, ekstrem olaylar ve bunun gibi birçok etkenin iklim değişimi üzerinde yaptığı etkiler kaçınılmazdır. Bu faktörler ister insan kaynaklı ister doğal kaynaklı olsun bir bütün halinde incelenmelidir. 2006 yılında, şehir ısı adası ile ilgili olarak İstanbul için, son derece kapsamlı bir çalışma ortaya konulmuştur (Ezber ve diğ., 2007). Bu çalışmada hem gözlem verileri, hem de model yaklaşımı ile İstanbul şehri üzerindeki ısı adası nicel olarak belirlenmiştir. 1951 – 2004 yılları esas alınarak, şehir alanının, kırsal alanlara göre neredeyse 1 °C ye varan oranda daha sıcak olduğu

gösterilmiştir. Bu tip sonuçların, iklim değişimi ile ilgili değerlendirilmelerde göz önünde bulundurulması kaçınılmazdır.

1.4. Çalışmanın Amacı Ve Kapsamı

İklim konusu araştırılırken birçok farklı yöntem ve metottan yararlanılabilir. Yağış ve sıcaklık iklim değişikliği sinyalini belirlemede rol oynayan iki önemli meteorolojik ölçümdür. Özellikle sıcaklık, yağışla karşılaştırıldığında, meteoroloji istasyonlarında kolaylıkla ve daha doğru ölçülen bir değişkendir (Türkiye İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirim Raporu, 2007). Yağış ise ölçülmesi hem zor hem de zamansal ve uzamsal olarak değişken bir meteorolojik parametredir çünkü yağış su buharı, türbülans, konveksiyonel hareketler gibi hala tam olarak çözülemeyen fiziksel durumları içermektedir. Sıcaklık ise ölçülmesi hem basit hem de büyük bölgelerde bile çok fazla farklılık göstermeyen bir parametredir.

Artan kentleşmeye paralel olarak Dünya üzerindeki ölçüm yapılan birçok meteoroloji istasyonu genellikle şehrin göbeğinde bulunmaktadır. Küresel bazda elde ettiğimiz sıcaklık değerleri, birçoğu şehirler içinde kalan istasyonların ortalamaları alınarak elde edilen bulgulardır. Dolayısıyla sıcaklık zaman serilerindeki iklim değişikliği sinyallerini kentleşme etkisinden ayırt etmek zor olmaktadır (Türkiye İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirim Raporu, 2007). Türkiye’de özellikle 1990’lı yıllardan itibaren kırsal kesimden kentlere büyük göçler sonucu şehirleşme artmış, çoğu meteoroloji istasyonu da bu alanlar içinde kalmıştır. Aynı zamana paralel olarak Türkiye ortalama sıcaklıklarında belirgin bir artış trendi gerçekleşmiştir (Şekil 1.2). Peki son yıllarda bu sıcaklık artışı ile Türkiye’de küresel ısınma var diyebilir miyiz? Birkaç yılın sıcak geçmesi ya da soğuk geçmesi ile iklim değişikliği var diyemeyiz. Bu sıcaklık artışının var olduğunu ispat etmek için insan kaynaklı etkenlerin olmadığı kırsal alandaki istasyonları da analiz etmemiz gerekir.

Bu hassasiyeti göz önüne alarak çalışmada Türkiye’nin doğu ve güneydoğu kesimini kaplayan Fırat ve Dicle havzalarındaki nehirlerin kar erimelerine bağlı olarak akım zamanlarındaki değişimler incelenmiştir. Bu bölge ve çevresi yüksek topoğrafyadan dolayı bol miktarda kar yağışı almakta ve bunun sonucu olarak nehirler kar suyu ile

beslenmektedir. Kar erimeleri, sıcaklık, yağış ve nehir akımları arasında sıkı bir ilişki vardır.çünkü kar erimelerine bağlı olarak değişen nehir akımlarının yıllık zamanlamasındaki olası değişimler o bölgede iklim değişiminin var olup ya da olmamasında iyi bir işarettir, akımlar yağış ve sıcaklık değişimlerine çabuk tepki veren oluşumlardır. Bahar aylarındaki kar erimeleri bu nehirler için en önemli su katkısıdır. Eğer iklim değişirse bu katkı da değişebilir (Stewart ve diğ., 2004).

İnsan elinin değmediği bu ıssız coğrafyadaki nehir akım istasyonlarının erken kar erimesi neticesinde akım zamanının öne çekilmesi bu bölgede gerçekten bir ısınma yani sıcaklık artışının varolduğunun göstergesidir. Eğer ısınma eğilimi sinyali bu kırsal bölge için de yakalanabilirse, sıcaklık artışının sadece şehirlerdeki meteorolojik gözlem istasyonlarında değil aynı zamanda insan elinin değmediği açık arazide de saptanacağı öngörülmüş olacak. Böylelikle bu bölge için küresel ısınma konusunda daha net bilgilere kavuşmuş olunacaktır.

1.5. Önceki Çalışmalar

Yüksek seviyelerde kış süresince toplanan kar, bahar aylarındaki atmosferin ısınması ile birlikte erimeye başlayarak, nehirlerin su potansiyelini artırmaktadır. Bu nedenle, dağlarda toplanan karlar o bölgede bulunan birçok nehir için doğal su rezervleridir. Diğer taraftan, ısınma sonucu oluşan kar erimelerinin nehir akımlarının zamanına ve miktarına olan katkısını görebilmek için, çalışma yapılacak bölgenin kar miktarının fazla ve nehir havza genişliğinin yeterli büyüklükte olması gerekmektedir. Özellikle Amerika'nın batı ve kuzeybatısında bulunan nehir havzaları bu tip çalışmalar için iyi bir araştırma sahasıdır. Genel olarak iklim değişiminin nehir akım zamanlarına olan etkisinin incelendiği çalışmalar bu bölge için detaylı olarak analiz edilmiştir.

Roos (1991), Dettinger ve Cayan (1995) nehir akım zamanlarını mevsimsel olarak ayırarak dağlarda toplanan karların sıcaklıkların artmasıyla eridiği zamanı incelemişler. Bu mevsimin de ilkbahar ve yazın başı olduğunu gözlemlemişlerdir.

Cayan ve diğ., (2001) bu zamanı kış mevsiminde nehirlerin durgun olduğunu ancak bahar ayları ile birlikte gelen ısınmanın karları eritmesiyle nehirlerin akımlarının arttığına işaret olarak göstermiştir. Kış ve bahar mevsiminin koşullarını incelemek

açısından erime zamanının öne veya geriye çekilmesinin önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Stewart ve diğ., (2004) ise bu zamanı mevsimden ziyade gün olarak incelemiş yıllık toplam akımın yarısına gelen günü “merkez zaman” olarak adlandırmış ve bu yöntemle nehir akım zamanındaki değişimin yıldan yıla öne veya geriye çekilmesini daha kolay bir şekilde hesaplanmasını sağlamışlardır. Ayrıca bu çalışmada farklı ölçme yöntemleri de kullanılarak kuzey ve batı Amerika’da bahar aylarının öne kaydığı saptanmıştır.

Yapılan incelemeler sonucu 1940’ların sonlarından bu yana kar erimelerinin bu bölgede öne çekildiği gözlemlenmiştir (Roos, 1987, 1991; Aguado ve diğ., 1992; Wahl,1992; Pupacko, 1993; Dettinger ve Cayan, 1995; Cayan ve diğ., 2001; Stewart ve diğ., 2003). Ayrıca bahar sıcaklıklarının 1950’den itibaren Alaska, Batı Amerika ve Batı Kanada’ da 1-3 °C arttığı bunun sonucunda bahar aylarındaki nehir akımlarının öne çekildiği ortaya konmuştur (Stewart ve diğ. 2004).

Ölçümler yukarıda bahsedilen çekilmenin birçok nehirde 1 ila 3 hafta arasında değiştiğini göstermektedir (USGS, 2005). Yine Stewart ve arkadaşlarının (2004 yılında) yaptığı çalışmada merkez zaman metodu kullanılarak 1948-2000 yılları arasındaki zaman periyodunu kapsayan, kuzeybatı Pasifik, Kanada, Alaska, Oregon ve Batı Idaho’daki nehir akımlarını incelenmiş ve bunun sonucunda akım zamanının %30 oranında erkene çekildiği görülmüştür. Ayrıca istatistiksel olarak bu akım zamanındaki değişimin anlamlı olduğunu bulmuşlardır. Bu bilgiler ışığında aynı çalışmada buna ek olarak PCM (NCAR Paralel İklim Modeli) modelini kullanarak yağış ve sıcaklık parametrelerinde hassasiyet analizi yapılmış, geleceğe dair nehir akımlarındaki değişim 20şer yıl periyotlar halinde simule edilmiştir. Model sonuçlarına göre yağış parametresini hergün için 1mm arttırmışlar ancak anlamlı olarak pek bir değişim elde edememişlerdir. Sıcaklıkta ise 1 derecelik artış sonunda gelecekte çoğu nehrin merkez zamanının 20-40 gün arasında öne çekileceğini saptamışlardır.

Cayan ve diğ., (2005) ise bu sonuçların gelecekte erken kar erimesi ile beraber kış aylarında sellere, yaz aylarında toprağın çok şiddetli şekilde kurumaya sebep olacağını, ürünlerin kavrulacağını, orman yangınlarının sıklaşacağını öngörmektedirler.

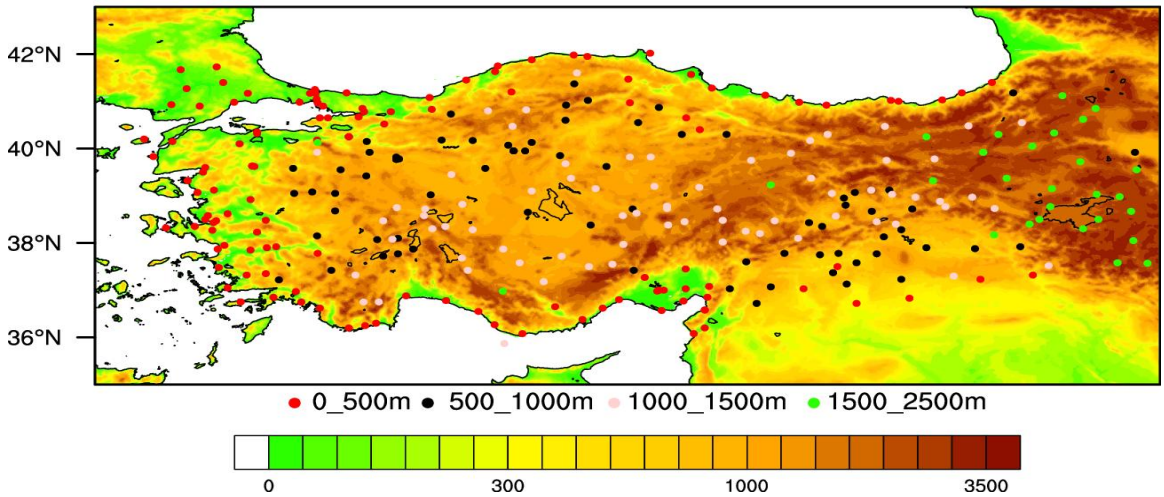
Nehir akımları ve iklim değişiminin birlikte incelendiği çalışmaların yapılabilmesi için o çalışmanın yapılacağı bölgede dağlardaki kar suyu ile beslenen büyük nehir

havzalarının olması gerekmektedir. Fırat ve Dicle havzaları bu tür çalışmalar için çok iyi bir araştırma sahasıdır. Bu çalışma Türkiye’de nehir akımlarının zamansal değişiminin merkez zaman metodu analizi açısından bir ilk teşkil etmektedir.

2. ÇALIŞMA ALANI, MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Fırat - Dicle Havzalarının Coğrafi Özellikleri

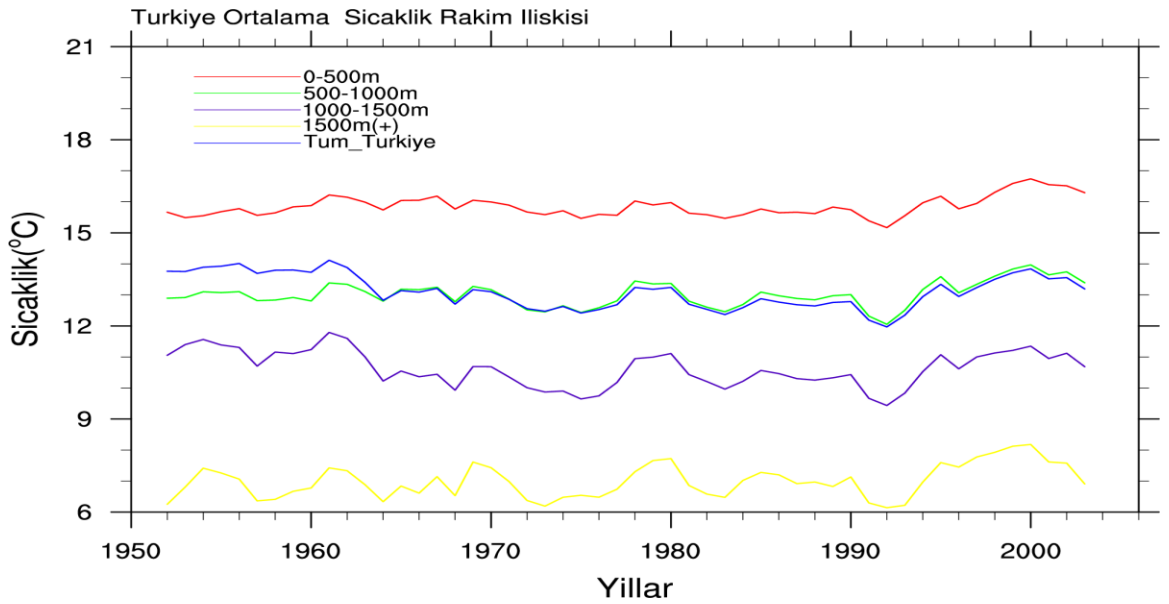
Türkiye’nin doğu ve güneydoğusunu kapsayan Fırat ve Dicle nehirleri ülkenin en büyük su hacmine sahip iki akarsuyudur. Fırat nehri 4500m yükseklikteki Ağrı dağından doğar, Dicle nehri ise 1150m yükseklikteki Hazar gölü yakınlarından doğar. Fırat nehrinin en önemli kolları Murat, Karasu, Tohma, Peri, Çaltı ve Munzur çaylarıdır. Toplam uzunluğu Türkiye sınırları içerisinde 971km dir. Dicle nehrinin en önemli kolları Batman, Botan, Habur, Büyük Zap ve Küçük Zap’tır. Uzunluğu Türkiye sınırları içerisinde 523km dir. Bölgenin akarsu rejimi düzensizdir. Bunun nedeni yağış rejiminin düzensiz olması ve kış yağışlarının bölgeye yüksek rakımdan dolayı kar şeklinde düşmesidir. Kış ayı boyunca durgun olan nehirler ilkbahar mevsimi ve yaz mevsimi başında kar erimelerine bağlı olarak debilerindeki artıştan dolayı daha hızlı akmaya başlar.



Şekil.2.1 Türkiye’deki meteoroloji istasyonları ve rakım değerleri

Türkiye'deki meteorolojik istasyonlara baktığımızda (Şekil.2.1) Fırat ve Dicle havzasındaki meteorolojik istasyonların yükseltisinin 1500m den fazla olduğunu görüyoruz. Yeşil renkli noktalar 1500-2500m arasındadır. Bu bölge aynı zamanda Fırat ve Dicle havzalarını kapsamaktadır.

Yükseltinin fazla olması bu bölgenin iklim koşullarına da etki etmektedir. Özellikle kış yağışlarının bölgeye kar olarak düşmesi sonucu dağlarda biriken kar örtüsü ilkbahar ve yaz başlangıcında artan sıcaklığa bağlı olarak eriyip bölgedeki nehirlerde su potansiyelini arttırmaktadır.



Şekil 2.2 Türkiye'deki farklı rakıma sahip meteoroloji istasyonları üç yıllık hareketli sıcaklık ortalamaları.

Türkiye sıcaklık ortalamalarına baktığımızda (Şekil.2.2) 1500m den yüksek olan istasyonların ortalaması Türkiye ortalamasının 7-8 derece aşağısındadır. Bu durum bölgenin daha soğuk iklim şartlarına maruz kaldığının diğer bir göstergesidir.

2.2. Veri

Türkiye 25 akarsu havzasına bölünmüştür. Fırat ve Dicle havzaları kendi içinde farklı bölümlere ayrılarak ülkenin doğu ve güneydoğusunu kaplamaktadır. Tüm Türkiye için olduğu gibi bu bölgeler içinde Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü'nün (EİE) düzenli olarak ölçtüğü günlük nehir akım verileri mevcuttur ve bu çalışmada bu ölçümlerden yararlanılmıştır. Bu veriler su yılı (1 Ekim başlangıç) göz önünde bulundurularak ölçülmektedir. Fırat havzası üç kısma ayrılmıştır: Yukarı Fırat havzası, Orta Fırat havzası ve Aşağı Fırat havzası. Dicle nehri ise doğu ve batı bölümü olmak üzere iki kısma ayrılmıştır. Fırat havzasında 16 adet ölçüm istasyonu Dicle havzasında ise 5 adet ölçüm istasyonu mevcuttur. Bununla birlikte, bazı istasyonların verileri arasında çok miktarda eksik bulunması, veya herhangi bir yılda istasyonun kapatılması gibi durumlar, verilerin sürekliliği ile ilgili ciddi problemler meydana getirmektedir.

İstasyon seçimi, yıllar arasındaki süreklilik, periyot uzunluğu, baraj arkasında kalmaması, bulunduğu yükseklik gibi durumlara dikkate alınarak yapılmıştır. Bu çalışmada toplam 8 istasyon olmak üzere, Orta Fırat havzasından 4, Yukarı Fırat havzasından 2, Dicle havzasından ise 2 adet istasyon değerlendirilmiştir. Aşağı Fırat havzasından istasyon seçimi yapılmamasının en önemli nedeni, bu bölümdeki istasyonların genellikle baraj aşağısında kalmasıdır. Baraj aşağısında kalan istasyonların akım değerleri barajda toplanan sudan etkilenebilmektedir. Bu sebepten dolayı baraj yukarısında kalan, yeterince uzun periyoda sahip ve kesintisiz olan istasyonlardan yararlanılarak bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

BÜYÜK AKARSU HAVZALARI HARİTASI



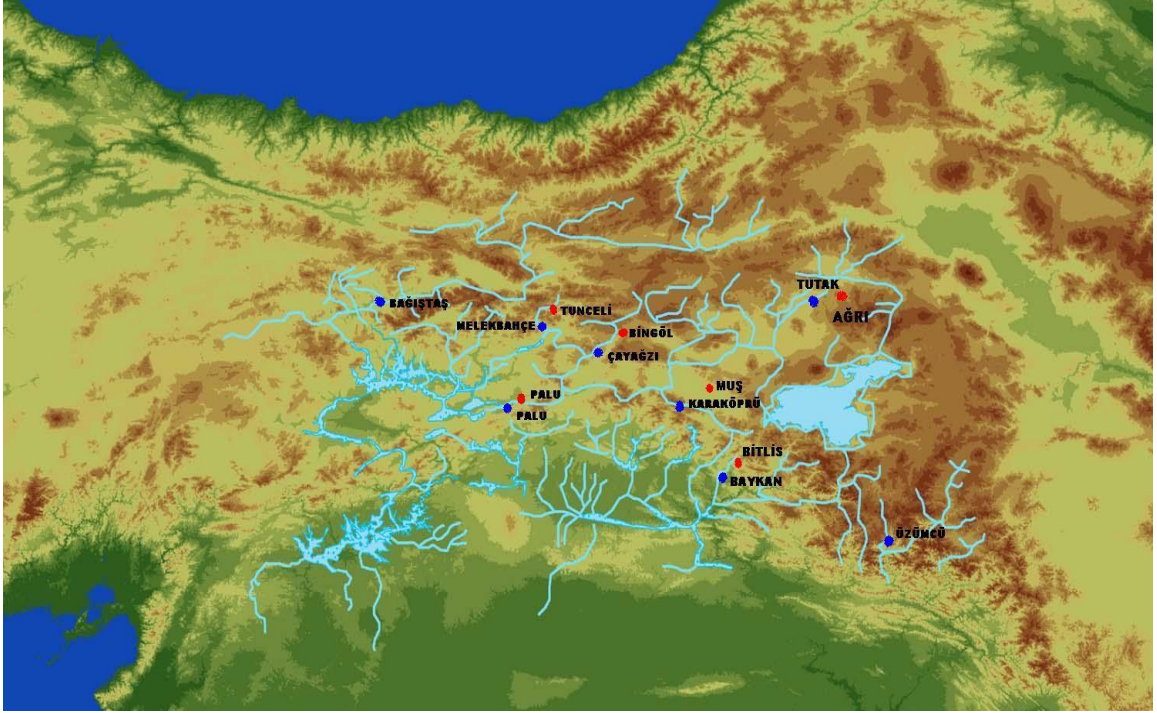
Şekil 2.3 Fırat ve Dicle Havzaları (EİE)

Tablo 2.1 Fırat ve Dicle havzaları nehir akım gözlem istasyonları ve özellikleri

İstasyon No	İstasyon Adı	İstasyon Havza	Veri Aralığı	Rakım
2156	Bağıştaş	Fırat	1969-2006	865m
2164	Çayağzı	Fırat	1970-2006	998m
2157	Karaköprü	Fırat	1969-2006	1250m
2133	Melekbahçe	Fırat	1969-2007	875m
2102	Palu	Fırat	1968-2007	859m
2122	Tutak	Fırat	1969-2006	1552m
2610	Baykan	Dicle	1967-2007	910m
2620	Üzümcü	Dicle	1971-2007	1072m

Bu istasyonların dikkat çeken diğer bir özelliği de yüksek rakımda bulunmalarıdır. Yüksekliğin fazla olmasının veri analizi açısından iyi bir yanı istasyonların atmosferin üst seviyelerindeki hava olaylarından doğrudan etkilenmesidir.

Nehir akım istasyonlarının haricinde bu istasyonlara en yakın şehirlerin meteoroloji gözlem istasyonları da sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak incelenmiştir (Tablo 2.2). Bu veriler Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden alınmıştır.



Şekil.2.4 Fırat ve Dicle havzalarından seçilen istasyonlar.

Tablo 2.2 Şehir meteoroloji gözlem istasyonları ve özellikleri

İstasyon No	İstasyon Adı	Veri Aralığı	Rakım
17203	Bingöl	1970-2005	1177m
17204	Muş	1969-2005	1300m
17165	Tunceli	1970-2005	914m
17099	Ağrı	1969-2005	1640m

17086	Palu	1968-2005	859m
17848	Bitlis	1967-2005	1545m

2.3. Merkez Zaman Metodu

Merkez zaman metodu (CT)

$CT = (tiqi)/qi$ (2.1)
formülü kullanılarak hesaplanır (Stewart ve diğ. 2004). Bir başka ifadeyle su yılı (Ekim 1) başlangıç kabul edilerek 12 ayın toplam akım değerinin yarısı alınır. Bu yarı değere tekabül eden gün merkez zaman noktasıdır. Gün değerleri ti ile gösterilirken, qi ise her bir gündeki akım değerini temsil etmektedir.

Ayrıca erime zamanındaki değişimin sıcaklığa ve yağışa bağlı olduğunu göstermek amacıyla en yakın istasyonların meteorolojik verilerini kullanarak sıcaklık ve yağış değişimleri de incelenmiştir.

2.4. Mann-Kendal Trend Testi

Nehir akım istasyonlarının her yıl için merkez zaman günlerinin eğilimlerini ve en yakın meteoroloji istasyonlarının sıcaklık ve yağış grafiğindeki eğilimlerinin anlamlı olup olmadığını belirlemek için bu değerlere istatistiksel bir yöntem olan Mann-Kendall trend testi uygulanmıştır. Parametrik olmayan Mann-Kendall Sıra Korelasyon testi hidrometeorolojik zaman serilerinde meydana gelebilecek artma veya azalma yönündeki trendlerin istatistiksel önemini test etmede oldukça sık kullanılan bir yöntemdir (Yue ve ark., 2002).

Bu test, $i = 1, \dots, n-1$ 'e kadar sıralanmış olan bir x_i veri setine ve $j = i + 1, \dots, n$ 'e kadar sıralanmış olan bir x_j veri setine uygulanır. Her bir sıralanmış rakam x_i bir referans noktası olarak kullanılır ve diğer sıralanmış veri grubu x_j ile aşağıda gösterilen denklemden verildiği gibi kıyaslanır.

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1 & ; x_j > x_i \\ 0 & ; x_j = x_i \\ -1 & ; x_j < x_i \end{cases} \quad (2.2)$$

Mann-Kendall test istatistiği S ise Denklem (2.3) ile hesap edilebilir.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (2.3)$$

Denklemden n yıl olarak veri uzunluğudur. S değeri ise $n \geq 8$ olduğunda aşağıda verilen ortalama ve varyans ile yaklaşık olarak normal dağılım gösterir. Eğer $n \geq 30$ ise z testi, t -testine yaklaşıp.

$$E[S] = 0 \quad (2.4)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^p t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (2.5)$$

Burada, p veri setindeki bağımlı grupların sayıları, t_i değeri i uzunluğundaki bir seride bağımlı gözlemleri göstermektedir. Eşitlikteki toplama terimi sadece veride bağımlı gözlem olduğunda kullanılır. Standartlaştırılmış Mann-Kendall istatistiği Z ise Denklem (2.6) da verildiği gibi hesaplanabilmekte ve seride trend yoktur sıfır hipotezi (H_0) varsayımı altında ortalaması sıfır, varyansı bir olan standart normal dağılım göstermektedir.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & ; S > 0 \\ 0 & ; S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & ; S < 0 \end{cases} \quad (2.6)$$

Sıfır hipotezi Mann-Kendall test istatistiği $-Z_{\text{tablo}}$, $1-\alpha/2 \leq Z \leq Z_{\text{tablo}}$, $1-\alpha/2$ ise kabul edilmektedir. Artı Z değeri yağışlarda artışı gösterirken, eksi Z değeri azalışa işaret etmektedir.

$$r_j = \frac{\frac{1}{n-j} \sum_{i=1}^{n-j} (x_i - \bar{x})(x_{i+j} - \bar{x})}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.7)$$

Burada \bar{x} , bütün x_i serilerinin ortalamasıdır. Bir gecikmeli seri korelasyon katsayısı akış serisinin zamana bağımlılığının ölçülmesinde yaygın olarak kullanılır.

$$CL(r_1) = [1/(n-1)] \pm [1.96((n-2)/(n-1)^{1.5})] \quad (2.8)$$

Bulduğumuz r_1 değeri %95 güvenirlilik seviyesinin alt ve üst sınır değerine göre o veri setindeki değerlerin anlamlı olup olmadığını ifade etmektedir.

Mann-Kendall trend testi, yıldan yıla farklılık gösteren nehir akım istasyonları ortalama merkez zaman günleri ve bu istasyonlara en yakın meteoroloji istasyonlarının sıcaklık verileri için uygulanmıştır. Bu test ile %95 güvenirlilik seviyesine göre her bir istasyon için merkez zaman günleri ve sıcaklık analizinde anlamlı bir artış veya azalış olup olmadığı tesbit edilmeye çalışılmıştır..

Sıcaklık verisi ile ilgili analizlerde, meteoroloji istasyonuna en yakın akım istasyonunun her yıl için bulunan ortalama merkez zaman gününü sınır değeri olarak, su yılı başlangıcından itibaren bu sınır gününe kadarki 0°C den yüksek gün sayıları her yıl için hesaplanmıştır. Bu yıllar arasında merkez zaman değerinde görülen öne çekilme ile en yakın meteoroloji istasyonunun sıcaklık değerlerinde 0°C den fazla gün sayılarındaki artışın birlikteliğine bakılmıştır. Sıcaklığın sıfır derecenin üzerine çıkması demek o bölgedeki karların erimesi anlamına gelmektedir. Merkez zaman değerine kadarki

günlerde bu sıcaklığın ani artması kar erimesini tetikleyip bahar aylarının öne çekilmesine neden olacaktır.

2.5. T-Testi

T testi, hipotez testlerinde en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. T testi ile iki grubun ortalamaları karşılaştırılarak, aradaki farkın rastlantısal mı, yoksa istatistiksel olarak anlamlı mı olduğuna karar verilir. Küçük örnekleme teorisi olarak da bilinen t dağılımı, küçük örneklerle de çalışmaya imkan verdiği için, araştırmacılar için büyük kolaylık sağlamaktadır. T testi örnek boyutunun küçük olduğu ve ana kütleyle ilişkin standart sapmaların bilinemediği durumlarda t dağılımından yararlanarak; incelenen bir değişken açısından bir gruba ait ortalama değerinden önce belirlenen değerden farklı olup olmadığının, incelenen bir değişken açısından bağımsız iki grup arasında fark olup olmadığının, incelenen bir değişken açısından herhangi bir grubun farklı koşullar altındaki tepkilerinde farklılığın olup olmadığının incelenmesine yönelik hipotezleri test etmeye yönelik olarak geliştirilmiş bir analiz yöntemidir. Bu nedenle üç tür t-testi bulunmaktadır. Bunlar tek grup t-testi, bağımsız iki grup arası farkların t-testi ve eşleştirilmiş iki grup arasındaki farklılıkların incelenmesine yönelik t-testidir (<http://www.istatistikanaliz.com/t-testi.asp>).

Tek grup t-testi genellikle herhangi bir konuda belirli öngörülerde bulunulduğunda bu öngörünün doğruluk derecesini test etmek amacıyla uygulanır. Bağımsız iki grup arası farkların testi bir araştırmada çoğu kez farklı ana kütlelerden elde edilen gruplar arasında karşılaştırmalar yapmak gerekir. İşte bu gibi analizler t-testi ile yapılır. Eşleştirilmiş iki grup arasındaki farkların testi bağımsız iki grup için farkların testi konusu incelenirken grupların birbirlerinden bağımsız evrenlerden geldiği varsayımı kabul edilmekte idi. Ancak özellikle kontrollü ve deneysel çalışmalarda aynı deneklerin farklı durumlarda nasıl davrandıklarının incelenmesine gerek duyulabilir. Amaç farklı iki koşulda elde edilen sonuçların farklı olup olmadığını araştırmaktır. İlişkili ölçümler için (bağımlı durum) t-testi aşağıda özetlenen 3 durum için kullanılabilir (<http://www.istatistikanaliz.com/t-testi.asp>).

Birinci Durum: Bir grubun veya örneklemin iki bağımlı değişkene ilişkin ortalamalarının karşılaştırılarak ortalamalar arasındaki farkın belirli bir güven düzeyinde anlamlı (önemli) olup olmadığını test etmek için kullanılır.

İkinci Durum: Bir grubun veya örneklemin bir değişkene ait iki farklı zamandaki ölçümlerine ilişkin ortalamalarının karşılaştırılarak söz konusu ortalamalar arasındaki farkın belirli bir güven düzeyinde önemli olup olmadığını test etmek için kullanılır.

Üçüncü Durum: Bazı araştırmaların uygulamasının aynı örneklem veya denek grubu üzerinde gerçekleşmesi zor ve hatta bazen de (özellikle sağlık ve fen bilimleri alanlarında) imkansızdır. Böyle araştırmalarda araştırma konusu ile ilgili aynı veya benzer özelliklere sahip örneklem kullanılır. Bu durumda, eşleştirilmiş iki grup tek bir grupmuş gibi varsayılarak iki ölçüme ilişkin ortalamalar karşılaştırılır. Burada iki grubun eşleştirilmesi, ölçüm sürecinden önce iki grup arasında ölçüm yapılacak konuda fark olmadığını varsaymak anlamına gelmektedir. Bu duruma, deney ve kontrol grupları üzerinde gerçekleştirilecek ölçümlerin karşılaştırıldığı araştırmalar örnek olarak verilebilir (<http://www.istatistikanaliz.com/t-testi.asp>).

T- testinde iki grubun t değeri incelenirken aşağıdaki formülden bir t değeri hesaplanır.

$$\bar{X}_1 - \bar{X}_2 \text{ iki grubun ortalama değerlerinin farkı} \quad (2.9)$$

$$S_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = \sqrt{\left(\frac{(N_1 - 1)S_1^2 + (N_2 - 1)S_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \right) \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)} \quad (2.10)$$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}} \quad (2.11)$$

T değeri iki grubun ortalamasının farkının , kök içinde iki grubun varyansının örnek sayısının toplamına bölünmesiyle ile bulunur. Bulduğumuz t değeri seçtiğimiz güvenilirlik seviyesindeki kritik değerden büyük ise anlamlı bir sonuç elde ettiğimiz anlamına gelir. Bu çalışmada istasyonlar için elde edilen merkez zaman değerlerini iki ayrı periyota ayırarak iki farklı zaman dilimindeki ortalama merkez zaman günlerinin farkı incelenmiştir. Elde edilen gün sayısının azalış veya artış olarak anlamlı olup olmadığını anlamak için hipotez testlerinden t-testi istatistiği kullanılmıştır.

3. ANALİZLER VE BULGULAR

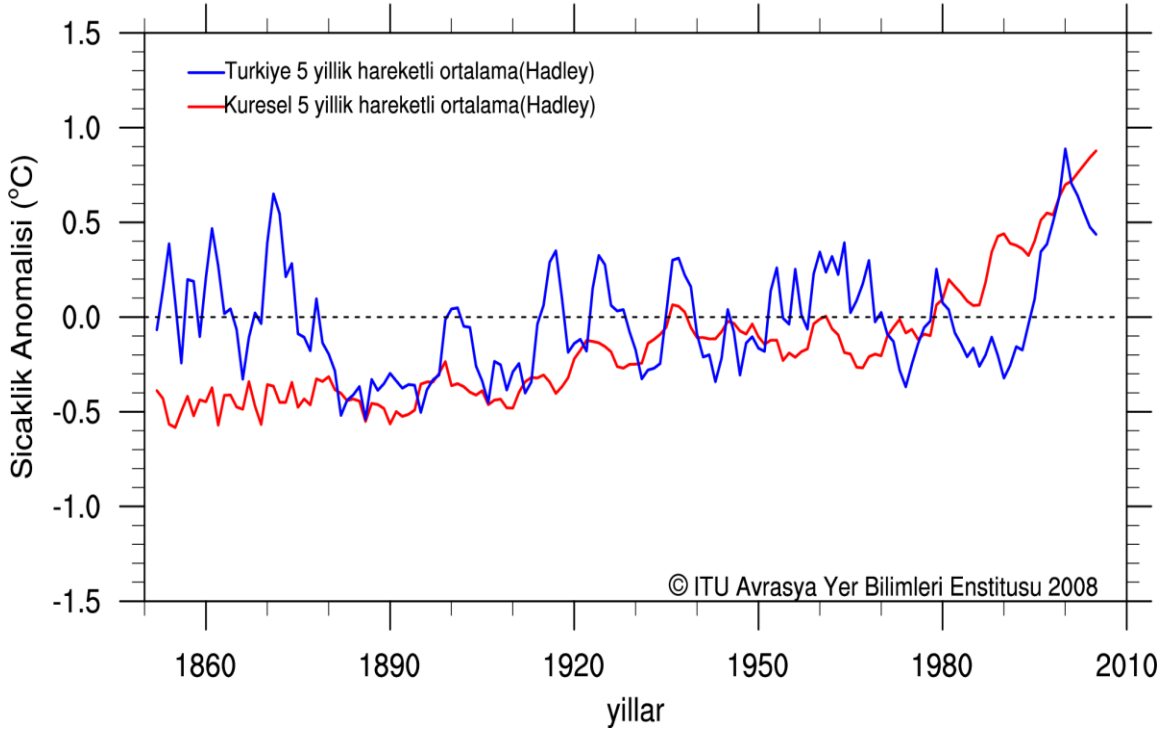
3.1. Türkiye Ve Dünya Sıcaklık Ortalamaları Analizi

Dünya’da özellikle 1800’lü yılların ortalarından itibaren meteorolojik gözlemler yapılmaya başlandı. Gözlemler sayesinde ölçüm yapılan bölgenin meteorolojik özellikleri hakkında daha sağlıklı bilgiler elde edilmeye başlandı. Ancak Dünya genelinde ölçüm ağının sık olmamasından dolayı geniş alanlardan ziyade daha çok bölgesel alanlar çalışma konusu oldu. Bu durum 1900’lü yılların ortalarına kadar devam etti. 1951 ve 1990 yılları arasında dünyadaki meteoroloji istasyonu sayısı neredeyse 3000 civarına ulaştı. Sık ve geniş ölçüm ağı sayesinde Dünya’nın ortalama yıllık sıcaklık değerleri daha doğru şekilde formüle edildi.

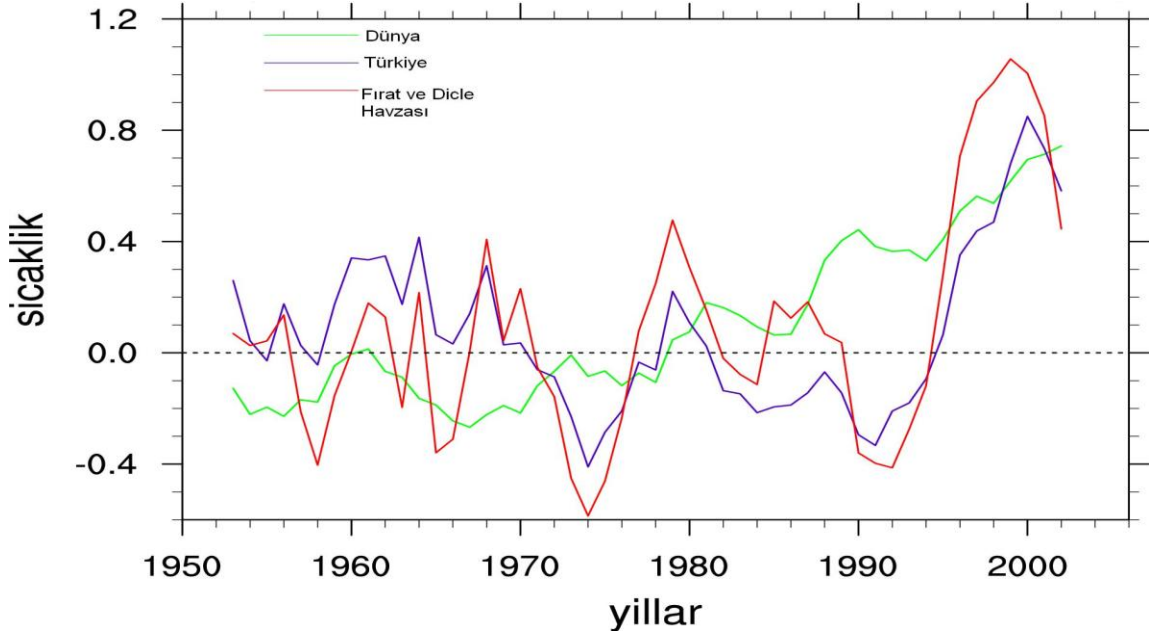
Bu verileri farklı şekillerde formüle ederek bize sunan iklim araştırma birimi (CRU) geçmişe ve günümüze dair sıcaklık veri takımlarını kayıt altında tutarak yapılan klimatolojik çalışmalarda büyük yarar sağlamaktadır.

CRU (İklim Araştırma Birimi-İngiltere) biriminden aldığım $5^0 \times 5^0$ gridlenmiş Dünya ortalama yıllık sıcaklık anomalisi verisi ile 1850-2007 yılları arasında Türkiye ve Dünya ortalama sıcaklık anomalisi değerlerini karşılaştırdım.

Yıllık Ortalama Sıcaklık Anomalisi (1961-1990 periyoduna göre)



Şekil 3.1 CRU verisi Türkiye ve Dünya yıllık ortalama sıcaklık anomalisi değerleri.



Şekil 3.2 CRU verisi Türkiye, Dünya ve Fırat – Dicle havzaları yıllık ortalama sıcaklık anomalisi değerleri.

Şekil 3.1 ve 3.2'e bakıldığında Dünya ve Türkiye'nin ortalama sıcaklık değerlerinin aynı yıllarda artışa geçmediğini görüyoruz. Dünya'da artışın özellikle 1960'lı yılların

ortalardan itibaren başladığını ve bu artışın günümüze kadar aynı eğilimde devam ettiğini gözüküyor. Türkiye’de ise 1990 yılına kadar sıcaklıkların dalgalı bir seyir izlediğini görüyoruz. Ancak 1990 yılından itibaren özellikle 2000 yılına kadar çok ani bir sıcaklık artışı olduğu bu veriden çok rahat anlaşılabilir. Fırat ve Dicle havzaları Türkiye geneli ile aynı zaman diliminde sıcaklık artışı yaşıyor. Ancak bu bölgede 1990’lı yıllardan sonra artış değeri daha fazladır. 2000 yılından sonraki 7 senelik zaman diliminde Türkiye geneli ve Fırat-Dicle havzasında belirgin sıcaklık azalışı var. Ancak ortalama sıcaklık hala 1990 yılının öncesine göre çok fazla. Bu durumda karşımıza çıkan en büyük soru işaretlerinden birisi şudur Dünya’daki her bölge aynı zaman diliminde gerçekten ısınma eğilimi içerisinde midir? Sorunun cevabı elbette hayırdır.

Bu sonuçlar doğrultusunda Dünya genelindeki ısınmadan çok, bölgesel sıcaklık değişimlerine bakmamız gerekliliği ortaya çıkıyor. Çünkü Dünya üzerinde buzullar, okyanuslar, karalar, topoğrafya gibi iklimi etkileyen birçok farklı etken var. Bu etkenler aynı ülkenin birçok bölgesinde dahi farklı iklimsel değişikliklere sebebiyet verebiliyor. Örneğin Türkiye 3 tarafında deniz bulunan, kuzeyinde, güneyinde ve doğusunda yüksek sıra dağlarla çevrili, bu dağlardan dolayı denizin etkisinin iç bölgelerde hissedilmediği ve bununla birlikte iç bölgelerinde karasal iklimin yaşandığı, kıyı kesimlerinde deniz etkisinin çok fazla olduğu, birçok iklimin aynı anda görüldüğü bir ülkedir.

Bununla birlikte meteoroloji istasyonları sayısı da dünya genelinde aynı oranda dağılım göstermiyor. Gelişmiş ülkelerde sık bir ağ bulunmasına karşın gelişmemiş ülkelerde meteorolojik ağ hala yetersiz. Ayrıca okyanuslar üzerinde ölçüm yapmak çok zor bir durum ve Dünya’nın %75 inin okyanuslarla kaplı olduğunu düşünürsek küresel sıcaklık değişimi hakkında gerçek bir kaniya varmanın ne kadar zor olduğunu görüyoruz.

3.2. Bulgular

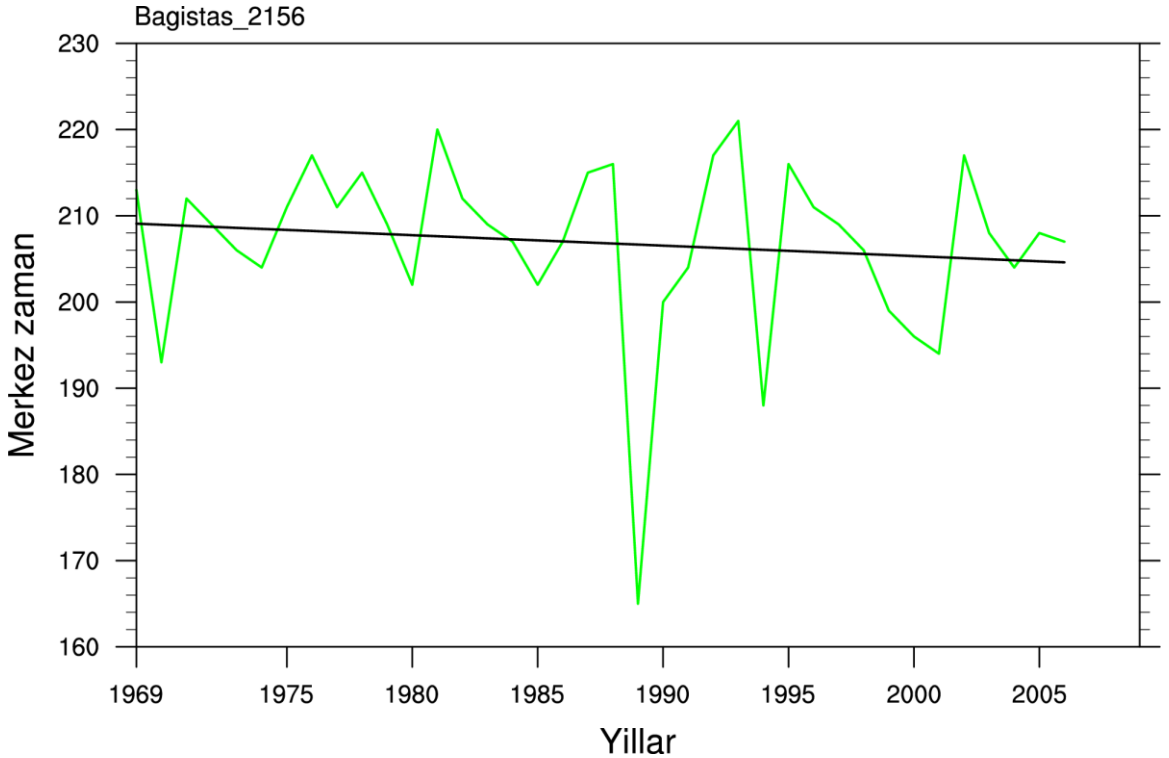
Fırat ve Dicle havzasından seçilen toplam 8 adet akım istasyonunun öncelikle merkez zaman değerlerinin yıllık olarak değişim trendi analiz edilmiştir. Su yılı başlangıç kabul edilerek veri uzunluğuna göre genellikle 1960’lı yılların sonu ile 2006 ve 2007 yıllarına, yani günümüze çok yakın tarihlere kadar günlük akım verilerini kullanarak analizler yapılmıştır. Daha sonraki aşamada merkez zaman değişiminin sıcaklıkla mı yoksa

yağışla mı bağlantılı olduğunu anlamak için nehir akım istasyonlarına en yakın meteoroloji istasyonlarının sıcaklık ve yağış değerleri incelenmiştir. Artış ve azalış eğilimlerinin anlamlı olup olmadığını anlamak için merkez zaman ve sıcaklık verilerine Mann-Kendal trend testi uygulanmıştır.

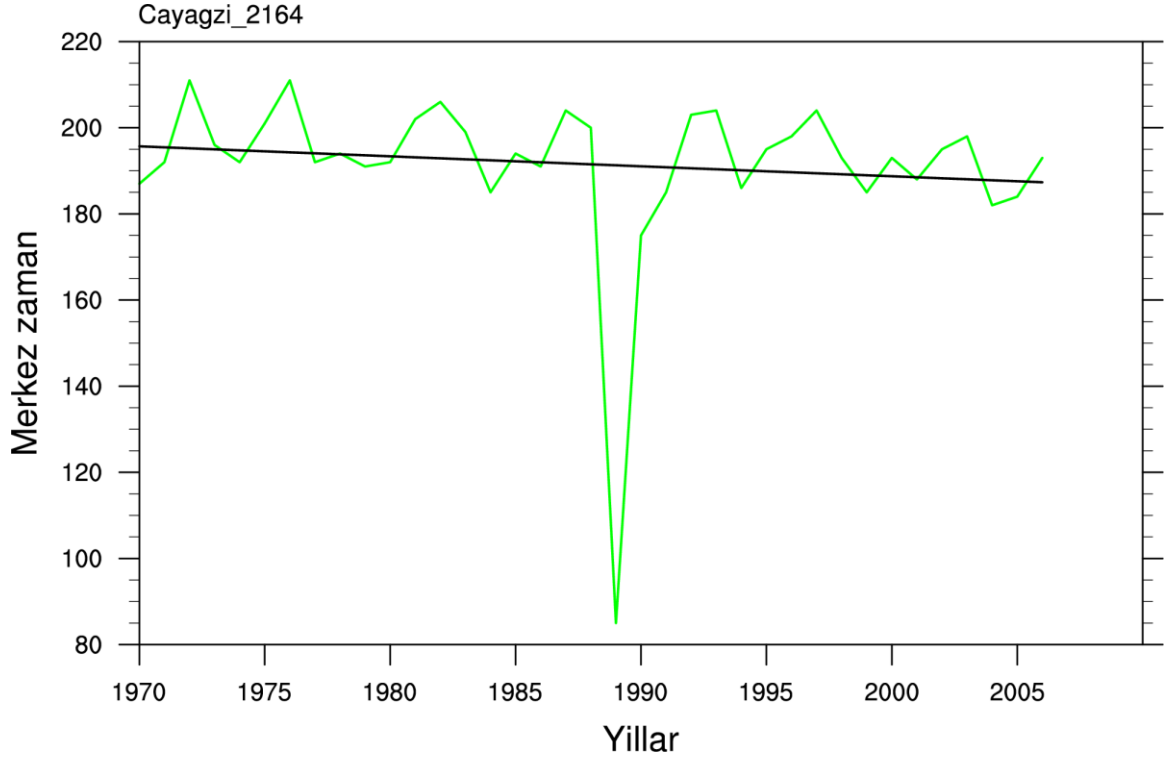
Merkez zaman değişimindeki azalış veya artış eğilimi genel olarak bir fikir verse de, bu değişimin gün sayısı olarak ne kadar fark ettiğinin bilinmesi çok daha anlamlı olacaktır. Bu soru işaretini gidermek için iki farklı zaman periyodunun merkez zaman değerlerinin ortalama gün sayısını belirleyip bu iki farklı periyotta kaç günlük azalış veya artış olduğu ortaya konulmuştur. Azalış veya artışın anlamlı olup olmadığını saptamak için de her bir istasyona t-testi uygulanmıştır.

3.2.1 Merkez zaman, sıcaklık ve yağış analizi

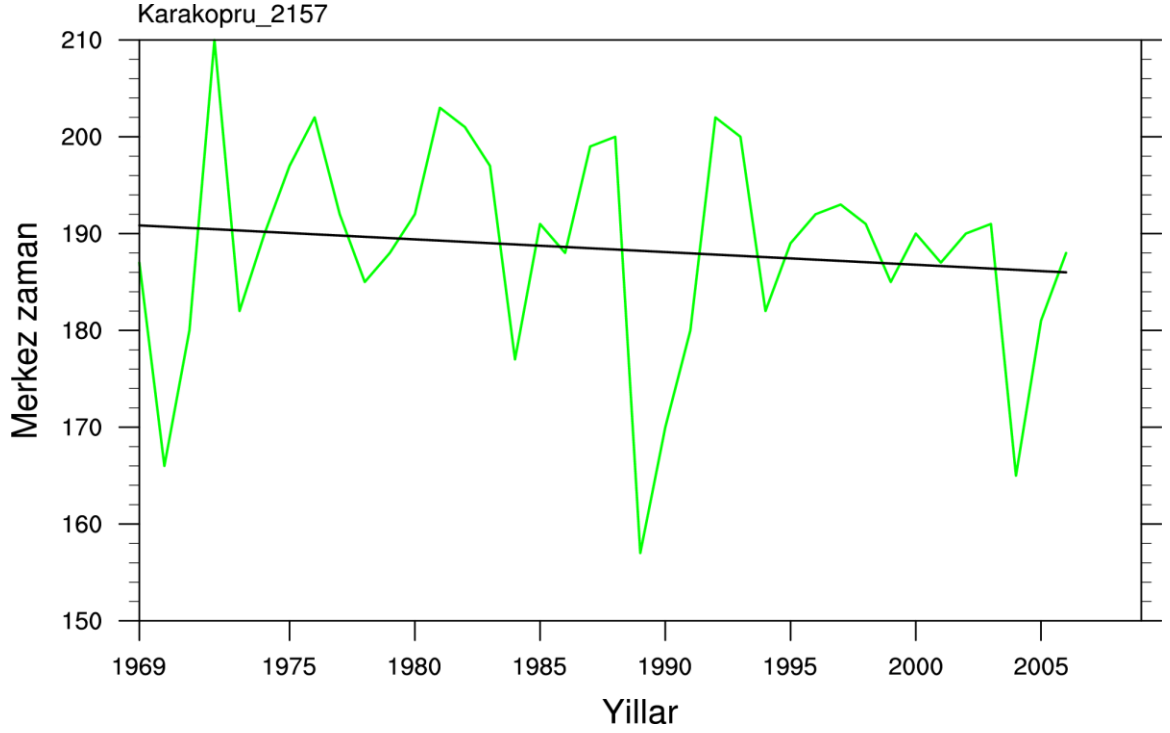
Yukarıda açıklamaları yapılan metodlar yardımıyla her bir istasyon için merkez zaman grafikleri elde edilmiştir.



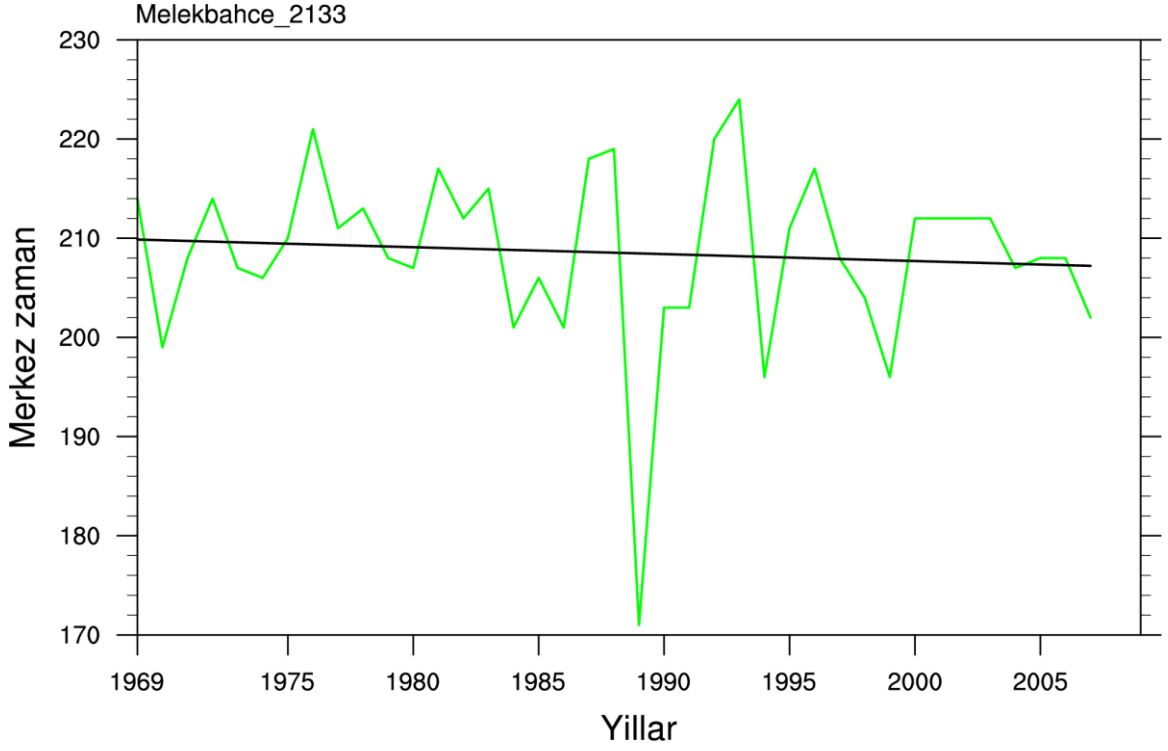
Şekil.3.3 Bağıştaş istasyonunun 1969-2006 yılları arasındaki merkez zaman değişimi



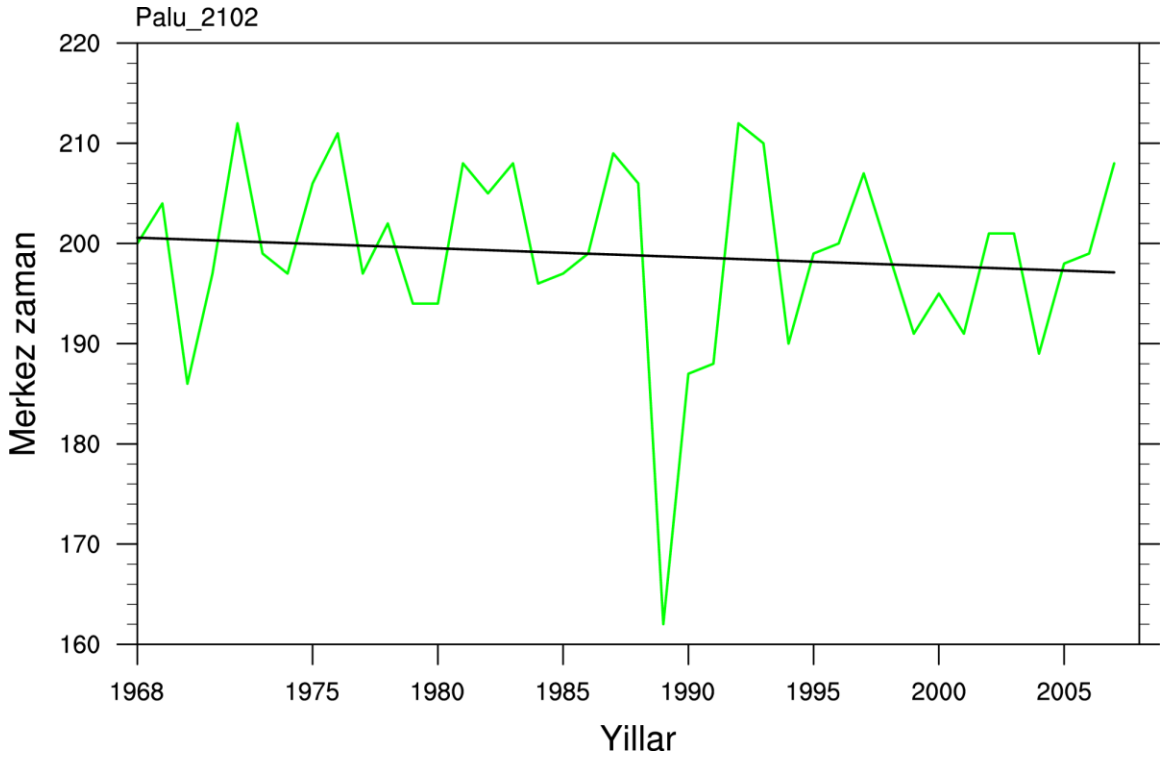
Şekil.3.4 Çayağzı istasyonunun 1970-2006 yılları arasındaki merkez zaman değişimi



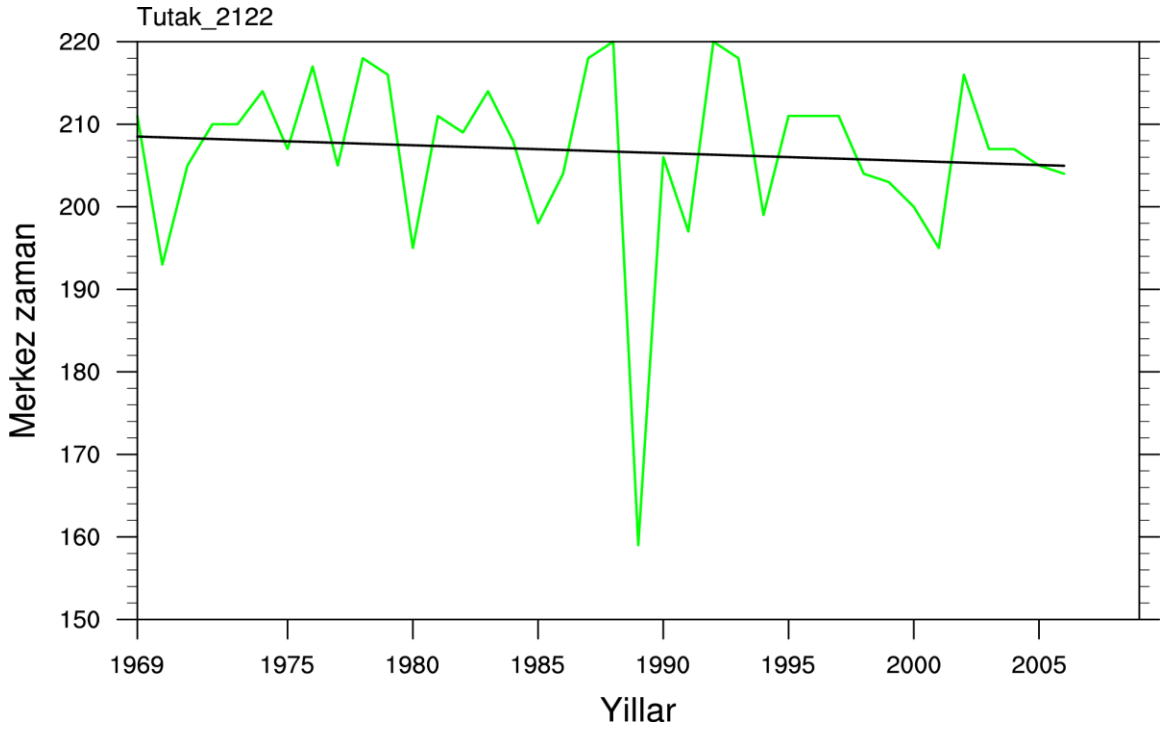
Şekil.3.5 Karaköprü istasyonunun 1969-2006 yılları arasındaki merkez zaman değişimi



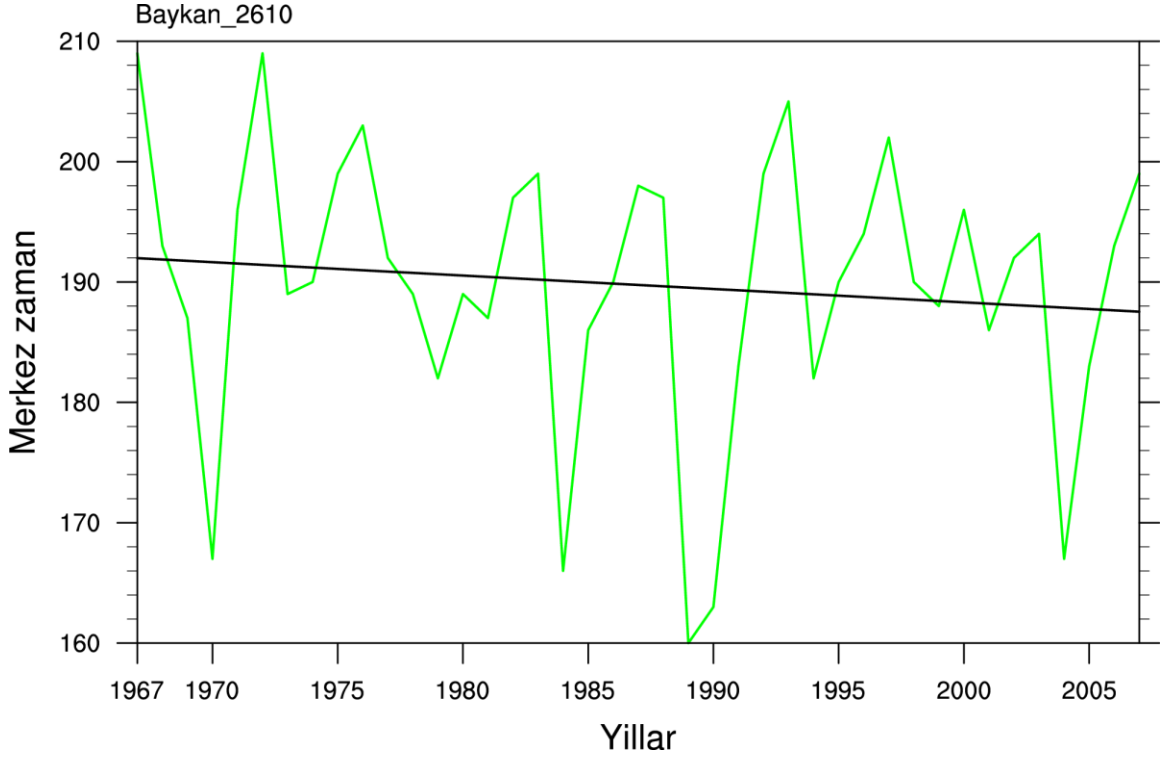
Şekil.3.6 Melekbahçe istasyonunun 1969-2007 yılları arasındaki merkez zaman değişimi



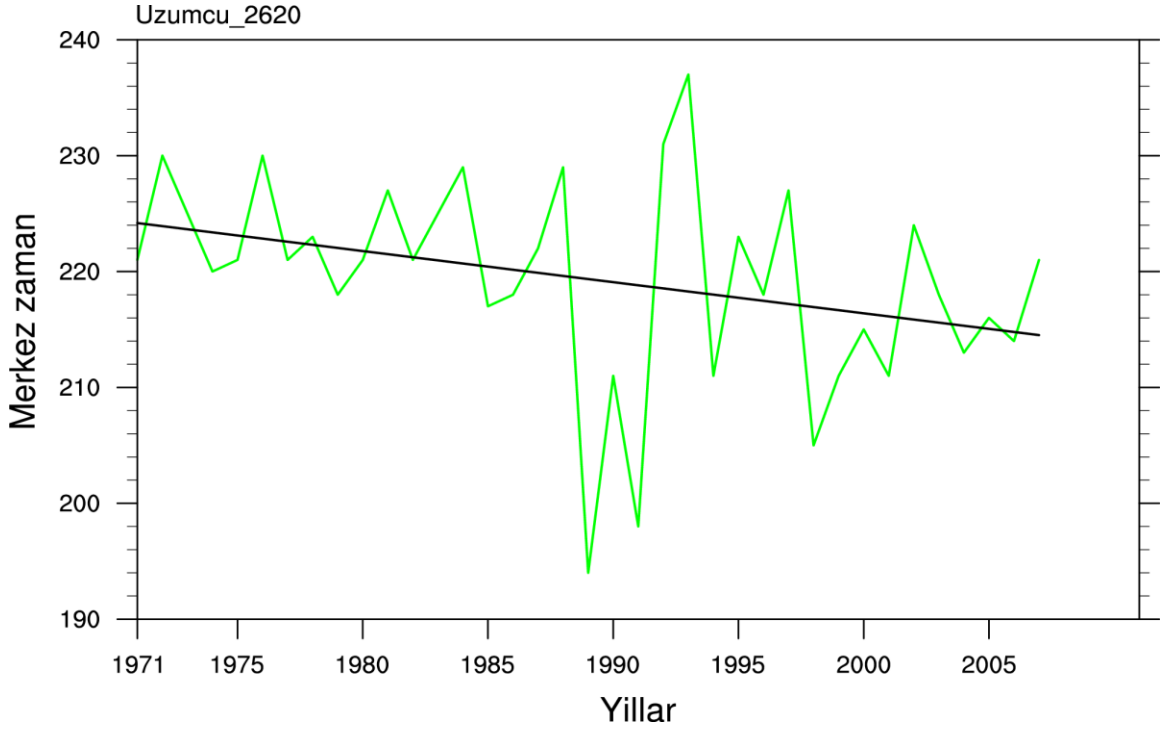
Şekil.3.7 Palu istasyonunun 1968-2007 yılları arasındaki merkez zaman değişimi



Şekil.3.8 Tutak istasyonunun 1969-2006 yılları arasındaki merkez zaman değişimi



Şekil.3.9 Baykan istasyonunun 1967-2007 yılları arasındaki merkez zaman değişimi

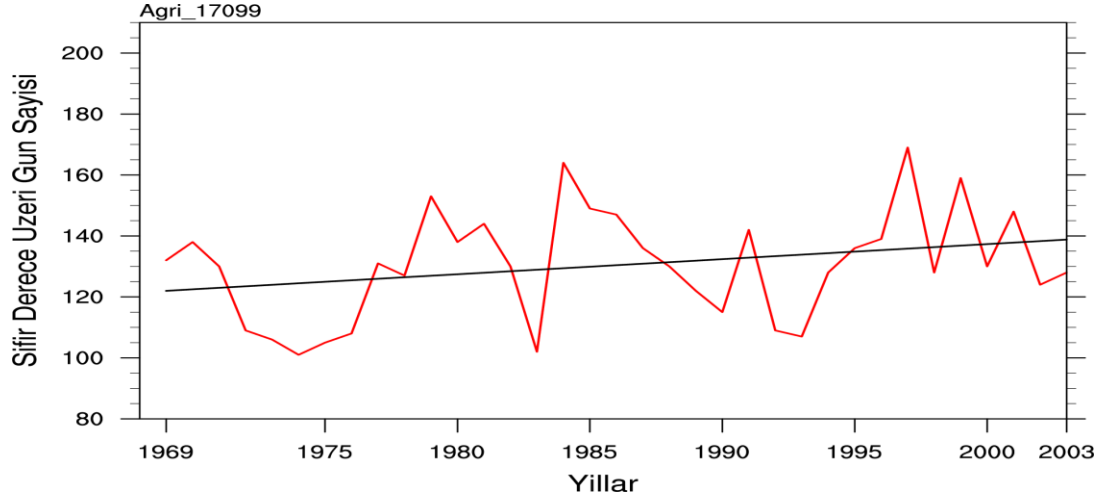


Şekil.3.10 Üzümcü istasyonunun 1971-2007 yılları arasındaki merkez zaman değişimi

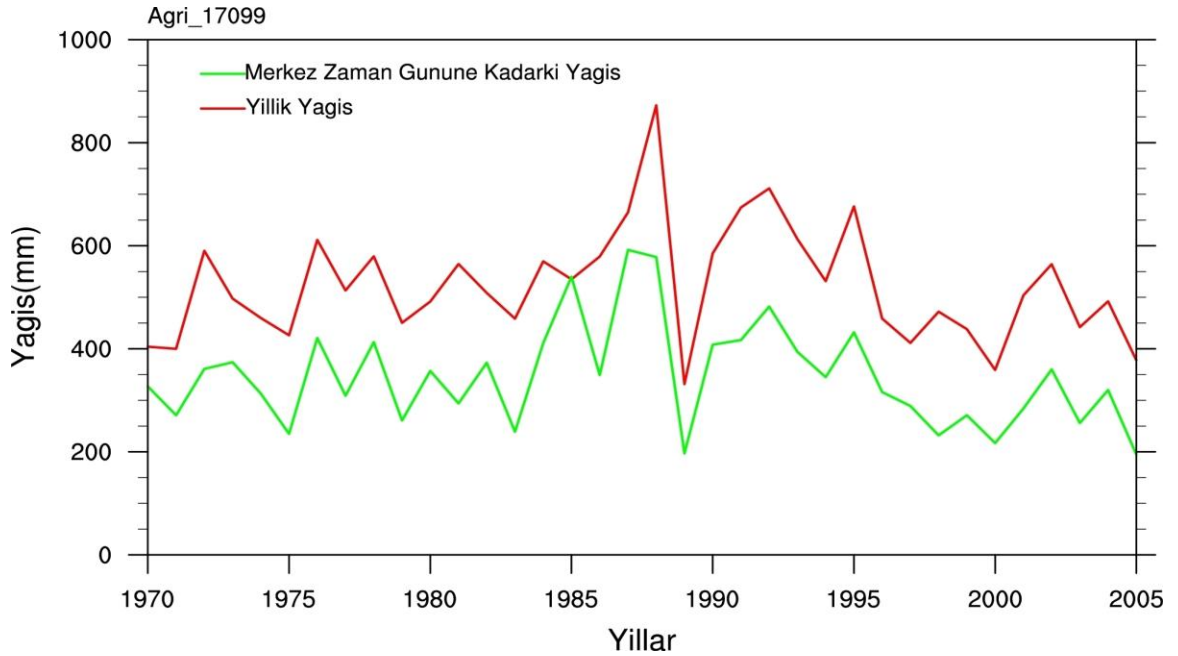
Genel olarak istasyonların merkez zaman grafiklerine baktığımızda 1960'lı yılların sonlarından günümüze doğru merkez zaman değişimlerinde gün olarak öne çekilme olduğu görülmektedir.. Öne çekilme eğilimi her istasyon için farklı olmaktadır. Merkez zaman gününde, azalış eğiliminin en fazla olduğu istasyon Dicle havzasında bulunan Üzümcü istasyonudur. Melekbahçe istasyonu ise bu eğilim en az görüldüğü istasyondur. Yüksek rakımda kar erimesi daha geç olabileceğinden, değişik rakımlardaki istasyonların merkez zamanlarının gün değeri olarak farklılık göstermesi olasıdır. Bunun sonucunda nehir akım miktarları gün olarak aydan aya farklılık gösterebilmektedir. Dikkati çeken diğer bir özellik ise bütün istasyonlarda 1989 yılında merkez zaman değerinin bir önceki yıla göre keskin bir inişle çok erkene çekilmesidir. Burada sıcaklıkta veya yağışta ekstrem bir olayın olabileceği ilk akla gelen neden olarak düşünülebilir. Akım istasyonlarında sıcaklık ve yağış ölçümü olmadığı için bu istasyonlara en yakın meteoroloji istasyonlarının ölçüm verisi değerlendirilmiştir. Akım istasyonunun merkez zaman değerine denk gelen güne kadar, sıcaklıkların sıfır

dereceden yüksek olan gün sayılarının toplamı aşağıdaki grafiklerde verilmiştir. Yağış grafiklerinde ise, yıllık ortalama yağış ve her yıl için merkez zamanı gününe kadarki yağış ortalamaları çizdirilmiştir.

Ağrı ili Tutak istasyonuna en yakın ilimizdir.

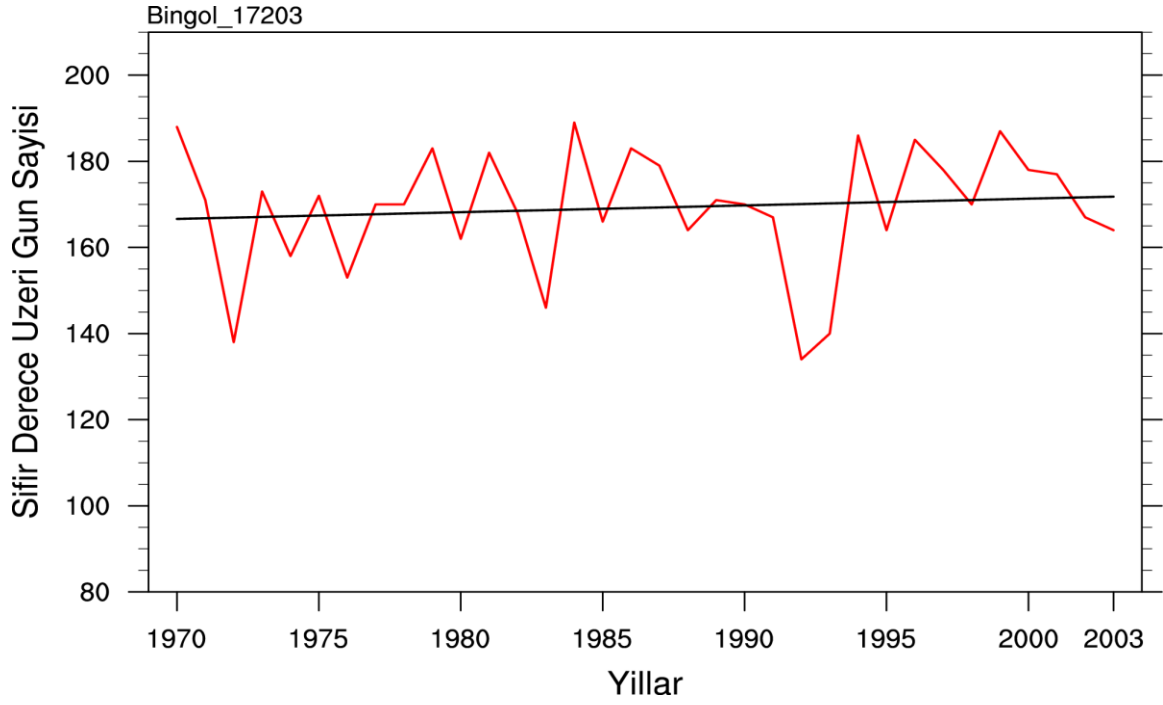


Şekil.3.11 Ağrı istasyonunun 1969-2003 yılları arasındaki en yakın akım istasyonunun ortalama merkez zaman gününe kadarki 0 °C den yüksek gün sayısı

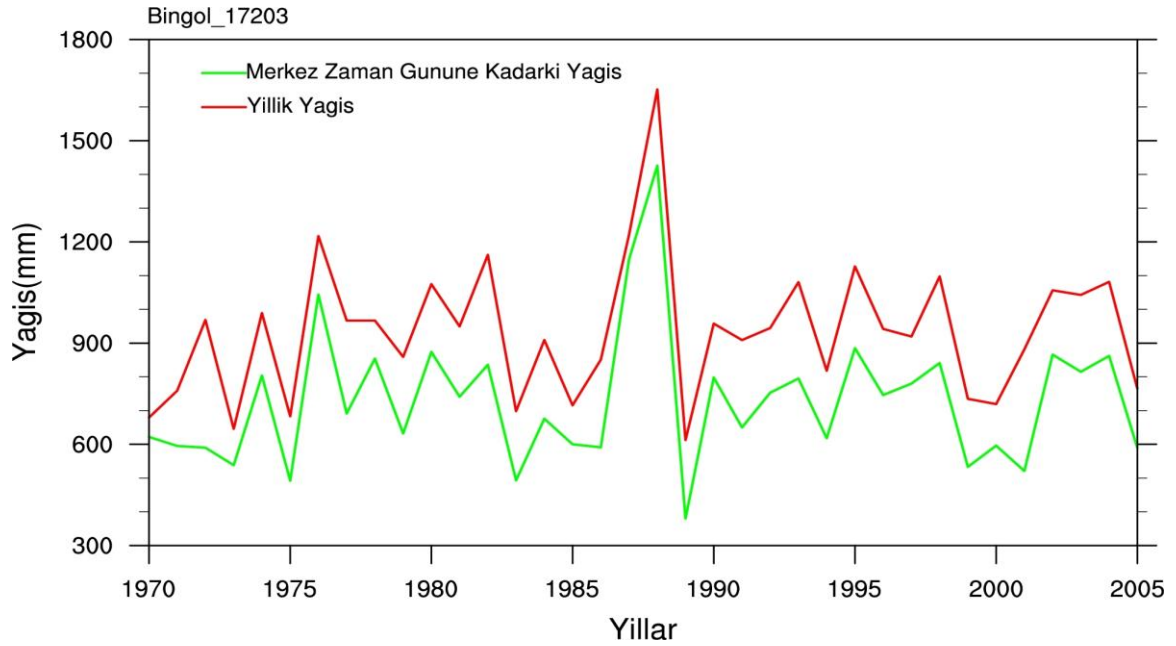


Şekil.3.12 Ağrı istasyonunun 1970-2005 yılları arasındaki yıllık ortalama yağış grafiği ve en yakın akım istasyonunun merkez zamanı gününe kadarki yağış grafiği.

Bingöl iline en yakın istasyon Çayağzı istasyonudur.

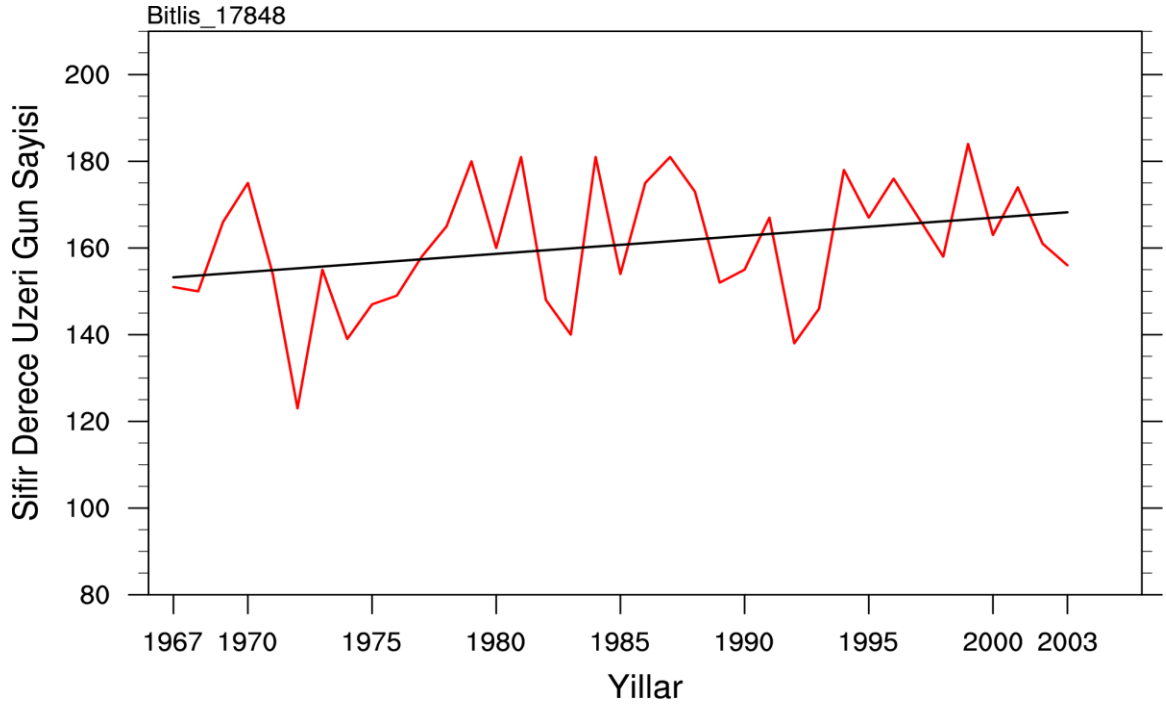


Şekil.3.13 Bingöl istasyonunun 1969-2003 yılları arasındaki en yakın akım istasyonunun ortalama merkez zaman gününe kadarki 0°C den yüksek gün sayısı

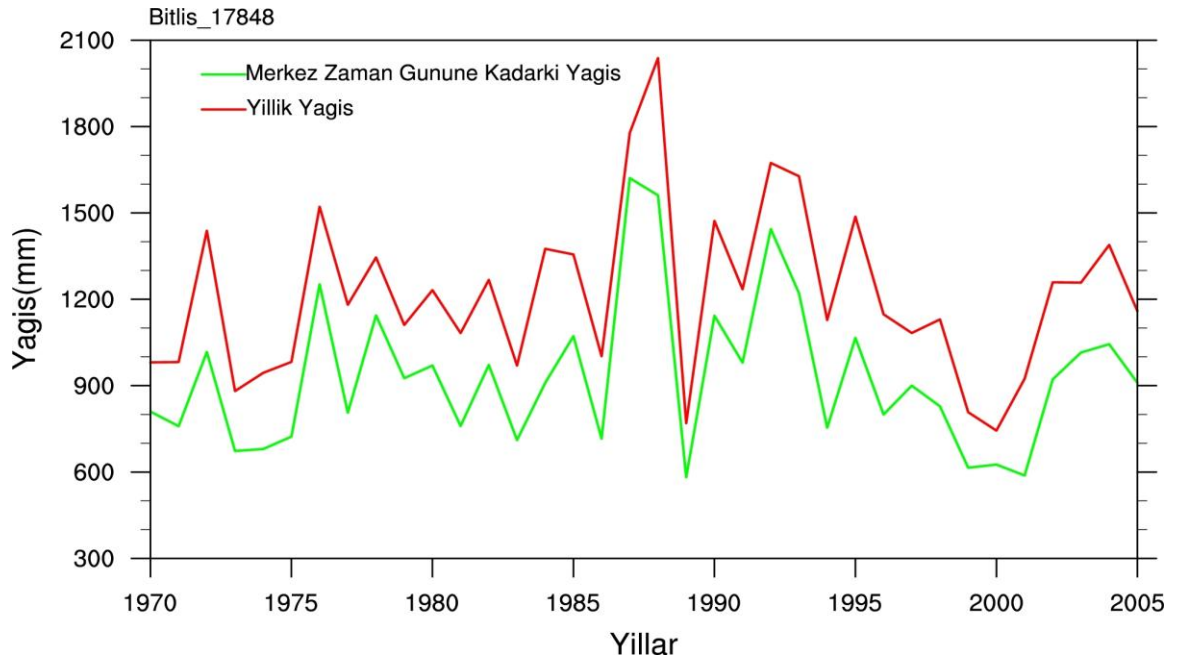


Şekil.3.14 Bingöl istasyonunun 1970-2005 yılları arasındaki yıllık ortalama yağış grafiği ve en yakın akım istasyonunun merkez zamanı gününe kadarki yağış grafiği.

Bitlis iline en yakın istasyon Baykan istasyonudur.

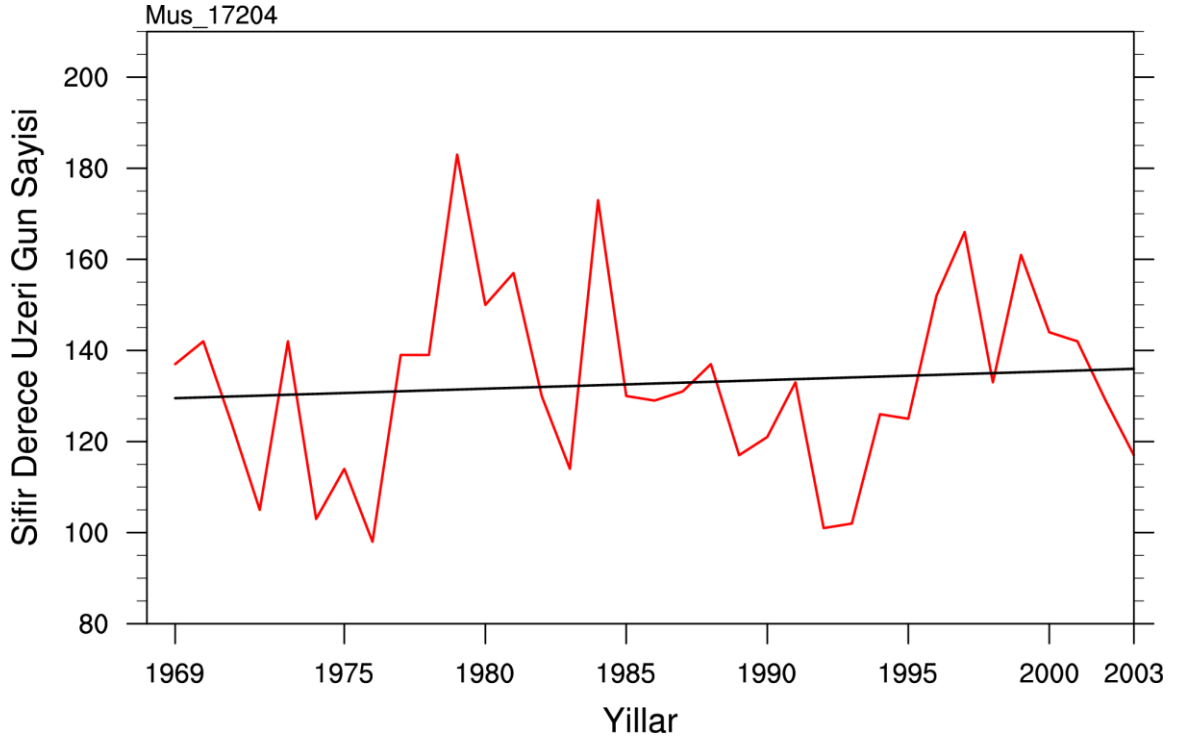


Şekil.3.15 Bitlis istasyonunun 1967-2003 yılları arasındaki en yakın akım istasyonunun ortalama merkez zaman gününe kadarki 0°C den yüksek gün sayısı

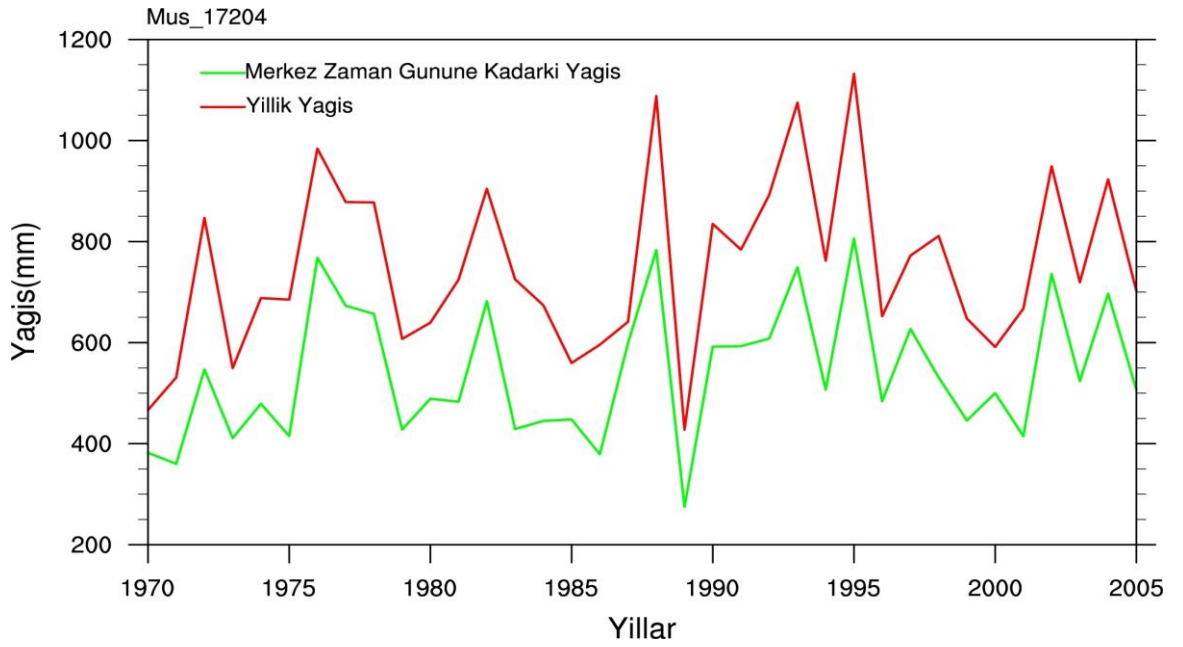


Şekil.3.16 Bitlis istasyonunun 1970-2005 yılları arasındaki yıllık ortalama yağış grafiği ve en yakın akım istasyonunun merkez zamanı gününe kadarki yağış grafiği.

Muş iline en yakın istasyon Karaköprü istasyonudur.

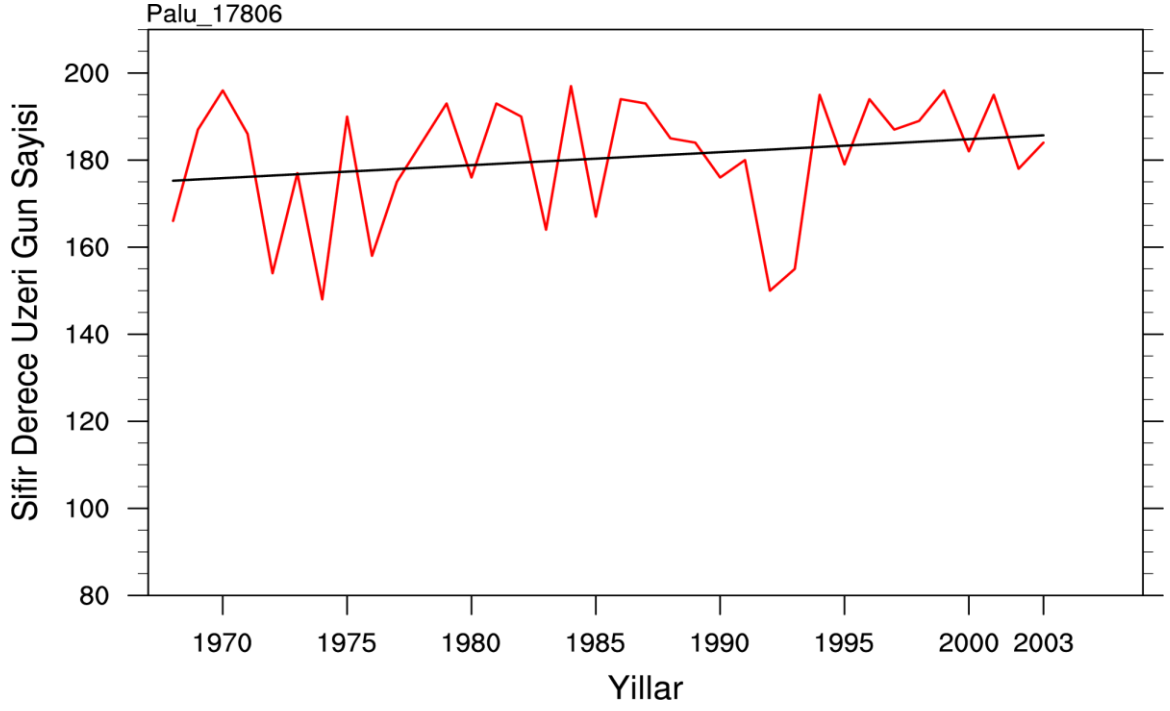


Şekil.3.17 Muş istasyonunun 1969-2003 yılları arasındaki en yakın akım istasyonunun ortalama merkez zaman gününe kadarki 0°C den yüksek gün sayısı

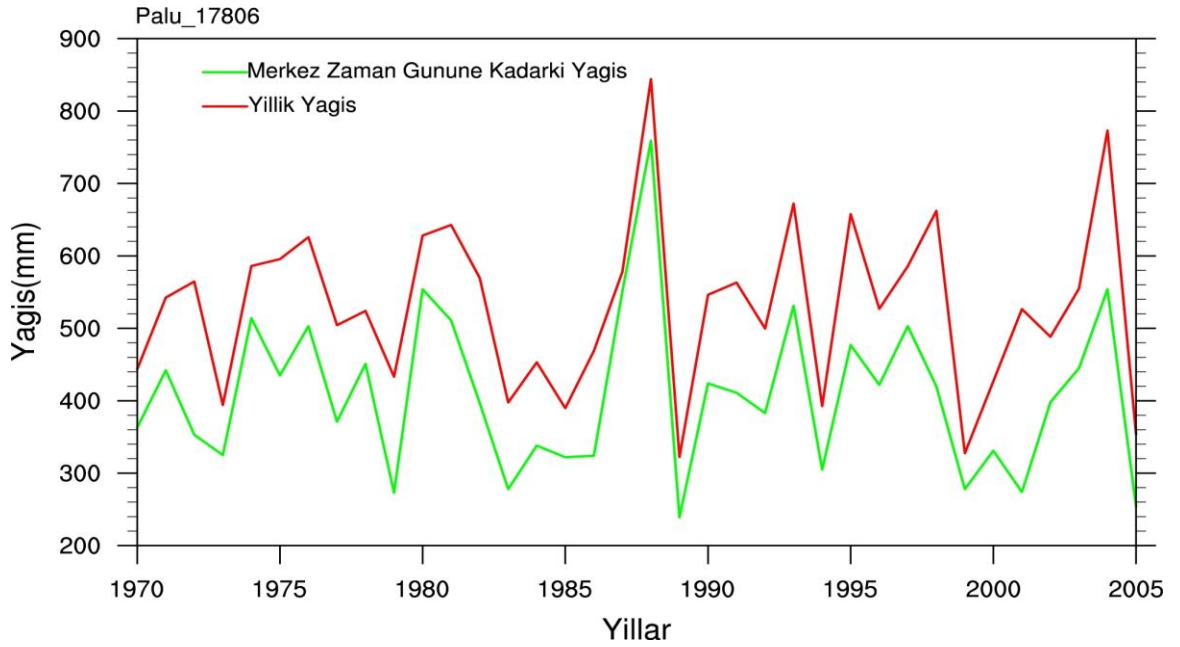


Şekil.3.18 Muş istasyonunun 1970-2005 yılları arasındaki yıllık ortalama yağış grafiği ve en yakın akım istasyonunun merkez zamanı gününe kadarki yağış grafiği.

Palu ilçesine en yakın istasyon Palu istasyonudur.

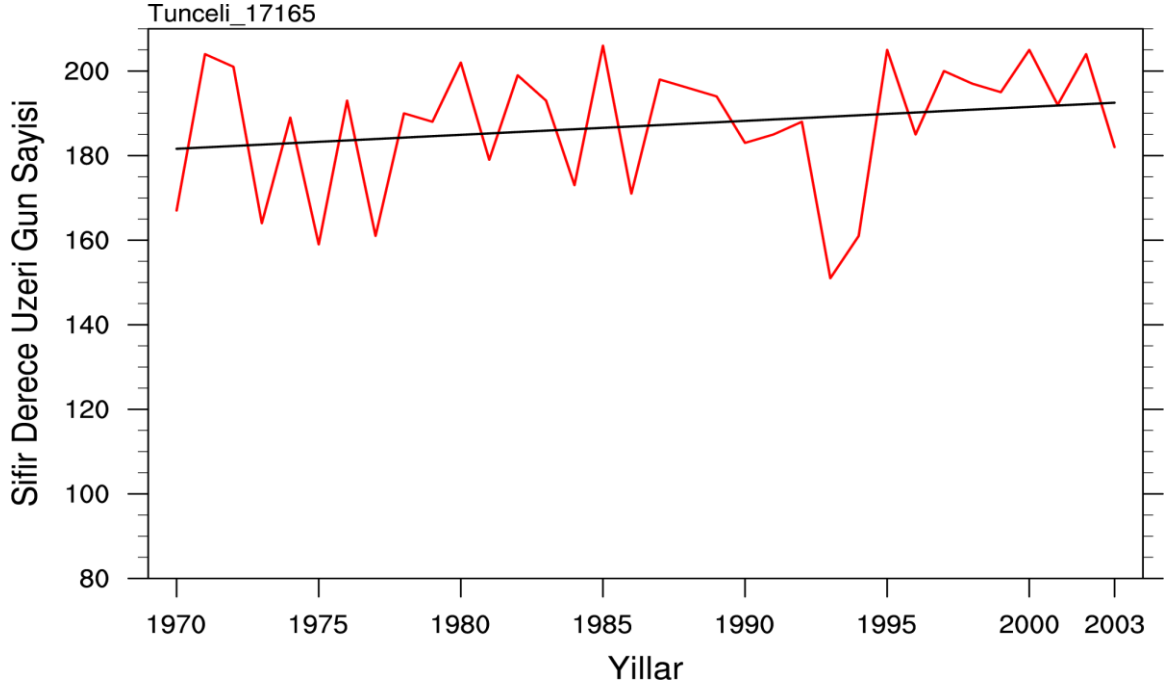


Şekil.3.19 Palu istasyonunun 1969-2003 yılları arasındaki en yakın akım istasyonunun ortalama merkez zaman gününe kadarki 0°C den yüksek gün sayısı

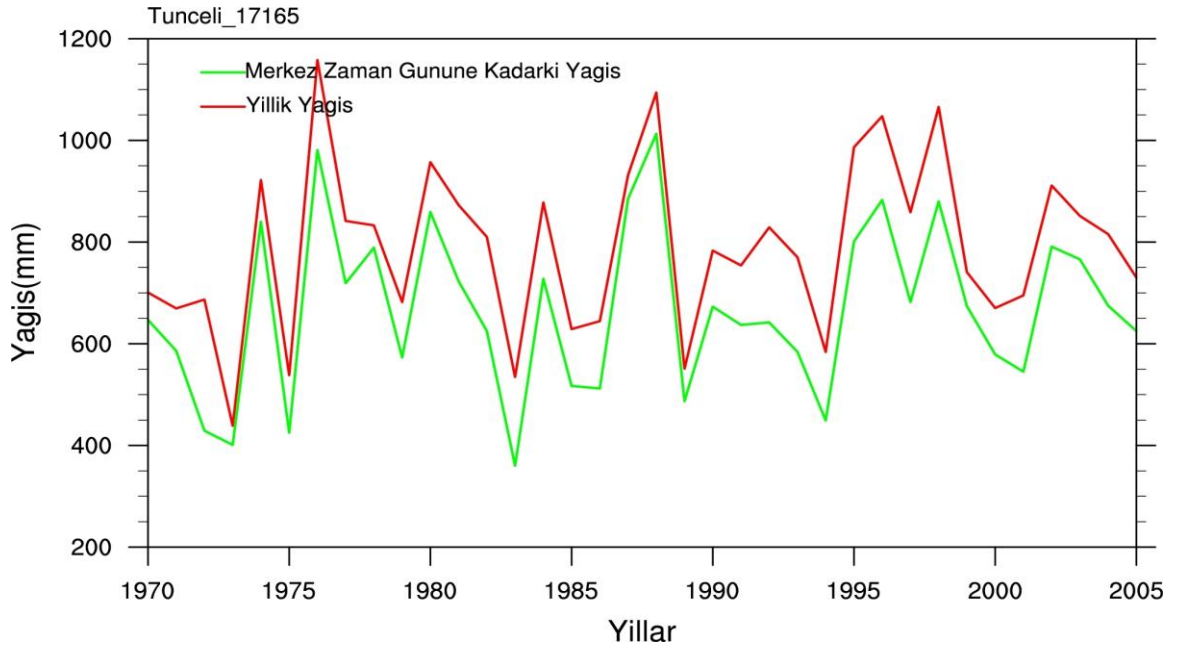


Şekil.3.20 Palu istasyonunun 1970-2005 yılları arasındaki yıllık ortalama yağış grafiği ve en yakın akım istasyonunun merkez zamanı gününe kadarki yağış grafiği.

Tunceli iline en yakın istasyon Melekbahçe istasyonudur.



Şekil.3.21 Tunceli istasyonunun 1969-2003 yılları arasındaki en yakın akım istasyonunun ortalama merkez zaman gününe kadarki 0 °C den yüksek gün sayısı



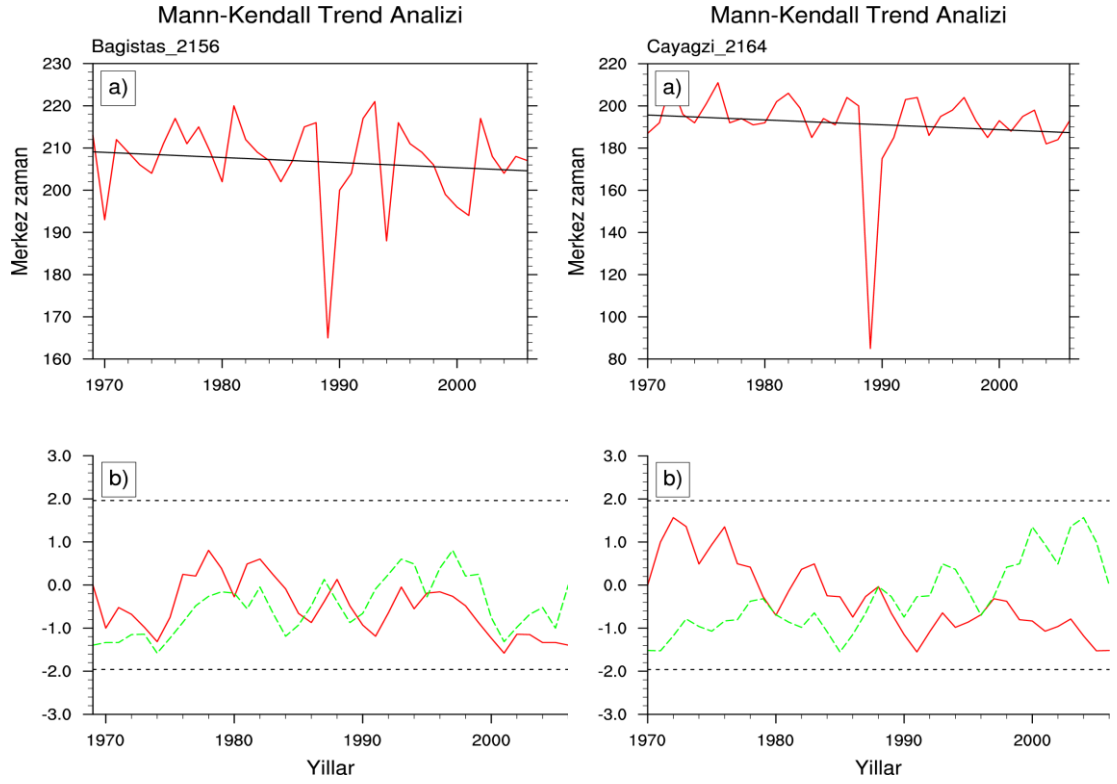
Şekil.3.22 Tunceli istasyonunun 1970-2005 yılları arasındaki yıllık ortalama yağış grafiği ve en yakın akım istasyonunun merkez zamanı gününe kadarki yağış grafiği.

Sıcaklık ve yağış grafiklerinden de görüldüğü gibi, akım istasyonlarına en yakın meteoroloji istasyonlarının 0 °C den yüksek gün sayılarının bütün illerde artış eğiliminde olduğunu anlaşılmaktadır. Buna paralel olarak, nehir akım istasyonlarında da aynı yıllar arasında merkez zaman değerlerinde azalış yönünde bir eğilim olduğu görülmektedir. Yağış değerlerinin dağılımına baktığımızda ise her şehir için belirli yıllarda artış ve azalış olduğu tesbit edilmektedir. Ortalama yağış, merkez zaman günlerinin dağılımında çok fazla bilgi verememektedir. Ancak 1989 yılında yaşanan anormal duruma ışık tutabilir.

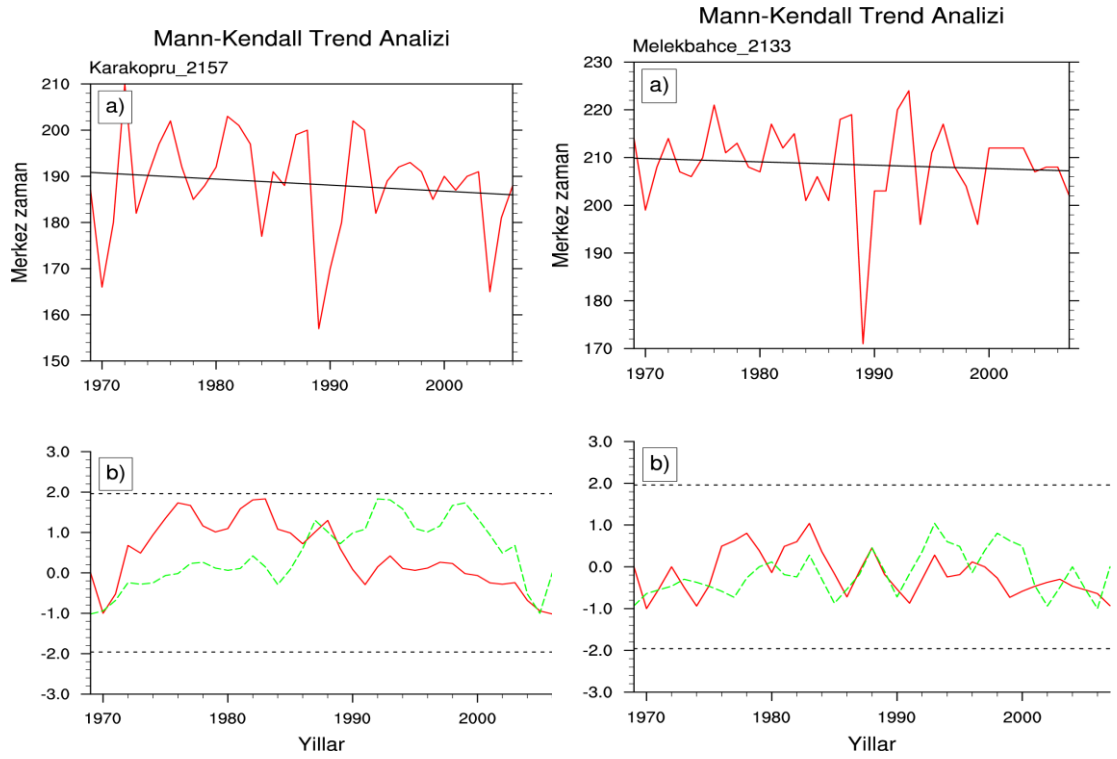
1989 yılında yaşanan merkez zaman değerindeki olağandışı durum ile ilgili farklı yorumlar yapılabilir. Yağış grafiklerinden görünen açık ve net sonuçlara göre 1988 yılında bütün istasyonların 35 yıllık periyotta en yağışlı dönemini geçirmesi ve bunu izleyen 1989 yılında bu yağışın bir sene içerisinde 1988 yılına göre yarı yarıya düşmesi nehirlerdeki akım miktarını büyük ölçüde etkiliyor olabilir. Bunun sonucu olarak da merkez zaman değeri büyük ölçüde öne çekiliyor olabilir. Sıcaklık değerlerine baktığımızda bu olağandışı olay hakkında bize ipucu verebilecek bir değişimin olmadığını görüyoruz.

3.2.2 Merkez zaman Mann-Kendall trend analizi

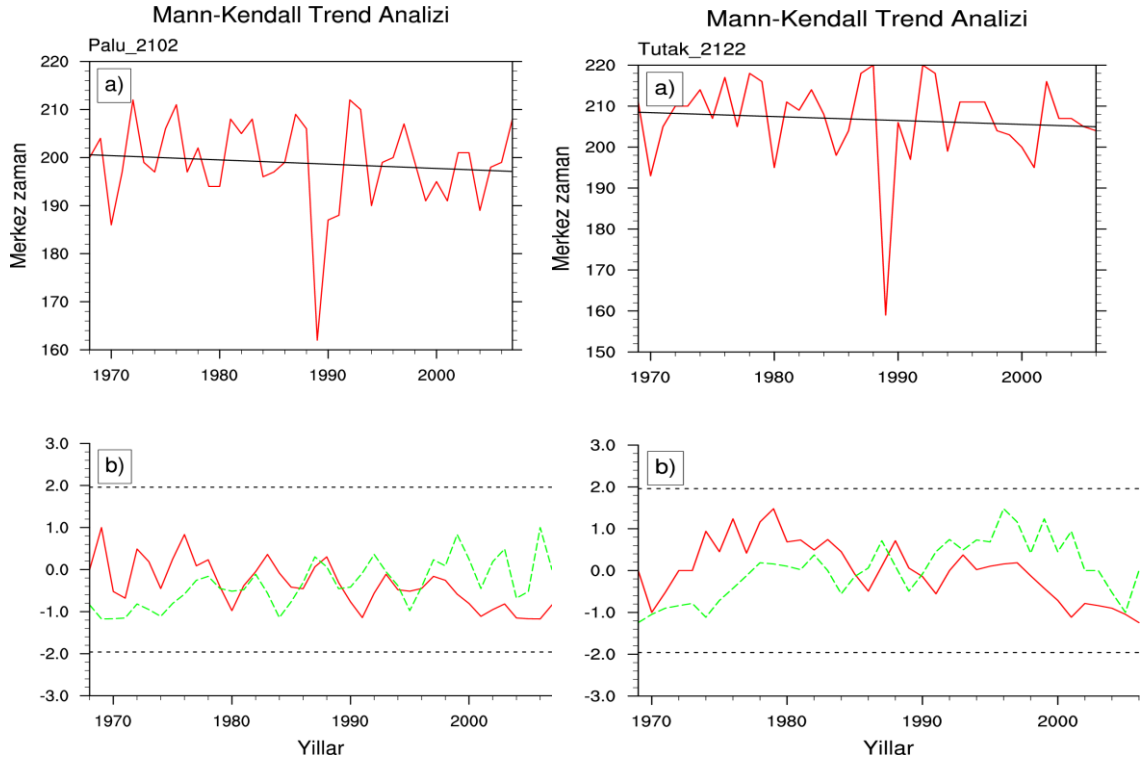
Merkez zaman grafiklerinden anlaşıldığı gibi, merkez zaman gün değerleri yıldan yıla farklılık göstermektedir ve 8 istasyon için de merkez zaman gününün son yıllarda öne çekilme eğiliminde olduğu anlaşılmaktadır. Bu eğilimin ne kadar anlamlı olduğunu görmek amacıyla, %95 güvenilirlik seviyesine göre Mann-Kendall istatistik yöntemi ile her bir istasyona trend analizi uygulanmış ve azalma veya artma eğiliminin hangi zaman aralığında olduğu araştırılmıştır.



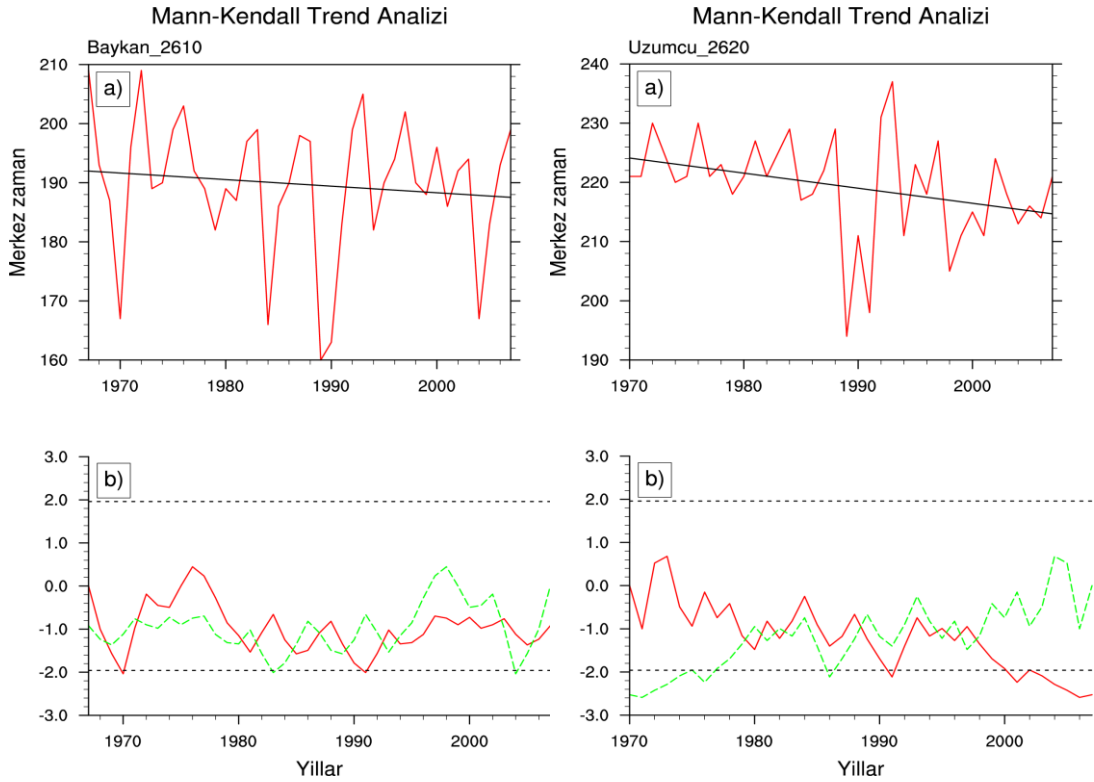
Şekil.3.23 Bağıştas istasyonu (solda) ve Çayağazı istasyonu (sağda) Mann-Kendal trend testi



Şekil.3.24 Karaköprü istasyonu (solda) ve Melekbahçe istasyonu (sağda) Mann-Kendal trend testi



Şekil.3.25 Palu istasyonu (solda) ve istasyonu Tutak (sağda) Mann-Kendal trend testi



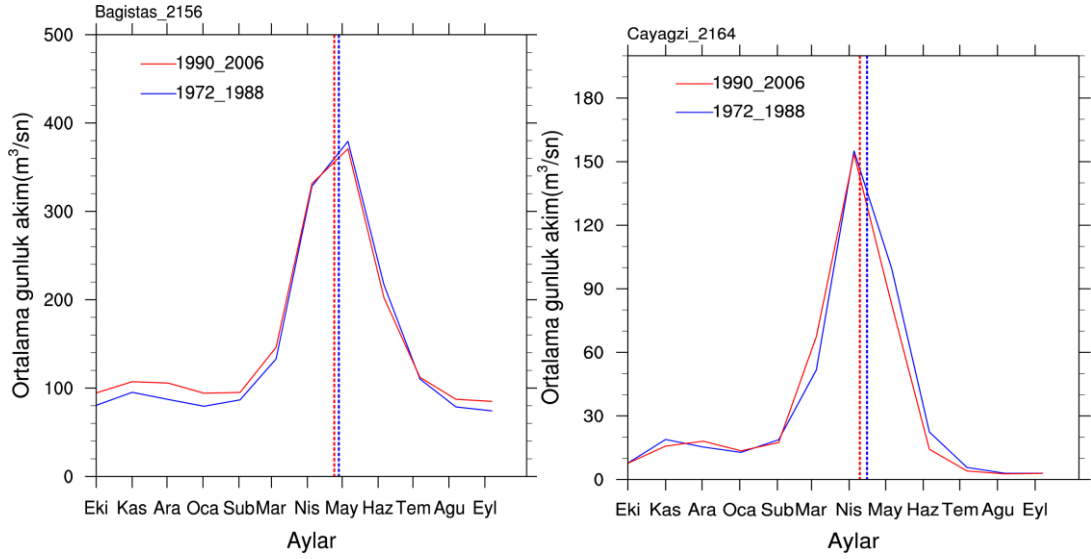
Şekil.3.26 Baykan istasyonu (solda) ve Üzümcü istasyonu (sağda) Mann-Kendal trend testi

Bütün istasyonların merkez zaman değerlerinin 1960'lı yıllardan 2000'li yılların başlangıcına kadar öne çekilme eğiliminde olduğu merkez zaman grafiklerinde gösterilmişti. Bu azalma eğiliminin ne kadar anlamlı olduğu ise, Mann-Kendall trend testine göre özellikle Üzümcü istasyonunda 1990'lı yılların başında ve 2000'li yılların başından itibaren az bir zaman dilimi de olsa belirgin bir şekilde olduğu gözükmektedir. Ayrıca Baykan istasyonunun da çok kısa bir zaman dilimi de olsa 1970'li ve 1990'lı yılların başında anlamlı azalma eğilimini yakaladığı grafiklerden anlaşılmaktadır.

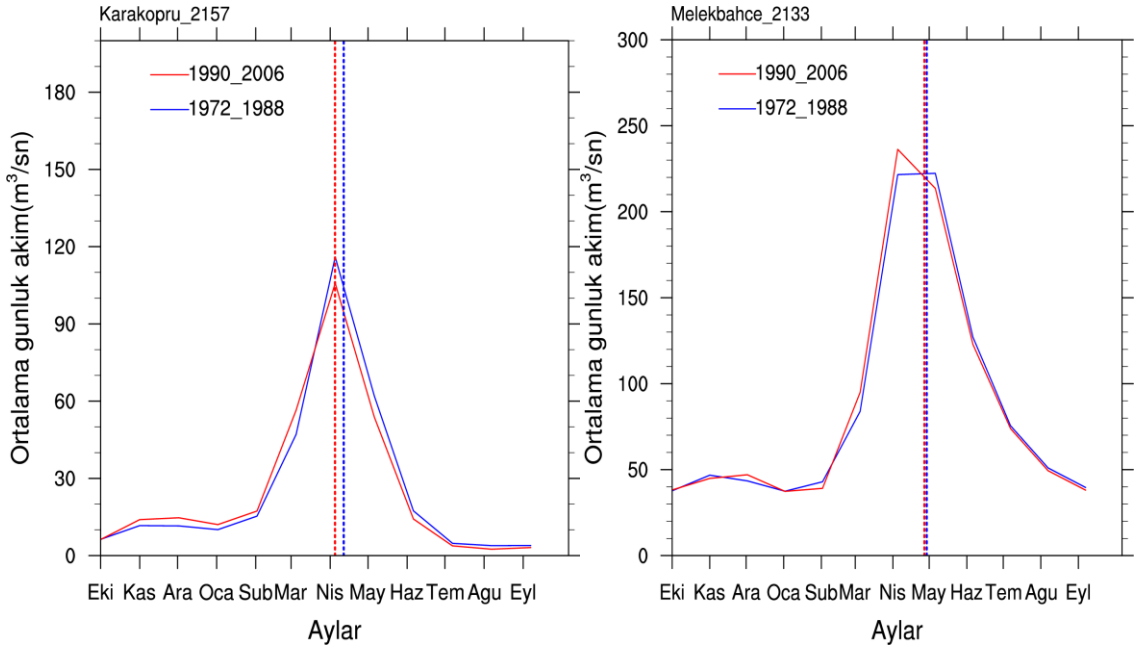
Azalma veya artma eğiliminde olan istasyonun anlamlılık seviyesini yakalayabilmesi için %95 güvenilirlik seviyesine göre 1.96 veya -1.96 sınırını geçmesi gerekir. Bütün istasyonlarda, belirli yıllarda, merkez zamanda artma veya azalma eğilimleri söz konusudur. Genel anlamda anlamlı bir eğilimden söz edebilmemiz için bu eğilimlerin kısa zaman diliminde değil, uzun yıllar süresince anlamlılık seviyesinde devam etmesi gerekmektedir. Şu an için anlamlı bir seviyede olmamakla birlikte, özellikle istasyonların büyük bir kısmında 1990'lı yıllardan sonra başlayan merkez zaman değerlerinin erkene çekilmesi 2000'li yıllarda da uzun bir dönem devam etmesi durumunda, istatistiksel olarak anlamlılık seviyesinin yakalanacağı kuşkusuzdur.

3.2.3 Nehir akım ortalamalarının farklı iki zaman dilimi analizi

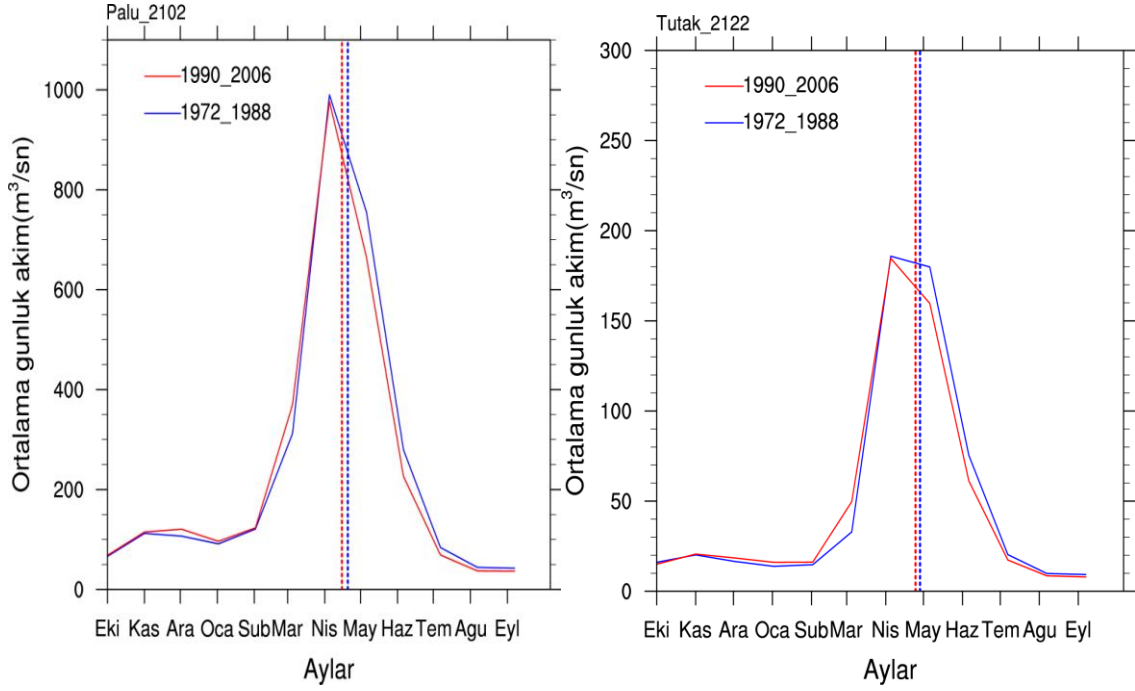
Merkez zaman değerlerinin öne çekilmesinin hangi zaman diliminde olduğu çok önemlidir. Karbon salınımlarının Dünya'da özellikle 1960'lı yıllardan itibaren artması birçok bölgede ısınmaya sebebiyet vermektedir. Ancak bu sıcaklık artışının Türkiye'de 1990'lı yıllardan itibaren başladığını Şekil.1.2. den açıkça görüyoruz. Bu durumu göz önünde bulundurularak nehir akım değerleri ve merkez zaman günleri iki ayrı periyotta incelenmiştir. Bu iki zaman dilimini belirlerken İklim Araştırma Birimi (CRU) verisi ile çizdirilmiş olan Dünya ve Türkiye ortalama sıcaklık anomali verisi baz alınmış ve ilk periyod 1990-2006 yılı arasındaki ortalama değerler olarak belirlenmiştir. İkinci periyod ise yıl sayısı aynı olacak şekilde 1972 ve 1988 yılları arasındaki zaman dilimi olarak seçilmiştir. Bu iki dönem meteorolojik istasyonlarda ölçülen sıcaklık değerleri bakımından birbirinden çok farklıdır. Eğer bu iki zaman diliminde merkez zaman günlerinin 1972-1988 dönemi ortalaması, 1990-2006 dönemine göre daha fazla olursa gerçekten bu bölgenin bir ısınma eğilimi içerisinde olduğu söylenebilir. Bunu söylerken, gün sayılarının ne kadar olduğu da önem arz etmektedir. 1989 yılı periyodun ortalama değerlerinde sapmaya neden olacağından bu çalışmada dikkate alınmamıştır.



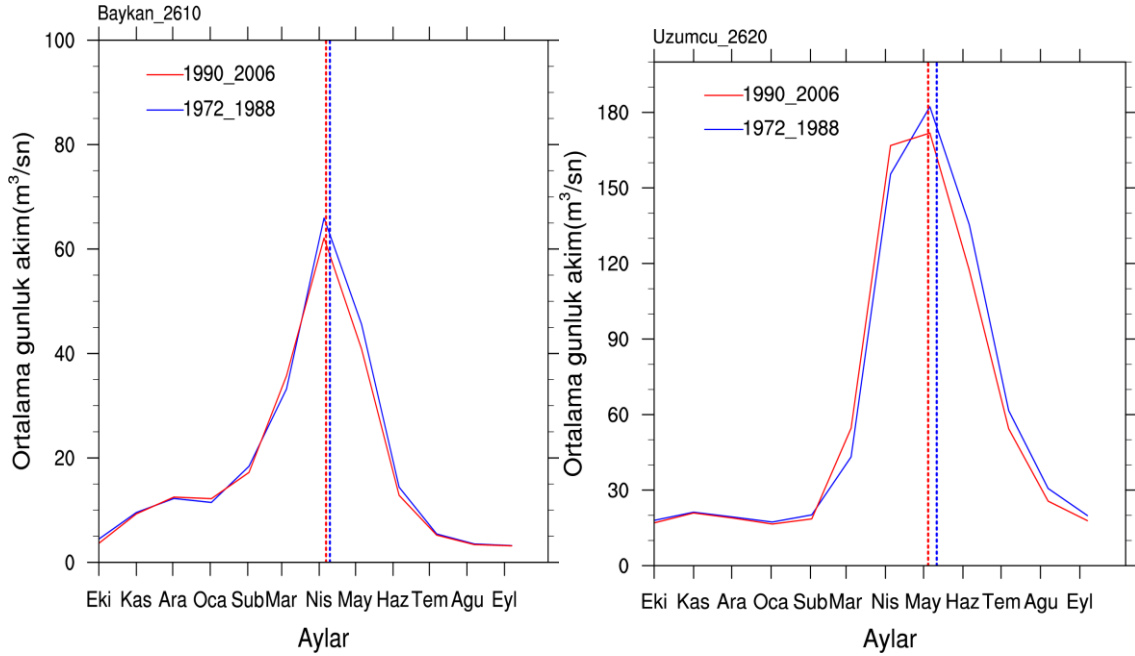
Şekil.3.27 Bağıştaş ve Çayağzı istasyonlarının 1990-2006 ve 1972-1988 yılları arası ortalama akım değerleri ve merkez zaman günlerinin karşılaştırılması.



Şekil.3.28 Karaköprü ve Melekbahçe istasyonlarının 1990-2006 ve 1972-1988 yılları arası ortalama akım değerleri ve merkez zaman günlerinin karşılaştırılması.



Şekil.3.29 Palu ve Tutak istasyonlarının 1990-2006 ve 1972-1988 yılları arası ortalama akım değerleri ve merkez zaman günlerinin karşılaştırılması.



Şekil.3.30 Baykan ve Üzümcü istasyonlarının 1990-2006 ve 1972-1988 yılları arası ortalama akım değerleri ve merkez zaman günlerinin karşılaştırılması.

Her istasyon için iki ayrı periyotta merkez zaman günleri sayısal değerleri Tablo.3.1`de verilmiştir.

Tablo.3.1 Fırat ve Dicle nehri gözlem istasyonları ve iki farklı dönem için merkez zaman günleri ortalaması.

İstasyon Adı	1972-1988 merkez zaman ortalaması	1990-2006 merkez zaman ortalaması	Merkez zaman farkı
Bağıştaş	211	207	-4
Çayağzı	198	191	-7
Karaköprü	194	187	-7
Melekbahçe	211	209	-2
Palu	202	197	-5
Tutak	210	206	-4
Baykan	192	189	-3
Üzümcü	223	215	-8

Bu sonuçlara göre merkez zaman farkı değerlerinin önündeki eksi (-) işareti son 16 yıllık periyottaki azalışı ifade etmektedir. Bağıştaş istasyonunda 1990-2006 döneminde 1972-1988 dönemine göre merkez zaman günü ortalama 4 gün öne çekilmiştir. Çayağzı ve Karaköprü istasyonlarında 7'şer gün, Melekbahçe istasyonunda 2 gün, Palu istasyonunda 5 gün, Tutak istasyonunda 4 gün, Baykan istasyonunda 3 gün, Üzümcü istasyonunda ise 8 gün öne çekilme vardır.

İki farklı periyot için ortalama aylık nehir akımlarının değişimlerine grafiklerden baktığımızda ise akım miktarlarında çok büyük değişimler olmamıştır. Zaten bu çalışmadaki öncelikli amaç, ortalama akım miktarının değişiminin bize çok fazla bilgi vermeyecek olması nedeniyle, merkez zamandaki değişimin incelenmesi olmuştur.

3.2.4 Farklı iki periyodun merkez zaman günlerinin t-test istatistiği

1972-1988 ve 1990-2006 periyodu arasındaki merkez zaman değerlerinin 16 yıllık ortalama değerlerine genel anlamda baktığımızda, 1990-2006 periyodunda 1972-1988 dönemine göre merkez zaman değerlerinde azalma görülmektedir. 8 istasyonda bu azalma değeri 2 ila 8 gün arasında değişmektedir.

Gün farklarının istatistiksel olarak ne anlam ifade ettiğini anlamak için iki ayrı periyodun merkez zaman ortalamalarını t-test yöntemi ile analiz edilmiştir.

İki periyot da 16 yıldan oluşmaktadır ve T-test tablosundan %95 anlamlılık seviyesine göre 16 yıl için belirlenen kritik değer 2.04'e karşılık gelmektedir. Her istasyon için bulunan t değeri bu değerden büyük ise o istasyonda gerçekten merkez zaman değerinde anlamlı bir azalış olduğu söylenebilir. Tablo 3.2 de 8 istasyon için bulunan t-test değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo.3.2 Fırat ve Dicle nehri gözlem istasyonları ve iki farklı dönem için merkez zaman günleri ortalaması t-test istatistiği.

İstasyon Adı	Kritik Değer	t değeri	Sonuç
Bağıştaş	2.04	1.57	-
Çayağzı	2.04	2.18	+
Karaköprü	2.04	2.27	+
Melekbahçe	2.04	0.83	-
Palu	2.04	2.07	+
Tutak	2.04	1.45	-
Baykan	2.04	0.91	-
Üzümcü	2.04	2.63	+

Özet olarak, 4 istasyonda sonuç negatifken 4 istasyonda pozitif durumdadır. Artı değerler pozitif durumu yani azalmanın anlamlı olduğunu, negatif değerler ise azalmanın var olduğunu ancak anlamlı bir seviyede olmadığını göstermektedir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1. Genel Sonuçlar

Sıcaklık ve yağış nehir akımlarının yıllık zamansal değişimlerine etki eden en önemli iki meteorolojik parametredir. Özellikle kar suyu ile beslenen nehir havzalarında kar erimelerinin erken olması nehir akımlarını doğrudan etkilemektedir. Sıcaklığın artması kar erimelerini erkene çekip o bölgenin iklim şartlarının değişmesine sebep olmaktadır. Bu çalışmada öncelikle Fırat ve Dicle havzalarından seçilen 8 adet nehir akım istasyonunun merkez zaman metodu ile akım zamanlarındaki azalış veya artış eğilimi incelenmiştir. Bu metoda göre bütün istasyonlarda merkez zaman günlerinde öne çekilme eğilimi olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar çalışmanın başlangıcı için çok önemli bir bulgudur.

Akımların yıllık zamansal değişimlerinde öne çekilme eğiliminin sıcaklık veya yağışa bağlı olduğunu anlamak için her akım istasyonuna en yakın meteorolojik istasyon ölçümlerinden yararlanılmıştır.

Gündüz sıcaklıklarının kış mevsiminde 0 °C den yüksek olması kar erimelerini büyük ölçüde hızlandırmaktadır. Şehirlere en yakın akım istasyonlarının ortalama merkez zaman gününe kadarki 0 °C den yüksek gün sayıları analiz edildiğinde bu değerlerin artış eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Bu artış eğilimi neticesinde kar erimleri erkene çekilmektedir, aynı zaman diliminde istasyonların merkez zaman günlerinde de azalış eğilimi olması bu iki analizin birbiriyle tamamlayıcı olduğunun göstergesidir.

Ancak merkez zaman günlerinde azalma eğilimi tespit edilen 8 istasyon için bu azalmanın ne kadar anlamlı olduğu da ayrı bir önem taşımaktadır. Mann-Kendal trend testi ile %95 güvenilirlik seviyesine göre her istasyonun merkez zaman günlerinin istatistiksel olarak hangi yılda nasıl bir eğilim içerisinde olduğu incelenmiştir. Bu sonuçlara göre 1990'lı yıllardan sonra azalma eğiliminin birçok istasyon için belirgin olduğu gözükmektedir. Özellikle Üzümcü istasyonunda 2000'li yıllardan sonra anlamlı bir azalma olduğu trend testi sonucunda açıkça belli olmaktadır (Şekil.3.26).

İklim değişimine Dünya, Türkiye ve Fırat-Dicle havzası açısından baktığımızda, sıcaklık artışları Dünya'da ve Türkiye'de aynı zaman diliminde gerçekleşmiyor (Şekil.3.1).

Dünya’da artış 1960’lı yıllardan sonra Türkiye’de ise 1990’lı yıllardan sonra gerçekleşmektedir. Fırat ve Dicle havzasında ise bu artışın Türkiye geneli ile aynı paralelde gittiği ancak 1990 yılından sonra artışın daha fazla olduğu çok açıktır (Şekil.3.2). 1990 öncesi ve sonrası Türkiye’de ortalama sıcaklıklar birbirinden farklı eğilim izlemektedir. Şekil 3.1 ten anlaşılacağı üzere 1970 ve 1990 arasındaki dönem sıcaklık anomalisi değerleri normallerinin altındadır. Bu da soğumanın işaretidir. 1990 ve sonrası ise ani bir sıcaklık artışı yaşanmıştır ve günümüzde de Türkiye’nin hala ısınma periyodu içerisinde olduğunun göstergesidir.

Çalışmada incelenen nehir akım verileri 1960 sonu ve 2006 yılını kapsamaktadır. Merkez zaman ortalamalarındaki değişimi anlamak için 1972-1988, 1990-2006 yılları arasındaki biri ısınma diğeri soğuma periyodu olan (meteorolojik gözlem verilerine göre) iki ayrı veri kümesi incelenmiştir. Her iki dönemin merkez zaman ortalamalarının farkı baz alınarak gün olarak değişimin ne kadar olduğu hesaplanmıştır. 1990-2006 yılları arasındaki merkez zaman ortalamasının 1972-1988 dönemine göre farkı alınarak istasyonlarda 2 ila 8 gün arasında azalma olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.1). Bu analiz 1970 ve 2006 yılları arasındaki meteorolojik ölçümler sonucu belirlenen soğuma ve ısınma periyodunun kırsal arazide de aynı şekilde olduğunu ispat eder niteliktedir. 1989 yılının bu dönem içine katılmamasının sebebi bütün istasyonlarda bu yılda merkez zaman günlerinde anormal bir azalış değerinin olmasıdır. 1989 yılı başlı başına incelenmesi gereken bir yıldır. Bu yıl için sıcaklık verilerinde nehir akımlarını etkileyecek herhangi bir bulguya rastlanmamıştır. Şehir istasyonlarının yağış grafiklerinde (örneğin Şekil 3.16) ise 1988 yılının çok yağışlı 1989 yılının çok kurak bir yıl olduğu belirgindir. Bu durum tüm istasyonlar için geçerlidir. Kar yağışının olmaması da nehir akım miktarını ve zamanını etkileyebilmektedir. Bir bölgesel iklim modeli ile 1989 yılını içine alan 3-4 yıllık simulasyon yapmak, o dönemin atmosferik koşullarına dair daha detaylı bilgiler elde etmemizi ve gerçekçi yorumlar yapmamızı sağlayacaktır . Bir sonraki adım olarak bu model yaklaşımı planlanmaktadır.

1990-2006 döneminde merkez zaman günlerindeki öne çekilmenin gün olarak ne kadar anlamlı olduğunu anlamak için hipotez testlerinden en yaygın olarak kullanılan t-test istatistiği ile akım istasyonları incelenmiştir. Tablo 3.2’de belirtildiği gibi t-testi sonucunda Çayağzı, Karaköprü, Palu ve Üzümcü istasyonlarında azalmanın %95

güvenilirlik seviyesine göre anlamlı olduğu, diğer istasyonlarda ise gün olarak öne çekilme olmasına rağmen anlamlı bir azalış olmadığı sonucu ortaya çıkmıştır.

Bu çalışma erken kar erimelerine bağlı ve nehir akımlarının zamansal değişimini ortaya koyma açısından Türkiye’de yapılan ilk çalışmadır. Bütün Dünya’da olduğu gibi Türkiye’de de iklim değişimi sinyalini tesbit etmek için yapılan çalışmalarda şehirler içinde kalan istasyonlarda ölçülen meteorolojik veriler kullanılmaktadır. Bu çalışmaların doğruluğu ve güvenilirliği konusunda, veri kalitesi ve şehir ısı adası nedeniyle belirsizlikler yaşanmaktadır. Bu çalışmada, yukarıda bahsedilen problemlerden uzak, insan etkisinin görülmediği kırsal arazideki nehir akım verileri ile iklim değişimine dair bulgular elde edilmeye çalışılmıştır. 30 yıla yakın bir süredir ısınma eğilimi içerisinde olan Türkiye’de, Fırat-Dicle havzasındaki nehirlerin akım zamanlarındaki öne çekilme bu ısınma periyodunun sadece şehirlerde değil kırsal arazide de gerçekleştiğini doğrular niteliktedir.

Ancak ısınma eğilimi belirgin olsa bile Türkiye’de iklim değişimini anlayabilmek için daha uzun süreli ve birçok bölgeyi kapsayan nehir havzaları ile ilgili çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Küresel iklim modelleri ile geleceğe dair yapılan senaryolarda 2100 yılına kadar sıcaklıkların Akdeniz havzasında 2-5 derece artacağı öngörülmektedir. Son yüzyılda sıcaklık artışı 0.8 derece civarında olmuştur. 1 derecenin az ortalama sıcaklık artışı dahi Türkiye’deki nehirlerin su rezervlerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Gelecek yüzyılda 2-5 derece arasındaki artış öngörülerini gerçek olursa, iklim değişiminin Türkiye’de olası etkilerini ortaya koymak açısından bu çalışmanın önemi bir kez daha artmaktadır. Kar erimesi ile beslenen nehirlerin bu değişim sinyalini anlamak açısından ne kadar iyi bir çalışma sahası olacağı bu çalışma ile ileride daha iyi anlaşılacaktır.

KAYNAKLAR

Apel, J. R., 1987. *Principles of Ocean Physics*, Academic Press.

Augado, E., Cayan, D., Riddle, L., ve Roos, M., 1992. ‘Climatic Fluctuations and the Timing of West Coast Streamflow’, *J. Climate* **5**, 1468–1481.

Cayan, D. R., Kammerdiener, S. A., Dettinger, M. D., Caprio, J. M., ve Peterson, D. H., 2001. ‘Changes in the Onset of Spring in the Western United States’, *Bull. Amer. Meteorol. Soc.* **82**, 399–415.

İklim Değişikliği, 2007. *The Physical Science Basis* Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC.

Dalfes, N ve Karaca, M., 2008. “Türkiye İçin İklim Değişikliği Senaryoları” TÜBİTAK KAMAG Projesi 105G015

Dettinger, M. D., ve Cayan, D. R., 1995. Large-scale atmospheric forcing of recent trends toward early snowmelt runoff in California. *J. Climate*, **8**, 606–623.

Duncan Cramer, Dennis Howitt, 2004. *The Sage Dictionary of Statistics*, pg. 76.

Ezber Y., Sen O.L., Kindap T., Karaca M., 2007. “Climatic effects of urbanization in İstanbul: a statical a modeling analysis” *International Journal of Climatology*, **27**: 667-679.

IPCC, 1996a. *Climate Change, 1995. The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Houghton J, T., *et al.*, eds., WMO/UNEP. Cambridge University Press, NewYork.

IPCC, 2001a: *Climate Change 2001: The Scientific Basis. A Contribution of Working Group I to Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate.*

Kalande BD, Oke TR., 1980. Suburban energy balance estimates for Vancouver, B. C., using the Bowen ratio energy balance approach. *Journal of Applied Meteorology* **19**: 791–802.

Milankovitch, Milutin (1998) [1941]. *Canon of Insolation and the Ice Age Problem.*

NASA, 2008. Global Climate Change
<http://climate.jpl.nasa.gov/index.cfm> 20.04.2009

Primeau, F., 2005. Characterizing transport between the surface mixed layer and the ocean interior with a forward and adjoint global ocean transport model, *Journal of Physical Oceanography*, **35**, 545-564.

Pupacko, A., 1993. ‘Variations in Northern Sierra Nevada Streamflow: Implications of Climate Change’, *Wat. Resour. Bull.* **29**, 283–290.

Roos, M., 1987. ‘Possible Changes in California Snowmelt Patterns’, Proc., 4th Pacific Climate Workshop, Pacific Grove, California, 22–31.

Roos, M., 1991. A trend of decreasing snowmelt runoff in northern California. *Proc.59th*

Stewart, I. T., Cayan, D. R., ve Dettinger, M. D., 2003. ‘Changes towards Earlier Streamflow Timing across Western North America’, in preparation.

Stewart, I. T., Cayan, D. R., ve Dettinger, M. D., 2004. Changes in snowmelt runoff timing in Western North America Under a ‘business as usual’ climate change scenario. *Western Snow Conf.*, Juneau, AK, 29–36.

Türkiye İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi Raporu, 2007

USGS, 2005 U.S. Geological Survey

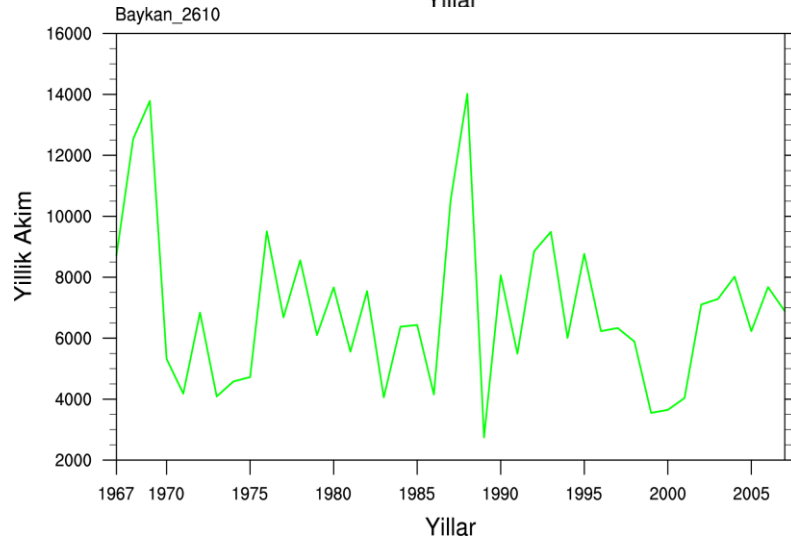
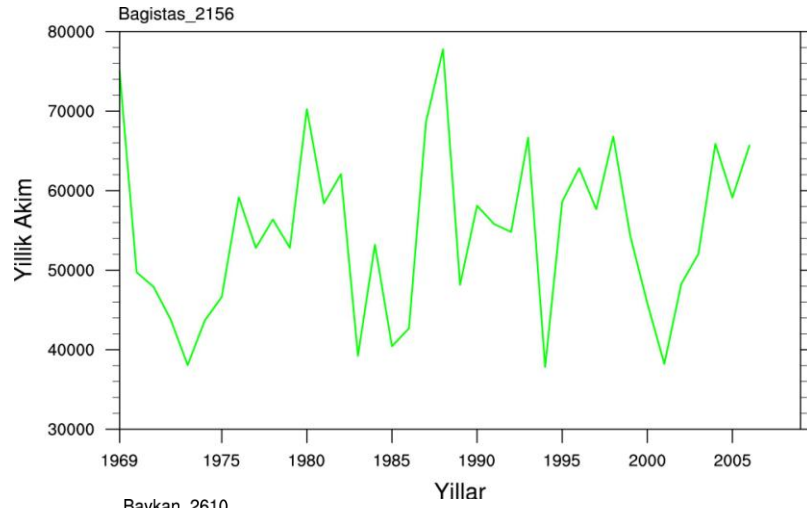
Voogt, J.A. ve Oke T.R., 2003. Thermal remote sensing of urban areas. *Remote Sensing of Environment* (special issue on Urban Areas), 86, 370-384.

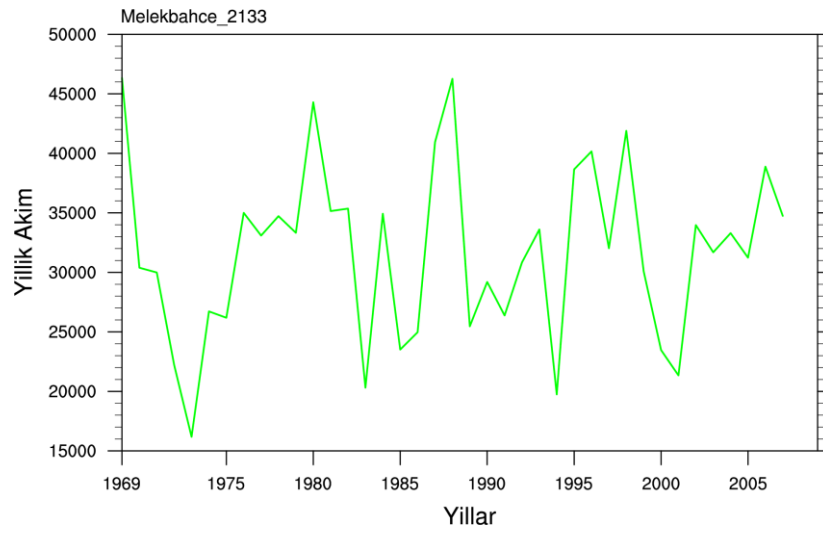
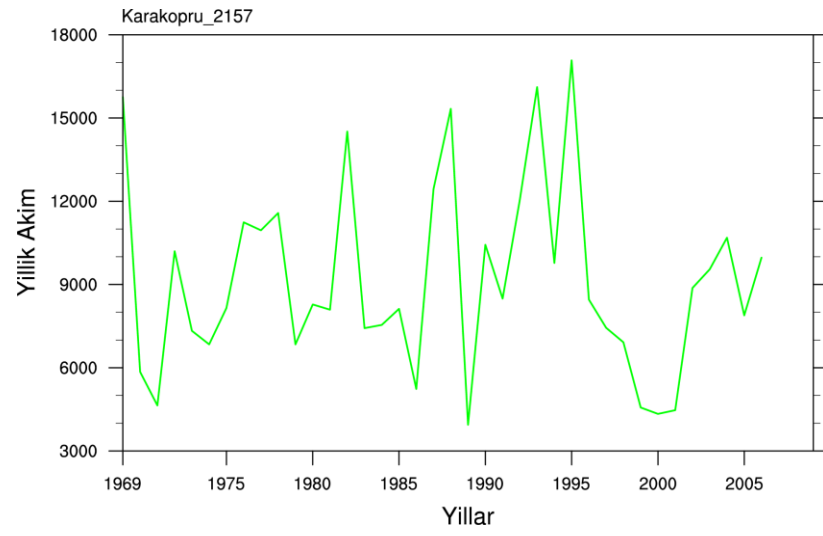
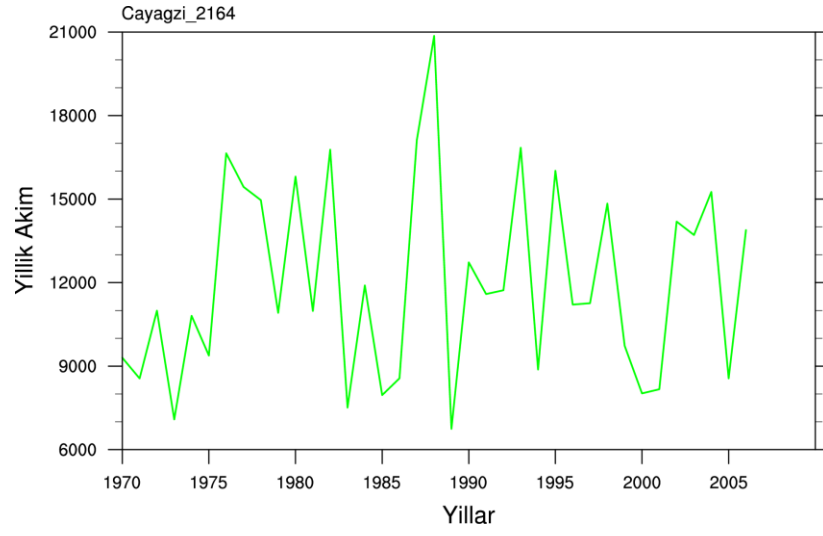
Wahl, K. L., 1992. ‘Evaluation of Trends in Runoff in the Western United States’, AWRA, Managing Water Resources during Global Change, 701–710.

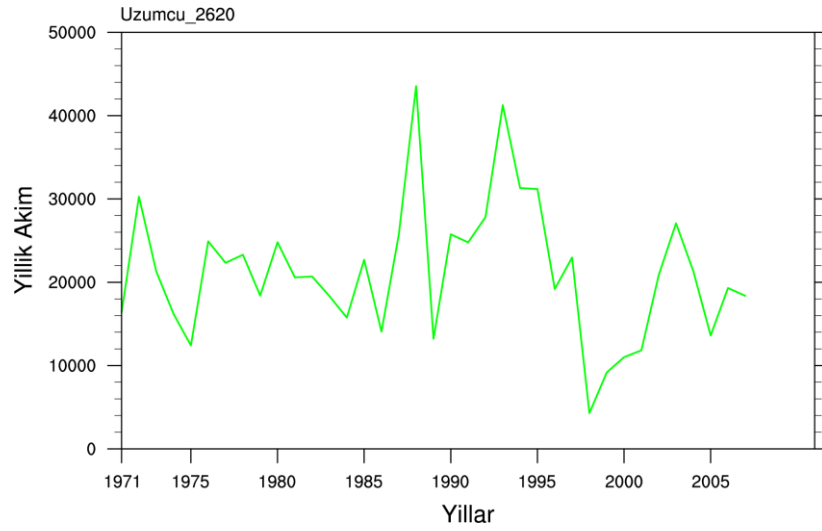
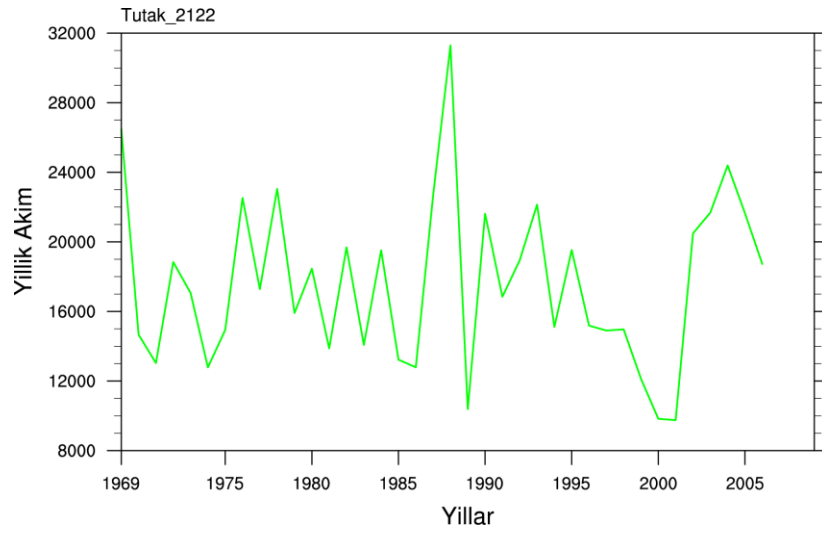
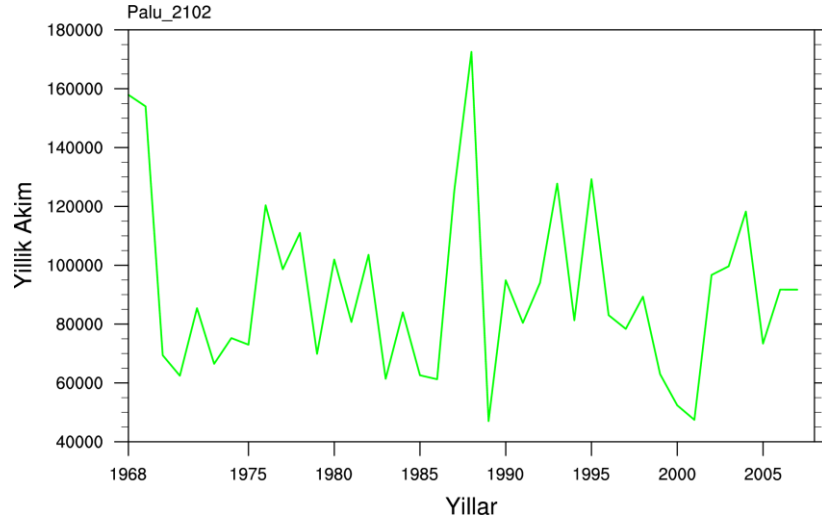
Yue, S., Pilon, P., Cavadias, G., 2002. Power of the Mann-Kendall and Spearman’s Rho Tests for Detecting Monotonic Trends in Hydrological Series, *Journal of Hydrology* 259, 254-271.

EKLER

EK-A. Nehir akım gözlem istasyonlarının yıllık akım toplamlarının grafikleri







ÖZGEÇMİŞ

Bahadır Altürk, 1 Haziran 1982 tarihinde Tekirdağ'da doğdu. İlköğrenimini Hacıilbey İlkokulu, ortaöğrenimini 50.Yıl Ortaokulu ve lise eğitimini Tuğlacılar Lisesinde tamamladı. 2000 yılında Hacettepe Üniversitesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başladı. 2004 yılında lisans öğrenimini '1.sınıf lüks restoranta ait mimari bir projenin 3 farklı türde dekorasyonu' başlıklı tez konusuyla tamamlayarak mezun oldu. 2005-2007 yılları arasında özel sektörde çalıştı. Eylül 2007'de Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü İklim ve Deniz Bilimleri Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı.

