



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SAKARYA HAVZASI AKIM VERİLERİNİN
DENDROKLİMATOLOJİK YÖNTEMLERLE
RÖKONSTRÜKSİYONLARI**

**Orman Mühendisi Hüseyin Tuncay GÜNER
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Orman Botaniği Programı**

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Nesibe KÖSE**

Temmuz, 2010

İSTANBUL

Bu çalışma 02/07/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Orman Botaniği programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.


Tez Jürisi


Yrd. Doç. Dr. Nesibe KÖSE (Danışman)
İstanbul Üniversitesi


Prof. Dr. Ünal AKKEMİK
İstanbul Üniversitesi


Prof. Dr. Nüzhet DALFES
İstanbul Teknik Üniversitesi


Prof. Dr. Meral AVCI
İstanbul Üniversitesi


Doç. Dr. Yusuf SERENGİL
İstanbul Üniversitesi

Bu alışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi 3690 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Bu alışma TÜBİTAK ÇAYDAG-107Y267 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

“Sakarya Havzası Akım Verilerinin Dendroklimatolojik Yöntemlerle Rökonstrüksiyonları” adlı çalışma İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Botaniği Programında’nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışma, İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Botaniği Anabilim Dalı Dendrokronoloji Laboratuvarlarında. Ölçümlerin bir kısmı ise Cornell Yıllık Halka Laboratuvarlarında yapılmıştır.

Lisans eğitimime başladığım İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümünde, Dendroloji dersiyle kendisini tanıdığım, lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca iyi bir Orman Mühendisi olmam için bilgi ve birikimlerini benden esirgemeyen, daima yol gösteren, bu tezin hazırlanmasında da bana her zaman destek olan ve kendisinden öğreneceğim daha çok şey varken zamansız aramızdan ayrılan merhum hocam Prof. Dr. Asuman EFE’yi saygıyla anıyorum.

Çalışmalarım süresince gerek ders aşamasında ve gerekse tez çalışmasını hazırlarken bana her konuda yardımcı olan danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Nesibe KÖSE’ ye teşekkür ederim.

Tez süresince yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Ünal Akkemik, Yrd. Doç. Dr. Coşkun KÖSE ve Araş. Gör. Nurgül Karlıoğlu’na, arazi çalışmalarında ve tezin yazımı sırasındaki büyük destek ve yardımlarını gördüğüm Orm. Müh. Ali KAYA ve Serkan KARA’ya teşekkür ederim.

Arazi çalışmaları sırasında bilgi ve yardımlarını esirgemeyen Bilecik Orman İşletme Müdürlüğüne, Kütahya Orman İşletme Müdürlüğüne, Eskişehir Orman Bölge Müdürlüğüne, Çatacık Orman İşletme Müdürlüğüne ve Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğüne ve Orman Yüksek Mühendisi Mehmet TOKCAN ile Dr. Abdurrahim AYDIN’ a destek ve yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarında yardım eden Prof. Dr. Tomasz Wazny, Prof. Dr. Sturt W. Manning ve Rachel Kulick'e teşekkür ederim.

Meteoroloji istasyonunlarına ait iklim verilerini ve akım gözlem istasyonlarına ait akım verilerini sağlayan Ozan M. GÖKTÜRK'e teşekkür ederim.

Yüksek Lisans tezim süresince benden ilgi ve desteklerini esirgemeyen aileme ve nişanlıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran, 2010

Hüseyin Tuncay GÜNER

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
TABLO LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR	4
2.1. DENDROKRONOLOJİ VE ALT DALLARI.....	4
2.1.1. Dendrohidroloji	4
2.2. YILLIK HALKALAR VE YILLIK HALKA GENİŞLİĞİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER	5
2.2.1. Sıcaklığın Yıllık Halka Genişliği Üzerindeki Etkisi.....	6
2.2.2. Yağışın Yıllık Halka Genişliği Üzerindeki Etkisi.....	9
2.3. DENDROKRONOLOJİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ	12
2.3.1. Dendroklimatolojik Çalışmalar	14
2.3.2. Dendrohidrolojik Çalışmalar.....	18
2.4. AKIMIN TANIMI VE ETKİ EDEN FAKTÖRLER	19
2.4.1. Akım (Debi)	19
2.4.2. Akıma Etki Eden Faktörler	20
2.4.2.1 İklim	20
2.4.2.2 Jeomorfolojik Özellikler.....	20
2.4.2.3 Zeminin Litolojik Özellikleri	21
2.4.2.4 Bitki Örtüsü	21
2.4.2.5 Yeraltı suları ve Kaynakları	21
2.4.2.6 Göller	21
2.4.2.7 İnsan.....	21

3. MALZEME VE YÖNTEM	22
3.1. ARAŞTIRMA ALANININ TANIMI	22
3.1.1. Araştırma Alanının Coğrafi Özellikleri	22
3.1.2. Araştırma Alanının İklim Özellikleri	24
3.1.3. Araştırma Alanının Bitki Örtüsü.....	25
3.2. ARAŞTIRMA MALZEMELERİ, ÖRNEK ALAN SEÇİMİ VE ÖRNEKLERİN ALINMASI	29
3.3. YILLIK HALKA ANALİZLERİ	36
3.3.1. Dendrokronolojik Yöntemler	36
3.3.1.1. <i>Yıllık Halka Genişliklerinin Ölçülmesi</i>	36
3.3.1.2. <i>Eşleştirme (Crossdating)</i>	36
3.3.1.3. <i>Standartlaştırma</i>	37
3.3.1.4. <i>Otoregresif Modeller</i>	37
3.3.1.5. <i>Grafiklerin Karşılaştırılması</i>	38
3.3.1.6. <i>Yöre Kronolojilerinin Elde Edilmesi</i>	39
3.3.1.7. <i>Duyarlılık Katsayıları</i>	40
3.3.1.8. <i>İşaretin Gürültüye Oranı</i>	41
3.3.2. Dendroklimatolojik Yöntemler	41
3.3.2.1. <i>Meteorolojik Veriler</i>	41
3.3.2.2. <i>Tepki Fonksiyonları</i>	42
3.3.3. Dendrohidrolojik Rökonstrüksiyonlar	43
4. BULGULAR	46
4.1. DENDROKRONOLOJİK BULGULAR	46
4.1.1. Bilecik Civarı Yöre Kronolojisi	46
4.1.1.1. <i>ERC Yöre Kronolojisi</i>	46
4.1.2. Bolu Civarı Yöre Kronolojileri	48
4.1.2.1. <i>SEB Yöre Kronolojisi</i>	48
4.1.2.2. <i>YAY Yöre Kronolojisi</i>	50
4.1.2.3. <i>YAU Yöre Kronolojisi</i>	52
4.1.2.4. <i>YUB Yöre Kronolojisi</i>	53
4.1.2.5. <i>CIM Yöre Kronolojisi</i>	55
4.1.2.6. <i>BOL Yöre Kronolojisi</i>	57

4.1.3. Eskişehir Civarı Yöre Kronolojileri	59
4.1.3.1. TAN Yöre Kronolojisi.....	59
4.1.3.2. SAV Yöre Kronolojisi.....	60
4.1.3.3. EKS Yöre Kronolojisi.....	63
4.1.4. Kütahya Civarı Yöre Kronolojileri	65
4.1.4.1. AHM Yöre Kronolojisi	65
4.1.4.2. SIA Yöre Kronolojisi	67
4.2. DENDROKLİMATOLOJİK BULGULAR.....	68
4.2.1. Tepki Fonksiyonu	68
4.2.1.1. ERC Yöre Kronolojisi (Bilecik) Tepki Fonksiyonu	68
4.2.1.2. SEB Yöre Kronolojisi (Bolu) Tepki Fonksiyonu	69
4.2.1.3. YAY Yöre Kronolojisi (Bolu) Tepki Fonksiyonu	71
4.2.1.4. YAU Yöre Kronolojisi (Bolu) Tepki Fonksiyonu.....	72
4.2.1.5. YUB Yöre Kronolojisi (Bolu) Tepki Fonksiyonu.....	73
4.2.1.6. CIM Yöre Kronolojisi (Bolu) Tepki Fonksiyonu.....	74
4.2.1.7. BOL Yöre Kronolojisi (Bolu) Tepki Fonksiyonu.....	75
4.2.1.8. TAN Yöre Kronolojisi (Eskişehir) Tepki Fonksiyonu	76
4.2.1.9. SAV Yöre Kronolojisi (Eskişehir) Tepki Fonksiyonu.....	77
4.2.1.10. EKS Yöre Kronolojisi (Eskişehir) Tepki Fonksiyonu.....	78
4.2.1.11. AHM Yöre Kronolojisi (Kütahya) Tepki Fonksiyonu	79
4.2.1.12. SIA Yöre Kronolojisi (Kütahya) Tepki Fonksiyonu	80
4.2.1.13. Diğer yöre kronolojileri için oluşturulan Tepki Fonksiyonları	81
4.3. DENDROHİDROLOJİK BULGULAR	86
4.3.1. Kocasu akım verilerinin rökonstrüksiyonu.....	86
5.TARTIŞMA VE SONUÇ.....	90
5.1. DENDROKRONOLOJİK SONUÇLAR.....	90
5.2. DENDROKLİMATOLOJİK SONUÇLAR	94
5.2.1. Tepki Fonksiyonu Sonuçları	94
5.3. DENDROHİDROLOJİK SONUÇLAR	97
KAYNAKLAR	101
ÖZGEÇMİŞ.....	107

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1	: Sakarya Havzası'nın coğrafi konumu (Aster Gdem, 2009 ve ArcGIS 9.3)	22
Şekil 3.2	: Sakarya Havzası ve yapısı (EİEİ, 2009).....	23
Şekil 3.3	: Sakarya Havzası sınırları içerisindeki bitki toplulukları (Yeşil Atlas, 2001)	28
Şekil 3.4	: Sakarya Havzası sınırları içerisinde Karaçamın yayılış alanı (OGM, Orman Atlası, 2007).. ..	29
Şekil 3.5	: Sakarya Havzası sınırları içerisinde Sarıçamın yayılış alanı (OGM, Orman Atlası, 2007).....	30
Şekil 3.6	: Bilecik, ERC yöre kronolojisi için örneklenen alan.....	31
Şekil 3.7	: Bolu, YUB yöre kronolojisi için örneklenen alan.....	32
Şekil 3.8	: Eskişehir, EKS yöre kronolojisi için örneklenen alan.....	32
Şekil 3.9	: Taşıyıcılara yapııştırılan artım kalemleri.....	35
Şekil 3.10	: Kullanılabilir Akım Gözlem İstasyonları (Google Earth, 2010).....	42
Şekil 4.1	: ERC05A kalemi 1932 yılı kısmi halka oluşumu.....	47
Şekil 4.2	: Muratdere'den alınan Karaçam örneklerinin yöre kronolojisi.....	48
Şekil 4.3	: Seben'de Karaçam örneklerinin yöre kronolojisi.....	50
Şekil 4.4	: Yaylacık Araştırma Ormanı alt rakımda Karaçam örneklerinin yöre kronolojisi	51
Şekil 4.5	: Yaylacık Araştırma Ormanı üst rakımda Karaçam örneklerinin yöre kronolojisi	53
Şekil 4.6	: Çaydurt-Yukarı Baltalı Köyü civarında Karaçam örneklerinin yöre kronolojisi	55
Şekil 4.7	: Kıbrısçık – Çimencik civarında Sarıçam örneklerinin yöre kronolojisi....	56
Şekil 4.8	: BOL04A kalemi 1928 yılı yalancı yıllık halka oluşumu	57
Şekil 4.9	: Ayıkaya civarında Sarıçam örneklerinin yöre kronolojisi	58
Şekil 4.10	: Mihaliççık'tan Karaçam örneklerinin yöre kronolojisi	60
Şekil 4.11	: SAV10A 1925 yılı kısmi halka oluşumu	61
Şekil 4.12	: Mihaliççık Savaş alanında Karaçam örneklerinin yöre kronolojisi	62
Şekil 4.13	: EKS04B kalemi 1916 yılı kısmi halkası	63
Şekil 4.14	: Ekşielma alanından Karaçam örneklerinin yöre kronolojisi	65

Şekil 4.15 : Ahmetin yaylası mevkiinden alanından Karaçam örneklerinin yöre kronolojisi	66
Şekil 4.16 : Simav mevkiinden alanından Karaçam örneklerinin yöre kronolojisi.....	68
Şekil 4.17 : ERC yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu.	69
Şekil 4.18 : SEB yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu.	70
Şekil 4.19 : YAY yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu.	72
Şekil 4.20 : YAU yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu.	73
Şekil 4.21 : YUB yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu.	74
Şekil 4.22 : CIM yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu.	75
Şekil 4.23 : BOL yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu.	76
Şekil 4.24 : TAN yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu.	77
Şekil 4.25 : SAV yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu.	78
Şekil 4.26 : EKS yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu.	79
Şekil 4.27 : AHM yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu.	80
Şekil 4.28 : SIA yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu.	81
Şekil 4.29 : INC(Ankara) yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu.	82
Şekil 4.30 : KAS(Ankara) yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu.	82
Şekil 4.31 : KEL(Ankara) yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu.....	83
Şekil 4.32 : TEK(Ankara) yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu.....	83
Şekil 4.33 : USA(Ankara) yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu.	84
Şekil 4.34 : KIZ (Bolu) yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu.....	84
Şekil 4.35 : CAT (Eskişehir) yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu.	85
Şekil 4.36 : GOV (Eskişehir) yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu.....	85
Şekil 4.37 : FIR (Eskişehir) yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu.	86
Şekil 4.38 : Gerçek ve tahmini nisan-eylül ortalama akım değerleri (1803-1998 dönemi için oluşturulan model)	88
Şekil 4.39 : Gerçek ve tahmini nisan-eylül ortalama akım değerleri (1722-1998 dönemi için oluşturulan model)	88
Şekil 4.40 : Nisan-eylül dönemi ortalama akım değerleri.	89
Şekil 5.1 : ERC (Bilecik), BOL, CIM, SEB, YAU, YUB, YAY (Bolu), EKS, SAV, TAN (Eskişehir), AHM, SIA (Kütahya) yöre kronolojileri.....	92

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1	: Sakarya Nehri üzerindeki barajların genel özellikleri.....	24
Tablo 3.2	: Örnek Alınan Yörelere Ait Bilgiler	34
Tablo 3.3	: Tez için oluşturulan kronolojilerle birlikte rökonstrüksiyonlarda kullanılan kronolojiler.....	35
Tablo 4.1	: Muratdere'deki Karaçamlar için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler.	47
Tablo 4.2	: Muratdere'deki Karaçamlar için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri.....	48
Tablo 4.3	: Seben'den alınan Karaçamlar için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler	49
Tablo 4.4	: Seben'den alınan Karaçamlar için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri.....	49
Tablo 4.5	: Yaylacık Araştırma Ormanı alt rakımda Karaçam için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler.....	51
Tablo 4.6	: Yaylacık Araştırma Ormanı alt rakımda Karaçam için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri.....	51
Tablo 4.7	: Yaylacık Araştırma Ormanı üst rakımda Karaçam için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler.....	52
Tablo 4.8	: Yaylacık Araştırma Ormanı üst rakımda Karaçam için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri.....	53
Tablo 4.9	: Çaydurt-Yukarı Baltalı Köyü civarında Karaçam için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler	54
Tablo 4.10	: Çaydurt-Yukarı Baltalı Köyü civarında Karaçam için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri.....	54
Tablo 4.11	: Kıbrısçık – Çimencik civarında Sarıçam için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler	56
Tablo 4.12	: Kıbrısçık - Çimencik civarında Sarıçam için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri.....	56
Tablo 4.13	: Ayıkaya civarında Sarıçam için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler.	58

Tablo 4.14	: Ayıkaya civarında Sarıçam için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri	58
Tablo 4.15	: Mihaliççık'ta Karaçam için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler	59
Tablo 4.16	: Mihaliççık'ta Karaçam için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri	60
Tablo 4.17	: Mihaliççık Savaş alanında Karaçam için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler	62
Tablo 4.18	: Mihaliççık Savaş alanında Karaçam için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri	62
Tablo 4.19	: Ekşielma alanından Karaçam için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler	64
Tablo 4.20	: Ekşielma alanından Karaçam için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri	64
Tablo 4.21	: Ahmetin Yaylası mevkiinden alanından Karaçam için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler	66
Tablo 4.22	: Ahmetin Yaylası mevki alanından Karaçam için oluşturulan yöresi kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri	66
Tablo 4.23	: Simav mevki alanından Karaçam için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler	67
Tablo 4.24	: Simav mevkiinden alanından Karaçam için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri	68
Tablo 4.25	: Nisan-eylül dönemi ortalama akım rökonstrüksiyonu istatistik sonuçları	87
Tablo 4.26	: Tahmini nisan-eylül ortalama akım değerlerinin ± 1 standart sapma ve ± 2 standart sapmayı aştığı yıllar	89
Tablo 5.1	: Kronolojilerin ARSTAN Programından elde edilen özet istatistikleri	91
Tablo 5.2	: Yöre kronolojileri arasındaki EUY değerleri (%)	93
Tablo 5.3	: Yöre kronolojileri arasındaki korelasyon katsayıları	94
Tablo 5.4	: Yöre kronolojileri için hesaplanan tepki fonksiyonu katsayılarının özeti	96
Tablo 5.5	: 1722-1952 dönemindeki kurak ve yağışlı yıllar	98

SEMBOL LİSTESİ

AHM : Kütahya, Simav, Ahmet'in yaylası mevki örnekleri yöre kodu

BOL : Bolu, Ayıkaya mevki örnekleri yöre kodu

CAT : Eskişehir Çatalçam Mevkii yöre kodu (Köse ve diğ., 2005)

CIM : Bolu, Kıbrısçık, Çimencik mevki örnekleri yöre kodu

EKS : Eskişehir, Ekşielma mevki örnekleri yöre kodu

ERC : Bilecik, Muratdere mevki örnekleri yöre kodu

FIR : Eskişehir, Fırınılık Kalesi yöre kodu (Köse ve diğ., 2005)

GOV : Eskişehir, Kırka, Gövemce Mevkii yöre kodu (Köse, 2007)

INC : Kızılcahamam, Soğuksu Milli Parkı, İncegeçis Mevkii yöre kodu (Köse, 2007)

KAS : Ankara, Kasımlar Yaylası (Köse ve diğ., 2005)

KEL : Ankara, Beypazarı, Keltepe yöre kodu (Köse, 2007)

KIZ : Bolu, Mudurnu, Gürse, Kızaklı Yaylası yöre kodu (Köse, 2007)

SAV : Eskişehir, Mihaliççık, Savaş alanı mevki örnekleri yöre kodu

SEB : Bolu, Seben mevki örnekleri yöre kodu

SIA : Kütahya, Simav, Kiçir mevki alt rakım örnekleri yöre kodu

TAN : Eskişehir, Mihaliççık, Tanaçlar mevki örnekleri yöre kodu

TEK : Ankara, Beypazarı, Tekke Dağı yöre kodu (Köse, 2007)

USA : Ankara, Beypazarı, Uşakgöl Ormanı yöre kodu (Köse, 2007)

YAY : Bolu, Mengen, Yaylacık Araştırma Ormanı, Alt rakım örnekleri yöre kodu

YAU : Bolu, Mengen, Yaylacık Araştırma Ormanı, Üst rakım örnekleri yöre kodu

YUB : Bolu, Yukarı Baltalı köyü örnekleri yöre kodu

N : North (Kuzey)

E : East (Doğu)

m : Metre

mm : Milimetre

m³ : Metreküp

s : Saniye

km² : Kilometre kare

km³ : Kilometre küp

EİEİ : Elektrik İşleri Etüt İdaresi

EUY : Eğrilerin uyum yüzdesi

ÖZET

SAKARYA HAVZASI AKIM VERİLERİNİN DENDROKLİMATOLOJİK YÖNTEMLERLE RÖKONSTRÜKSİYONLARI

Ağaç halkalarına dayanarak yaş saptama bilimi olarak tanımlanan dendrokronolojinin, nehir akımları ve göl seviyeleri ile ilgili olan alt dalı dendrohidroloji, yıllık halkalara dayanarak geçmiş dönemlerin nehir akımlarını, yüzeysel akışlarını ve göl seviyelerini kestirmeye çalışır (Woodhouse ve Lukas, 2006). Bu konuda dünyanın birçok bölgesinde önemli çalışmalar yapılmıştır;, özellikle su kaynaklarının kullanımına ilişkin projeler tasarlanmadan önce, son yüzyıllardaki akım tarihi ortaya konmuştur. Türkiye’de de bu konuda yalnızca bir çalışma vardır. Bu bağlamda, tez kapsamında (1) Sakarya Havzası için akım verilerine duyarlı kronolojiler oluşturmak; (2) sıcaklık, yağış ve akım ile bu bölgedeki ağaçların yıllık halka gelişimi arasındaki ilişkileri ortaya koymak; (3) Sakarya Havzası için akımın zamanda geriye doğru tahminlerini yapmak; (4) bölgede geçmişte yaşanan kurak ve yağışlı yılları ve bunların sıklığını belirlemek amaçlanmıştır.

Tez alanı Sakarya Havzası olarak belirlenmiştir. Alan, 38°30’-41°10’ N enlemleri ve 29°15’-33°15’ E boylamları arasında yer almaktadır. Karaçam, havza alanında geniş bir yayılışa sahip olması, ekstrem yetişme ortamlarında ormanlar oluşturması ve yaşlı bireylerine rastlanması nedeniyle araştırma materyali olarak seçilmiştir; sarıçamın araştırma materyali olarak seçilmesinde de havza alanı içerisinde orman sınırında yaşlı bireylerine rastlanmış olması ve iklim ekstremlerine dayanıklılığı etken olmuştur.

Örnekler, canlı ağaçlardan 50 cm’lik Pressler Artım Burgusu yardımıyla artım kalemleri şeklinde, 130 cm’den alınmıştır. Örneklerin enine yüzeyleri zımparalandıktan sonra ölçümler, LINTAB-TSAP Ölçüm Sisteminde gerçekleştirilmiştir. Her bir yöre için ölçümlerin doğruluk kontrolleri COFECHA programında yapılmış, eksik ve yalancı halkalar giderilmiş, örnekler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla eğrilerin uyum yüzdesi (EUY) değerleri hesaplanmıştır. Yöre içi ortak sinyallerin büyüklüğünün belirlenmesi için, işaretin gürültüye oranı ve duyarlılık katsayıları hesaplanmıştır.

Dendrohidrolojik analizlerde, önce her bir yöre için tepki fonksiyonları hesaplanarak, yıllık halka genişliği ile akım arasındaki ilişkiler ortaya konmuştur. Nisan-eylül

aylarındaki ortalama akım ile yıllık halka genişliği arasında yüksek ve pozitif yönde ilişkiler belirlendiği için, bu ayların tahminleri yapılmıştır.

Bilecik, Bolu, Eskişehir ve Kütahya'dan 10 *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe ve iki *Pinus sylvestris* L. yöre kronolojisi oluşturulmuştur. Oluşturulan bu kronolojilerden en uzununu 473 yıl uzunluğundaki TAN yöre kronolojisidir.

Havza alanında 61 akım gözlem istasyonundan en uzun ve kesintisiz verilere sahip olan altı tanesi seçilmiştir. Bu istasyonlardan, yöre kronolojileriyle uyumu en yüksek olan Kocasu akım gözlem istasyonuna ait veriler kullanılmıştır. Bu istasyona için 1722-1998 yıllarını kapsayan bir dönem için nisan-eylül ayları ortalama akım tahminleri elde edilmiştir. Kuraklık genellikle bir yıl süreli (31 kez), 1725-26, 1772-1773, 1819-1820, 1844-1845, 1927-28 yıllarında ise iki yıl süreli yaşanmıştır. 1770, 1814, 1846, 1898, 1912 yılları ise yöre için çok yağışlı yıllardır. Yağışlı yıllar genellikle bir yıl süreli yaşanmış (34 kez), 1727-28, 1814-15, 1838-39, 1897-98 yılları yağışlı dönemin iki yıl üst üste yaşandığı yıllardır.

SUMMARY

RECONSTRUCTIONS OF SAKARYA BASIN STREAMFLOW DATA USING DENDROCLIMATOLOGICAL METHODS

Dendrohydrology as a subdiscipline of dendrochronology, i.e. the tree-ring based age determination science, , attempt to use the annual rings to reconstruct stream flows, runoff and lake levels of the past. Important progress has been achieved in this area; in many regions of the world, prior to the design of water resources projects, the history of streams has been unrevealed for the past centuries. There is only one such study in Turkey. In this thesis, we attempt (1) to build sensitive chronologies for the stream data of the Sakarya River Basin (2) to reveal the relations of this region's trees and their annual ring development with the temperature, rainfall and flow (3) to estimate the streamflows back in time for the Sakarya River Basin, to detect and estimate the frequency of dry and wet years in the past.

Thesis area was identified as the Sakarya River Basin. The area takes place between 38°30'-41°10' N latitudes and 29°15'-33°15' E longitudes. The Black pine (*Pinus nigra*) was chosen as the primary research material for having such properties as a wide distribution in the basin area, formation of forests in extreme habitats and the ease of finding elderly individuals. Scots pine (*Pinus sylvestris*) was also used as elderly individuals are found at the border of the forest in this basin; its is also resistant to the climate extremes.

Examples were taken from the living trees with the help of a 50 cm Pressler Increment Borer in the form of increment pens, from a height of 130 cm. After sanding the surface of the samples, measurements were carried out on a LINTAB-TSAP Measurement System. The accuracy checks of measurements for each region were made using the program COFECHA, missing and false rings were fixed, the percentage of compliance (EU) of the curves was calculated for determining the relationship among the samples. In order to determine the size of the common signal for the region, the signal to noise ratio and sensitivity coefficients were calculated.

Initially, the relationship between annual ring width and flow was demonstrated by calculating response functions for each region of the dendrohydrologic analysis. Since there is high and positive correlation between the annual average flow of April-September and the ring width, the estimates were made for these months.

10 *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe and two *Pinus sylvestris* L. region chronologies were formed from Bilecik, Bolu, Eskişehir and Kütahya. The longest among these chronologies is the 473 year long TAN region chronology.

Out of the 61 streamflow observation stations in the basin area, six stations were chosen based of the length and continuity of their data.. Reconstructions were based on Kocasu station's data since it generated the highest compliance with local chronology. Between the years 1722 to 1998, streamflow estimates has been obtained for an average of the months of April-September. Droughts usually span one year (31 times), 1725-26, 1772-1773, 1819-1820 and 1844-1845; two consecutive drought years occurred in the years 1927-28. 1770, 1814, 1846, 1898 and 1912 were very wet years for the region. Single wet years occurred 34 times, In 1727-28, 1814-15, 1838-39, 1897-98 two consecutive years were wet.

1. GİRİŞ

Geçmiş dönemlerin iklim tarihinin saptanmasında polen analizleri, oksijen izotopları, buzullar ve varv birikintileri, ağaç yıllık halkaları vb. kullanılmaktadır. Ağaç yıllık halkalarını kullanan dendroklimatoloji, diğer yöntemlerden farklı olarak rökonstrüksiyonlarda kesin tarih vermekte ve bir yıl hatayı dahi kabul etmemektedir. Bu konuda önemli çalışmalar yapılmış olup, dünyanın birçok bölgesinin son yüzyıllardaki iklim tarihi dendroklimatolojik yöntemlerle ortaya konmuştur (Köse, 2007).

Ülkemizin iklim tarihini belirlemeye yönelik dendroklimatolojik çalışmalar, 2000 yılından itibaren hız kazanmış ve yapılan rökonstrüksiyonlarla önemli bulgular elde edilmiştir. Rökonstrüksiyonların büyük bir kısmı lokal (meteoroloji istasyonu veya grid veriler için) olup, vejetasyon dönemi yağışlarını tahmin etmeye yönelik çalışmalardır. Alansal rökonstrüksiyonlar az sayıda olup, son yıllarda yapılan iki önemli proje (TOGTAG 3316 ve YDABAG 102Y063 nolu TÜBİTAK projeleri) ve bu projelerle desteklenen bir doktora tez çalışması (Köse, 2007) ile belirli bir düzeye gelmiştir. Bu bağlamda Türkiye'nin çeşitli yörelerinde farklı ağaç türleri için iklime duyarlı çok sayıda yıllık halka kronolojisi oluşturulmuştur.

Dendroklimatoloji bilim dalının kurucusu Andrew Ellicott Douglass'ın öğrencilerinden olan Edmund Schulman tarafından akım verilerinin yağış kayıtları gibi kullanılabilmesinin öne sürmesinin ardından, yıllık halka genişliklerine dayanarak akım verilerinin rökonstrüksiyonları yapılmaya başlanmıştır. Dünyada su varlıklarının sıkıntılı olduğu veya nüfusun hızla arttığı bölgelerde akım tahminlerine ihtiyaç duyulmuş, suyun önemi arttıkça bu yöndeki çalışmalar da hız kazanmıştır.

Türkiye'de akım verilerinin dendrohidrolojik rökonstrüksiyonun yapılması ile ilgili araştırmalar başlangıç aşamasındadır. Bu konudaki tek çalışma, Akkemik ve diğ. (2008) tarafından yapılan Batı Karadeniz Bölgesi, Filyos Nehrinin 1650–2000 yıllarına ait mayıs-ağustos akım verilerinin rökonstrüksiyonudur.

Küresel iklim değişikliğinin önemli bir sorun olarak tartışıldığı, bu konuda yapılan araştırma ve modellemelerin arttığı günümüzde, nehir akım verilerinin rökonstrüksiyonları havzalardaki su kaynaklarının kullanımının planlanması için planlayıcılara bir altlık oluşturmaktadır.

Türkiye, küresel ısınmadan kaynaklanan değişimlerle özellikle, su kaynaklarının azalması, orman yangınları, kuraklık ve çölleşme ile bunlara bağlı ekolojik bozulmalar gibi öngörülen olumsuz yönlerinden etkilenecektir. Bu nedenle küresel ısınmanın potansiyel etkileri açısından risk grubu ülkeleri arasındadır (Türkeş, 1998).

Geçmişte yaşanan düşük debili akımlar ve taşkınların süresinin ve sıklığının bilinmesi, gelecekte de bu süre ve sıklıkta taşkınlar ve kurak dönemlerin yaşanabileceğini göstermektedir. Ancak yukarıda da belirtildiği gibi ülkemizde özellikle tarımsal faaliyetler açısından önemli olan havzalarda rökonstrüksiyon çalışmaları henüz yapılmamıştır.

Türkiye’de akım verileri kayıtları, iklim verileri gibi yetersiz ve kısadır. EİEİ (Elektrik İşleri Etüt İdaresi) ilk Akarsu Gözlem İstasyonunu, 1935 yılında Sakarya Nehri üzerinde Göksu kolundaki Hayriye Köy’de açmıştır (EİE, 2009). Fakat 5 yıl sonra kapatılmıştır. Türkiye’deki en uzun akım veri kayıtları (1936’dan günümüze) Sakarya Nehri, Porsuk kolundaki Beşdeğirmen ve Seyhan Nehri, Göksu kolundaki Himmetli gözlem istasyonlarından elde edilmiştir.

Marmara, Ege, Karadeniz ve İç Anadolu Bölgelerinin belirli bir kısmını içine alan Sakarya Havzası, Türkiye yüz ölçümünün yaklaşık %7,13’ünü kapsar. Sakarya Nehri, Türkiye’de doğup Türkiye’de denize dökülen akarsular içinde Kızılırmak’tan sonra en büyük akarsudur (Bulut, 1998). Ülkemizin en önemli tarımsal alanlarından biri olan ve aynı zamanda hızla sanayileşen Sakarya Havzasında suyun planlı kullanımının önemi gün geçtikçe artmaktadır. Bu bağlamda tez çalışmasının amacı,

- Sakarya Havzası için iklime duyarlı yeni yöre kronolojileri oluşturmak,
- Oluşturulacak bu kronolojilerle Sakarya Havzasındaki uzun ve devamlı akım verilerine sahip gözlem istasyonları için rökonstrüksiyonlar yapmak

- Sakarya Havzası için geçmiş döneme ait kurak ve yağışlı yılları belirlemektir.

Tez; yöre kronolojilerinin oluşturulması (dendrokronolojik çalışmalar), iklim değerleri ile yıllık halka genişlikleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi (dendroklimatolojik çalışmalar) ve akım rökonstrksiyonlarının yapılması (dendrohidrolojik çalışmalar) olmak üzere üç temel kısımda yürütülmüştür.

Tez kapsamında, arazi çalışmalarında elde edilen kronolojilerin yanı sıra, araştırma alanında önceden oluşturulmuş güvenilir ve iklime duyarlı kronolojiler de veri analizlerine dahil edilerek, Sakarya Havzası için kapsamlı bir değerlendirme yapılmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. DENDROKRONOLOJİ VE ALT DALLARI

Dendrokronoloji, yıllık halkalara dayanarak yaş saptama bilimi olarak tanımlanmaktadır. Eski Yunanca'da, "*Dendron*" odun, "*Chronos*" tarih ve "*Logos*" bilim anlamına gelmektedir (Fritts, 1976). Yıllık halka genişlikleri ölçülerek elde edilen 'ana kronolojiler', başlangıç ve bitiş yılları belli olan kronolojilerdir. Hangi yıllara ait olduğu bilinmeyen hareketli kronolojiler elde edildikten sonra, bunlar takvim yılları belli olan ana kronoloji üzerinde gezdirilmekte ve çakıştığı yıllar belirlenmektedir. Bu şekilde bir yandan ana kronoloji geriye uzatılmakta, diğer yandan da tarih belirleme çalışmaları gerçekleştirilmektedir (Akkemik, 2004).

Denrokronoloji, 'dendro' ön takısı birçok bilim dalının başına konarak çeşitli alt dallara ayrılmaktadır. Günümüz ve geçmiş iklim koşullarının belirlenmesine hizmet eden denroklimatoloji, günümüz ve geçmiş dönemlerin iklim haritalarının yapılmasına hizmet eden dendroklimatografi; benzer şekilde ekoloji, hidroloji ve jeomorfolojiye hizmet eden dendroekoloji, dendrohidroloji ve dendrojeomorfoloji gibi alt dallara ayrılmıştır (Fritts, 1976, Akkemik, 2004). Bunlara ek olarak Kaennel ve Schweingruber (1996), arkeoloji bilim dalına hizmet eden dendroarkeoloji ve buzul akıntıları ile ilgili çalışmalara hizmet eden dendroglasioloji alt dallarının olduğunu belirtmektedir (Schweingruber, 1988, Akkemik, 2004). Yüksek lisans tez konusu ile doğrudan ilgili olan dendrohidrolojinin tanım ve önemleri aşağıda açıklanmıştır.

2.1.1. Dendrohidroloji

"Dendrohidroloji", yıllık halkalara dayanarak geçmiş dönemlerin nehir akımlarını, yüzeysel akışı ve göl seviyelerini belirleme bilimi olarak tanımlanmaktadır (Woodhouse ve Lukas, 2008). Yıllık halka serilerindeki çok dar ve çok geniş olan halkalar, akım bilgilerini doğru bir şekilde yansıtan halkalardır. Geçmiş dönemlerdeki akım bilgilerini elde etmek üç aşamada gerçekleşmektedir. Bunlar; kalibrasyon, rökonstrüksiyon (tahmin) ve verifikasyon (doğrulama) dur (Fritts, 1976, Akkemik, 2004).

Su ile ilgili yatırım yapan kişi, kurum ve kuruluşlar geleceğe dönük planlarını yaparlarken çalışma yapılacak havzadaki geçmişte su akımlarının nasıl bir değişim gösterdiğini bilmek durumundadırlar. Nehir akımlarının geçmişteki verileri gelecekte yapılacak planlamalar için gerekli olmaktadır (Bayazıt, 1998).

Dendrohidroloji bilim alanıyla elde edilen bilgiler bir yandan geçmişini tanıma olanağı verirken, diğer yandan da günümüzde suyun kullanımının doğru şekilde planlanması için önemlidir. Dünyanın önemli bir kısmı, ciddi bir su noksanlığıyla karşı karşıyadır.

Bundan dolayı, özellikle tarımla uğraşanlar için kurak (düşük debili yıllar) ve taşkın yıllarını bilmek çok önemlidir. Dünyanın değişik kısımlarında meydana gelen nehir taşkınlarının yılları, yıllık halka kronolojilerini kullanarak, başarılı bir şekilde geriye doğru hesaplanmıştır (Akkemik, 2004). Ülkemizde sistemli bir şekilde akım kayıtlarının alınması 1935 yılında başlamaktadır. Bu süreç uzun dönemli akım (taşkın, kurak yıllar) olaylarının tahmin edilmesinde ve özellikle çeşitli endüstriyel, tarımsal ve doğal kaynak yatırımlarında yetersiz kalmaktadır. Uzun dönemli (örneğin 200-300 yıllık) akım olaylarının bilinmesi, planlamaların ve yatırımların daha güvenilir bir şekilde yapılmasına olanak sağlayacaktır. Örneğin;

- Tarımsal planlamalarda (Düşük debili ve taşkın olabilecek periyotların belirlenmesi),
- DSI çalışmalarında (köprü, baraj inşaatı gibi),
- Su kaynaklarının kullanımının planlanması,

ülkemizde yaşanan akım ekstremlerinin, düşük debili yılların sıklığı ve sürelerinin, yüksek akım olan yıllarının sıklığı ve sürelerinin bilinmesi yararlı olacaktır (Akkemik ve diğ. 2005).

2.2. YILLIK HALKALAR VE YILLIK HALKA GENİŞLİĞİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Yıllık halkalar, kambiyum tabakasının bir vejetasyon dönemi içerisindeki faaliyeti sonucunda oluşan yıllık odun kısımlarıdır. Ilıman iklim kuşağında normal olarak her yıl bir halka oluşmaktadır. Tropikal iklim kuşağında kambiyum yıl boyu faaliyettedir; fakat fazla belirgin olmayan durağan bir dönem geçirmektedir. Bu nedenle halka sınırları

belirgin değildir. Sekonder kalınlaşma yapan monokotillerde yıllık halka oluşumu yoktur. Monokotillerde sekonder kalınlaşma korteksin merkezi silindire yakın kısmındaki paransimatik hücrelerin bölünerek, bir kısmının bölünme yeteneğinde kalıp diğer bir kısmının yeni ksilem ve floem elemanlarını oluşturmasıyla meydana gelir. Bunların iletim demetleri arasında kambiyum tabakası yoktur. Yıllık halka sınırları, özellikle gymnospermler ve dikotil angiospermlerin halkalı traheli olanlarında belirgin iken, dağınık traheli olan dikotil angiospermlerde fazla belirgin değildir (Akkemik, 2004).

Yıllık halka genişliği başta genetik yapı olmak üzere, çok sayıda faktör tarafından etkilenmektedir. Bu faktörleri dört ana grup altında toplamak mümkündür: 1) Fizyolojik faktörler (karbonhidratlar, mineral maddeler, bitkisel hormonlar vb.); 2) Bir yıldan diğerine değişen iklim faktörleri (sıcaklık, yağış, rüzgar vb.); 3) Yıldan yıla değişmeyen fizyografik (bakı, denizden yükseklik, eğim vb.) ve edafik (toprak özellikleri ve ana kaya) faktörler; 4) Doğal olmayan faktörler (yaralama, budama, gübreleme ve en önemlisi de hava kirliliği) (Akkemik, 2004). Yıllık halka genişliğinde bir yıldan diğerine meydana gelen değişikliklerde sıcaklık ve yağış en önemli sebeplerdendir. Ayrıca sıcaklık ve yağış değerlerinin sayısal olarak ifade edilebiliyor olması, yıllık halka genişlikleriyle aralarındaki ilişkinin ortaya konmasını sağlamaktadır. Benzer iklim koşullarının etkisi altında yetişen ağaçlar, iklimde meydana gelen değişimlere benzer tepkiyi vermektedirler. Buna bağlı olarak ağaçların yıllık halka genişlikleri bir yıldan diğerine aynı yönde seyretmektedir. Yıllık halkaların bu özelliği, Dendrokronoloji bilim dalının temelini oluşturmaktadır (Dağdeviren ve diğ., 2004). Bu nedenle aşağıda bir yıldan diğerine değişen iklim faktörlerinden sıcaklık ve yağışın yıllık halka gelişimi üzerindeki etkileri ayrıntılarıyla açıklanmıştır.

2.2.1. Sıcaklığın Yıllık Halka Genişliği Üzerindeki Etkisi

Sıcaklık, bitkilerin yayılışından büyümesine kadar, bitki dünyasında çok önemli etkilere sahiptir. Ekvatordan kutuplara doğru gidildikçe bitki türlerinin çeşitliliği ve yayılışı değişmektedir. Hatta yükseltiye bağlı olarak da yayılış oldukça değişkenlik göstermektedir. Örneğin Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ağaçları ülkemizde oldukça geniş bir yayılışa sahiptir. Karadeniz bölgesinde tek tek bireyler halinde deniz seviyesine kadar inerken, Akdeniz bölgesinde

1000 m'nin altına inmemektedir. Buna karşın kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) genellikle 1000 m'nin üzerine çıkamamaktadır. Yayılış alanını sınırlayan faktör sıcaklıktır. Örneğin Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ağaçlarının en kuzey yayılışı Tokat-Erbaa ve Niksar yöreleridir (Akkemik, 2004).

Sıcaklık çap artımı üzerine farklı dönemlerde farklı şekilde etkili olmaktadır. Yüksek sıcaklıklar, kambiyum faaliyetinin başladığı ilkbaharda ve durma dönemi olan sonbaharda olumlu, yaz aylarında düşük yağış ve kuraklığa neden olduğundan olumsuz yönde etki yapmaktadır. Buna karşın üst kuşaklarda ve yağış probleminin olmadığı alanlarda yaz aylarındaki yüksek sıcaklıkların olumlu yönde etkisi bulunmaktadır. Çap artımı, tropik kuşakta yıl boyu devam ederken, ılıman kuşakta kış aylarında gerçekleşmemektedir. Kambiyum tabakasının faaliyetsiz kalmasının ana nedeni düşük sıcaklıklardır. Örneğin bir doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) ağacının yayılış alanının alt sınırında belirli bir yılda 6 mm çap artımı yaparken aynı türün üst orman sınırında yetişen başka bireylerinde aynı yıldaki çap artımı 3 mm olarak gerçekleşmiştir. Bunun nedeni, alt kuşaklarda sıcaklığa bağlı olarak vejetasyon süresinin daha uzun olmasıdır. Üst kuşaklarda sıcaklık düşük olduğundan vejetasyon süresi oldukça kısadır (Akkemik, 2004).

Kambiyum faaliyeti ağaçların tepe kısımlarında başlamakta ve aşağıya doğru devam etmektedir. Üst kuşaklarda iklim koşullarının çok soğuk olduğu yıllarda, kambiyum faaliyeti gövdenin alt kısımlarına ulaşmadan durmaktadır. Böylece gövdenin üst kısımlarda daha fazla sayıda yıllık halka oluşumu görülmektedir. Ülkemiz koşullarında bu durum üst orman sınırında görülebilir, bunun yanında, kutuplara yakın kuzey ülkelerde daha sık görülmektedir (Akkemik, 2004).

Sıcaklığın yükselmesi, 30-35°C ye kadar fotosentez üzerinde olumlu etki yapmakta ve fazla miktarda karbonhidrat üretilmektedir. Bu arada solunum da artmakta ve üretilen besin maddelerinin bir kısmı tüketilmektedir. Solunumla besin maddesi tüketilirken, aynı zamanda ağaçların diğer fizyolojik faaliyetleri için enerji açığa çıkarılmaktadır. Sıcaklığın daha fazla artması ve özellikle 35°C yi geçmesinden sonra fotosentez miktarında azalma, solunum miktarında da daha fazla artış meydana gelmektedir. Böylece üretilen karbonhidratların solunumla tüketimi artmakta ve ağaçların büyümeleri

için gerekli olan karbonhidratların önemli bir kısmı tüketilmektedir. Bunun sonucunda da yüksek sıcaklıklar büyümeyi olumsuz yönde etkilemektedir. Fotosentezle üretilen karbonhidrat miktarı ile tüketilen karbonhidrat miktarının eşit olduğu noktaya ışık entansitesinin kompenzasyon noktası denmektedir. Bu kritik bir noktadır. Solunumla tüketilen miktarın fazla olması ve yüksek sıcaklıkların uzun süreli devam etmesi sonucunda ağaçlar kurumaya başlamaktadırlar (Kozłowski ve Pallardy, 1997’ye atfen Akkemik, 2004). Fotosentezle üretilen maddenin solunumla tüketilen madde miktarına oranı 1’den küçük olursa meydana gelen bu olaya ‘açlık ölümü’ denir (Çepel, 1995).

Ilıman kuşakta odunsu bitkiler, ilkbahar sıcaklığına bağlı olarak büyüme ve gelişmesine başlamakta ve sonbaharda da düşük sıcaklıklara bağlı olarak faaliyetlerini obligatif (zorunlu) olarak durdurmaktadır. Bu nedenle sıcaklık büyümenin başladığı dönemde pozitif bir etkiye sahiptir. İlkbahar başlarında sıcaklıkların yüksek olması, toprakta yeterli su bulunduğundan, vejetasyon döneminin erken başlamasına ve dolayısıyla bitkilerin uzun bir büyüme dönemi geçirmesine neden olmaktadır. Benzer şekilde, geç sonbahar aylarında sıcaklıkların yüksek olması büyüme döneminin uzamasına ve daha fazla büyümeyi sağlamaktadır. Yaz aylarında ise, yüksek sıcaklıklar kuraklığa sebep olduğundan halka gelişimi üzerinde olumsuz etki yapmaktadır (Schweingruber, 1996’ya atfen Akkemik, 2004).

Sıcaklığın etkisi, ağaçların bulunduğu ortamın şartlarına göre değişmektedir. Yüksek sıcaklıklar, bir türün alt kuşaklarda kuraklığa ve halkaların dar olmasına sebep olurken (negatif etki), aynı türün üst kuşaklarda pozitif bir etkiye sahiptir. Sıcaklığa bağlı olarak bitkilerin gelişmesi üzerinde rol oynayan en önemli faktör, normal gelişimi sağlayan sıcaklığın bulunduğu dönemin uzunluğudur. Bu devreye “vejetasyon dönemi veya büyüme dönemi” denmektedir. Bu dönem ne kadar uzun olursa halka genişliği o oranda fazla olacaktır. Bu dönemin başlaması için kesin bir sıcaklık değeri olmamakla beraber ülkemiz koşullarında orman ağaçlarında +10°C sıcaklık başlangıç olarak kabul edilmektedir. Bu dönem ayrıca, Akdeniz Bölgesi’nde çok uzunken, daha serin bölgelerde ve üst orman zonunda daha kısadır. Bozkurt (1966), Belgrad ormanındaki karaçam (*Pinus nigra* var. *pallasiana* Schneid) türünde Nisan ayının ilk yarısı içerisinde başlayan yıllık halka gelişimi Mayıs ayı başına kadar yavaş olmuş, Mayıs ayı ortası ile Temmuz ayı ortasında artış hızlanarak sürmüştür. Haziran ayı ortasında yıllık halkanın

%50'si, Temmuz ortasında ise %90'ı tamamlanmıştır. Bundan sonra kambiyum faaliyetine çok yavaş bir şekilde devam etmiş ve Eylül ayının üçüncü haftası içerisinde faaliyetine son verdiğini belirtmiştir.

Sıcaklık, diğer önemli bir iklim değişkeni olan yağışla beraber fakat tersi yönde etki yapan önemli bir faktördür. Sıcaklık, ağaçların büyüme ve gelişmesini doğrudan etkileyen bir ekolojik faktördür. Ağaçların büyüme ve gelişmesinde yaşanan fizyolojik süreçlerin büyük bir kısmında (suyun alınması, iletilmesi, solunum, transpirasyon, hücre bölünmesi ve genişlemesi gibi), faaliyetin hızını ve miktarını doğrudan etkilemektedir (Akkemik, 2004).

2.2.2. Yağışın Yıllık Halka Genişliği Üzerindeki Etkisi

Orman ağaçlarının büyüme ve gelişmesi diğer ekolojik faktörlere kıyasla özellikle ılıman iklim koşullarında en fazla su tarafından etkilenmektedir. Suyun sağlanması, ağaç türlerinin yayılışı ve tür bileşimini etkilediği gibi, tek tek bireylerin fizyolojik faaliyetlerini de doğrudan etkilemektedir. Su noksanlığının etkisi, hücrelerin genişlemesi sırasında hücre bölünmesine göre daha fazladır. Hücre genişlemesi sırasında turgor basıncına büyük ihtiyaç duyulmaktadır. Hücrelerin su ile dolu olması da, hücrenin genişlemesindeki fizyolojik faaliyetleri etkilemektedir (Kozłowski ve Pallardy, 1997'ye atfen Akkemik, 2004).

Bitki-su ilişkilerinde egemen olan faktörlerden biri transpirasyondur. Transpirasyon, bitkilerin kökleriyle topraktan aldıkları suyu yapraklarından buhar halinde atmosfere verme olayıdır. Bu olay, yapraklarda gündüzleri daimi bir su açığı doğurabilir ve eğer suyu azalan topraktan absorbe edilen miktar, transpirasyonla olan kayıptan az olursa daimi bir su açığı meydana gelir ve yaprakların pörsümesine, hatta bitkinin kurumasına neden olabilir. Buna 'susuzluk ölümü' denir (Çepel, 1995).

Ağaçlardaki su noksanlığı, değişik ağaçlarda değişik oranlarda etkili olmaktadır. Özellikle kuraklık etkilerine dayanıklı olan ağaçlarda su noksanlığının etkisi az görülürken, nemli iklimlerin ağaçları su noksanlığına karşı dayanıksızdır. Tomurcuk faaliyeti, sürgün uzaması ve yaprak büyümesi gibi fizyolojik faaliyetleri etkileyen su, yıllık halka genişliği üzerinde de büyük etkiye sahiptir. Su noksanlığı, kambiyum

faaliyetinin değişik aşamalarında olumsuz etkiler yapmaktadır. Kambiyum hücrelerinin bölünmesi, floem ve ksilem ana hücrelerinin farklılaşması ve genişlemesi aşamasında hücre boyutlarını ve sayılarını etkilemektedir. Yıllık olarak üretilen ksilem miktarı, yaz odunu oluşumu ve süresi, dokularda bulunan su miktarı ile değişmektedir. Su noksanlığı kambiyum faaliyeti üzerinde hem doğrudan hem de dolaylı olarak olumsuz etki yapmaktadır (Fritts, 1976, Akkemik, 2004).

Kambiyal zondaki su noksanlığı, hücre gelişmesi için gerekli olan turgor basıncının düşük kalmasına neden olduğundan kambiyum faaliyetini etkiler. Su noksanlığındaki artış, yapraklar tarafından üretilen ve büyüme noktalarına iletilen karbonhidratların miktarını azalttığından, özellikle ksilem tabakasındaki hücrelerin zarlarının oluşmasında olumsuz etkiler yapmaktadır. Çünkü ksilem hücreleri selüloz ve lignin gibi organik maddelerle hücre çeperlerini genişletmekte ve oduna sertlik kazandırmaktadır. Su noksanlığı olduğunda, oduna sertlik kazandıran bu elemanların oranı düşmektedir (Fritts, 1976). Yaz aylarındaki aşırı kuraklık, açık renkli ve ince zarlı traheidlerden oluşan halka oluşumuna neden olmaktadır (Kaennel ve Schweingruber, 1995). Kurak periyotlar sonunda oluşan hücrelerin çeperleri daha ince olurken, lümenleri de daralmaktadır. Yani, hücre çapları daha küçük olmaktadır. Ülkemizin değişik bölgelerinde su noksanlığının etkileri aynı oranda değildir. Özellikle Akdeniz Bölgesinde kuraklık etkileri görülürken, Karadeniz Bölgesinin özellikle yüksek kesimlerinde yok denecek kadar azdır. Ülkemizde kuraklık etkisi bölgelere göre değiştiğinden ve genellikle yaz mevsiminde meydana geldiğinden, kurak ortamlarda yaşayan ağaçlar buna karşı çeşitli önlemler almıştır. Yaprakların parçalı ve daha küçük olması, yaprak ayasının kalınlaşması ve stoma sayısının azaltılması, tüylü olması ve mum tabakası ile kaplanması gibi önlemlerle kuraklığa direnç kazanmışlardır. Fakat kuraklık probleminin olmadığı yerlerde yaşayan ağaçlar, kısa veya uzun süreli kurak bir dönem yaşadıklarında, kuraklığa hazırlıksız olduklarından, yapraklarında kurumalar ve dolayısıyla büyümede bir azalma meydana gelmektedir (Kozlowski ve Pallardy, 1997'ye atfen Akkemik, 2004).

Su noksanlığının yoğun olduğu yıllarda farklılaşan hücrelerin sayısı da az olmaktadır. Sulama yapılmış ağacın gövdesinin üst kısımlarında oluşan yıllık halkada radyal yönde ilkbahar odunu traheid sayısı 160 hücre, yaz odunu traheid sayısı 23 hücre sayılmıştır.

Toplam halka genişliği 6,5 mm.dir. Aynı ağacın alt gövde kısmında aynı yıl oluşan yıllık halka üzerinde radyal yönde 130 ilkbahar hücresi, 30 yaz hücresi sayılmış ve halka genişliği 5,9 mm.dir. Üretilen besinlerin iletimi yukarıdan aşağıya doğru olduğu için elverişli olmayan dönemlerde üretilen besinler sadece yukarı kısımlarda kullanılmaktadır. Kuraklık etkisi altında kalan aynı türün diğer ağacının üst gövde kısmında 110 ilkbahar, 16 yaz odunu hücresi oluşmuş ve halka genişliği 3,8 mm'dir. Alt gövde kısmında da 80 ilkbahar, 16 yaz traheidi oluşmuş ve halka genişliği 3 mm'dir (Schweingruber, 1988). Akkemik (2003) Tokat Niksar ve Erbaa yörelerinde bulunan sedir ağaçlarında yaptığı çalışmada, değişik koşullardaki bireylerde oluşan traheid sayılarını ve çaplarını ölçmüş ve toprak koşullarına bağlı olarak yağışın etkenliğindeki değişimlere göre, traheid sayılarının da değiştiğini belirtmiştir. Fritts (1976), su noksanlığının yaşandığı yıllarda veya ortamlarda, ya traheidlerin çaplarının ve çeper kalınlığının ya da traheidlerin sayılarının azaldığını belirtmektedir. Tokat yöresindeki sedir ağaçlarında traheid çaplarının değişmediği, buna karşın sayıların azaldığı saptanmıştır. Alt kuşaklarda, düşük yağış büyümeyi doğrudan sınırlandırmaktadır; yağışın az olduğu dönemlerde sıcaklıklar fazla olduğu zaman, kuraklık etkisi ortaya çıkmakta ve yıllık halka gelişimi olumsuz yönde etkilenmektedir. Yağışın dolaylı veya doğrudan halka gelişimi üzerine yaptığı etkiyi incelemek için ormanın alt sınırlarından örnek alınması daha güvenilir sonuçlar vermektedir; buna karşılık, yağışların yüksek olması güneşli ve sıcak günlerin daha az olmasına, başka bir deyişle, düşük sıcaklığa neden olduğundan sınırlayıcı bir etkisi bulunmaktadır (Akkemik, 2004).

Yıl içerisinde özellikle vejetasyon döneminin başlangıcında, toprakta genellikle yeterli miktarda su bulunduğundan, yüksek ve uzun süreli yağışların güneşlenmeyi ve bir miktar sıcaklığı düşürmesinden dolayı olumsuz etkisi vardır. Ülkemizin çok nemli yöreleri dışında, yaz aylarında yağışın azalması ve dolayısıyla topraktaki alınabilir su miktarının minimum seviyeye düşmesiyle yağışın önemi artmaktadır. Bu dönemde toprağa inen her yağış damlası, bitki kökleri tarafından almaya çalışıldığından yağış miktarı ile halka gelişimi arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Genel olarak yağışın yüksek olduğu yıllarda halkalar geniş, düşük olduğu yıllarda ise dar olmaktadır (Akkemik, 2004).

2.3. DENDROKRONOLOJİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Schweingruber (1988), Dendrokronoloji'yi üç aşamaya ayırmaktadır: Klimatoloji, dendroloji ve astronomi ile başlayan dendrokronolojinin gelişme evresinde çeşitli mekanik ölçü aletleri geliştirilmiş ve arkeoloji biliminde de önemli ilerlemeler sağlanmıştır. Genişleme evresinde ise ölçüm sistemleri gelişmiş, buzullar, jeomorfolojik olaylar, ekolojik koşullar gibi çeşitli konularda da yıllık halka çalışmaları yapılmaya başlanmıştır. Dendrokronoloji'nin ilk evresi, 20 yy. başlarında, bir astronom olan Andrew Ellicott Douglass (1867-1962) ile başlamıştır. Douglass, *Pinus ponderosa*'nın yıllık halkalarını incelerken, bazı halkaların belirgin şekilde diğerlerinden daha dar olduğunu görmüş ve bu özelliği aynı türün farklı bireylerinde de belirledikten sonra "crossdating" (eşleştirme) yapmıştır (Fritts,1976; McGinnies,1963). Eckstein ve Bauch (1969), yıllık halka grafiklerinin karşılaştırılmasında ve karakteristik yılların belirlenmesinde yeni yöntemler geliştirmişler ve bununla ilgili olarak bilgisayar programları yapmışlardır. Dendroklimatolojik çalışmalarda basit korelasyon katsayıları ve çok değişkenli doğrusal regresyon denklemleri kullanılmakta iken, Fritts, 1971 yılında "Response Function" (Tepki Fonksiyonu) yöntemini ortaya koymuştur (Köse, 2007).

Hazırlanan ana grafikler, Tucson Yıllık Halka Araştırmaları Laboratuvarında "Crossdating Index (CDI)" adı altında toplanmıştır. Bu indeks içerisinde yer alan kronolojilerin yapıldığı ülke, kapsadığı yıllar, ağaç türü, bölgesi, yöresi gibi bilgiler yer almıştır. İndekste yer alan ağaçlar 3 gruba ayrılmış ve (0), (1), (2) olarak numaralandırılmıştır. (0), dendrokronolojik olarak öneme sahip olmayan ya da hiç çalışma yapılmamış ağaçları; (1), dendrokronolojik olarak orta derecede öneme sahip veya az sayıda araştırma yapılmış olan ağaçları; (2), dendrokronolojik olarak önemli ve çok sayıda araştırma yapılmış ağaçları kapsayan gruplardır (Grissino-Mayer, 1993).

Son yıllarda yıllık halka ölçümünden analizlerin yapılmasına kadar, her aşamada kullanılacak bilgisayar programları yazılmış (ARSTAN, COFECHA, CRONOL, TSAP, PAST, PRECON vb.) ve birçoğu ücretsiz olarak araştırmacıların kullanımına sunulmuştur (Köse, 2007).

Fritts (1976) tarafından yazılan ‘Tree Rings and Climate’ adlı kitapta, Dendroklimatoloji’nin biyolojik temeli ortaya konmuş ve geliştirilen ileri istatistik yöntemler açıklanmıştır. Eckstein (1992) bu kitabı ‘Dendrokronolojinin Kutsal Kitabı’ olarak tanımlamaktadır. Schweingruber (1996) tarafından yazılan ‘Tree-Rings and Environmental Dendroecology’ adlı eserde, yıllık halka oluşumu ve bunu etkileyen tüm ekolojik faktörler açıklanmıştır. ‘Tree-Rings: Basics and Applications of Dendrochronology’ (Schweingruber, 1988)’ adlı kitapta da yıllık halka analizlerinde uygulanan temel yöntemler ana hatlarıyla açıklandıktan sonra, dendrokronolojinin tüm uygulama alanları örneklerle açıklanmıştır. Editörlüğünü Cook ve Kairiukstis (1990)’in yaptığı ‘Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Science’ adlı eserde, dendrokronolojik çalışmaların tüm alanlarında kullanılan yöntemler topluca ele alınmış, örnekleme yöntemlerinden, analiz sonuçlarının değerlendirmesine kadar uygulanan tüm yöntemler açıklanmıştır.

Ülkemizde ilk dendroklimatolojik çalışma Gassner ve Christiansen-Weniger (1937) tarafından yapılmış ve Anadolu çamlarındaki yıllık halka gelişimlerine dayanarak, kurak ve yağışlı yıllar belirlenmiştir. Bu araştırma 1948 yılında Kerim Ömer Çağlar tarafından Türkçeye çevrilmiştir. Kuniholm ve Striker (1976), St. Irene Kilisesi’nin kubbe altı kemer kirişlerinin bağlantısını konu alan dendrokronolojik bir çalışma yapmışlardır.

Kuniholm (1977) tarafından “Gordion ve Anadolu Platosunda Dendrokronolojik Çalışmalar” isimli bir doktora tezi yapılmıştır. Bu tez ile 806 yıl uzunluğunda Ardıc kronolojisi oluşturulmuştur. Ülkemizde yerli araştırmacılar tarafından dört doktora, iki yüksek lisans tezi hazırlanmış ve az sayıda makale yayımlanmıştır. Doktora çalışmalarının ilki 1986 yılında Birsen Kantay tarafından yapılan “Çoruh Meşesi’nde Dendrokronolojik Araştırmalar” adlı tezdur. Bu çalışmada Belgrad Ormanı’ndan alınan Çoruh Meşesi’nin değişik yükseklik kademelerindeki yıllık halka genişlikleri ölçülmüş, benzerlik ve farklılıkları ortaya konmuştur. “Türkiye’deki Doğu Ladini Üzerinde Dendrokronolojik Araştırmalar” adlı ikinci doktora tezi Zafer Cemal Özkan tarafından 1990 yılında yapılmış ve bu çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesi’nde doğal yetişen ladinde yıllık halka ölçümleri yapılarak, ana kronolojiler oluşturulmuştur. “Batı Akdeniz Bölgesi’nde Doğal Yetişen Karaçam ve Toros Göknarı Üzerinde

Dendrokronolojik Araştırmalar” adlı üçüncü doktora çalışması da 1997 yılında Ünal Akkemik tarafından yapılmış olup, bu tezde adı geçen iki takson için bölgesel kronolojiler oluşturulmuş, bu kronolojilerin eşleştirme olanakları araştırılmış ve yıllık halka ile iklim arasındaki ilişkiler saptanmıştır. “Batı Anadolu’da İklim Değişkenliği ve Yıllık Halka Gelişimi” adlı dördüncü doktora çalışması 2007 yılında Nesibe Köse tarafından yapılmıştır. Bu tezde Batı Anadolu’da karaçamlardan oluşturulan yöre kronolojileri ve bu bölgede daha önce hazırlanmış yöre kronolojileri kullanarak yerel ve alansal rökonstrüksiyonlar yapılmıştır. Dağdeviren (2002) tarafından yapılan yüksek lisans tezinde de, Kazdağları’nda doğal yetişen bazı iğne yapraklı taksonlar için yöre kronolojileri oluşturulmuş, bu kronolojilerin iklime verdiği tepkiler incelenmiştir. Akbulut (2002), yüksek lisans tezinde Doğu Karadeniz Bölgesi’ndeki *Castanea sativa* L. örneklerine ait yöre ve bölgesel kronolojiler oluşturmuştur (Akkemik 2004).

Ülkemizde bu konularla ilgili iki tane de Türkçe kitap yazılmıştır. Akkemik (2004) tarafından yazılan ‘Dendrokronoloji: İlkeleri- Biyolojik Temelleri - Yöntemleri – Uygulama Alanları’ isimli kitap, dendrokronoloji ile ilgili yazılmış ilk Türkçe kitaptır. Kitapta; dendrokronolojinin temel ilkeleri, biyolojik temelleri, yöntemleri ve uygulama alanları açıklanmıştır. Bu kitabın hazırlanmasında ‘Tree Rings and Climate’ (Fritts, 1976), ‘Tree-Rings: Basics and Applications of Dendrochronology’ (Schweingruber, 1988), ‘Growth Controls in Woody Plants’ (Kozlowski ve Pallardy, 1997) adlı kitaplar ile B. Aytuğ tarafından 1984 yılında hazırlanan ‘Orman Ağaçlarının Hayatı’ adlı ders notlarından büyük ölçüde faydalanılmıştır. Ayrıca kitap, yazar tarafından yapılan araştırma sonuçlarıyla zenginleştirilmiştir. Diğer kitap ise Avcı (2007) tarafından yazılan ‘Coğrafyacılar için Dendrokronoloji’ adlı kitaptır. Bu kitapta Dendrokronolojinin prensipleri, gelişimi ve fiziki coğrafya çalışmalarında uygulama alanları açıklanmıştır. Ülkemizde yapılan dendroklimatolojik ve dendrohidrolojik çalışmalar aşağıda verilmiştir.

2.3.1. Dendroklimatolojik Çalışmalar

Ülkemizdeki dendroklimatolojik çalışmalar, 1937 yılında Gassner ve Christiansen-Weniger tarafından karaçam ağaçlarının yıllık halkaları ile kurak ve yağışlı yılların saptanmasıyla başlamış, uzun süren bir boşluktan sonra, 1986 yılından itibaren çeşitli tez ve çalışmalarla bir aşama kaydetmiştir. Kapsamlı dendroklimatolojik çalışmalar,

2000 yılından sonra başlamış olup, bu tarih, özellikle uzun dönemli rökonstrüksiyonların başlangıcı açısından bir dönüm noktasıdır. Bu tarihe kadar yapılan çalışmalar, iklim ve yıllık halka genişliği arasındaki ilişkilere odaklanırken, 2000’li yıllardan sonra, rökonstrüksiyonlar yapılmış, Anadolu’nun yağış tarihi ana hatlarıyla ortaya konmuştur (Köse 2007).

Akkemik (2000a,b,c), Akkemik ve Dağdeviren (2000), Akkemik (2003), Akkemik ve Demir (2003), Köse (2007) ülkemizin değişik yörelerinden aldıkları artım kalemlerinin yıllık halka ölçümlerini yaparak, büyüme ve iklim arasındaki ilişkileri ortaya konmuştur. Yapılan dendroklimatolojik çalışmalar, Anadolu’da ağaçların yıllık halka genişliğini sınırlayıcı en önemli faktörün vejetasyon dönemindeki yağış olduğunu ortaya koymuştur. Bu aylardaki toplam yağış, bazı meteoroloji istasyonları ve gridler için tahmin edilerek o yöredeki kurak ve yağışlı yıllar belirlenmiştir:

Hughes ve diğ. (2001), Ege Havzasının 1880-1980 yılları arasındaki karakteristik yıllarını saptayarak, önemli kurak (1882, 1886-1887, 1890, 1916, 1918, 1928, 1935, 1942, 1945, 1949 ve 1961) ve yağışlı (1881, 1895, 1896-1897, 1901, 1910, 1917, 1919, 1930, 1933, 1936, 1959-1960 ve 1975) yılları saptamışlardır.

D’Arrigo ve Cullen (2001), Sivas meteoroloji istasyonunun 350 yıllık (1628-1980 yılları arasında) şubat-ağustos toplam yağışını tahmin etmiş, bu dönemde yaşanan kurak ve yağışlı yılları ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlara göre, 1660, 1746 ve 1887 ekstrem kurak, 1689, 1709 ve 1960 yılları da ekstrem yağışlı yıllardır. Tarihsel kayıtlarda kıtlık yılları olarak belirtilen 1725-26, 1756-57,1890 ve 1873-74, rökonstrüksiyonlarda da kurak yıllar olarak saptanmıştır.

Touchan ve diğ. (2003) tarafından, Akdeniz Bölgesi’nin yaklaşık son 700 yıllık mayıs-haziran yağışı ortaya konmuştur. Bu çalışmayla 4 yıl süreli tek kurak dönemin 1476-1479 yıllarında yaşandığı saptanmıştır. Bu çalışmada saptanan kurak ve yağışlı yılların birçoğu, D’Arrigo ve Cullen (2001) tarafından belirtilen yıllarla da büyük benzerlikler göstermiştir.

Touchan ve diğ. (2005b), 1251-1998 döneminde Batı Anadolu'yu da içine alan bölge için mayıs-haziran standart yağış indeksini (SPI) belirlemiştir. Art arda gelen kurak yılların en fazla 2 yıl süreli olduğunu ve 1607-08, 1675-76 ve 1907-08 yıllarında; yağışlı yılların 1330-31, 1428-29, 1503-04, 1629-30 ve 1913-14 yıllarında yaşandığını belirtmiştir.

Akkemik ve diğ. (2005) tarafından, Kastamonu civarından alınan meşe örneklerine dayanılarak yapılan çalışmada da, Kastamonu Meteoroloji İstasyonunun 1635-2000 yıllarını kapsayan mart-haziran dönemi yağışlarının tahminleri yapılmış ve 1687, 1692, 1696, 1701, 1725, 1739, 1757, 1887 ve 1927-28 yıllarının ekstrem kurak, 1638, 1641, 1689, 1709, 1723 ve 1877 yıllarının da ekstrem yağışlı geçtiğini saptamışlardır. Bu çalışmada elde edilen kurak yıllar, Osmanlı Kayıtlarında kıtlık yılları olarak belgelenmiş yıllarla karşılaştırıldığında büyük benzerlikler saptanmıştır.

Akkemik ve Aras (2005) tarafından yapılan çalışmada da Toros Dağlarından alınan karaçam örnekleriyle oluşturulan kronoloji kullanılarak, Konya Meteoroloji İstasyonunun 1689-1994 yıllarını kapsayan mayıs-ağustos dönemi yağış tahmini yapılmıştır. Çalışma ile, son 300 yıllık dönemde, kurak yılların en fazla 3 yıl süreli olduğu ve bunun da çok seyrek olduğu belirlenmiştir. Bölgedeki ekstrem kurak yıllar 1693, 1725, 1819, 1868, 1878, 1887 ve 1893, ekstrem yağışlı yıllar da 1692, 1709, 1717, 1755, 1788, 1897, 1919 ve 1930 dur. Son 300 yıllık dönemde en uzun kurak dönem 3 yıl sürelidir ve bir kez yaşanmıştır.

Köse ve diğ. (2005), Eskişehir ve Ankara civarındaki dört yöreden aldığı örneklerle Eskişehir Meteoroloji İstasyonu mayıs- ağustos toplam yağışını tahmin etmiştir. 1757-2002 yıllarını kapsayan dönemde 3 yıl süreli kuraklığın bir kez (1878-80), 2 yıl süreli kuraklığın bir kez (1886-87) ve 1 yıl süreli kuraklığın yirmi üç kez yaşandığı belirlenmiştir.

Akdeniz Bölgesinde ilk büyük ölçekli dendroklimatolojik çalışma Touchan ve diğ. (2005 a) tarafından yapılmıştır. Çalışmada 115 yıldan 600 yıla kadar altı iklim tahmini yapılmıştır. 1885-2000 yıllarını kapsayan rökonstrüksiyonda 36, 1800-2000, 1700-2000, 1600-2000, 1500-2000 ve 1400-2000 yıllarını kapsayan rökonstrüksiyonlarda

sırasıyla 32, 18, 14, 9 ve 7 kronolojinin ana bileşenleri kullanılmış, mayıs-ağustos dönemi toplam yağış değerleri tahmin edilmiştir. Son 600 yılda en uzun kurak dönemin 5 yıl süreli (1591-1595) ve bir kez yaşandığı; en uzun yağışlı dönem 1601-1605 ve 1751-1755 yıllarında 5 yıl süreli yaşandığı belirlenmiştir. Bölgesel yağış üzerinde büyük ölçekli atmosferik sirkülasyonun etkilerini tanımlamak amacıyla regresyon haritaları kullanılmıştır. Yıllık halka gelişimi genellikle mayıs-ağustos yağışından etkilenmektedir. Son 237 yılı kapsayan bağımsız bir tahmini ve yirminci yüzyılın ikinci yarısı ekstrem kurak ve yağışlı yazlarından büyük ölçekli iklim sinyallerini elde etmek için bir kompozit teknik kullanılmıştır. Benzer şekilde son 50 ve 237 yılın her ikisi için de ekstrem kurak ve yağışlı yazlarla ilgili yüzey hava sıcaklığı ve ana atmosferik desen modları tanımlanmıştır.

Son yıllarda TÜBİTAK- YDABAG (Dalfes ve diğ., 2006) ve TOGTAĞ (Akkemik ve Köse, 2007) tarafından desteklenen iki önemli proje yürütülmüştür ve bu projelerle desteklenen bir doktora tezi (Köse, 2007) yapılmıştır. ‘Anadolu’nun iklim tarihinin son 500 yılı: Dendroklimatoloji yöntemleriyle rökonstrüksiyonlar ve uzay zaman analizleri’ başlıklı projede (Dalfes ve diğ., 2006) Ankara-Kızılcahamam, Çorum-Kargı, Eskişehir, Karabük civarından toplam 14 yöre kronolojisi oluşturulmuş, Kütahya, Eskişehir, Bolu ve Çorum meteoroloji istasyonları mayıs-haziran ayları toplam yağışı tahmin edilmiş, kurak ve yağışlı yıllar belirlenmiştir. Ayrıca bu kronolojiler kullanılarak, 1758-2002 aralığında mayıs-haziran toplam yağışının Anadolu’da alansal rökonstrüksiyonu yapılmıştır. Kullanılan kronolojilerin sayısının azlığı ve alana homojen dağılmamış olması nedeniyle Anadolu’nun tamamı için anlamlı sonuçlara ulaşılamamıştır. Ancak bu proje, bir ulusal araştırma grubu tarafından Anadolu’da yapılan ilk alansal rökonstrüksiyon çalışması olması nedeniyle önemlidir.

‘Batı Anadolu’daki Bazı Orman Ağaçlarında Yıllık Halka Gelişimi ve Yıllık Halkalara Dayanarak İklim Değişkenliğinin Saptanması’ başlıklı ikinci projede (Akkemik ve Köse, 2007) Ankara-Beypazarı, Burdur-Göhlisar, Afyon, Denizli, Kastamonu ve Bolu civarından toplam 11 kronoloji oluşturulmuştur. Kütahya, Eskişehir, Afyon ve Isparta meteoroloji İstasyonları mayıs-haziran ayları toplam yağışı tahmin edilmiş, kurak ve yağışlı yıllar belirlenmiştir. Bu kronolojilere ek olarak araştırma alanında geçmişte oluşturulmuş kronolojilerle birlikte toplam 31 yöre kronolojisi kullanılarak 1786-2000

aralığında mayıs-haziran toplam yağışının Batı Anadolu’da alansal rökonstrüksiyonu yapılmış ve Batı Anadolu’nun tamamında 0,99 güven düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Batı Anadolu’da mayıs-haziran aylarının oldukça kurak geçtiği 1794, 1840, 1887, 1893 ve yağışlı geçtiği 1835, 1876, 1881, 1901 yılları alansal rökonstrüksiyonlarla belirlenmiştir (Köse 2007, Akkemik ve Köse 2007).

2.3.2. Dendrohidrolojik Çalışmalar

Dendrohidroloji; Andrew Ellicott Douglass’ın (1867-1962) öğrencilerinden olan Edmund Schulman (1908-1958) tarafından akım verilerinin yağış kayıtları gibi kullanılabilmesinin öne sürmesi ile başlamıştır. İlk çalışması 1942 yılında “Kolorado Nehri akışının yıllık halka geçmişi” adlı çalışmadır. 1944 yılında ise “Colorado Havzası’nda yağış ve yüzeysel akış tarihçesinin yıllık halkalarla belirlenmesi” adlı doktora tezini tamamlamıştır (Treeflow, 2010). Sonraki yıllarda da bu konuda ki çalışmalarına devam etmiştir.

Bu aşamadan sonra suyun önemi arttıkça bu yöndeki çalışmalar da hız kazanmıştır. Dünyada Su kıtlığının olduğu veya nüfusun hızla arttığı bölgelerde suyun daha verimli kullanımı için uzun dönemli akım tahminlerine ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla çok sayıda çalışma yapılmış olup bunlar aşağıda özetlenmiştir:

Cook ve Jacoby (1983), Potamac Nehrinin 248 yıllık (1730-1977 yılları arasında) temmuz-eylül ayları ortalama akım değerlerinin, kanonik regresyon analizi ile rökonstrüksiyonunu yapmıştır. Bu yıllar arasındaki akım değerinin 50’şer yıllık periyodik değişimini ve gerçeği ile tahmin edilen akım değerleri arasındaki farkı göstermiştir. Bu amaçla aletsel akım verileri değerlerinin ortalaması ile tahmini değerlerin ortalamasını karşılaştırılmıştır. Bu sayede çok kurak periyot olarak kabul edilen 1960 yılının aslında düşük akım frekans ortalamasının çok az altında olduğunu belirlemişlerdir. Potomac nehrinin en düşük akış frekansının 1850-1873 yılları arasındaki periyot da gerçekleştiği belirlenmiştir.

Pederson ve diğ. (2000), kuzeydoğu Moğolistan için (önceki yılın ağustos ayından, halka oluşum yılının temmuz ayına kadar) 345 (1651-1995) yıl uzunluğunda yağış ve akım rökonstrüksiyonu yapmıştır. Yapılan yağış ve akım rökonstrüksiyonları, geçmiş 50 yıllık aletsel kayıtların varyansının sırasıyla %54 ve %48 ni açıklamaktadır. Çoklu

spektral analiz yağış için 10.8 ve 12.8 yılda, akım rökonstrüksiyonları için 12.8 ve 20.3-23.8 yılda istatikselsel olarak anlamlı pikler vermiştir. Tekli spektral analiz de her iki seride 12 ve 21 yılda spektral modlar tanımlanmıştır. Yıllık halka tabanlı yağış rökonstrüksiyonları için bulunan bu spektra Çin (merkez) ve batı Amerika ile benzer bulunmuş, Moğolistan iklimi üzerinde solar etkinin önemli bir faktör olabileceği düşünülmüştür.

Case ve MacDonald (2003) tarafından Kanada bozkır nehirleri için ilk dendrohidrolojik çalışmayı yapmıştır. Bu alanda 3 nehrin (Kuzey Saskatchewan, Güney Saskatchewan, Saskatchewan nehirleri) akım verilerinin ayrı ayrı rökonstrüksiyonları (113 yıl, 522, 375 yıl) yapılmıştır. Periyodik olarak nehirlerle ilgili kurak, akımın düşük olduğu ve yüksek olduğu aralıklar belirlenmiştir.

Watson ve Luckman (2005) Bow nehrinin 300 yıldan uzun akım rökonstrüksiyonları ile akıma katkı yapan büyük değişkenleri (buzul erimeleri, kış ve yaz yağışları) ortaya koymuştur. Peyto buzulu için yenilenen kış kitle dengesi, kış yağışları için vekil kabul edilerek ve bu verilere göre Banff Milli Parkı için nisan-ağustos rökonstrüksiyonları yapılmıştır. Akım değişkenliği, en yüksek korelasyonu kış yağışları, önceki yılın ortalama kar yağışını aşan akım periyotları ile ekstrem yaz yağışlarının olduğu dönemde göstermiştir.

Bu konuda Türkiye'deki tek çalışma ise Akkemik ve diğ tarafından 2008 yılında yapılmıştır. Bu çalışmada Batı Karadeniz Bölgesi, Filyos Nehrinin 1650–2000 yıllarına ait mayıs-ağustos akım verilerinin rökonstrüksiyonu yapılmıştır ve bu dönemde yaşanan kurak yıllar ile taşkın yılları belirlenmiştir.

2.4. AKIMIN TANIMI VE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

2.4.1. Akım (Debi)

Akarsuyun herhangi bir yerdeki enine kesitinden 1 saniyede geçen su hacmine akım (debi) denir ve m^3/sn olarak ifade edilir. Akım değerleri zaman içinde azalır ve çoğalır. Bu nedenle akım değerleri ortalama olarak ifade edilir. Bir gün içindeki akım değişmelerinin ortalamasına *günlük ortalama akım*; ayı teşkil eden günlerin ortalama

akım miktarlarının toplanıp gün sayısına bölünmesiyle elde edilen akıma *aylık ortalama akım*; aylık ortalama akımların toplanıp, yılın ay sayısı olan 12'ye bölünmesiyle bulunan akım değerine ise, *yıllık ortalama akım* denir. Uzun yıllara ait ortalama akım miktarlarının toplanıp yıl sayısına bölünmesiyle de *uzun süreli ortalama akımlar* elde edilir (Hoşgören, 2001).

2.4.2. Akıma Etki Eden Faktörler

2.4.2.1 İklim

Akım miktarları üzerinde rol oynayan en önemli faktörlerden biridir. Farklı iklim bölgelerinde, diğer koşullar aynı ise, farklı akım miktarları görülür. İklim akım miktarları üzerinde esas olarak yağış ve sıcaklık elemanlarıyla etkili olur (Hoşgören, 2001).

Yağış: Akım üzerinde direkt etkiye sahip bir iklim elemanıdır. Akım miktarları yağış miktarıyla doğru orantılıdır. Yağış miktarı ne kadar fazla ise, diğer koşullarda elverişli olduğu takdirde, akım miktarları da o kadar fazla olur (Hoşgören, 2001).

Sıcaklık: Yağış gibi akım üzerinde önemli rolü olan bir iklim elemanıdır. Akım miktarları sıcaklıkla ters orantılı olarak değişir. Sıcaklık değerleri yükseldikçe buharlaşma miktarı artacağından akım miktarları azalır (Hoşgören, 2001).

2.4.2.2 Jeomorfolojik Özellikler

Yükselti: Yükselti iklime eğim değerlerine etkili olur ve dolayısıyla akım üzerinde rol oynar. Yüksek sahalarda, genellikle, eğim değerleri de yüksektir. Bu durum, diğer koşullar da uygunsa, buharlaşmayı ve zemine sızmayı azaltacağından, akım miktarlarının artmasına sebep olur (Hoşgören, 2001).

Eğim: Bir sahada, diğer koşullar da elverişli ise, eğimlerin fazlalığı oranında buharlaşma ve sızma miktarları azalır. Dolayısıyla akarsuların bu yollarla olan su kayıpları minimuma iner (Hoşgören, 2001).

Bakı: Bakı yağış miktarına ve sıcaklığa etki yapmak suretiyle akım üzerinde rol oynar. Nemli rüzgarlara bakan yamaçlar, daha fazla yağış alacaklarından, buralarda yer alan akarsuların akım miktarları üzerinde olumlu etki yaparlar (Hoşgören, 2001).

2.4.2.3 Zeminin Litolojik Özellikleri

Zemini oluşturan toprak ve kayalar geçirimsizlikleri oranında akıma olumsuz etki yaparlar. Geçirimli kayalardan oluşan bir zeminde akan akarsuların akım değerleri, etkili diğer faktörler aynı kalmak koşuluyla, geçirimsiz bir zeminde akan akarsularinkine oranla, daha düşüktür (Hoşgören, 2001).

2.4.2.4 Bitki Örtüsü

Orman altlarında direkt güneş ışığı ve sıcaklığın daha az, bağıl nemin daha fazla olması ve rüzgar hızının da nispeten düşük bulunması gibi nedenlerle buharlaşma çıplak sahalara oranla daha azdır. Bu durum orman altlarında yer alan akarsuların buharlaşma yoluyla olan su kayıplarını nispeten azaltır ve akıma olumlu etki yapar (Hoşgören, 2001).

2.4.2.5 Yeraltı suları ve Kaynakları

Yeraltı suyu tablasının yer yüzeyine yakın olduğu yerlerde veya durumlarda, sızma azalacağından akarsuların bu yolla olan su kaybı azalır. Hatta su tablasının vadi tabanlarına değdiği zamanlarda akarsular yeraltı suyundan da beslenir (Hoşgören, 2001).

2.4.2.6 Göller

Yolları üzerindeki gölleri kat eden akarsular, gölden çıkarken daha düşük akım değerleri gösterebilirler. Bu durum, suların bir kısmının gölde bırakılmasından ileri gelir. Bazen göle cılız bir şekilde giren akarsular, bol akımlı olarak gölü terk ederler (Hoşgören, 2001).

2.4.2.7 İnsan

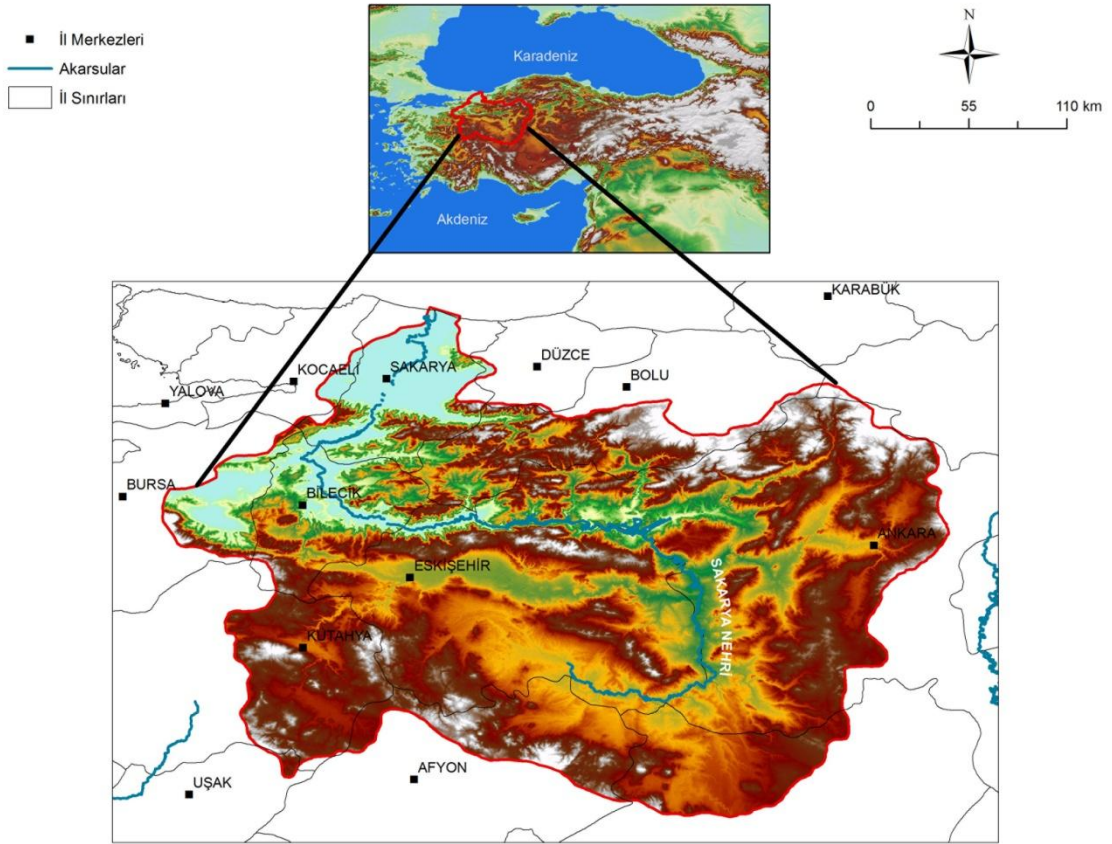
İnsanların akım üzerindeki etkileri hem doğrudan hem de dolaylı bir şekilde olur. Doğrudan etki çeşitli amaçlarla akarsulardan su alma ve onların yatakları üzerinde barajlar inşa etmekle gerçekleşir. İnsanın dolaylı yoldan etkisi ise, bitki örtüsünü ortadan kaldırmak veya yeniden tesis etmekle (silvikültür) kendini gösterir (Hoşgören, 2001).

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. ARAŞTIRMA ALANININ TANIMI

3.1.1. Araştırma Alanının Coğrafi Özellikleri

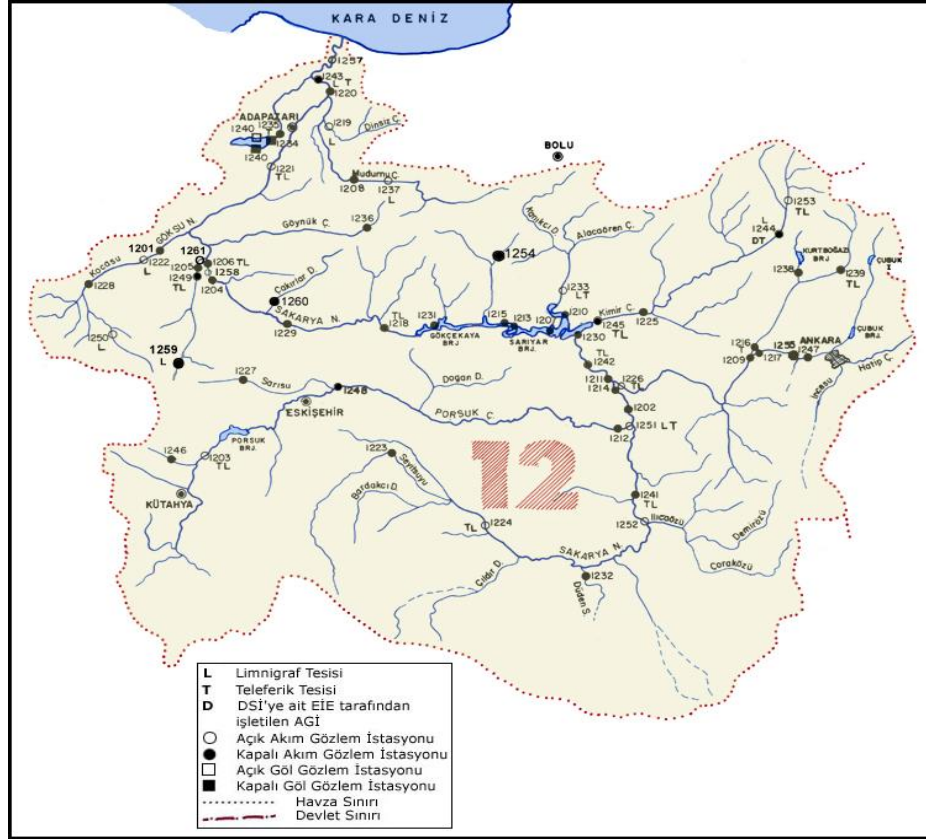
Ankara, Bolu, Bilecik, Eskişehir, Kütahya ve Sakarya illerini kapsayan araştırma alanı, 38°30'-41°10' Kuzey enlemleri ve 29°15'-33°15' Doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Sakarya Havzası'nın coğrafi konumu (Aster Gdem, 2009 ve ArcGIS 9.3)

Elektrik İşleri Etüt İdaresi hidrolojik çalışmalar için Türkiye genelini 25 ana akarsu havzasına ayırmıştır. Sakarya havzası bu sıralamaya göre onikinci havza olarak belirlenmiştir (EİEİ, 2009) (Şekil 3.2). Sakarya Havzası, Marmara, Ege, Karadeniz ve İç Anadolu Bölgelerinin bir kısmını içine almaktadır. Batıda Susurluk, güneyde Akarçay ve Büyük Konya Kapalı Havzaları, doğuda Kızılırmak ve Batı Karadeniz Havzaları ile çevrilidir. 58160 km² beslenme alanına sahip olan Sakarya Havzası Türkiye yüzölçümünün yaklaşık %7,13'ünü kapsamaktadır. Havzanın ortalama yüksekliği ise

508,62 m'dir. Havzanın ana akarsuyu olan Sakarya nehri 824 km'lik bir uzunluğa sahiptir ve Türkiye' de doğup Türkiye'de denize dökülen akarsular içinde Kızılırmak'tan sonra en büyük akarsudur (Bulut, 1998). Havza akarsuyu olan Sakarya Nehri'nin ortalama genişliği ise 91 km'dir (Akyol, 1948-1949).



Şekil 3.2 Sakarya Havzası ve yapısı (EİEİ, 2009)

Sakarya havzasında yıllık ortalama akım miktarı 6.4 km^3 olup, bu değer ülkemizdeki toplam değerlerin % 3,4'ünü oluşturmaktadır. Havza içindeki yıllık ortalama verim ise $3,6 \text{ L/s/km}^2$ dir (Mutlu, 2005).

Sakarya Havzası'ndaki akarsuların yıl içinde akım miktarları değişim gösterir. Genel olarak Sakarya'nın rejimi 'yağmur rejimi' olarak tanımlanır. Ancak havzanın bazı kesimlerinde yükseltinin fazla olması bu alandaki kaynakların kar erimeleriyle de beslenmesine yol açar. Dolayısıyla Sakarya Havzası'ndaki akarsuların beslenme rejimleri de farklıdır (İnandık, 1958-1959).

Sakarya havzası geniş alanına rağmen, düşük yağış miktarı almakta ve verimi de oldukça düşük seviyelerde gerçekleşmektedir. Ancak bu havza ülkemizdeki su ve toprak kaynakları projelerinin ilklerini ihtiva etmektedir(Mutlu, 2005).

Sakarya Havzası üzerinde üç büyük baraj bulunmaktadır. Bunlardan ilki Türkiye'nin de ilk büyük hidroelektrik santrali olan ve Nallıhan ilçesinde Sakarya Nehri üzerinde 1956'da yapımı tamamlanan Sarıyar Barajıdır. Diğer iki baraj ise sırasıyla Eskişehir'de Sakarya Nehri üzerinde 1972 yılında yapımı tamamlanan Gökçekaya Barajı ve yine Eskişehir'de Sakarya Nehri üzerine 1999 yılında yapımı tamamlanan Yenice Barajıdır (DSİ, 2010) (Tablo 3.1).

Tablo 3.1 Sakarya Nehri üzerindeki barajların genel özellikleri

Barajlar	Baraj tipi	Baraj kotu (m)	Su kotu (m)	Göl alanı(km ²)	Göl Hacmi(hm ³)
Sarıyar	Beton ağırlıklı	108	475	83.83	1.900
Gökçekaya	Beton kemer	158	388	20	910
Yenice	Toprak dolgu	41.10	273.10	3.64	57.60

3.1.2. Araştırma Alanının İklim Özellikleri

Havzanın geniş olması ve farklı coğrafi bölgelere yayılması sebebiyle havzada çeşitli iklimler etkilidir. Bu sebeple havza Yukarı, Orta ve Aşağı Sakarya Havzası olmak üzere 3 bölüme ayrılarak ele alınmıştır (Büyükyıldız, 2004):

Yukarı Sakarya Havzasında yer alan Eskişehir, Emirdağ, Ilgın, Haymana, Polatlı çevresinde, Orta Sakarya'nın doğusunda Ankara ve çevresinde İç Anadolu iklimi görülür. Yazlar sıcak, kışlar soğuktur. Yaz döneminde konveksiyonel karakterlere bağlı olarak az da olsa yağış alır. Porsuk çayı havzasının yukarı kesimleri ile Kütahya ve çevresinde İç Batı Anadolu geçiş iklimi etkilidir. Bu bölgenin sıcaklık koşulları daha çok İç Anadolu'ya benzerken yağış şartları ve rejimi Marmara Bölgesi'nin etkisi altındadır (Büyükyıldız, 2004).

Orta Sakarya Havzası'nın kuzeyinde yer alan Göynük, Mudurnu, Kızılcahamam arasındaki dağlık alanda Karadeniz iklimi ile İç Anadolu step iklimi arasında bir geçiş

iklimi görülür. Bilecik, İnegöl, Yenişehir, Geyve ve Osmaneli çevresinde Marmara geçiş iklimi görülür. Yaz kuraklığı hafif, buharlaşma Akdeniz iklimine göre azdır.

Aşağı Sakarya Havzası'nda yer alan Adapazarı Ovası ve çevresi Marmara ve Karadeniz iklim tipleri arasında bir geçiş alanıdır. Güneydeki dağlık kesim hariç kışlar ılık geçer. En çok yağış kış mevsiminde düşer, kurak mevsim görülmez. Yazlar sıcak, kışlar biraz soğuk geçer. Havzada yıllık ortalama yağış 524,7 mm'dir (Büyükyıldız, 2004).

3.1.3. Araştırma Alanının Bitki Örtüsü

Sakarya Havzası, alan olarak büyük olması ve farklı coğrafi bölgelere yayılması nedeniyle biyolojik çeşitlilik açısından zengindir; fakat Türkiye' deki havzaların genelinde olduğu gibi orman yoğunluğu bakımından çok zengin değildir.

Sakarya Havzasındaki ormanlık alan 18440,8 km²'dir. Bu rakam, havza alanının %31,71'ine denk gelmektedir. Türkiye' deki en büyük beş havza (Fırat, Kızılırmak, Sakarya, Dicle ve Konya) dikkate alındığında en yüksek ormanlık alan yüzdesine sahip olan Sakarya Havzası'dır (Hızal ve diğ., 2008).

Havza alanı Türkiye'nin ekolojik bölgelerinden Karadeniz İklim Bölgesi, Marmara Geçiş Bölgesi ve İç Anadolu Bölgesi alanlarına dahil olmaktadır. Karadeniz İklim Bölgesine dahil olan kısımda nemli ılıman geniş yapraklı orman (kayın, kestane, kızılağaç, ıhlamur ve meşe); Karadeniz ardı plato ve dağları soğuk yarı nemli iğne yapraklı orman bölümleri görülür (Atalay, 2002). Sakarya-Melen gölü arasında uzanan yüksek plato alanı ekseriya kayın ormanları ile kaplıdır, bunu gürgen ve meşe ormanları takip eder. Sakarya vadisi, Karadeniz etkilerinin güneye doğru sokulmasını sağladığından, Adapazarı ve Bolu depresyonunun güneyinde kuzeye bakan yamaçlar kayın ormanları ile kaplıdır (Atalay, 1983).

Bolu depresyonunun güneyinde uzanan Köroğlu Dağlarının kuzeye bakan yamaçlarında 700 m'nin üzerinden itibaren bodur gürgen ve kayın ormanları başlarlar ve bu ormanlar yükseklerde başlayan sarıçam-gökknar karışık ormanlarının alt katında da görülmektedir (Zednik, 1963'e atfen Atalay, 1983).

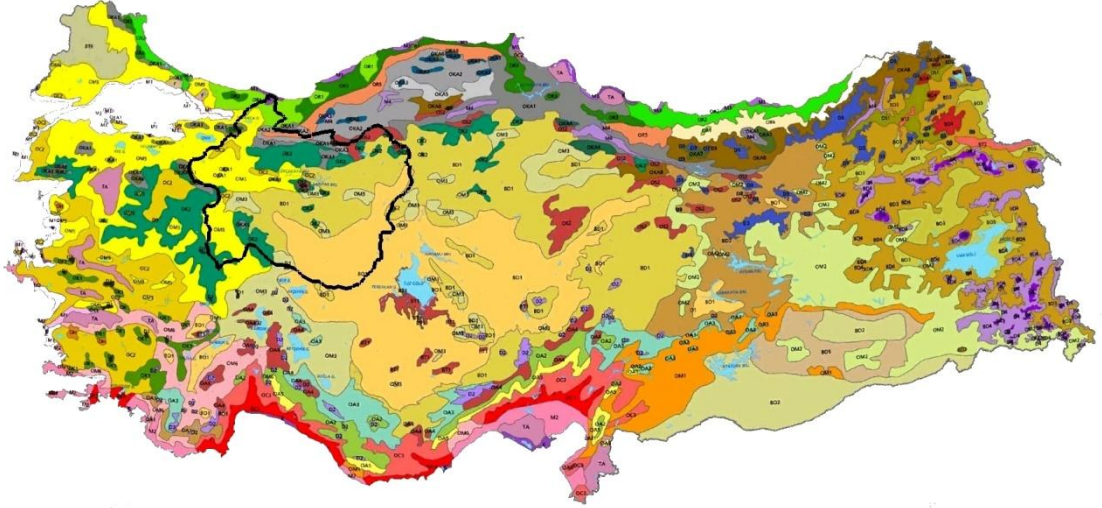
Marmara Geçiş Bölgesinde ise kuru orman (maki, kızılçam) ve yarı nemli (karaçam, meşe) orman bölümleri görülür. Makiler Pamukova'nın kuzey kesimleri ve Geyve ile Sarıcakaya arasındaki Sakarya vadisi boyunca görülür. Genellikle güneye bakan yamaçlarda 550-600 m'ye kadar yükselir. Kızılçamlar ise Pamukova oluşunun güneye bakan yamaçlarında yaygın, Sakarya vadisi ve olukların güneye bakan yamaçlarında görülür. Yarı nemli orman tipleri Uludağ-Domaniç dağlarının güney kesimleri ile İç Batı Anadolu platolarını kapsar. Pamukova havzasının güney kesiminde Göynük suyu vadisinin güneye bakan yamaçları boyunca altta kızılçam, onun üzerinde meşelerden oluşan kuru ormanlar görülür. Kütahya çevresinde karaçam, meşe türleri ile ardıcılardan meydana gelen ormanlar yaygındır (Atalay, 2002). Kütahya Ovası'ndaki bozkır alanı da orman tahribi ile gerçekleşmiştir (Dönmez, 1972'ye atfen Atalay, 2002).

İç Anadolu Bölgesinde bozkır ve kuru orman-antropojen bozkır bölümleri görülmektedir. Bozkır bölümü Sakarya-Porsuk çayı boyunca Eskişehir Ovası'na kadar uzanan alanda yer alır. Kuru ormanlar bölümündeki meşe ve karaçamlar Kütahya-Afyon hattının doğusunda Yazılıkaya Yaylası ve Sandıklı Dağları ile Eskişehir-Kütahya arasında yer alır. Kuzey kesimlerde kalan Beypazarı'ndaki karaçam ormanları, yarı nemli-yarı kurak ortamlarda gelişmişlerdir. Antropojen bozkırlar ise Beypazarı-Karaşar ve Nallıhan civarında yer alır (Atalay, 2002).

Orman Genel Müdürlüğü'nün Türkiye'deki orman varlığına ilişkin yaptığı çalışmalar dikkate alındığında ise Sakarya Havzası'nda farklı orman tipleri görülmektedir (Şekil 3.3). Havzanın en kuzeyinde Sakarya ilinde, Karadeniz kıyısı yalancı maki topluluğu ve delta ekosistemi, aşağısında Karadeniz nemli meşe ormanları vardır. Bu toplulukların doğusunda ise Orta Karadeniz kayın ormanlarına rastlanmaktadır. Daha aşağılara inildikçe Bilecik'in tamamı ve Kütahya'yı kapsayan kuzeybatıdan güney sınırına kadar geniş bir alanda Batı Anadolu meşe ormanı arasında da küçük topluluklar halinde Ege kızılçam ormanı, Batı Anadolu karaçam ormanı ve içeriye doğru bir parça Orta Anadolu meşe ormanı (yer yer ağaçlı bozkır şeklinde) toplulukları bulunmaktadır. Havzanın güneyinde Eskişehir tarafında dar bir alanda Orta Anadolu meşe ormanı (yer yer ağaçlı bozkır şeklinde) içinde Batı Anadolu yüksek dağ çayırı bulunmaktadır (Yeşil Atlas, 2001).

Güney sınırından doğuya kadar kıyı kesimlerde oldukça geniş bir alanda Orta Anadolu ova bozkırı hâkimdir. Eskişehir ve Ankara'nın güneydoğusunu kaplar. İç kesimlerde Eskişehir'in kuzeyi, Ankara'nın batı ve kuzey batı kısmında Orta Anadolu dağ bozkırı yapısı görülmektedir. Bu topluluğun içinde de yer yer Orta Anadolu meşe ormanı (yer yer ağaçlı bozkır şeklinde) ve Batı Karadeniz göknar ormanı görülmektedir. Bu topluluğun bittiği kısım olan Eskişehir'in kuzey sınırında Batı Karadeniz göknar orman alanı içinde üst yükseltilerde Orta Karadeniz ardı sarıçam ormanları ve Batı Anadolu yüksek dağ çayırı toplulukları görülmektedir (Yeşil Atlas, 2001).

Havza alanının Bolu ili sınırları içerisine giren alanda ve Ankara'nın kuzey kısımlarında ise Batı Karadeniz göknar ormanı ile bu alanların arasında Karadeniz ardı meşe ormanı topluluklarına rastlanmaktadır. Havza alanının kuzeydoğu sınırına kadar ulaşan Orta Anadolu dağ bozkırı topluluğunun içinde Batı Karadeniz göknar ormanı ve Orta Karadeniz ardı sarıçam ormanlarına rastlanmaktadır (Yeşil Atlas, 2001).



ORMANLAR

Çam ormanları

- OC1** Akdeniz kızılçam karışık ormanı
- OC2** Ege kızılçam ormanı
- OC3** Akdeniz kızılçam ormanı
- OH** Halep çamı ormanı
- OK1** Ege karaçam ormanı
- OK2** Batı Anadolu karaçam ormanı
- OS1** Doğu Karadeniz ardı sarıçam ormanı
- OS2** Orta Karadeniz ardı sarıçam ormanı

Meşe ormanları

- OM1** Kermes meşesi ormanı (yer yer ağaçlı bozkır şeklinde)
- OM2** Doğu Anadolu meşe ormanı (yer yer ağaçlı bozkır şeklinde)
- OM3** Orta Anadolu meşe ormanı (yer yer ağaçlı bozkır şeklinde)
- OM4** Trakya meşe-gürgen karışık ormanı
- OM5** Batı Anadolu meşe ormanı
- OM6** Akdeniz meşe ormanı

BOZKIRLAR

Dağ bozkırları

- BD1** Orta Anadolu dağ bozkırı
- BD2** İç Doğu Anadolu dağ bozkırı
- BD3** Doğu Anadolu dağ bozkırı
- BD4** Doğu Anadolu yüksek dağ bozkırı
- BD5** Güneydoğu Anadolu dağ bozkırı

Ova bozkırları

- BO1** Orta Anadolu ova bozkırı
- BO2** Güneydoğu Anadolu ova bozkırı
- BO3** Doğu Anadolu ova bozkırı
- BO4** Kuzeydoğu Anadolu yüksek plato bozkırı
- BTR** Trakya ova bozkırı

Tuzcul bozkırlar

- BT1** Orta Anadolu tuzcul bozkırı
- BT2** Doğu Anadolu tuzcul bozkırı

Karadeniz ormanları

- OKA1** Karadeniz ardı meşe ormanı
- OKA2** Batı Karadeniz göknar ormanı
- OKA3** Batı Karadeniz ardı kayın ormanı
- OKA4** Orta Karadeniz ardı kayın ormanı
- OKA5** Orta Karadeniz ardı meşe-iğneyapraklı karışık ormanı
- OKA6** Batı Anadolu yüksek dağ göknar ormanı
- OKA7** Doğu Karadeniz göknar ormanı
- OKA8** Doğu Karadeniz yüksek dağ iğneyapraklı ormanı
- OR1** Karadeniz nemli meşe ormanı
- OR2** Doğu Karadeniz yaprakdöken ormanı
- OR3** Batı Karadeniz kayın ormanı
- OR4** Karadeniz göknar-kayın karışık ormanı
- OR5** Orta Karadeniz kayın ormanı
- OR6** Doğu Karadeniz iğneyapraklı-yaprakdöken karışık ormanı

Toros ormanları

- OA1** Toros sediri ormanı
- OA2** Toros sediri-göknar karışık ormanı
- OA3** Toros ardı ardıç ormanı
- OA4** Toros iğneyapraklı dağ ormanı
- OA5** Toros iğneyapraklı-yaprakdöken karışık ormanı

YÜKSEK DAĞ ÇAYIRLARI

- D1** Batı Anadolu yüksek dağ çayırı
- D2** Akdeniz yüksek dağ çayırı
- D3** Kuzeydoğu Anadolu yüksek dağ çayırı
- D4** Doğu Anadolu yüksek dağ çayırı

MAKİ

- M1** Pınar meşesi maki topluluğu
- M2** Doğu Akdeniz tipi maki topluluğu
- M3** Karadeniz kıyısı yalancı maki topluluğu
- M4** Karadeniz ardı relikt Akdeniz bitki topluluğu

F Kuru fundalıklar

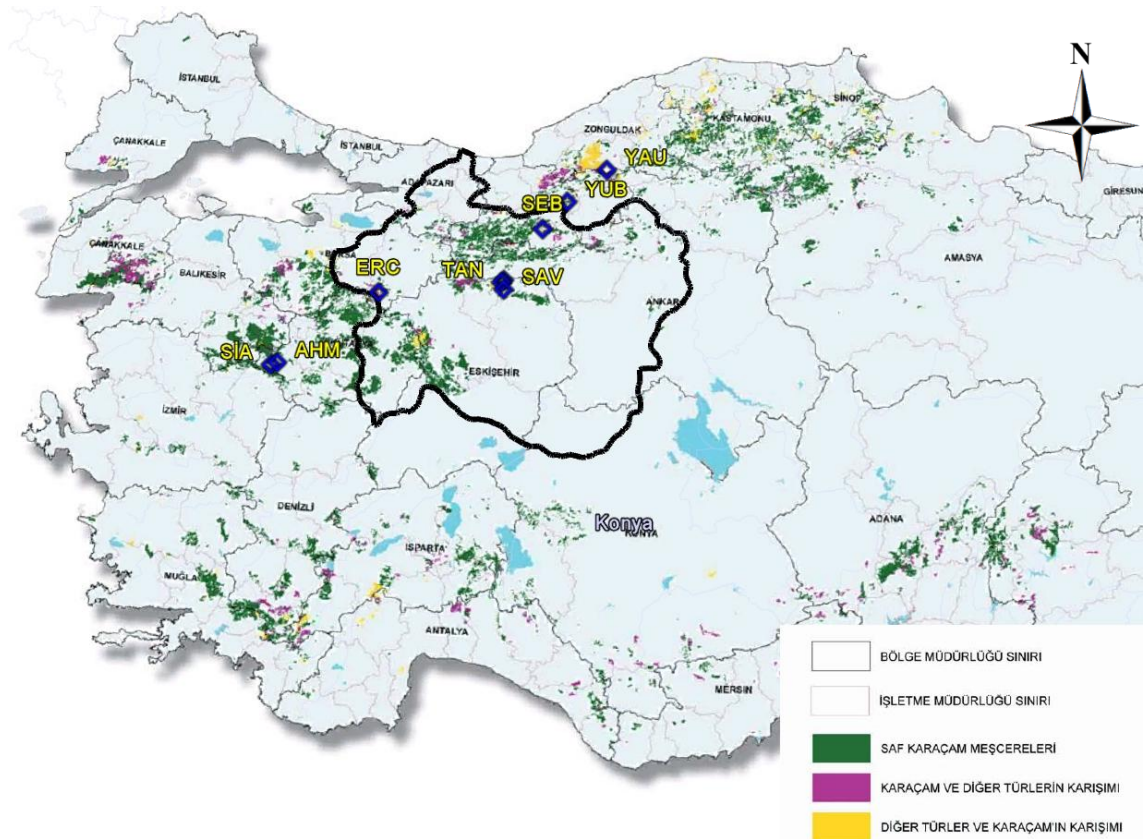
DİĞER ALANLAR

- K** Delta ekosistemi
- TA** Doğal yapısını tümüyle kaybetmiş alanlar

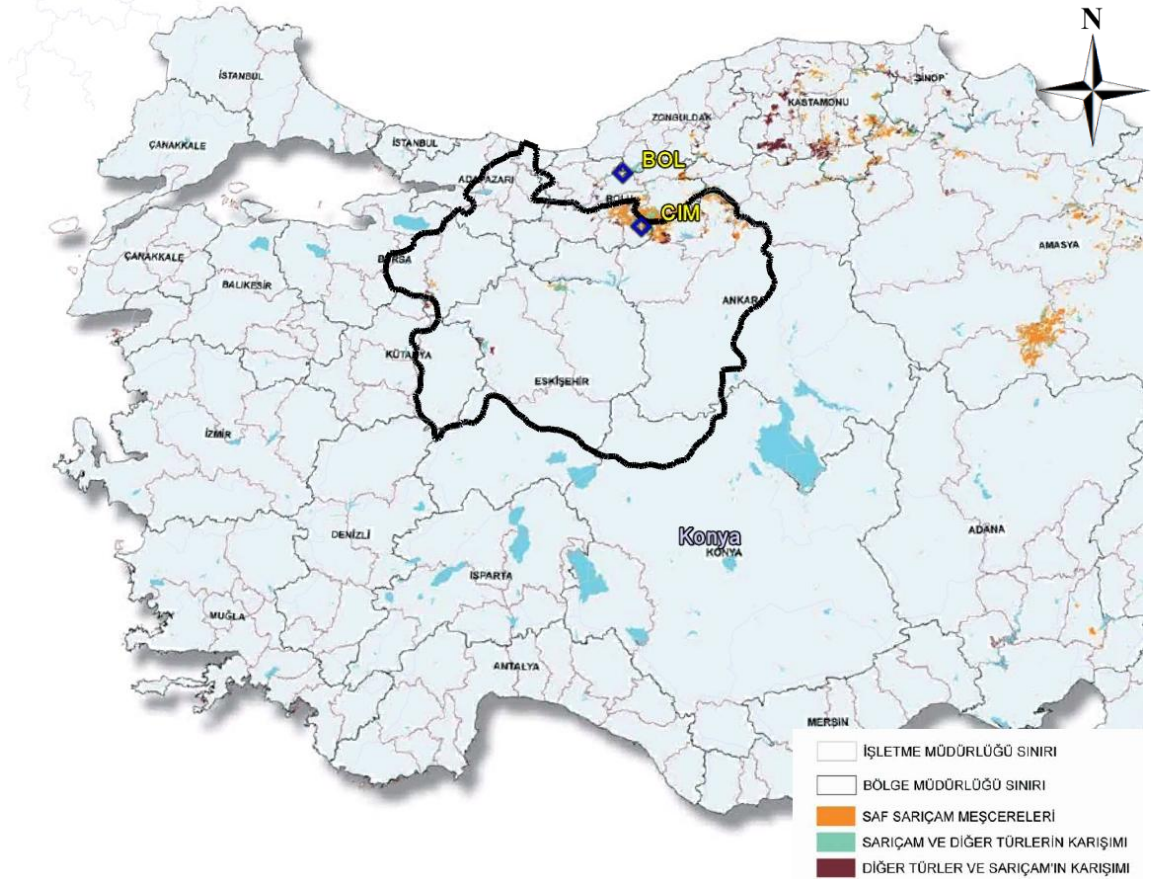
Şekil 3.3 Sakarya Havzası sınırları içerisindeki bitki toplulukları (Yeşil Atlas, 2001). Koyu siyah çizgi, Sakarya Havzası sınırlarını göstermektedir.

3.2. ARAŞTIRMA MALZEMELERİ, ÖRNEK ALAN SEÇİMİ VE ÖRNEKLERİN ALINMASI

Karaçam, ülkemizde Anadolu Çaprazı olarak adlandırılan Kahramanmaraş-Gümüşhane hattının batısında, step alanları dışında, çok geniş bir yayılışa sahip olan önemli bir orman ağacıdır. Stepe kadar sokulması, iklim ekstremlerine dayanıklı olması ve yer yer yaşlı meşcerelerle temsil edilmesi nedeniyle araştırma materyali olarak seçilmiştir (Şekil 3.4). Sarıçam da Kuzey Anadolu, Orta ve Doğu Anadolu ile seyrek olarak da Batı Anadolu'da yayılış alanına sahiptir. Türkiye ve dünyadaki en güney sınırı Kayseri-Pınarbaşı'ndadır. En yoğun yayılışını Kuzey Anadolu'nun iç kesimlerinde yapar, buradan da orta Anadolu'ya uzmaktadır. Sarıçam Türkiye'de ortalama 1000-2500 m'ler arasında toplu yayılış gösterir. İklim ekstremlerine dayanıklı olması ve havza içerisinde iki yörede yaşlı meşcerelerine rastlanmış olması sebebiyle araştırma materyali olarak alınmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.4 Sakarya Havzası sınırları içerisinde Karaçamın yayılış alanı (OGM, Orman Atlası, 2007). '◆' işareti örnek alınan yöreleri göstermektedir.



Şekil 3.5 Sakarya Havzası sınırları içerisinde Sarıçamın yayılış alanı (OGM, Orman Atlası, 2007). ‘◆’ işareti örnek alınan yöreleri göstermektedir.

Örnekler, bu ağaç türlerinin yukarıda sayılan niteliklerine sahip meşcerelerden alınmıştır. Farklı ağaç türleri farklı dikey ve yatay yayılış alanında yetişmektedir. Türlerin bu yayılış alanlarının alt sınırlarında düşük yağışların yani kuraklığın, üst sınırlarında yüksek yağışlar ile düşük sıcaklığın sınırlayıcı etkisi görülmektedir. Yatay yayılış alanlarında ise kuzey enlemlerinde yaşayan bireyleri düşük sıcaklıkların, güney enlemlerde yaşayan bireyleri ise kuraklık etkilerini en iyi şekilde yansıtmaktadır (Akkemik, 2004). Buna dayanarak, örnekler ağaçların yaşam koşullarının iklim tarafından sınırlandırıldığı ekstrem yetişme ortamlarından ve Sakarya Havzası'nı karakteristik olarak temsil edebilecek alanlardan alınmıştır.

Mümkün olduğu kadar uzun kronoloji oluşturmak amacıyla bu ekstrem yetişme ortamlarında yaşayabilen en yaşlı bireylerin yer aldığı ormanlar aranmıştır. Yıllık halka gelişimleri üzerinde iklim ve akımın etkilerini doğru bir şekilde ortaya koymak için, örnek alanların doğal yetişme yerinden, insan etkisinden uzak olmasına ve havza

alanına yakın olmasına özen gösterilmiştir. Doğal yetiştirme ortamından alınan örnek ağaçların mümkün olduğunca silindirik gövdeli olmasına, önemli yara ve çatlaklarının olmamasına dikkat edilmiş; duyarlı yıllık halkaları olan daha çok zayıf tepeli, tepesi çökmüş ağaçlar tercih edilmiştir.

Ayrıca daha önce örneklenmiş alanlar tekrar seçilmemiştir. Akım verilerinin rökonstrüksiyonlarında daha önceden oluşturulmuş olan kronolojilerden de (Köse ve diğ. 2005, Köse 2007) yararlanılmıştır. Arazi çalışmaları, Orman İşletme Müdürlükleri ve Şeflikleriyle görüşülerek planlanmış ve bulunabilecek en yaşlı meşcerelere ulaşmaya çalışılmıştır. Örnek alınan yaşlı meşcerelerin bazılarında ait fotoğraflar aşağıda verilmiştir (Şekil 3.6-3.8).



Şekil 3.6 Bilecik, ERC yöre kronolojisi için örneklenen alan



Şekil 3.7 Bolu, YUB yöre kronolojisi için örneklenen alan



Şekil 3.8 Eskişehir, EKS yöre kronolojisi için örneklenen alan

Örnekler, canlı ağaçlardan 50 cm'lik Pressler Artım Burgusu yardımıyla artım kalemleri şeklinde, 130 cm'den alınmıştır. Her bir yöre (örnek alan) için en az 10 (çoğunlukla 15) ağaç iki yönlü olarak örneklenmiştir. Alınan artım kalemleri, henüz nemli iken etiketlenerek, üzerine alan kodu, ağaç numarası ve kalem numarası bilgileri yazılmış, etiketlenen artım kalemleri zarar görmemesi için plastik taşıyıcılara yerleştirmiştir. Arazi defterine yöre bilgileri, koordinatları, yükseklik, bakı ve eğim kaydedilmiş, alanlar fotoğraflanmıştır. Laboratuara getirilen artım kalemleri, plastik taşıyıcılardan çıkarılarak ortasında artım kaleminin sığacağı büyüklükte bir kanal olan ahşap taşıyıcılara yerleştirilerek yapıştırılmıştır. Bu taşıyıcılar bir yandan artım kalemlerinin sağlam bir şekilde korunmasını, diğer yandan da ölçüm tablası üzerinde kalemlerin kolaylıkla ölçülmesini sağlamaktadır (Şekil 3.9).

Örnek alınan yörelere ait bilgiler Tablo 3.2'de verilmektedir. Tez kapsamında 12 yöredeki 146 ağaçtan 272 artım kalemi alınmıştır.

Tablo 3.2 Örnek Alınan Yörelere Ait Bilgiler

Yöre Adı	Yöre Kodu	Şehir	Türler	Ağaç/Kalem Bakı sayısı	Yükselti (m)	Enlem (N)	Boylam (E)	Zaman Aralığı	ToplamYıl	
Muratdere	ERC	Bilecik	<i>Pinus nigra</i>	12/25	GD	1240	39°53'20.00"	29°49'9.00"	1721-2008	288
Seben	SEB	Bolu	<i>P. nigra</i>	15/27	GD	1441	40°29'4.55"	31°35'23.72"	1630-2008	379
Yaylacık Araştırma Ormanı	YAU	Bolu	<i>P. nigra</i>	7/12	GD	1050	41° 0'29.00"	32°16'14.00"	1560-2008	449
Yaylacık Araştırma Ormanı (alt rakım)	YAY	Bolu	<i>P. nigra</i>	7/12	GD	930	41° 01'23.30"	32°15'45.60"	1611-2007	397
Yukarı Baltalı Köyü	YUB	Bolu	<i>P. nigra</i>	11/20	GD	1250	40°43'25.06"	31°50'51.03"	1802-2008	207
Kıbrısçık – Çimencik	CIM	Bolu	<i>Pinus sylvestris</i>	22/47	B	1477	40°27'46.80"	31°52'43.10"	1584-2008	425
Abant – Ayıkaya mevkii	BOL	Bolu	<i>P. sylvestris</i>	10/20	GB	1702	40°53'39.00"	31°40'23.72"	1752 -2009	258
Mihaliççık - Tanaçlar	TAN	Eskişehir	<i>P. nigra</i>	19/28	G	1577	40° 1'5.09"	31°10'0.20"	1533-2005	473
Mihaliççık – Savaş Alanı	SAV	Eskişehir	<i>P. nigra</i>	10/18	G	1558	39°57'33.90"	31°11'47.90"	1630-2005	376
Ekşielma	EKS	Eskişehir	<i>P. nigra</i>	10/19	B	681	40° 2'17.00"	31°11'36.00"	1641-2008	368
Ahmetin Yaylası	AHM	Kütahya	<i>P. nigra</i>	14/28	GB	1593	39°15'2.40"	28°45'51.00"	1583–2009	427
Simav Alt Rakım	SIA	Kütahya	<i>P. nigra</i>	9/16	G	1122	39°13'45.21"	28°41'44.69"	1776-2008	233



Şekil 3.9 Taşıyıcılara yapıştırılan artım kalemleri

Arazi çalışmalarıyla elde edilen kronolojilerin yanı sıra, Sakarya Havzası alanı içerisinde veya yakınında değişik yöreler için yapılmış olan çalışmalarda oluşturulan iklime duyarlı kronolojiler seçilerek akım verilerine duyarlılıkları hesaplanarak proje kapsamında değerlendirmeye alınmıştır (Tablo 3.3)

Tablo 3.3 Tez için oluşturulan kronolojilerle birlikte rökonstrüksiyonlarda kullanılan kronolojiler

Yöre Adı	Yöre Kodu	Şehir	Türler	Yükselti (m)	Enlem (N)	Boylam (E)	Zaman Aralığı	Kaynak
Mudurnu, Gürse, Kızaklı Yaylası	KIZ	Bolu	<i>Pinus nigra</i>	1441	40,37516	30,57420	1665-2003	Köse, 2007
Keltepe	KEL	Ankara	<i>P. nigra</i>	1500	40,14205	31,43613	1713-2004	Köse, 2007
Tekke Dağı	TEK	Ankara	<i>P. nigra</i>	1535	40,15164	31,57515	1786-2004	Köse, 2007
Uşakgöl Ormanı	USA	Ankara	<i>P. nigra</i>	1721	40,192171	31,55403	1761-2004	Köse, 2007
Kızılcahamam, Kasımlar Yaylası	KAS	Ankara	<i>Pinus sylvestris</i>	1735	40,4316	32,3781	1757-2002	Köse ve diğ., 2005
Kızılcahamam, Soğuksu Milli Parkı, İncegeçis	INC	Ankara	<i>P. nigra</i>	1633	40,2659'	32,3540	1674-2002	Köse ve diğ., 2005
Kırka, Gövemce Mevkii	GOV	Eskişehir	<i>P. nigra</i>	1617	39,4186	30,3940	1710-2002	Köse ve diğ., 2005
Çatalçam M. Fırınlık Kalesi	CAT FIR	Eskişehir	<i>P. nigra</i>	1612 1553	39,4391 39,9564	30,3995 31,1132	1734-2002 1744-2003	Köse ve diğ., 2005 Köse, 2007

3.3. YILLIK HALKA ANALİZLERİ

3.3.1. Dendrokronolojik Yöntemler

3.3.1.1. Yıllık Halka Genişliklerinin Ölçülmesi

Yıllık halkaların belirgin bir şekilde görülebilmesi için artım kalemlerinin enine yüzeyleri tank zımpara ile zımparalanmıştır. Ölçüm işlemine geçmeden önce her bir kalem, ölçüm yönünde (özden kabuğa) 10'ar yıllık seksiyonlara ayrılmıştır. Bu işlem, özellikle çok dar yıllık halkalara sahip ağaçlarda yıllık halkaların atlanmadan ölçülmesini sağlamaktadır. Ayrıca, ölçüm sırasında yapılabilecek herhangi bir hatada kalemin tamamını yeniden ölçmek yerine hata seksiyon içerisinde giderilebilmektedir. Örnekler LINTAB-TSAP ölçüm sistemiyle 0,01 mm duyarlılıkta ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları TSAP-WIN programında *.rwl uzantılı dosyalar halinde kaydedilmiştir.

3.3.1.2. Eşleştirme (Crossdating)

Her bir yöreye ilişkin örnekler ayrı ayrı ölçüldükten sonra eşleştirme yapılmıştır. Ağaçların çoğu olumsuz çevre koşullarının çok etkin olduğu yıllarda, ya hiç halka oluşturmamakta, ya çok dar ya da sadece ağacın bir tarafında halka oluşturmaktadır. Çevresel koşulların elverişli olduğu bazı yıllarda genç ağaçların ikinci bir halka oluşturduğu görülmektedir (Akkemik, 2004). Özellikle, yaşlı ağaçlarda eksik halka problemine sık rastlanmaktadır. Benzer şekilde yaşam süresi içerisinde ağaçların bazılarında çeşitli sebeplerle küçük veya büyük yaralar meydana gelebilmektedir. Bu yaralar, meydana geldikleri yıllarda yıllık halkaların ya geniş, ya çok dar olmasına ya da oluşmamasına neden olmaktadır (Köse ve diğ 2010). Eşleştirme, yıllık halka serilerinde eksik ve yalancı halkaların belirlenmesine ve varsa ölçüm hatalarının giderilmesine olanak sağlamaktadır. Dendroklimatolojik çalışmalar bir yıllık hatayı dahi kabul etmediğinden, yıllık halka serilerinin tam olarak tarihlendirilmesi zorunludur. Bu nedenle eşleştirme büyük önem taşımaktadır (Köse, 2007). Eşleştirme işlemi COFECHA programı (Holmes, 1983; Grissino-Mayer, 2001) kullanılarak yapılmıştır.

Araştırmada, her bir yöre için *.rwl uzantılı dosyalar halinde kaydedilen ölçüm sonuçları *.RWL uzantılı tek bir dosyaya dönüştürülerek COFECHA programına tarihi bilinen veri seti olarak girilmiş ve program çalıştırılmıştır. Yörelere ait ölçüm sonuçları kendi içinde eşleştirilerek olası problemler belirlenmiştir. Daha sonra David Meko tarafından yazılan “skelcrn” kodu MATLAB programında

çalıştırılarak eksik ve yalancı halkalar giderilmiş, problemi çözülemeyen segment veya kalemler veri setinden çıkarılmıştır.

3.3.1.3. Standartlaştırma

Ölçüm sonucunda elde edilen yıllık halka genişlikleri y ekseninde, bu değerlere karşılık gelen yıllar x ekseninde yer alacak şekilde mutlak halka genişliklerine ait grafikler çizilmektedir (TSAP programı bu grafikleri ölçüm sırasında vermektedir).

Ağaçların büyüme ve gelişmeleri ile çevresi arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Bu nedenle, yıllık halka oluşumları sırasında, ağacın yaşına, bulunduğu ortamın toprak koşullarına, bakısına, eğimine ve kapalılık durumuna göre yıllık halka genişliklerinde uzun dönem trendleri görülmektedir. Bu trendlerin ortadan kaldırılması ve kronolojilerin standart hale dönüştürülmesi gerekmektedir. Standartlaştırma işlemi için mutlak halka genişlikleri grafiğine en uygun regresyon eğrisi geçirilir. Daha sonra indis değerleri elde edilir. İndis değerleri iki şekilde elde edilmektedir: Birincisinde gerçek değerlerin, regresyondan elde edilen değerlere bölünmesiyle, ikincisinde de gerçek değerlerden regresyondan elde edilen değerlerin çıkarılmasıyla indis değerleri elde edilmekte ve kronoloji standart hale dönüştürülmektedir (Fritts, 1976; Schweingruber, 1988; Akkemik, 2004):

$$I_t = \frac{W_t}{Y_t} \quad (\text{Bölme Yöntemi}) \quad (3.1)$$

$$I_t = W_t - Y_t \quad (\text{Fark Yöntemi}) \quad (3.2)$$

I_t = t yılındaki halka genişliği indisi
 W_t = t yılındaki ölçülen yıllık halka genişliği
 Y_t = regresyondan elde edilen t yılındaki değeri

ifade etmektedir. İndis değerleri kullanılarak çizilen kronolojilere standart kronolojiler denmektedir. Bu araştırmada standartlaştırma işlemi ARSTAN programı kullanılarak yapılmıştır.

3.3.1.4. Otoregresif Modeller

Bir t yılındaki halkanın genişliği, t-1, t-2, t-3 ...t-k yıllarında oluşan halkalar tarafından etkilenmektedir. Yani t yılında oluşan halka ile önceki yıllardaki halkalar arasında bir otokorelasyon bulunmaktadır. Bu otokorelasyonun ortadan kaldırılması ve sadece t yılının etkilerinin yıllık halka serisi üzerinde görülebilmesi için, otoregresif modeller kullanılmaktadır. AR (Autoregressive Models) modeli, kronolojiyi oluşturan, yıllık

halkaların otokorelasyon durumuna bağlı olarak AR(1), AR(2),...AR(k) kadar uygulanmaktadır. Bu modelde, AR(1) uygulanması durumunda kronoloji sondan 1 halka, AR(2) uygulanmasında 2, AR(3) uygulanmasında 3 halka azalmaktadır. AR modelinin oluşturulmasından önce, ölçülen yıllık halka değerlerinin yukarıda açıklanan bölme veya fark yöntemlerinin biriyle standardize edilmesi gereklidir.

Dendrokronolojik çalışmalarda, bu amaçla geliştirilmiş olan ARSTAN programında kolaylıkla hesaplanmaktadır. ARSTAN programında, yıllık halka serileri girildikten sonra, yukarıda açıklanan tüm aşamaları, program otomatik olarak gerçekleştirmekte ve en uygun modeli kendisi oluşturmaktadır.

3.3.1.5. Grafiklerin Karşılaştırılması

Bireysel standart grafiklerin elde edilmesinden sonra, bu grafiklerin arasındaki benzerliklerin saptanmasında iki temel yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan ilki, bir yıldan diğerine aynı yöndeki değişimlerin yüzdesini veren eğrilerin uyum yüzdesi, ikincisi de korelasyon katsayıları yöntemleridir (Fritts, 1976; Schweingruber, 1988; Akkemik, 2004). Araştırma sırasında her iki yöntem de kullanılmıştır:

Eğrilerin uyum yüzdesi (EUY): Eğrilerin uyum yüzdesi, iki kronolojinin aynı yıllarda oluşan halkalarının yönleri ile ilişkilidir. Aynı yılda oluşan halkalar aynı yönde seyrediyorsa uyumlu, aksi yönlerde seyrediyorsa uyumsuz olarak değerlendirilmektedir. İki kronoloji arasında aynı yönde seyreden halkaların yüzdesi (EUY) şu şekilde hesaplanmaktadır (Eckstein ve Bauch, 1969):

$$A_i = (X_{i+1} - X_i) \text{ ise} \quad \begin{array}{l} A_i > 0; G_{ix} = +1/2 \\ A_i = 0; G_{ix} = 0 \\ A_i < 0; G_{ix} = -1/2 \end{array} \quad (3.3)$$

G_{ix} ; i yılındaki x kronolojisinin bir sonraki yıldan, i yılının halka genişliğinin farkının yönünü göstermektedir. G_{ix} değerleri karşılaştırılacak iki kronoloji için ayrı ayrı hesaplanarak

$$G_{x,y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n-1} (G_{ix} + G_{iy}) \quad (3.4)$$

formülü yardımıyla iki kronoloji arasındaki eğrilerin uyum yüzdesi hesaplanmaktadır. Elde edilen $G_{(x,y)}$ değerlerinin (EUY) istatistik olarak anlamlılığı aşağıdaki sınır değerler hesaplanarak denetlenmektedir:

$$*0,95 \text{ güven düzeyi için anlamlılık katsayısı} = 50 + \left[\frac{1.645 * 50}{\sqrt{n}} \right] \quad (3.5)$$

$$**0,99 \text{ güven düzeyi için anlamlılık katsayısı} = 50 + \left[\frac{2.326 * 50}{\sqrt{n}} \right] \quad (3.6)$$

$$***0,999 \text{ güven düzeyi için anlamlılık katsayısı} = 50 + \left[\frac{3.09 * 50}{\sqrt{n}} \right] \quad (3.7)$$

Korelasyon katsayıları: Grafikler arasındaki uyumu incelemek için kullanılan diğer bir yöntem de korelasyon katsayılarıdır. Bu yöntemde, iki grafik arasında doğrusal bir ilişkinin olup olmadığı incelenmektedir. Katsayılar en çok +1 ve -1 değerlerini almaktadır; +1 mükemmel bir pozitif ilişkiyi, -1 de mükemmel bir ters ilişkiyi göstermektedir. Katsayıların 0 değerine yaklaşması, ilişkinin zayıfladığını yansıtmaktadır. Hesaplanan korelasyon katsayılarının istatistik olarak anlamlı olup olmadıklarını denetlemek için t testi kullanılmaktadır (Fritts, 1976; Schweingruber, 1988; Akkemik, 2004).

Araştırmada, EUY değerleri ve korelasyon katsayıları TSAP-WIN programında hesaplanmıştır.

3.3.1.6. Yöre Kronolojilerinin Elde Edilmesi

Ortalama kronolojilerin elde edilmesinde aritmetik ortalama yöntemi ve Biweight Robust ortalama yöntemi olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Aritmetik ortalama yönteminde standart hale getirilmiş bireysel kronolojilere ait indis değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak ortalama kronoloji oluşturulmaktadır.

Yıllık halka genişlikleri bazı yıllarda ve bazı ağaçlarda anormal değerler göstermektedir. Bu değerlerin oluşmasındaki etkiler de kuşkulu olduğundan yani, sebebinin iklimden çok başka nedenler olabilmesinden dolayı, bunlar ortalama değerleri etkilemekte ve hem tarih belirlemede hem de klimatolojik analizlerde zayıf ilişkilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırdığından, ortalama kronolojinin oluşturulmasında, Biweight Robust Ortalama Yöntemi daha çok önerilmektedir. Bu yöntem oldukça etkili ve hesaplanması oldukça karmaşık olan bir yöntemdir. Ayrıntıları Cook ve diğ.(1990) tarafından açıklanan yöntem aşağıdaki şekilde uygulanmaktadır:

$$\bar{I}_t^* = \sum_{j=1}^m w_t I_t \quad (3.8)$$

$$w_t = \left[1 - \left[\frac{I_t - \bar{I}_t^*}{cS_t^*} \right]^2 \right]^2 \text{ olduğunda}$$

$$\left[\frac{I_t - \bar{I}_t^*}{cS_t^*} \right]^2 < 1 \text{ olduğu zaman geçerli, aksi durumda 0 dır.}$$

Formüllerde; w_t : simetrik ağırlık fonksiyonu, I_t : t yılındaki halka genişliği, m : örnek sayısı, \bar{I}_t : t yılında örneklerin halka genişliklerinin ortalamasıdır. Formülde c genellikle 9 olarak kabul edilen bir katsayıdır. En son I_t değerinin hesaplandığı iterasyona başlamak için, aritmetik ortalama veya medyan değeri başlangıç tahmini olarak kullanılır. Burada S_t^* standart sapmanın güçlü bir ölçümü olup, aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır (Cook ve diğ., 1990; Akkemik, 2004):

$$S_t^* = \text{medyan} \{|I_t - \bar{I}_t^*|\} \quad (3.9)$$

Yöre kronolojilerinin oluşturulmasında Biweight Robust ortalama yöntemi tercih edilmiş ve ARSTAN programında hesaplanmıştır. Program çıktılarında her bir yöre için standart (otoregresif model uygulanmamış) ve residual (otoregresif model uygulanmış) yöre kronolojileri üretilmiştir. Bu kronolojilerden işaretin gürültüye oranı ve duyarlılık katsayısı yüksek olan kronolojiler dendroklimatolojik analizlerde kullanılmıştır.

3.3.1.7. Duyarlılık Katsayıları

Bir ağacın yıllık gelişimi, genotipik gücünün, fizyolojik gelişmelerinin ve ekolojik faktörlerin tümünün ortak etkisiyle meydana gelmektedir. Yıllık büyüme miktarı, farklı yörelerde ve farklı ağaçlarda farklı oranlarda olmaktadır. Fakat genellikle aynı yıllarda aynı yönlerde meydana gelmektedir. Ortam koşullarına bağlı olarak, bazı ağaçlardaki yıllık büyüme miktarları büyük değişkenlik gösterirken, bazılarında yıldan yıla fazla değişim görülmemektedir. Değişkenlik gösterenler duyarlı, diğerleri ise duyarsız halkalar olarak kabul edilmektedir. Bu oluşumlar, büyük oranda ağacın bulunduğu ortam koşullarına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Duyarlılık katsayıları şu şekilde hesaplanmaktadır (Fritts, 1976; Schweingruber, 1988; Akkemik, 2004):

$$ms_x = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^{t=n-1} \left| \frac{2(x_i - x_{i-1})}{x_i + x_{i-1}} \right| \quad (3.10)$$

ms_x = ortalama duyarlılık katsayısı
 x_i = i yılındaki halka genişliği

x_{i-1} = i-1 yılındaki halka genişliği
 n = yıllık halka sayısını

ifade etmektedir. Araştırmada duyarlılık katsayıları ARSTAN programı kullanılarak hesaplanmıştır.

3.3.1.8. İşaretin Gürültüye Oranı

İşaretin gürültüye oranı, yıllık halka kronoloji sayısına ve bu kronolojiler arasındaki ortalama korelasyon katsayılarına dayanarak, benzer etkilerden ne oranda etkilendiğini ortaya koymaktadır. Dendroklimatolojik çalışmalarda, bu değerin yüksek bulunması, ağaçlar arasındaki korelasyon katsayılarının yüksek ve örnek sayısının yeterli olduğunu göstermekte ve böylece iklim etkilerinin daha iyi incelenebileceğini ortaya koymaktadır. Bu yöntemin uygulanmasında aşağıdaki formül kullanılmaktadır (Akkemik, 2004):

$$SNR = t \frac{|r_{bt}|}{1 - |r_{bt}|} \quad (3.11)$$

SNR: işaretin gürültüye oranını, t: ağaç sayısını ve r_{bt} : ağaçlar arasındaki korelasyon katsayılarının ortalamasını ifade etmektedir.

3.3.2. Dendroklimatolojik Yöntemler

3.3.2.1. Meteorolojik Veriler

İklim verileri: Bolu, Ankara, Eskişehir ve Kütahya meteoroloji istasyonlarının 1930-2005 aralığındaki aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık verileri kronolojilere ait tepki fonksiyonlarının hesaplanmasında kullanılmıştır.

Akım gözlem istasyonu verileri: EİEİ (Elektrik İşleri Etüt İdaresi) ilk Akarsu Gözlem İstasyonunu, 1935 yılında Sakarya Nehri üzerinde Göksu kolundaki Hayriye Köy'de açmıştır (EİE, 2009). Fakat 5 sene sonra kapatılmıştır. Sakarya Havzası içinde şimdiye kadar toplam 61 tane akım gözlem istasyonu açılmıştır. Zaman içerisinde 47 tanesi çeşitli sebeplerden dolayı kapatılmıştır. Havza üzerinde halen ölçüm yapmakta olan 14 akım gözlem istasyonu bulunmaktadır. Araştırma alanındaki tüm akım gözlem istasyonlarına ait akım verileri aylık olarak elde edilmiştir. Açık olan 14 istasyon arasından istenilen uzunlukta veriye sahip altı tane akım gözlem istasyonu (Porsuk-Beşdeğirmen, Dinsiz Çayı-Yağbasan, Sakarya Nehri-Doğançay, Kocasu-Rüstümköy,

Aladağ Çayı-Karaköy, Mudurnu Çayı-Dokurcun) rökonstrüksiyonlarda kullanılmak üzere seçilmiştir (Şekil 3.10).

Türkiye’de en uzun akım verilerine sahip iki akım gözlem istasyonu vardır. Bunlar, Seyhan Nehri, Göksu kolundaki Himmetli ve Sakarya Nehri, Porsuk kolundaki Beşdeğirmen gözlem istasyonlarıdır. Bu istasyonlara ait kayıtlar 1936 yılından bu yana alınmaktadır.



Şekil 3.10 Kullanılabilir Akım Gözlem İstasyonları (Google Earth, 2010). ‘◆’ işareti kullanılabilir akım gözlem istasyonlarını göstermektedir.

3.3.2.2. Tepki Fonksiyonları

Mevcut iklim kayıtları ile aynı dönemdeki yıllık halka genişlikleri arasındaki benzerliklerin incelenmesinde yaygın olarak dört değişik yöntem kullanılmaktadır. Bunlar basit korelasyon katsayıları, çok değişkenli regresyon, aşamalı çok değişkenli regresyon ve tepki fonksiyonu yöntemleridir (Fritts, 1976; Akkemik, 2004). Bu çalışmada iklim ve akım verileri ile yıllık halka genişlikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde aşağıda ayrıntıları anlatılan tepki fonksiyonu yöntemi kullanılmıştır.

Tepki fonksiyonu katsayılarının hesaplanmasında akım verisi olarak çalışma alanında 1936-1998 arası kayıtlara sahip Porsuk-Beşdeğirmen Akım gözlem istasyonu verileri

kullanılmıştır. Tepki fonksiyonları her bir yörede bu akım gözlem istasyonu verileri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ayrıca yöre kronolojilerinin bulunduğu şehrin meteoroloji istasyonlarına ait aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık değerleri kullanılarak ayrı ayrı tepki fonksiyonları hazırlanmıştır.

Tepki fonksiyonlarının hesaplanmasında biyolojik yıl (Fritts, 1976) olarak adlandırılan önceki yılın ekim ayından halka oluşum yılının ekim ayına kadar olan dönemdeki aylık ortalama sıcaklık, aylık toplam yağış ve aylık ortalama akım bağımsız değişken, standardize edilmiş yöre kronolojileri de bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. İşlemler bu amaçla geliştirilmiş olan DENDROCLIM2002 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Tepki fonksiyonu sonuçları, akım rökonstrüksiyonları yapabilmek için bir önkoşul olup, rökonstrüksiyonlarda kullanılacak ayların seçimini sağlamaktadır.

3.3.3. Dendrohidrolojik Rökonstrüksiyonlar

Yıllık halka genişliği ile akım verileri arasındaki tepki fonksiyonu sonuçlarına dayanarak nisan-eylül dönemi ortalama akım değerlerinin rökonstrüksiyonunun yapılmasına karar verilmiştir. Araştırma alanındaki en uzun akım verilerine sahip akım gözlem istasyonunun (Porsuk-Beşdeğirmen) haziran-temmuz-ağustos ayları ortalama akım rökonstrüksiyonu yapılmaya çalışılmıştır. Ancak ayarlama ve doğrulama istatistikleri hesaplandığında, 1970'li yılların başında bir probleme işaret etmiştir. Kayıtlar incelendiğinde 1973'de limnigraf kurulduğu görülmüştür. Bu nedenle 1953-1998 yılları arası kayıtları olan ve kronolojilerle yüksek uyum gösteren Kocasu akım verilerinin rökonstrüksiyonu yapılmıştır.

Akım rökonstrüksiyonunun yapılmasında veri seti kısa olduğundan ayarlama ve doğrulama için veriler ikiye bölünememiştir. Bu nedenle ayarlama tüm veri seti kullanılmış, doğrulama dönemi oluşturulmamıştır. Rökonstrüksiyonda aşağıdaki aşamalar gerçekleştirilmiştir:

1. Ayarlama (Kalibrasyon): Bu aşamada mevcut akım kayıtları ile yıllık halkalar arasındaki ilişkilere dayanarak bir transfer fonksiyonu kurulmuş ve bu transfer fonksiyonu kullanılarak yeni bir tahmini akım serisi oluşturulmuştur. Transfer

fonksiyonları tepki fonksiyonlarına benzer bir yolla elde edilmektedir. Aralarındaki temel fark, transfer fonksiyonlarının elde edilmesinde uygulanan regresyon analizinde yıllık halka kronolojilerinin bağımsız, akım verilerinin bağımlı değişken olarak kullanılmasıdır (Fritts, 1976).

Akım verileri ile yüksek korelasyona sahip yöre kronolojileri seçilerek bir yıllık halka veri seti oluşturulmuştur. Bu veri setinin temel bileşenleri stepwise regresyonda bağımsız değişkenler olarak kullanılmıştır.

Yapılan rökonstrüksiyonun doğrulanmasında korelasyon katsayıları, işaret testi ve F testi kullanılmıştır (Fritts, 1976).

2. *Geriye doğru tahminlerin yapılması (Rökonstrüksiyon)*: Transfer fonksiyonu katsayıları kullanılarak akım verileri yıllık halka veri setinin uzunluğu kadar zamanda geriye uzatılmıştır. Böylece akım verisi kayıtlarının bulunmadığı dönemler için akım değerleri tahmin edilmiştir.

Alt Örnek İşaret Gücü: Bir araştırma yöresi veya bölgesinden alınan örneklerin tamamı aynı sayıda halka taşımaz. Bunların bazıları yaşlı bazıları da ya genç ağaçlardır ya da içleri çürümüş ağaçlardır, yani halka sayıları farklıdır. Bu nedenle etkili örnek sayısının belirlenmesi, en az kaç örneğin kullanılması gerektiğini ortaya koyan bir yöntemdir. Yöntem aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır (Briffa ve Jones, 1990; Akkemik, 2004):

$$SSS = \frac{t'[1 + (t-1)r]}{t[1 + (t'-1)r]} \quad (3.12)$$

Formülde iki durum söz konusudur. Eğer her bir ağaçtan bir kalem alınmışsa, t ağaçlardaki toplam kalem sayısı, t' de olması gereken minimum kalem sayısıdır. Bu durumda r de rbt (ağaçlar arasındaki korelasyon katsayısı) ye eşittir. Eğer her bir ağaçtan birden fazla kalem alınmışsa, t ağaç sayısı, t' de olması gereken minimum ağaç sayısıdır. Bu durumda r de $reff$ e (etkili korelasyon katsayısına) eşittir. Wigley (1984)'e atfen Briffa ve Jones (1990), bu yöntemde de kritik değer 0.85 olduğunu belirtmişlerdir. $reff$ değerine bağlı olarak hesaplanan ve 0.85 kritik değerinin üzerinde olması gereken ağaç sayısı (t') ve ağaç sayıları (t) görülmektedir. Korelasyon

katsayılarının yüksekliğine bağlı olarak olması gereken ağaç sayısı azalmaktadır, yani daha az örnekle dendroklimatolojik çalışmalar yapılabilmektedir.

Kurak ve Yağışlı Yılların Belirlenmesi: Kurak ve yağışlı geçen yılların saptanmasında, standart sapma değerleri kullanılmıştır. Aritmetik ortalama değerlerini 1 ve 2 standart sapma düzeyinde aşanlar, sırasıyla kurak/yağışlı ve aşırı kurak/yağışlı olarak değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. DENDROKRONOLOJİK BULGULAR

4.1.1. Bilecik Civarı Yöre Kronolojisi

4.1.1.1. ERC Yöre Kronolojisi

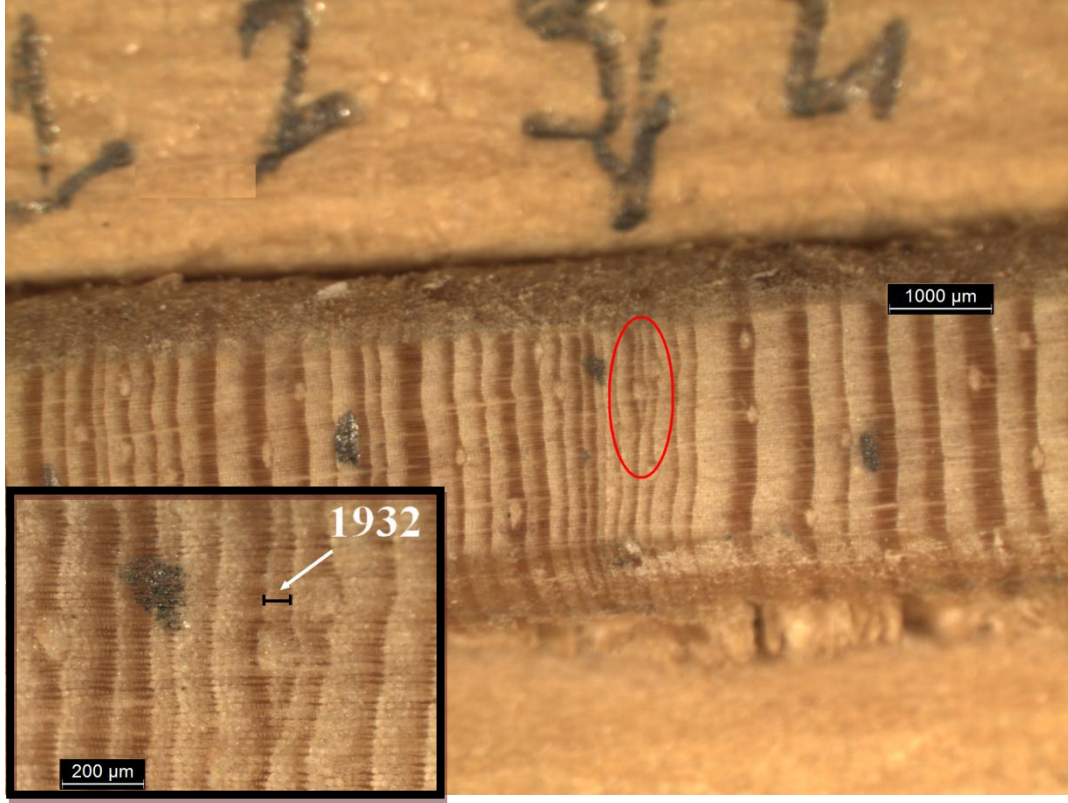
Muratdere'den alınan Karaçam örneklerinin ölçüm sonuçları için COFECHA programı çalıştırılmıştır. Çıktılar incelendiğinde ERC05A, ERC05B numaralı kalemlerde eksik halka problemi görülmüştür. Halkaların oluşmadığı yıllar iskelet noktalama yöntemiyle oluşturulan grafiklere ve örnekte yapılan incelemeye dayanarak belirlenmiştir:

ERC05A 1 eksik halka: 1928

ERC05B 2 eksik halka: 1927 1928

Ayrıca ERC05A kaleminde ölçüm sırasında oluşumunu tam tamamlayamamış, yarısından sonra bir önceki yıllık halkanın yaz odunuyla birleşen 1932 yılının kısmi halka olduğu fark edilmiştir (Şekil 4.1).

ERC yöre kronolojisinin oluşturulmasında 12 ağaca ait 25 kalem kullanılmıştır. Standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler Tablo 4.1'de, 1837 - 2008 (172 yıl) yıllarını kapsayan ortak zaman aralığı istatistikleri Tablo 4.2'de verilmiştir. Yöre kronolojisinin oluşturulmasında, ortalama duyarlılık katsayısı, sinyal/gürültü oranı, ortalama korelasyonlar ve birinci özvektörün varyansı daha yüksek olan residual kronoloji tercih edilmiştir. 1721 - 2008 yıllarını kapsayan 288 yıl uzunluğundaki ERC yöre kronolojisi Şekil 4.2'de görülmektedir.



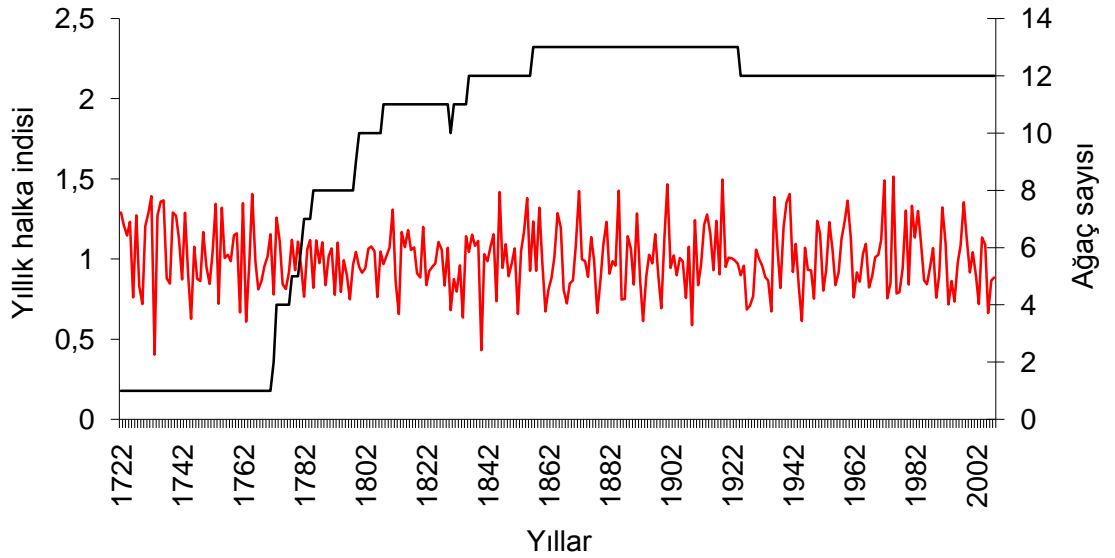
Şekil 4.1 ERC05A kalem 1932 yılı kısmi halka oluşumu

Tablo 4.1 Muratdere'deki Karaçamlar için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler ('t' son halkanın oluştuğu yılı ifade etmektedir).

Kronoloji tipi	Standart	Residual (AR 2)
Ortalama	1,0101	1,0012
Medyan	0,9820	0,9866
Ortalama duyarlılık	0,1945	0,2330
Standart sapma	0,2315	0,2027
Çarpıklık katsayısı	0,3512	0,1443
Basıklık katsayısı	-0,1595	-0,1105
Otokorelasyonlar		
t-1	0,4577	-0,0506
t-2	-0,0705	-0,1125
t-3	0,0254	-0,0447

Tablo 4.2 Muratdere'deki Karaçamlar için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri

	Standart	Residual
Ortalama Korelasyonlar:		
Tüm Kalemler arasında	0,420	0,453
Ağaçlar arasında	0,410	0,444
Ağaçların içinde	0,613	0,621
Ortalama ile kalemler arasında	0,666	0,689
Sinyal/Gürültü oranı		
Populasyon kronolojisiyle uyum	0,874	0,889
Birinci özvektörün varyansı	45,64%	48,44%
Kronoloji ortak aralık ortalaması	1,000	1,000
Kronoloji ortak aralık standart sapması	0,236	0,208



Şekil 4.2 Muratdere'den alınan Karaçam örneklerinin yöre kronolojisi

4.1.2. Bolu Civarı Yöre Kronolojileri

4.1.2.1. SEB Yöre Kronolojisi

Seben'den alınan Karaçam örneklerinin ölçüm sonuçları için COFECHA programı çalıştırılmıştır. Çıktılar incelendiğinde eksik ve yalancı halkaların olmadığı görülmüştür.

SEB yöre kronolojisinin oluşturulmasında 15 ağaca ait 27 kalem kullanılmıştır. Standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler Tablo 4.3'te, 1814 – 2005 (192 yıl)

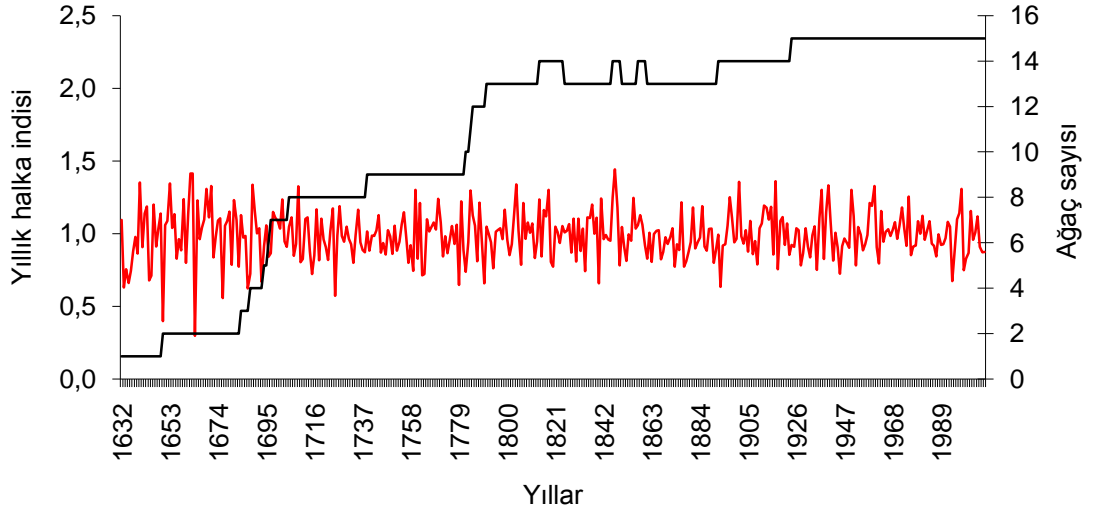
yıllarını kapsayan ortak zaman aralığı istatistikleri Tablo 4.4’te verilmiştir. Yöre kronolojisinin oluşturulmasında, ortalama duyarlılık katsayısı, sinyal/gürültü oranı, ortalama korelasyonlar ve birinci özvektörün varyansı daha yüksek olan residual kronoloji tercih edilmiştir. 1630–2008 yıllarını kapsayan 379 yıl uzunluğundaki SEB yöre kronolojisi Şekil 4.3’te görülmektedir.

Tablo 4.3 Seben’den alınan Karaçamlar için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler (‘t’ son halkanın olduğu yılı ifade etmektedir).

Kronoloji tipi	Standart	Residual (AR 2)
Ortalama	0,9866	0,9890
Medyan	0,9804	0,9868
Ortalama duyarlılık	0,1584	0,1915
Standart sapma	0,1936	0,1668
Çarpıklık katsayısı	0,2729	-0,1426
Basıklık katsayısı	0,5916	0,8237
Otokorelasyonlar		
t-1	0,4571	-0,0632
t-2	0,1050	-0,0910
t-3	0,0914	-0,0330

Tablo 4.4 Seben’den alınan Karaçamlar için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri

	Standart	Residual
Ortalama Korelasyonlar:		
Tüm Kalemler arasında	0,255	0,299
Ağaçlar arasında	0,243	0,290
Ağaçların içinde	0,484	0,485
Ortalama ile kalemler arasında	0,536	0,573
Sinyal/Gürültü oranı	3,214	4,083
Populasyon kronolojisiyle uyum	0,763	0,803
Birinci özvektörün varyansı	32,40%	35,34%
Kronoloji ortak aralık ortalaması	0,989	0,996
Kronoloji ortak aralık standart sapması	0,180	0,149



Şekil 4.3 Seben'de Karaçam örneklerinin yöre kronolojisi

4.1.2.2. YAY Yöre Kronolojisi

Yaylacık Araştırma Ormanı alt rakımdan alınan Karaçam örneklerinin ölçüm sonuçları için COFECHA programı çalıştırılmıştır. Çıktılar incelendiğinde eksik ve yalancı halkaların olmadığı görülmüştür.

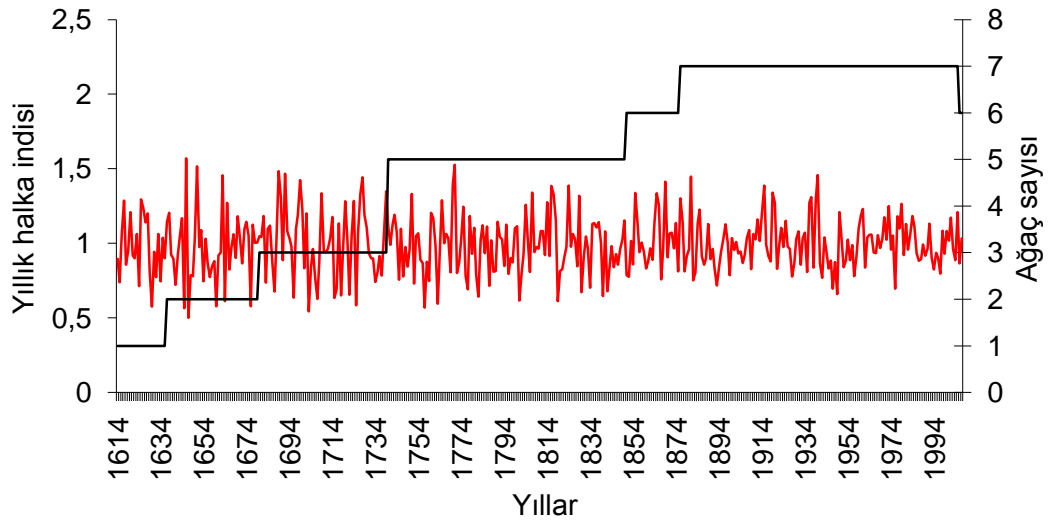
YAY yöre kronolojisinin oluşturulmasında 7 ağaca ait 12 kalem kullanılmıştır. Standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler Tablo 4.5'te, 1801 – 2005 (205 yıl) yıllarını kapsayan ortak zaman aralığı istatistikleri Tablo 4.6'da verilmiştir. Yöre kronolojisinin oluşturulmasında, ortalama duyarlılık katsayısı, sinyal/gürültü oranı, ortalama korelasyonlar ve birinci özvektörün varyansı daha yüksek olan residual kronoloji tercih edilmiştir. 1611–2007 yıllarını kapsayan 397 yıl uzunluğundaki YAY yöre kronolojisi Şekil 4.4'te görülmektedir.

Tablo 4.5 Yaylacık Araştırma Ormanı alt rakımda Karaçam için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler ('t' son halkanın olduğu yılı ifade etmektedir).

Kronoloji tipi	Standart	Residual (AR 2)
Ortalama	0,9876	0,9901
Medyan	0,9856	0,9751
Ortalama duyarlılık	0,1963	0,222
Standart sapma	0,2241	0,1956
Çarpıklık katsayısı	0,3027	0,247
Basıklık katsayısı	0,1653	0,0791
Otokorelasyonlar		
t-1	0,3983	0,0009
t-2	0,0138	-0,0669
t-3	0,038	-0,0116

Tablo 4.6 Yaylacık Araştırma Ormanı alt rakımda Karaçam için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri

	Standart	Residual
Ortalama Korelasyonlar:		
Tüm Kalemler arasında	0,309	0,325
Ağaçlar arasında	0,292	0,316
Ağaçların içinde	0,449	0,399
Ortalama ile kalemler arasında	0,596	0,614
Sinyal/Gürültü oranı		
Populasyon kronolojisiyle uyum	2,06	2,31
Birinci özvektörün varyansı	0,673	0,698
Birinci özvektörün varyansı	41,12%	41,61%
Kronoloji ortak aralık ortalaması	0,995	0,998
Kronoloji ortak aralık standart sapması	0,2	0,172



Şekil 4.4 Yaylacık Araştırma Ormanı alt rakımda Karaçam örneklerinin yöre kronolojisi

4.1.2.3. YAU Yöre Kronolojisi

Yaylacık Araştırma Ormanı üst rakımdan alınan Karaçam örneklerinin ölçüm sonuçları için COFECHA programı çalıştırılmıştır. Çıktılar incelendiğinde eksik ve yalancı halkaların olmadığı görülmüştür.

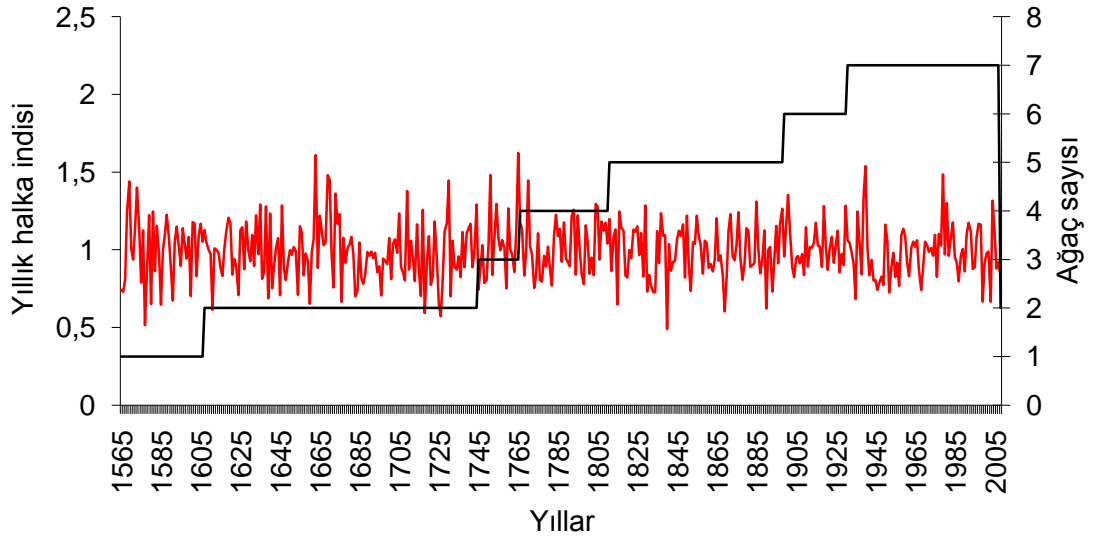
YAU yöre kronolojisinin oluşturulmasında 7 ağaca ait 12 kalem kullanılmıştır. Standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler Tablo 4.7’de, 1811 – 2007 (197 yıl) yıllarını kapsayan ortak zaman aralığı istatistikleri Tablo 4.8’de verilmiştir. Yöre kronolojisinin oluşturulmasında, ortalama duyarlılık katsayısı, sinyal/gürültü oranı, ortalama korelasyonlar ve birinci özvektörün varyansı daha yüksek olan residual kronoloji tercih edilmiştir. 1560–2008 yıllarını kapsayan 449 yıl uzunluğundaki YAU yöre kronolojisi Şekil 4.5’te görülmektedir.

Tablo 4.7 Yaylacık Araştırma Ormanı üst rakımda Karaçam için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler (‘t’ son halkanın oluştuğu yılı ifade etmektedir).

Kronoloji tipi	Standart	Residual (AR 2)
Ortalama	0,9820	0,9932
Medyan	0,9585	0,9869
Ortalama duyarlılık	0,1822	0,2013
Standart sapma	0,2280	0,1820
Çarpıklık katsayısı	0,2479	0,3029
Basıklık katsayısı	0,3468	0,4085
Otokorelasyonlar		
t-1	0,5413	0,0249
t-2	0,0932	-0,0393
t-3	0,1214	0,0010

Tablo 4.8 Yaylacık Araştırma Ormanı üst rakımda Karaçam için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri

	Standart	Residual
Ortalama Korelasyonlar:		
Tüm Kalemler arasında	0,366	0,352
Ağaçlar arasında	0,353	0,337
Ağaçların içinde	0,471	0,475
Ortalama ile kalemler arasında	0,645	0,634
Sinyal/Gürültü oranı		
Populasyon kronolojisiyle uyum	0,732	0,718
Birinci özvektörün varyansı	43,68%	42,08%
Kronoloji ortak aralık ortalaması	0,978	0,990
Kronoloji ortak aralık standart sapması	0,206	0,166



Şekil 4.5 Yaylacık Araştırma Ormanı üst rakımda Karaçam örneklerinin yöre kronolojisi

4.1.2.4. YUB Yöre Kronolojisi

Çaydurt-Yukarı Baltalı Köyü civarından alınan Karaçam örnekleri için COFECHA programı çalıştırılmış, YUB09A kaleminde 1875 yılının eksik olduğu belirlenmiştir.

YUB yöre kronolojisinin oluşturulmasında 11 ağaca ait 20 kalem kullanılmıştır. Standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler Tablo 4.9'da, 1860 – 2008 (149 yıl) yıllarını kapsayan ortak zaman aralığı istatistikleri Tablo 4.10'da verilmiştir. Yöre kronolojisinin oluşturulmasında, ortalama duyarlılık katsayısı, sinyal/gürültü oranı,

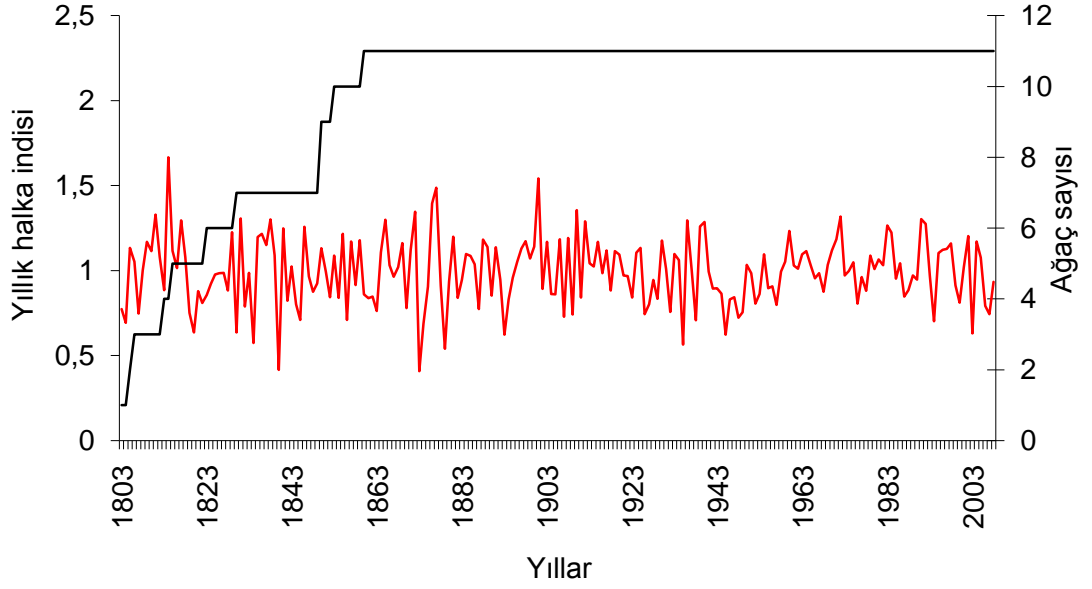
ortalama korelasyonlar ve birinci özvektörün varyansı daha yüksek olan residual kronoloji tercih edilmiştir. 1802–2008 yıllarını kapsayan 207 yıl uzunluğundaki YUB yöre kronolojisi Şekil 4.6’da görülmektedir.

Tablo 4.9 Çaydurt-Yukarı Baltalı Köyü civarında Karaçam için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler (‘t’ son halkanın oluştuğu yılı ifade etmektedir).

Kronoloji tipi	Standart	Residual (AR 2)
Ortalama	0,9945	0,9933
Medyan	1,0170	0,9941
Ortalama duyarlılık	0,1935	0,2267
Standart sapma	0,2167	0,2004
Çarpıklık katsayısı	-0,0161	0,0080
Basıklık katsayısı	-0,1171	0,4844
Otokorelasyonlar		
t-1	0,4009	-0,0190
t-2	0,0186	-0,0310
t-3	-0,0060	0,0078

Tablo 4.10 Çaydurt-Yukarı Baltalı Köyü civarında Karaçam için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri

	Standart	Residual
Ortalama Korelasyonlar:		
Tüm Kalemler arasında	0,462	0,484
Ağaçlar arasında	0,451	0,476
Ağaçların içinde	0,680	0,651
Ortalama ile kalemler arasında	0,698	0,713
Sinyal/Gürültü oranı	9,039	9,980
Populasyon kronolojisiyle uyum	0,900	0,909
Birinci özvektörün varyansı	49,45%	51,26%
Kronoloji ortak aralık ortalaması	0,989	0,994
Kronoloji ortak aralık standart sapması	0,211	0,191



Şekil 4.6 Çaydurt-Yukarı Baltalı Köyü civarında Karaçam örneklerinin yöre kronolojisi

4.1.2.5. CIM Yöre Kronolojisi

Kıbrısçık - Çimencik civarından alınan Sarıçam örneklerinin ölçüm sonuçları için COFECHA programı çalıştırılmış, CIM17A, CIM21B numaralı kalemlerde eksik halka problemi görülmüştür. Halkaların oluşmadığı yıllar iskelet noktalama yöntemiyle oluşturulan grafiklere ve örnekte yapılan incelemeye dayanarak belirlenmiştir:

CIM17A 1 eksik halka: 1911

CIM21B 2 eksik halka: 1790 1967

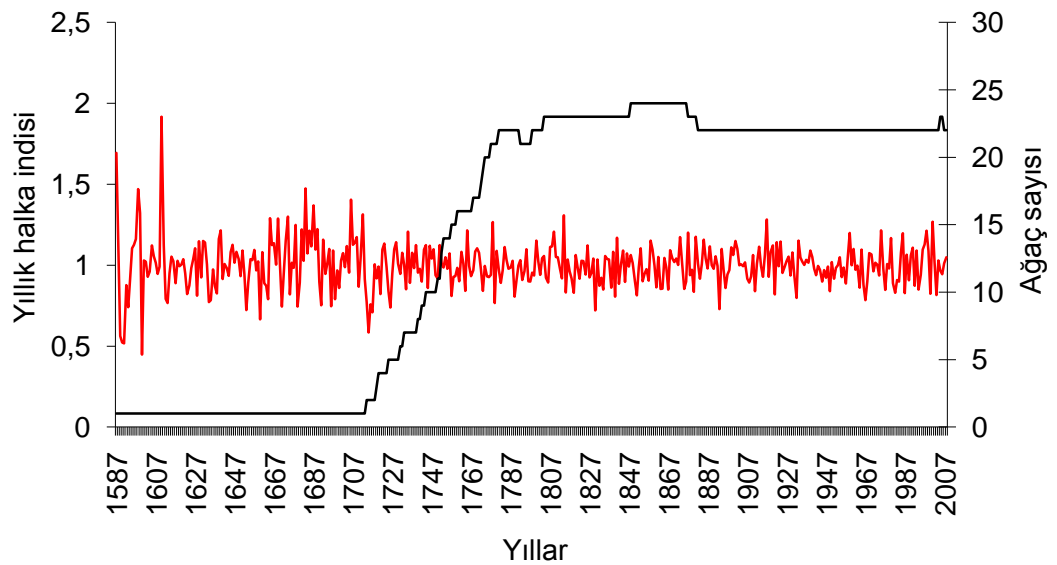
CIM yöre kronolojisinin oluşturulmasında 22 ağaca ait 47 kalem kullanılmıştır. Standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler Tablo 4.11'de, 1807 – 2004 (198 yıl) yıllarını kapsayan ortak zaman aralığı istatistikleri Tablo 4.12'de verilmiştir. Yöre kronolojisinin oluşturulmasında, ortalama duyarlılık katsayısı, sinyal/gürültü oranı, ortalama korelasyonlar ve birinci özvektörün varyansı daha yüksek olan residual kronoloji tercih edilmiştir. 1584–2008 yıllarını kapsayan 425 yıl uzunluğundaki CIM yöre kronolojisi Şekil 4.7'de görülmektedir.

Tablo 4.11 Kıbrısçık – Çimencik civarında Sarıçam için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler ('t' son halkanın olduğu yılı ifade etmektedir).

Kronoloji tipi	Standart	Residual (AR 2)
Ortalama	0,9951	0,9945
Medyan	0,9941	0,9937
Ortalama duyarlılık	0,1194	0,1196
Standart sapma	0,1855	0,1040
Çarpıklık katsayısı	0,5314	0,0871
Basıklık katsayısı	3,4499	0,0384
Otokorelasyonlar		
t-1	0,6246	-0,0101
t-2	-0,0446	-0,0770
t-3	0,0536	0,0197

Tablo 4.12 Kıbrısçık - Çimencik civarında Sarıçam için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri

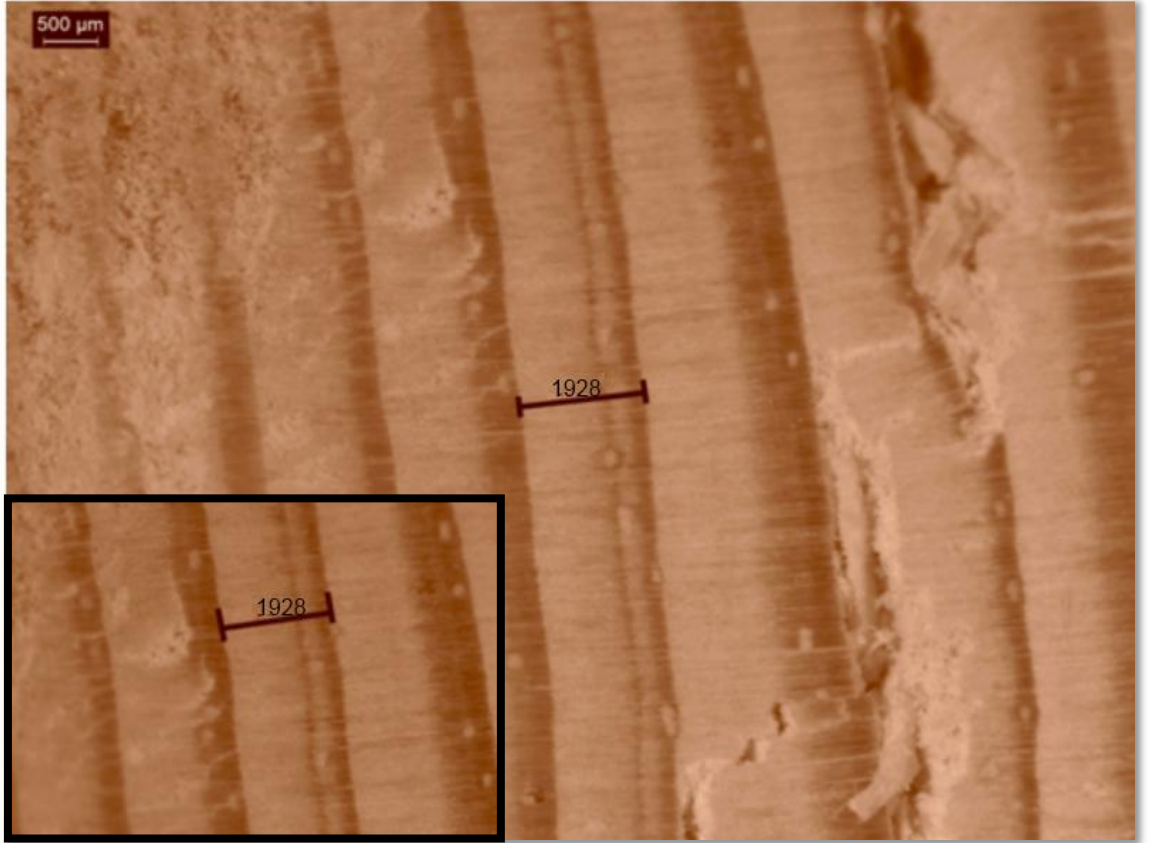
	Standart	Residual
Ortalama Korelasyonlar:		
Tüm Kalemler arasında	0,209	0,264
Ağaçlar arasında	0,201	0,258
Ağaçların içinde	0,500	0,513
Ortalama ile kalemler arasında	0,474	0,523
Sinyal/Gürültü oranı	5,282	7,291
Populasyon kronolojisiyle uyum	0,841	0,879
Birinci özvektörün varyansı	25,07%	29,32%
Kronoloji ortak aralık ortalaması	0,988	0,996
Kronoloji ortak aralık standart sapması	0,134	0,106



Şekil 4.7 Kıbrısçık – Çimencik civarında Sarıçam örneklerinin yöre kronolojisi

4.1.2.6. BOL Yöre Kronolojisi

Bolu, Ayıkaya civarından alınan Sarıçam örneklerinin ölçüm sonuçları için COFECHA programı çalıştırılmış. Çıktılar incelendiğinde BOL04A kaleminde 1900 - 1949 segmenti arasında 1 yıl fazla olduğu görülmüştür. İskelet noktalama yöntemiyle oluşturulan grafik ve örneğin tekrar incelenmesiyle 1927 senesi olarak sayılan yılın aslında 1928 senesinin içinde oluşan yalancı yıllık halka olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 BOL04A kalemi 1928 yılı yalancı yıllık halka oluşumu

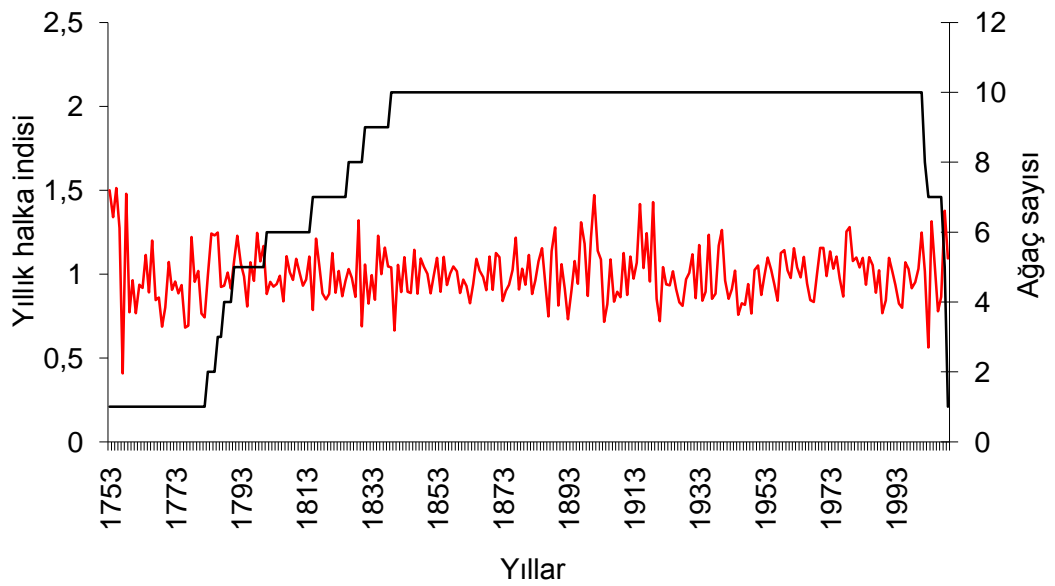
BOL yöre kronolojisinin oluşturulmasında 10 ağaca ait 20 kalem kullanılmıştır. Standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler Tablo 4.13'te, 1839 – 1994 (156 yıl) yıllarını kapsayan ortak zaman aralığı istatistikleri Tablo 4.14'te verilmiştir. Yöre kronolojisinin oluşturulmasında, ortalama duyarlılık katsayısı, sinyal/gürültü oranı, ortalama korelasyonlar ve birinci özvektörün varyansı standart kronolojide daha yüksek olsa da genel olarak residual kronoloji tercih edilmiştir. 1752–2009 yıllarını kapsayan 258 yıl uzunluğundaki BOL yöre kronolojisi Şekil 4.9'da görülmektedir.

Tablo 4.13 Ayıkaya civarında Sarıçam için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler ('t' son halkanın olduğu yılı ifade etmektedir).

Kronoloji tipi	Standart	Residual (AR 2)
Ortalama	0,9902	0,9968
Medyan	0,9605	0,9876
Ortalama duyarlılık	0,1465	0,1776
Standart sapma	0,2026	0,1645
Çarpıklık katsayısı	0,8263	0,3592
Basıklık katsayısı	1,4853	1,0367
Otokorelasyonlar		
t-1	0,5727	0,0117
t-2	0,1076	0,0294
t-3	0,0033	-0,0080

Tablo 4.14 Ayıkaya civarında Sarıçam için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri

	Standart	Residual
Ortalama Korelasyonlar:		
Tüm Kalemler arasında	0,336	0,322
Ağaçlar arasında	0,318	0,307
Ağaçların içinde	0,646	0,596
Ortalama ile kalemler arasında	0,604	0,596
Sinyal/Gürültü oranı		
Populasyon kronolojisiyle uyum	4,670	4,432
Birinci özvektörün varyansı	0,824	0,816
Birinci özvektörün varyansı	39,25%	36,36%
Kronoloji ortak aralık ortalaması	0,996	0,997
Kronoloji ortak aralık standart sapması	0,193	0,144



Şekil 4.9 Ayıkaya civarında Sarıçam örneklerinin yöre kronolojisi

4.1.3. Eskişehir Civarı Yöre Kronolojileri

4.1.3.1. TAN Yöre Kronolojisi

Mihalıççık'tan alınan Karaçam örneklerinin ölçüm sonuçları için COFECHA programı çalıştırılmış, TAN02B1, TAN14A1, TAN14B2 numaralı kalemlerde eksik halka problemi görülmüştür. Halkaların oluşmadığı yıllar iskelet noktalama yöntemiyle oluşturulan grafiklere ve örnekte yapılan incelemeye dayanarak belirlenmiştir:

TAN02B1	1 eksik halka:	1854
TAN14A1	1 eksik halka:	1852
TAN14B2	2 eksik halka:	1764 1845

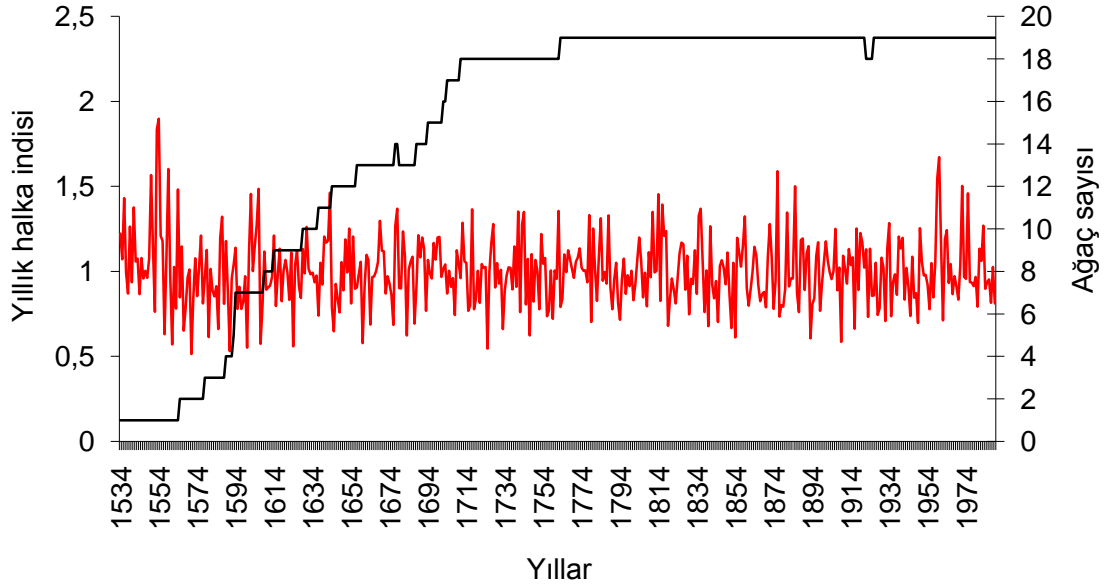
TAN yöre kronolojisinin oluşturulmasında 19 ağaca ait 28 kalem kullanılmıştır. Standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler Tablo 4.15'te, 1703 – 2005 (303 yıl) yıllarını kapsayan ortak zaman aralığı istatistikleri Tablo 4.16'da verilmiştir. Yöre kronolojisinin oluşturulmasında, ortalama duyarlılık katsayısı, sinyal/gürültü oranı, ortalama korelasyonlar ve birinci özvektörün varyansı daha yüksek olan residual kronoloji tercih edilmiştir. 1533–2005 yıllarını kapsayan 473 yıl uzunluğundaki TAN yöre kronolojisi Şekil 4.10'da görülmektedir.

Tablo 4.15 Mihalıççık'ta Karaçam için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler ('t' son halkanın olduğu yılı ifade etmektedir).

Kronoloji tipi	Standart	Residual (AR 2)
Ortalama	0,9949	0,9988
Medyan	0,9725	0,9931
Ortalama duyarlılık	0,1910	0,2300
Standart sapma	0,2192	0,2043
Çarpıklık katsayısı	0,9667	0,5870
Basıklık katsayısı	2,8773	1,3429
Otokorelasyonlar		
t-1	0,3992	0,0020
t-2	-0,0144	-0,0716
t-3	0,1049	0,0177

Tablo 4.16 Mihaliççık'ta Karaçam için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri

	Standart	Residual
Ortalama Korelasyonlar:		
Tüm Kalemler arasında	0,393	0,484
Ağaçlar arasında	0,384	0,478
Ağaçların içinde	0,643	0,662
Ortalama ile kalemler arasında	0,643	0,708
Sinyal/Gürültü oranı		
Sinyal/Gürültü oranı	8,740	12,809
Populasyon kronolojisiyle uyum	0,897	0,928
Birinci özvektörün varyansı	42,61%	51,05%
Kronoloji ortak aralık ortalaması	0,989	0,994
Kronoloji ortak aralık standart sapması	0,199	0,190



Şekil 4.10 Mihaliççık'tan Karaçam örneklerinin yöre kronolojisi

4.1.3.2. SAV Yöre Kronolojisi

Mihaliççık, Savaş alanından alınan Karaçam örneklerinin ölçüm sonuçları için COFECHA programı çalıştırılmış, SAV01B, SAV05B, SAV10A ve SAV10B numaralı kalemlerde eksik halka problemi görülmüştür. Halkaların oluşmadığı yıllar iskelet noktalama yöntemiyle oluşturulan grafiklere ve örnekte yapılan incelemeye dayanarak belirlenmiştir:

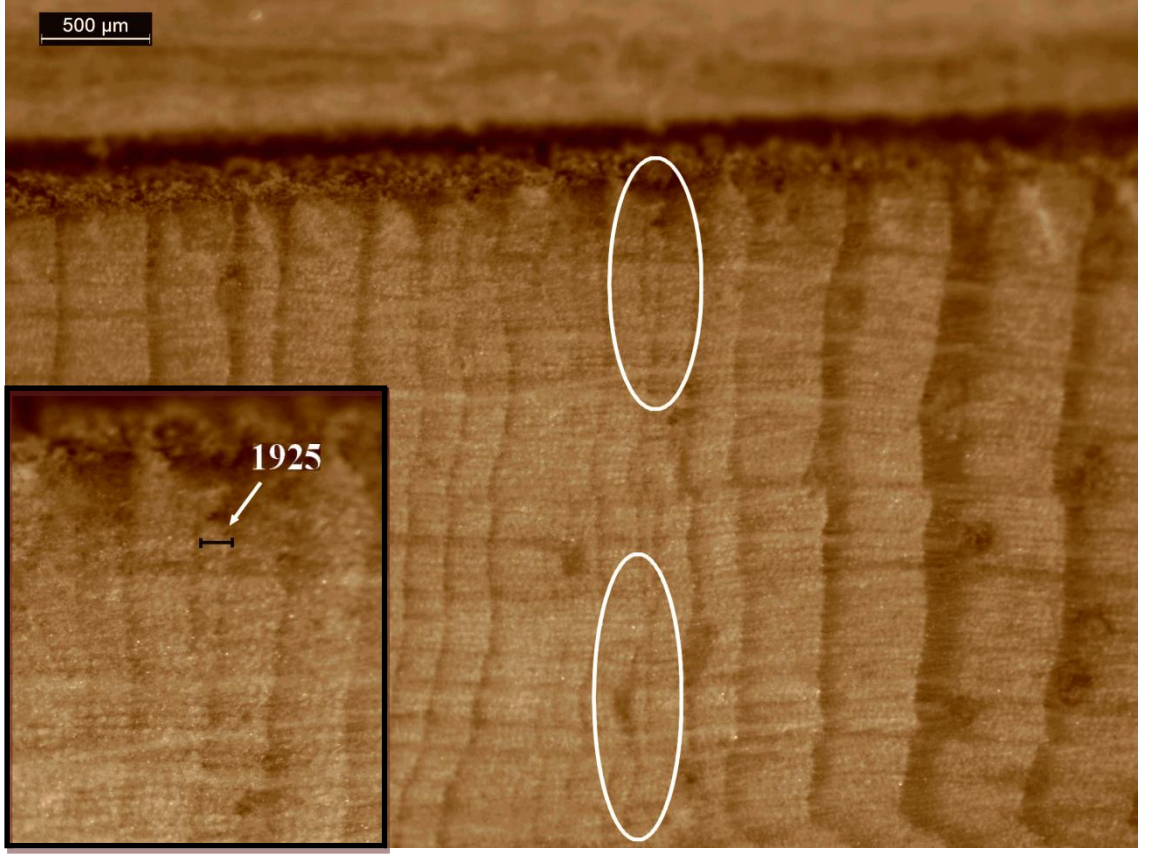
SAV01B 2 eksik halka: 1909 1910

SAV05B 1 eksik halka: 1845

SAV10A 1 eksik halka: 1929

SAV10B 2 eksik halka: 1925 1929

Ayrıca SAV10A numaralı kalemde 1925 yılının kısmi halka olduğu ölçüm sırasında belirlenmiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11 SAV10A 1925 yılı kısmi halka oluşumu

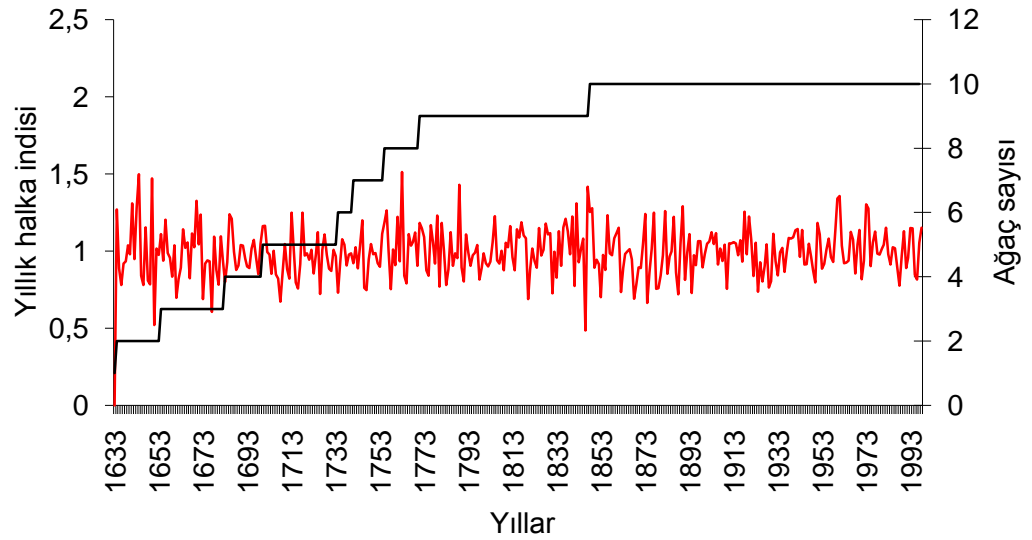
SAV yöre kronolojisinin oluşturulmasında 10 ağaca ait 18 kalem kullanılmıştır. Standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler Tablo 4.17’de, 1775 – 2000 (226 yıl) yıllarını kapsayan ortak zaman aralığı istatistikleri Tablo 4.18’de verilmiştir. Yöre kronolojisinin oluşturulmasında, ortalama duyarlılık katsayısı, sinyal/gürültü oranı, ortalama korelasyonlar ve birinci özvektörün varyansı daha yüksek olan residual kronoloji tercih edilmiştir. 1630–2005 yıllarını kapsayan 376 yıl uzunluğundaki SAV yöre kronolojisi Şekil 4.12’de görülmektedir.

Tablo 4.17 Mihaliççık Savaş alanında Karaçam için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler ('t' son halkanın olduğu yılı ifade etmektedir).

Kronoloji tipi	Standart	Residual (AR 2)
Ortalama	0,9848	0,9908
Medyan	0,9776	0,9824
Ortalama duyarlılık	0,1531	0,1706
Standart sapma	0,1919	0,1561
Çarpıklık katsayısı	0,4343	0,2593
Basıklık katsayısı	0,8215	0,6353
Otokorelasyonlar		
t-1	0,4810	-0,0169
t-2	0,1006	-0,0958
t-3	0,1151	-0,0234

Tablo 4.18 Mihaliççık Savaş alanında Karaçam için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri

	Standart	Residual
Ortalama Korelasyonlar:		
Tüm Kalemler arasında	0,299	0,328
Ağaçlar arasında	0,284	0,318
Ağaçların içinde	0,546	0,493
Ortalama ile kalemler arasında	0,578	0,600
Sinyal/Gürültü oranı	3,567	4,205
Populasyon kronolojisiyle uyum	0,781	0,808
Birinci özvektörün varyansı	35,35%	37,80%
Kronoloji ortak aralık ortalaması	0,995	0,997
Kronoloji ortak aralık standart sapması	0,180	0,151



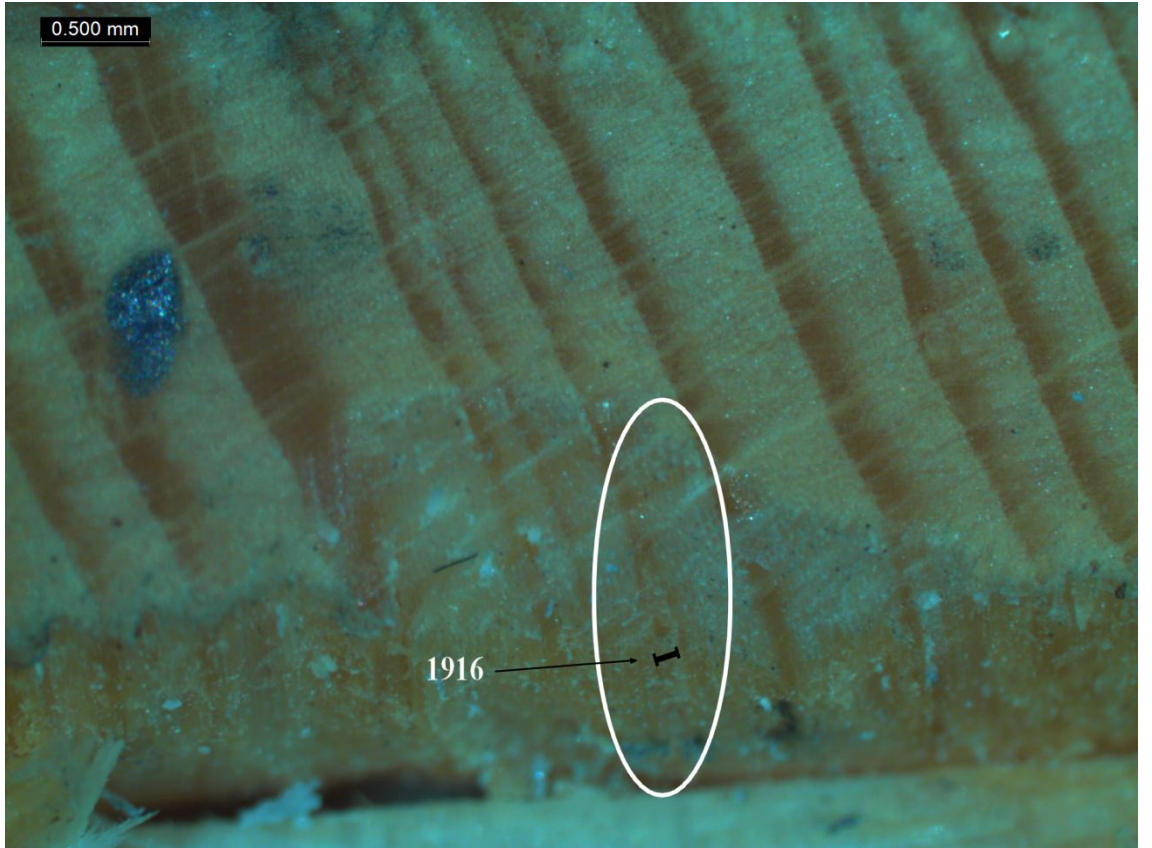
Şekil 4.12 Mihaliççık Savaş alanında Karaçam örneklerinin yöre kronolojisi

4.1.3.3. EKS Yöre Kronolojisi

Ekşielma alanından alınan Karaçam örneklerinin ölçüm sonuçları için COFECHA programı çalıştırılmış, EKS02B, EKS04A, EKS09A ve EKS10A numaralı kalemlerde eksik halka problemi görülmüştür. Halkaların oluşmadığı yıllar iskelet noktalama yöntemiyle oluşturulan grafiklere ve örnekte yapılan incelemeye dayanarak belirlenmiştir:

EKS02B	2 eksik halka:	1845 1923
EKS04A	1 eksik halka:	1916
EKS09A	1 eksik halka:	1916
EKS10A	1 eksik halka:	1916

Ayrıca EKS04B numaralı kalem için çıktılar incelendiğinde bir yıl eksik olduğu görülmüştür. İskelet noktalama yöntemiyle oluşturulan grafikler incelendiğinde ve kalem üzerinde detaylı çalışma sonucu 1916 yılının kısmi halka olduğu anlaşılmıştır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 EKS04B kalemi 1916 yılı kısmi halkası

EKS yöre kronolojisinin oluşturulmasında 10 ağaca ait 19 kalem kullanılmıştır. Standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler Tablo 4.19'da, 1802 – 2005 (204 yıl)

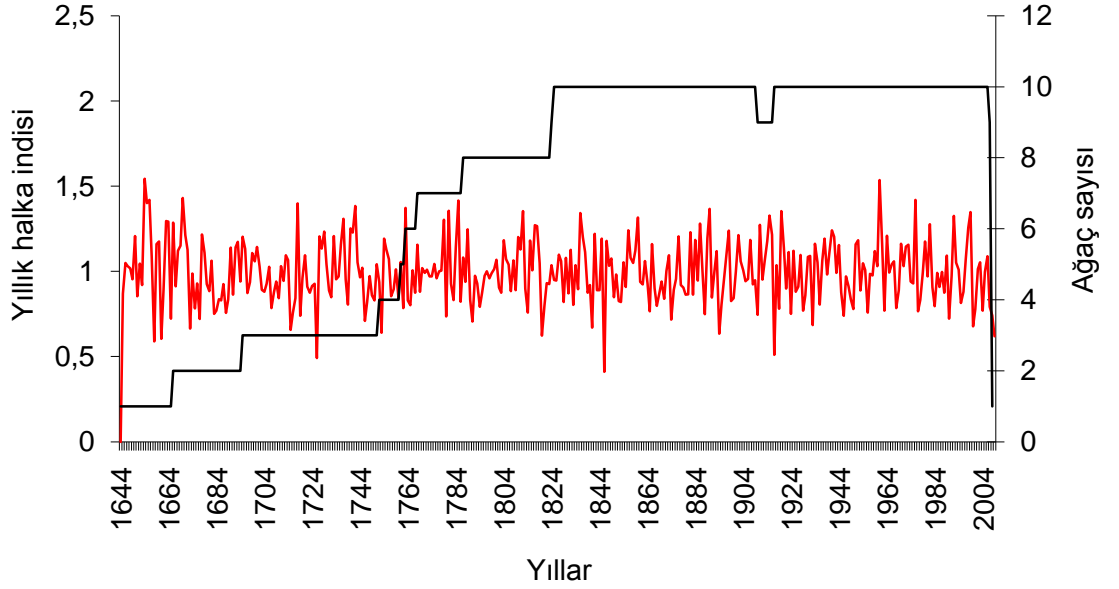
yıllarını kapsayan ortak zaman aralığı istatistikleri Tablo 4.20’de verilmiştir. Yöre kronolojisinin oluşturulmasında, ortalama duyarlılık katsayısı, sinyal/gürültü oranı, ortalama korelasyonlar ve birinci özvektörün varyansı daha yüksek olan residual kronoloji tercih edilmiştir. 1641–2008 yıllarını kapsayan 368 yıl uzunluğundaki EKS yöre kronolojisi Şekil 4.14’te görülmektedir.

Tablo 4.19 Ekşielma alanından Karaçam için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler (‘t’ son halkanın olduğu yılı ifade etmektedir).

Kronoloji tipi	Standart	Residual (AR 2)
Ortalama	0,9868	0,9948
Medyan	0,9714	0,9864
Ortalama duyarlılık	0,172	0,2073
Standart sapma	0,2114	0,1838
Çarpıklık katsayısı	0,5113	0,1623
Basıklık katsayısı	0,6171	0,1314
Otokorelasyonlar		
t-1	0,4689	-0,0055
t-2	0,0514	-0,0459
t-3	0,1179	-0,017

Tablo 4.20 Ekşielma alanından Karaçam için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri

	Standart	Residual
Ortalama Korelasyonlar:		
Tüm Kalemler arasında	0,349	0,409
Ağaçlar arasında	0,333	0,398
Ağaçların içinde	0,571	0,57
Ortalama ile kalemler arasında	0,618	0,663
Sinyal/Gürültü oranı	3,989	5,281
Populasyon kronolojisiyle uyum	0,800	0,841
Birinci özvektörün varyansı	39,92%	45,09%
Kronoloji ortak aralık ortalaması	1,002	1
Kronoloji ortak aralık standart sapması	0,191	0,178



Şekil 4.14 Ekşielma alanından Karaçam örneklerinin yöre kronolojisi

4.1.4. Kütahya Civarı Yöre Kronolojileri

4.1.4.1. AHM Yöre Kronolojisi

Ahmetin Yaylası mevkiinden alınan Karaçam örneklerinin ölçüm sonuçları için COFECHA programı çalıştırılmış, AHM01A, AHM12A ve AHM12B numaralı kalemlerde eksik halka problemi görülmüştür. Halkaların oluşmadığı yıllar iskelet noktalama yöntemiyle oluşturulan grafiklere ve örnekte yapılan incelemeye dayanarak belirlenmiştir:

AHM01A	1 eksik halka:	1819
AHM12A	1 eksik halka:	1645
AHM12B	3 eksik halka:	1645 1893 1895

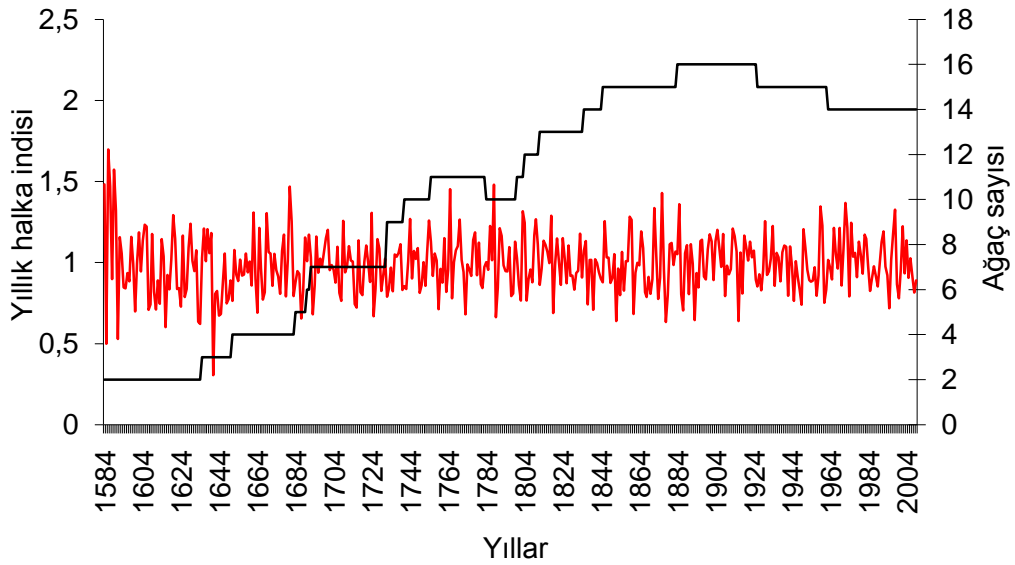
AHM yöre kronolojisinin oluşturulmasında 14 ağaca ait 26 kalem kullanılmıştır. Standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler Tablo 4.21'de, 1824 – 2009 (186 yıl) yıllarını kapsayan ortak zaman aralığı istatistikleri Tablo 4.22'de verilmiştir. Yöre kronolojisinin oluşturulmasında, ortalama duyarlılık katsayısı, sinyal/gürültü oranı, ortalama korelasyonlar ve birinci özvektörün varyansı daha yüksek olan residual kronoloji tercih edilmiştir. 1583–2009 yıllarını kapsayan 427 yıl uzunluğundaki AHM yöre kronolojisi Şekil 4.15'te görülmektedir.

Tablo 4.21 Ahmetin Yaylası mevkiinden alanından Karaçam için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler ('t' son halkanın oluştuğu yılı ifade etmektedir).

Kronoloji tipi	Standart	Residual (AR 1)
Ortalama	0.9776	0.9803
Medyan	0.9666	0.9732
Ortalama duyarlılık	0.1668	0.1903
Standart sapma	0.2144	0.1694
Çarpıklık katsayısı	0.5376	0.1766
Basıklık katsayısı	2.6112	0.6701
Otokorelasyonlar		
t-1	0.4825	0.0243
t-2	-0.0974	-0.0251
t-3	0.1779	0.0334

Tablo 4.22 Ahmetin Yaylası mevki alanından Karaçam için oluşturulan yöresi kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri

	Standart	Residual
Ortalama Korelasyonlar:		
Tüm Kalemler arasında	0.341	0.384
Ağaçlar arasında	0.328	0.373
Ağaçların içinde	0.559	0.57
Ortalama ile kalemler arasında	0.6	0.624
Sinyal/Gürültü oranı	4.89	5.959
Populasyon kronolojisiyle uyum	0.83	0.856
Birinci özvektörün varyansı	38.28%	42.22%
Kronoloji ortak aralık ortalaması	0.979	0.99
Kronoloji ortak aralık standart sapması	0.172	0.153



Şekil 4.15 Ahmetin yaylası mevkiinden alanından Karaçam örneklerinin yöre kronolojisi

4.1.4.2. SIA Yöre Kronolojisi

Simav mevkiinden alınan Karaçam örneklerinin ölçüm sonuçları için COFECHA programı çalıştırılmış, SIA01B, SIA02A, SIA02B, SIA04A, SIA04B, SIA06A, SIA07B, SIA08A, SIA08B, SIA10A, SIA10B numaralı kalemlerde eksik halka problemi görülmüştür. Halkaların oluşmadığı yıllar iskelet noktalama yöntemiyle oluşturulan grafiklere ve örnekte yapılan incelemeye dayanarak belirlenmiştir:

SIA01B	2 eksik halka:	1891 1944
SIA02A	1 eksik halka:	1945
SIA02B	1 eksik halka:	2003
SIA04A	2 eksik halka:	1909 1945
SIA04B	1 eksik halka:	1909
SIA06A	1 eksik halka:	1945
SIA07B	3 eksik halka:	1877 1918 1945
SIA08A	1 eksik halka:	1945
SIA08B	1 eksik halka:	1945
SIA10A	1 eksik halka:	1945
SIA10B	1 eksik halka:	1945

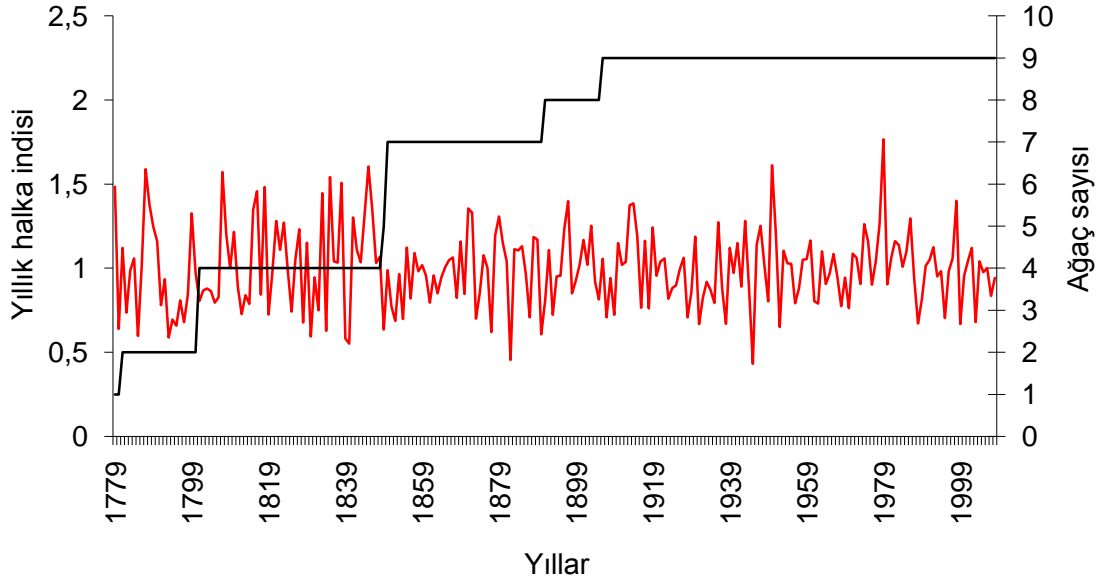
SIA yöre kronolojisinin oluşturulmasında 9 ağaca ait 16 kalem kullanılmıştır. Standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler Tablo 4.23'te, 1855 – 2008 (154 yıl) yıllarını kapsayan ortak zaman aralığı istatistikleri Tablo 4.24'te verilmiştir. Yöre kronolojisinin oluşturulmasında, ortalama duyarlılık katsayısı, sinyal/gürültü oranı, ortalama korelasyonlar ve birinci özvektörün varyansı standart kronolojide daha yüksek olsa da residual kronoloji tercih edilmiştir. 1776–2008 yıllarını kapsayan 233 yıl uzunluğundaki SIA yöre kronolojisi Şekil 4.16'da görülmektedir.

Tablo 4.23 Simav mevki alanından Karaçam için oluşturulan standart ve residual yöre kronolojilerine ait istatistikler ('t' son halkanın oluştuğu yılı ifade etmektedir).

Kronoloji tipi	Standart	Residual (AR 1)
Ortalama	0.9880	0.9970
Medyan	0.9658	0.9924
Ortalama duyarlılık	0.2228	0.2636
Standart sapma	0.2733	0.2353
Çarpıklık katsayısı	0.5558	0.3964
Basıklık katsayısı	0.3815	0.2376
Otokorelasyonlar		
t-1	0.4742	0.0127
t-2	0.0192	-0.0260
t-3	0.0472	0.0445

Tablo 4.24 Simav mevkiinden alanından Karaçam için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri

	Standart	Residual
Ortalama Korelasyonlar:		
Tüm Kalemler arasında	0.411	0.386
Ağaçlar arasında	0.387	0.369
Ağaçların içinde	0.708	0.601
Ortalama ile kalemler arasında	0.655	0.645
Sinyal/Gürültü oranı		
Populasyon kronolojisiyle uyum	4.423	4.100
Birinci özvektörün varyansı	0.816	0.804
Kronoloji ortak aralık ortalaması	48.36%	45.89%
Kronoloji ortak aralık standart sapması	0.978	0.995
	0.221	0.205



Şekil 4.16 Simav mevkiinden alanından Karaçam örneklerinin yöre kronolojisi

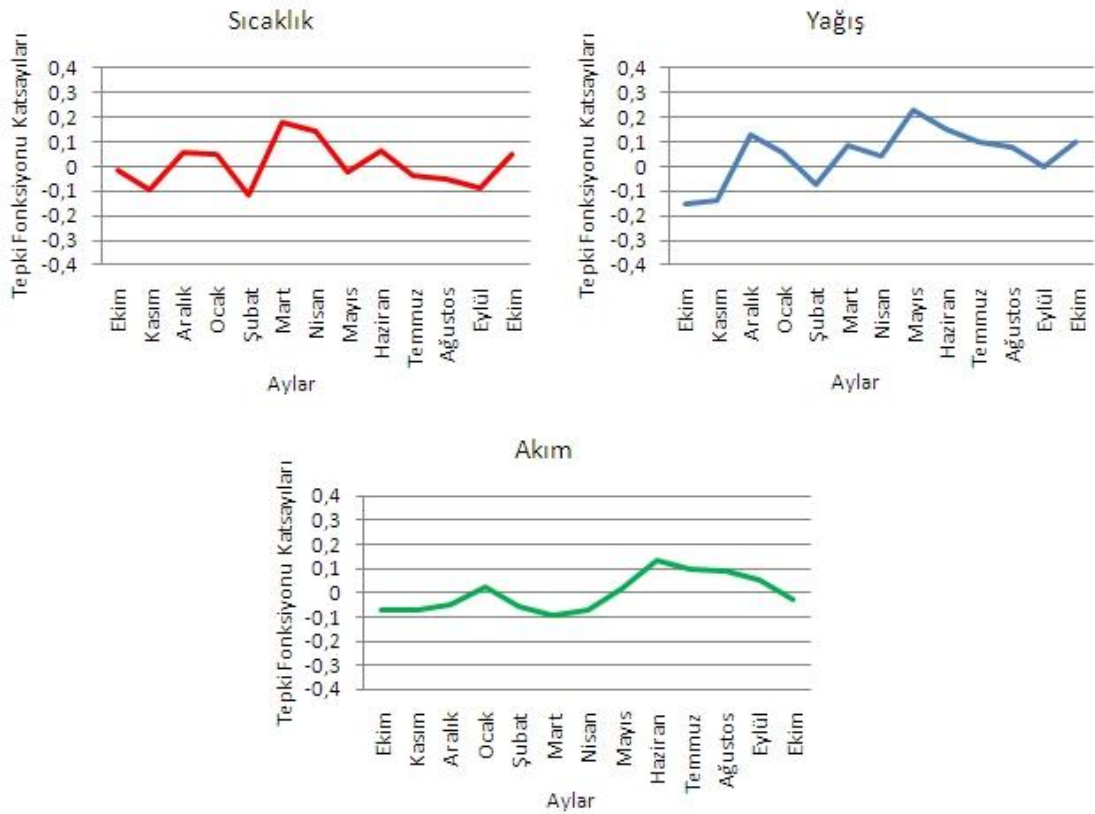
4.2. DENDROKLİMATOLOJİK BULGULAR

4.2.1. Tepki Fonksiyonu

4.2.1.1. ERC Yöre Kronolojisi (Bilecik) Tepki Fonksiyonu

Bu yörede sıcaklık, yağış ve akım verilerinin yıllık halka genişliği ile belirgin ve anlamlı ilişkili olduğu aylara rastlanmamıştır (Şekil 4.17). Sıcaklığın önceki yılın aralık ayı ile halka oluşum yılının ocak, mart, nisan, haziran ve ekim aylarında yıllık halka oluşumunu pozitif, önceki yılın ekim ve kasım ayları ile halka oluşum yılının şubat, mayıs ve temmuz - eylül aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Sıcaklığın

yıllık halka gelişimi üzerindeki etkisini gösteren tepki fonksiyonu katsayıları anlamlı değildir. Yağışın önceki yılın aralık ayı ile halka oluşum yılının ocak ve mart - ekim aylarında halka oluşumunu pozitif, önceki yılın ekim, kasım ayları ile halka oluşum yılının şubat ayında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Mart - ekim ayları arasındaki yağışlarda meydana gelen artışın yıllık halka genişliğini arttırdığı görülmektedir; fakat belirgin bir ay yoktur. Akım verilerinin halka oluşum yılının ocak, mayıs - eylül aylarında halka oluşumunu pozitif, önceki yılın ekim - aralık ayları ile halka oluşum yılının şubat - nisan ve ekim aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Akım Mayıs - eylül ayları arasında halka gelişimi üzerinde düşük tepki fonksiyonu katsayılarıyla temsil edilen pozitif bir etkiye sahiptir. Ancak anlamlı bir etki görülmemektedir.

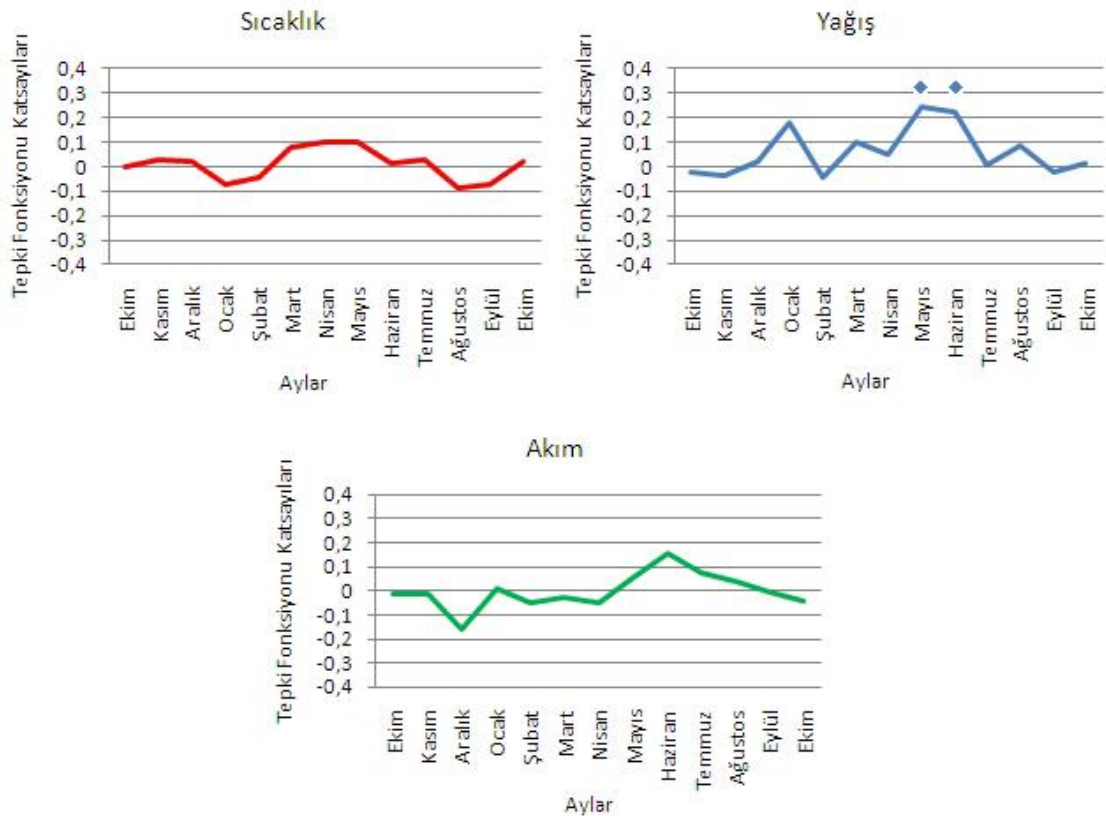


Şekil 4.17 ERC yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu. ‘♦’ işareti 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

4.2.1.2. SEB Yöre Kronolojisi (Bolu) Tepki Fonksiyonu

Bu yörede en belirgin ve anlamlı ilişki yıllık halka genişliği ile yağış arasında çıkmıştır (Şekil 4.18). Sıcaklığın önceki yılın kasım, aralık ayları ile halka oluşum yılının mart -

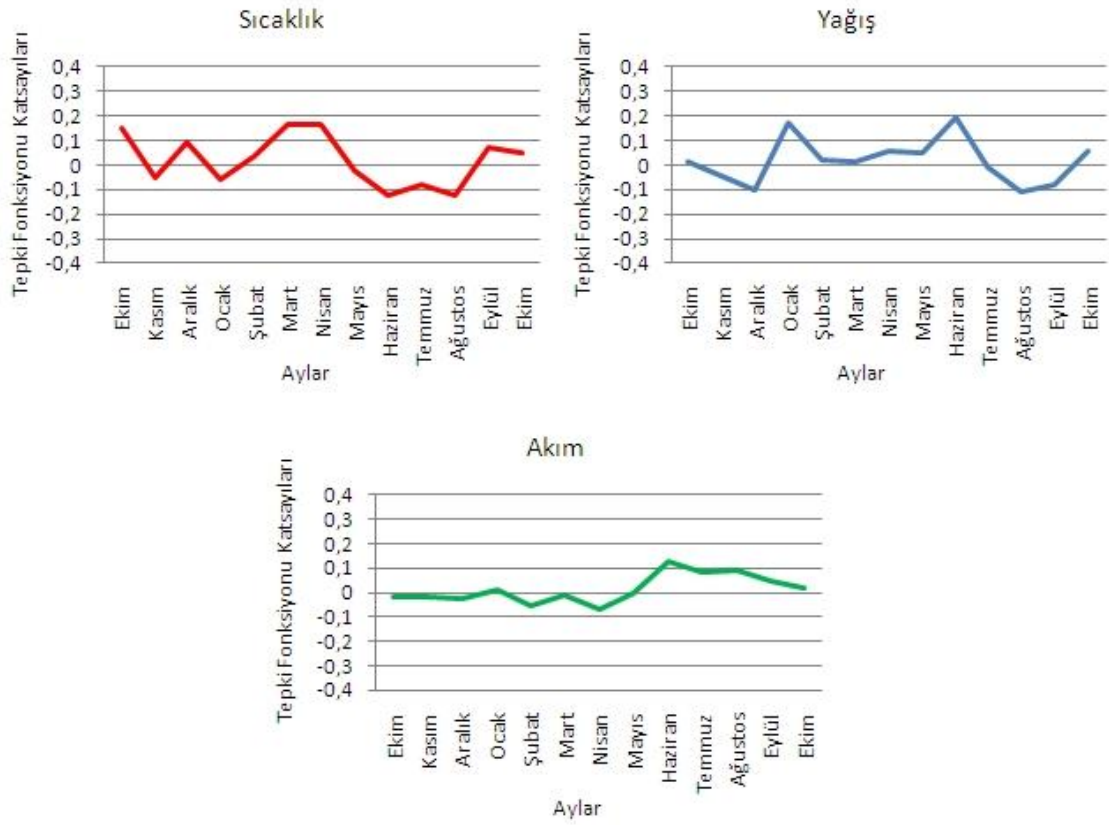
temmuz aylarında yıllık halka oluşumunu pozitif, önceki yılın ekim ve halka oluşum yılının ocak, şubat, ağustos - ekim aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Sıcaklığın yıllık halka gelişimi üzerindeki etkisini gösteren tepki fonksiyonu katsayıları anlamlı değildir. Yağışın önceki yılın aralık ayı ile halka oluşum yılının ocak, mart - ağustos ve ekim aylarında halka oluşumunu pozitif, önceki yılın ekim, kasım ayları ile halka oluşum yılının şubat, eylül aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Mart - ağustos ayları arasındaki yağışlarda meydana gelen artışın yıllık halka genişliğini arttırdığı görülmektedir. Mayıs - haziran aylarındaki yağışların etkisi anlamlıdır. Akım verilerinin halka oluşum yılının ocak, mayıs - ağustos aylarında halka oluşumunu pozitif, önceki yılın ekim - aralık ayları ile halka oluşum yılının şubat - nisan, eylül ve ekim aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Akım mayıs - eylül ayları arasında halka gelişimi üzerinde düşük tepki fonksiyonu katsayılarıyla temsil edilen pozitif bir etkiye sahiptir. Ancak anlamlı bir etki görülmemektedir.



Şekil 4.18 SEB yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu. ‘♦’ işareti 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

4.2.1.3. YAY Yöre Kronolojisi (Bolu) Tepki Fonksiyonu

Bu yörede sıcaklık, yağış ve akım verilerinin yıllık halka genişliği ile belirgin ve anlamlı ilişkili olduğu aylara rastlanmamıştır (Şekil 4.19). Sıcaklığın önceki yılın ekim, aralık ayları ile halka oluşum yılının şubat - nisan, eylül ve ekim aylarında yıllık halka oluşumunu pozitif, önceki yılın kasım ayı ve halka oluşum yılının ocak ve mayıs - ağustos aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Sıcaklığın yıllık halka gelişimi üzerindeki etkisini gösteren tepki fonksiyonu katsayıları anlamlı değildir. Yağışın önceki yılın ekim ayı ile halka oluşum yılının ocak - haziran ve ekim aylarında halka oluşumunu pozitif, önceki yılın kasım, aralık ayları ile halka oluşum yılının temmuz - eylül aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Ocak - haziran ayları arasındaki yağışlarda meydana gelen artışın yıllık halka genişliğini arttırdığı görülmektedir, fakat belirgin bir ay yoktur. Akım verilerinin halka oluşum yılının ocak, haziran - ekim aylarında halka oluşumunu pozitif, önceki yılın ekim - aralık ayları ile halka oluşum yılının şubat – mayıs aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Akım haziran - ekim ayları arasında halka gelişimi üzerinde düşük tepki fonksiyonu katsayılarıyla temsil edilen pozitif bir etkiye sahiptir. Ancak anlamlı bir etki görülmemektedir.

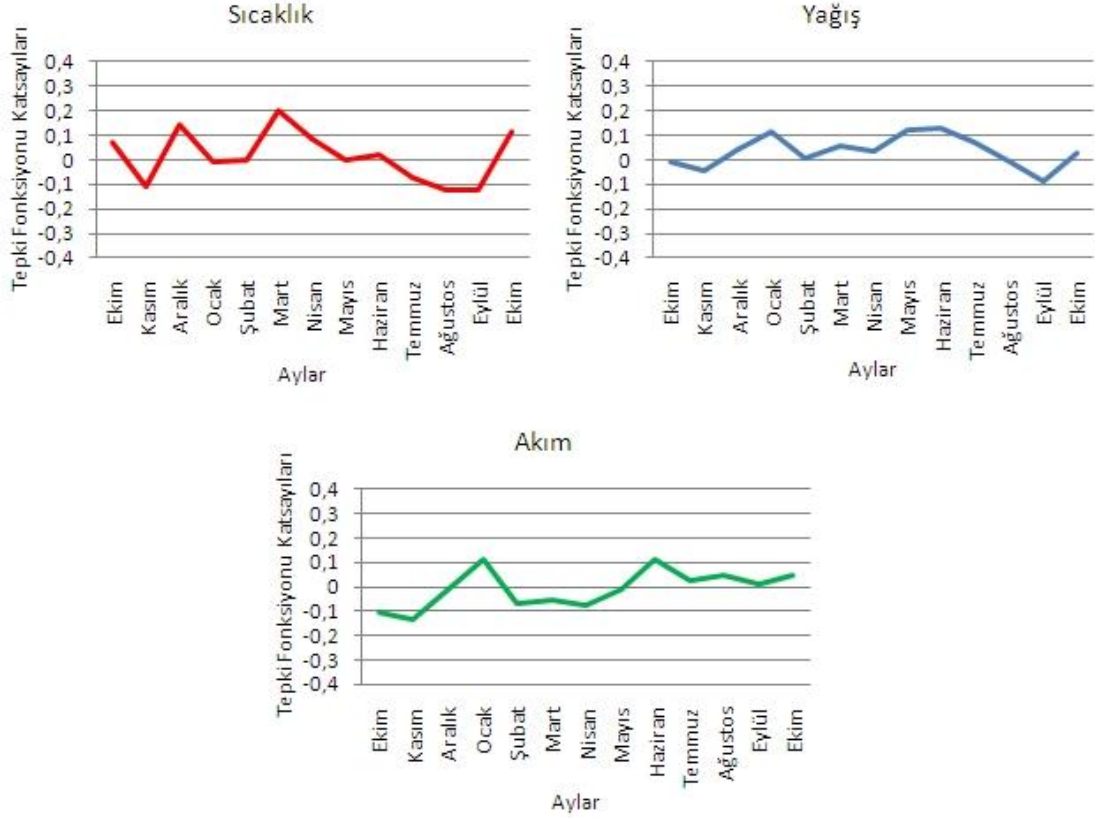


Şekil 4.19 YAY yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu. ‘◆’ işareti 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

4.2.1.4. YAU Yöre Kronolojisi (Bolu) Tepki Fonksiyonu

Bu yörede sıcaklık, yağış ve akım verilerinin yıllık halka genişliği ile belirgin ve anlamlı ilişkili olduğu aylara rastlanmamıştır (Şekil 4.20). Sıcaklığın önceki yılın ekim, aralık ayları ile halka oluşum yılının şubat - nisan, haziran ve ekim aylarında yıllık halka oluşumunu pozitif, önceki yılın kasım ve halka oluşum yılının ocak, mayıs ve temmuz - eylül aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Sıcaklığın yıllık halka gelişimi üzerindeki etkisini gösteren tepki fonksiyonu katsayıları anlamlı değildir. Yağışın önceki yılın aralık ayı ile halka oluşum yılının ocak - temmuz ve ekim aylarında halka oluşumunu pozitif, önceki yılın ekim, kasım ayları ile halka oluşum yılının ağustos - eylül aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Önceki yılın aralık ayı ile halka oluşum yılının ocak - temmuz ayları arasındaki yağışlarda meydana gelen artışın yıllık halka genişliğini arttırdığı görülmektedir, fakat belirgin ve anlamlı olduğu bir ay yoktur. Akım verilerinin halka oluşum yılının ocak ve haziran - ekim aylarında halka oluşumunu pozitif, önceki yılın ekim - aralık ayları ile halka oluşum yılının şubat - mayıs aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Akım haziran -

ekim ayları arasında halka gelişimi üzerinde düşük tepki fonksiyonu katsayılarıyla temsil edilen pozitif bir etkiye sahiptir. Ancak anlamlı bir etki görülmemektedir.

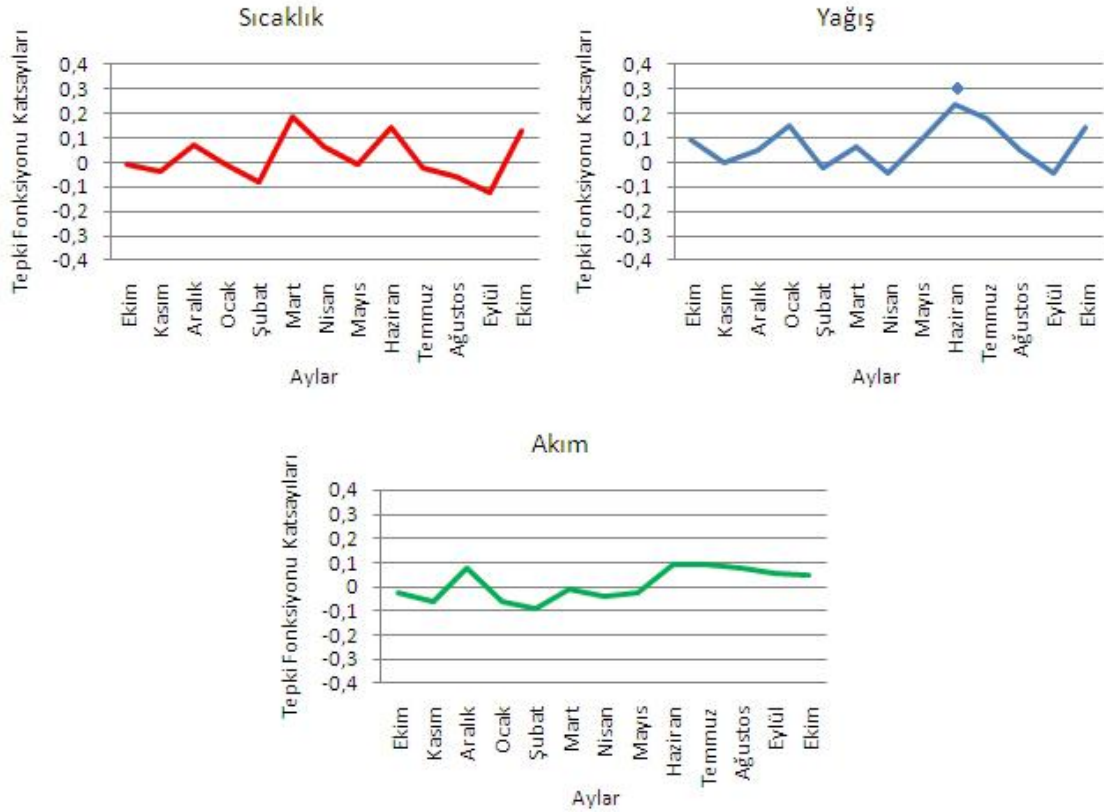


Şekil 4.20 YAU yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu. ‘◆’ işareti 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

4.2.1.5. YUB Yöre Kronolojisi (Bolu) Tepki Fonksiyonu

Bu yörede en belirgin ve anlamlı ilişki yıllık halka genişliği ile yağış arasında çıkmıştır (Şekil 4.21). Sıcaklığın önceki yılın aralık ayı ile halka oluşum yılının mart - nisan, haziran ve ekim aylarında yıllık halka oluşumunu pozitif, önceki yılın ekim, kasım ve halka oluşum yılının ocak, şubat, mayıs ve temmuz - eylül aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Sıcaklığın yıllık halka gelişimi üzerindeki etkisini gösteren tepki fonksiyonu katsayıları anlamlı değildir. Yağışın önceki yılın ekim - aralık ayı ile halka oluşum yılının ocak, mart, mayıs - ağustos ve ekim aylarında halka oluşumunu pozitif, halka oluşum yılının şubat ve eylül aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Halka oluşum yılının mart, mayıs – ağustos ayları arasındaki yağışlarda meydana gelen artışın yıllık halka genişliğini arttırdığı görülmektedir, mayıs ayındaki yağış anlamlıdır. Akım verilerinin önceki yılın aralık ayı ile halka oluşum yılının

haziran – ekim aylarında halka oluşumunu pozitif, önceki yılın ekim – kasım, halka oluşum yılının ocak – mayıs aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Akım haziran - ekim ayları arasında halka gelişimi üzerinde düşük tepki fonksiyonu katsayılarıyla temsil edilen pozitif bir etkiye sahiptir. Ancak anlamlı bir etki görülmemektedir.

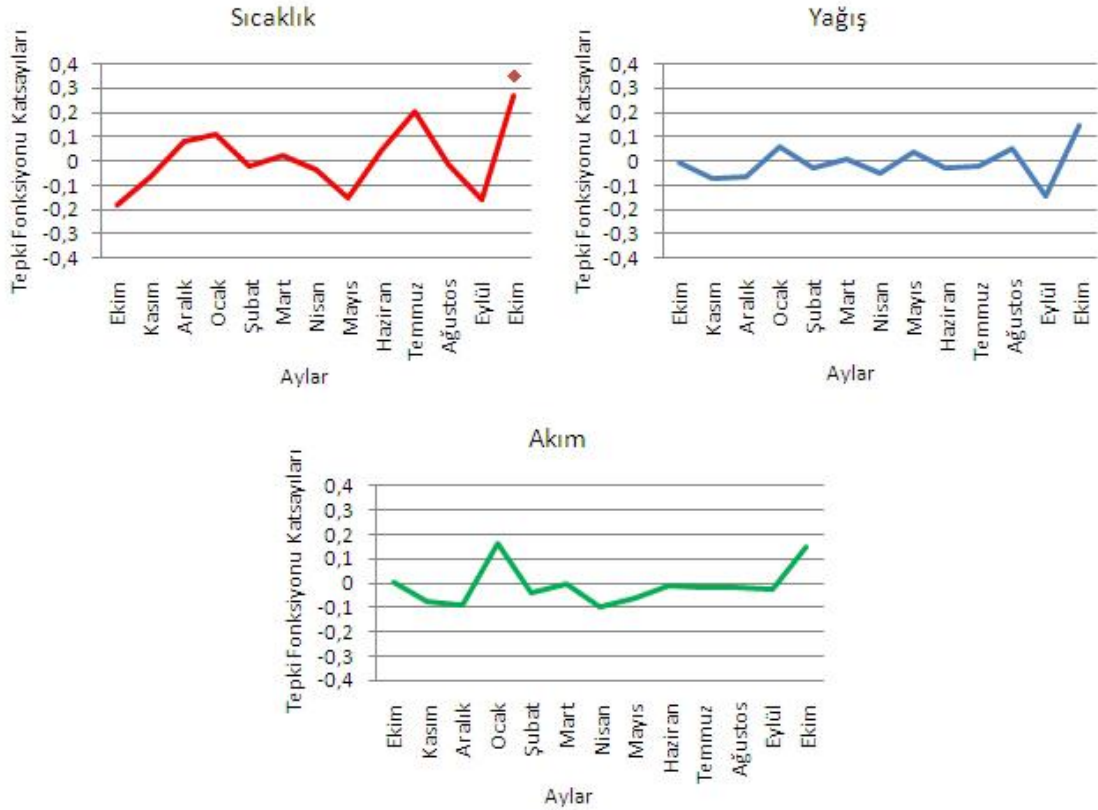


Şekil 4.21 YUB yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu. ‘◆’ işareti 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

4.2.1.6. CIM Yöre Kronolojisi (Bolu) Tepki Fonksiyonu

Bu yörede en belirgin ve anlamlı ilişki yıllık halka genişliği ile sıcaklık arasında çıkmıştır (Şekil 4.22). Sıcaklığın önceki yılın aralık ayı ile halka oluşum yılının ocak, mart, haziran ve temmuz ve ekim aylarında yıllık halka oluşumunu pozitif, önceki yılın ekim, kasım ve halka oluşum yılının şubat, nisan - mayıs ve ağustos - eylül aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Sıcaklığın yıllık halka gelişimi üzerindeki etkisini gösterdiği ve anlamlı olduğu ay ekimdir. Yağışın halka oluşum yılının ocak, mart, mayıs, ağustos ve ekim aylarında halka oluşumunu pozitif, önceki yılın ekim -

aralık ayları ile halka oluşum yılının şubat, nisan, haziran, temmuz ve eylül aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Yağışın belirgin ve anlamlı olduğu herhangi bir ay yoktur. Akım verilerinin önceki yılın ekim ayı ile halka oluşum yılının ocak ve ekim aylarında halka oluşumunu pozitif, önceki yılın kasım, aralık ayları ile halka oluşum yılının şubat – eylül aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir.

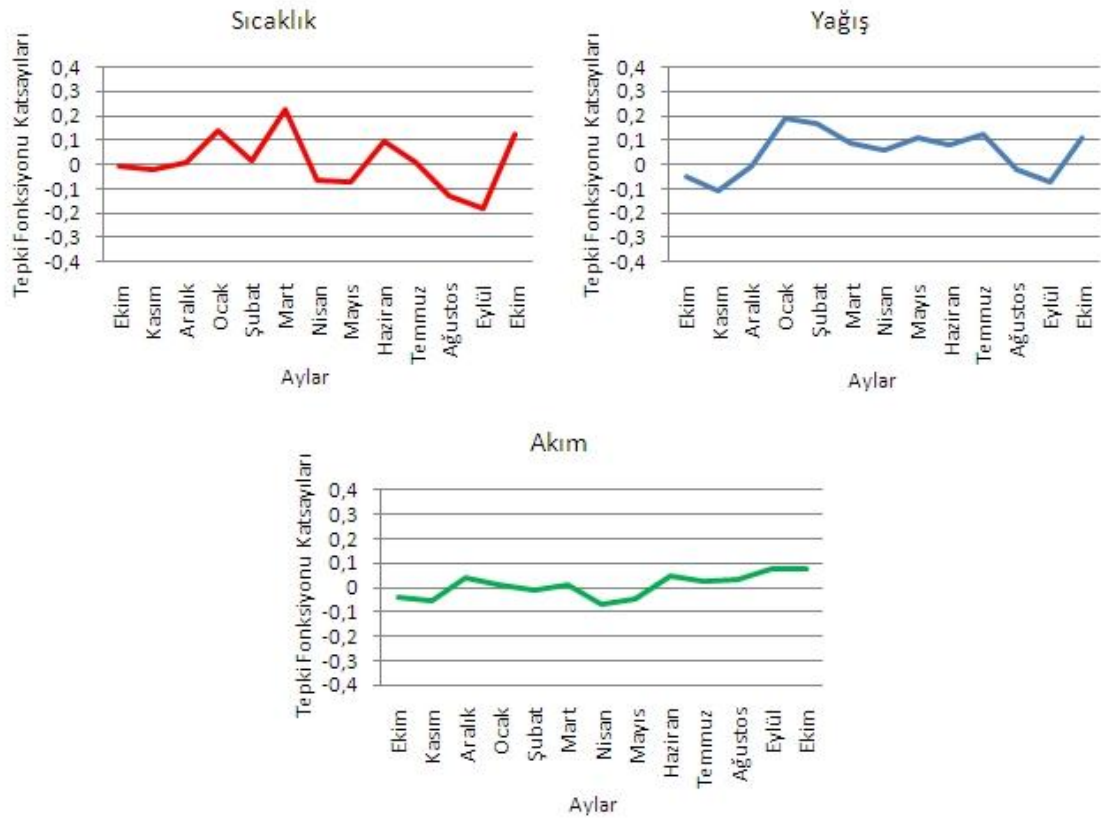


Şekil 4.22 CIM yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu. ‘♦’ işareti 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

4.2.1.7. BOL Yöre Kronolojisi (Bolu) Tepki Fonksiyonu

Bu yörede sıcaklık, yağış ve akım verilerinin yıllık halka genişliği ile belirgin ve anlamlı ilişkili olduğu aylara rastlanmamıştır (Şekil 4.23). Sıcaklığın önceki yılın aralık ayı ile halka oluşum yılının ocak - mart, haziran, temmuz ve ekim aylarında yıllık halka oluşumunu pozitif, önceki yılın ekim, kasım ayları ile ve halka oluşum yılının nisan, mayıs ve ağustos - eylül aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Sıcaklığın yıllık halka gelişimi üzerindeki etkisini gösteren tepki fonksiyonu katsayıları anlamlı değildir. Yağışın halka oluşum yılının ocak - temmuz ve ekim aylarında halka

oluşumunu pozitif, önceki yılın ekim – aralık ayları ile halka oluşum yılının ağustos ve eylül aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Yağışın belirgin ve anlamlı olduğu bir ay yoktur. Akım verilerinin önceki yılın aralık ayı ile halka oluşum yılının ocak, mart ve haziran - ekim aylarında halka oluşumunu pozitif, önceki yılın ekim, kasım ayları ile halka oluşum yılının şubat, nisan ve mayıs aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Akım verilerinin yıllık halka gelişimi üzerindeki etkisini gösteren tepki fonksiyonu katsayıları anlamlı değildir.

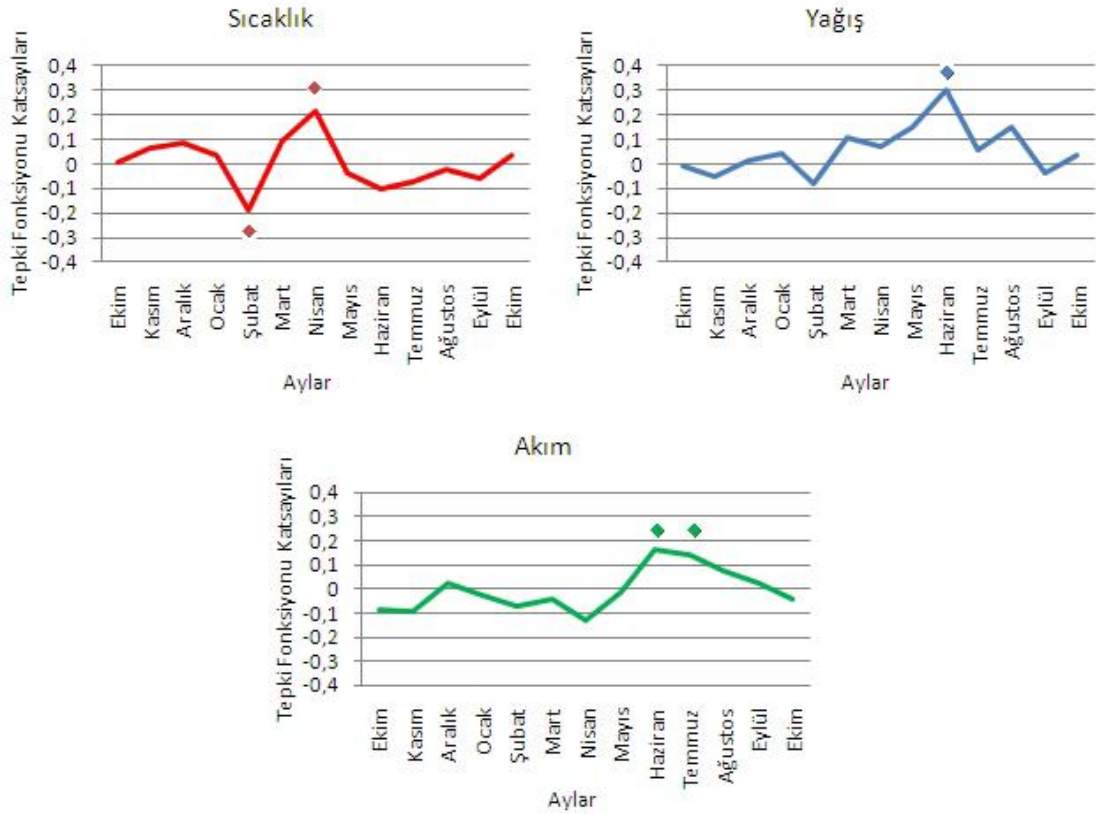


Şekil 4.23 BOL yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu. ‘♦’ işareti 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

4.2.1.8. TAN Yöre Kronolojisi (Eskişehir) Tepki Fonksiyonu

Bu yörede en belirgin ve anlamlı ilişki yıllık halka genişliği ile sıcaklık, yağış ve akım verileri arasında çıkmıştır (Şekil 4.24). Sıcaklığın önceki yılın ekim - aralık ayları ile halka oluşum yılının ocak, mart - nisan ve ekim aylarında yıllık halka oluşumunu pozitif, halka oluşum yılının şubat, mayıs - eylül aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Sıcaklığın yıllık halka gelişimi üzerindeki etkisini gösterdiği ve anlamlı olduğu aylar şubat ve nisandır. Yağışın önceki yılın aralık ayı ile halka oluşum yılının ocak, mart - ağustos ve ekim aylarında halka oluşumunu pozitif, önceki yılın ekim –

kasım ayları ile halka oluşum yılının şubat, eylül aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Mart - ağustos ayları arasındaki yağışlarda meydana gelen artışın yıllık halka genişliğini arttırdığı görülmektedir. Haziran ayındaki yağışların etkisi anlamlıdır. Akım verileri önceki yılın aralık ayı ile halka oluşum yılının haziran - eylül aylarında pozitif, önceki yılın ekim, kasım ayları ile halka oluşum yılının ocak - mayıs ve ekim aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Haziran ayındaki akım verileri anlamlıdır.

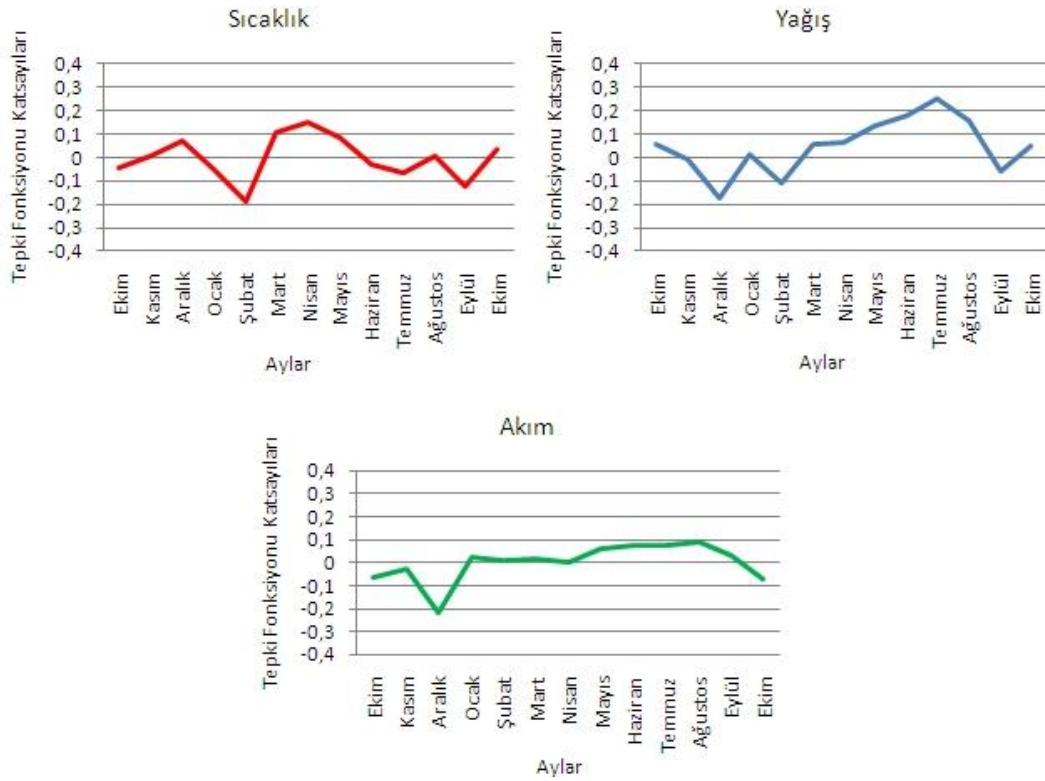


Şekil 4.24 TAN yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu. ‘◆’ işareti 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

4.2.1.9. SAV Yöre Kronolojisi (Eskişehir) Tepki Fonksiyonu

Bu yörede sıcaklık, yağış ve akım verilerinin yıllık halka genişliği ile belirgin ve anlamlı ilişkili olduğu aylara rastlanmamıştır (Şekil 4.25). Sıcaklığın önceki yılın kasım, aralık ayları ile halka oluşum yılının mart - mayıs ağustos ve ekim aylarında yıllık halka oluşumunu pozitif, önceki yılın ekim ayı ile halka oluşum yılının ocak, şubat, haziran, temmuz ve eylül aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Sıcaklığın yıllık halka gelişimi üzerindeki etkisini gösteren tepki fonksiyonu katsayıları anlamlı değildir.

Yağışın önceki yılın ekim ayı ile halka oluşum yılının ocak, mart - ağustos ve ekim aylarında halka oluşumunu pozitif, önceki yılın kasım, aralık ayları ile halka oluşum yılının şubat ve eylül aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Mart - ağustos ayları arasındaki yağışlarda meydana gelen artışın yıllık halka genişliğini arttırdığı görülmektedir, fakat yağışın belirgin ve anlamlı olduğu bir ay yoktur. Akım verilerinin halka oluşum yılının ocak - mart ve mayıs - eylül aylarında halka oluşumunu pozitif, önceki yılın ekim - aralık ayları ile halka oluşum yılının nisan ve ekim aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Akım mayıs - eylül ayları arasında halka gelişimi üzerinde düşük tepki fonksiyonu katsayılarıyla temsil edilen pozitif bir etkiye sahiptir. Ancak anlamlı bir etki görülmemektedir.

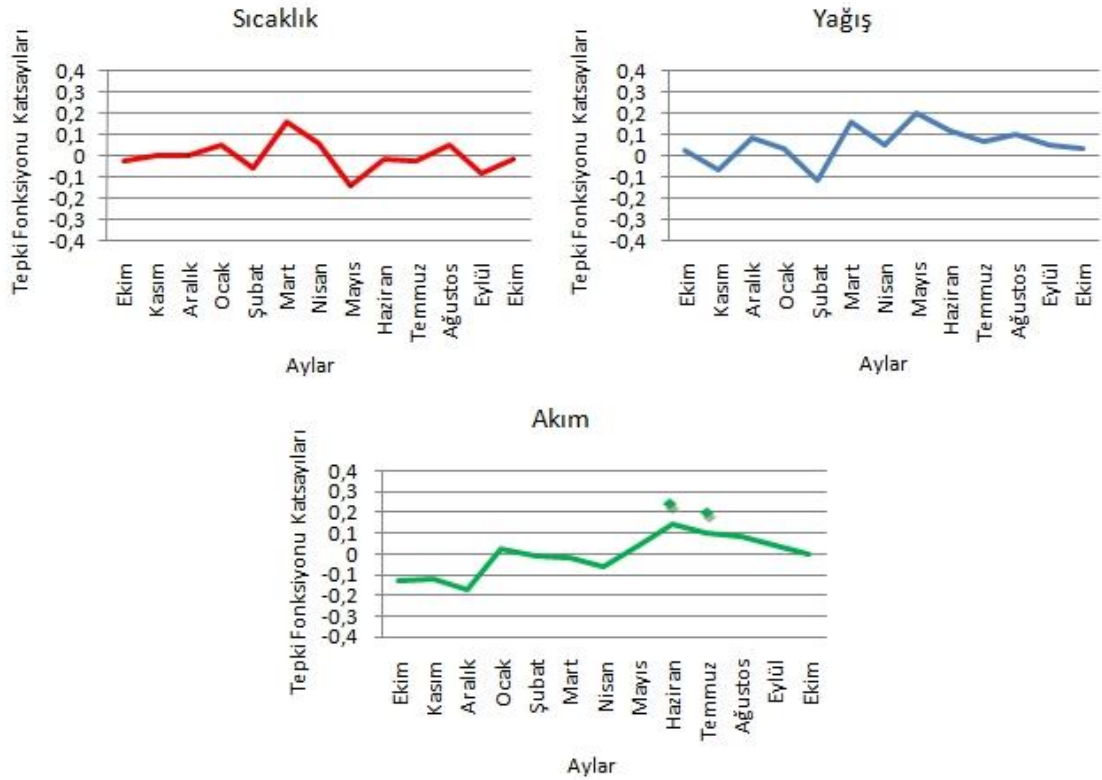


Şekil 4.25 SAV yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu. '◆' işareti 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

4.2.1.10. EKS Yöre Kronolojisi (Eskişehir) Tepki Fonksiyonu

Bu yörede en belirgin ve anlamlı ilişki yıllık halka genişliği ile akım arasında çıkmıştır (Şekil 4.26). Sıcaklığın önceki yılın kasım ayı ile halka oluşum yılının ocak, mart - nisan ve ağustos aylarında yıllık halka oluşumunu pozitif, önceki yılın ekim ve aralık ayları ile halka oluşum yılının şubat, mayıs - temmuz ve eylül - ekim aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Sıcaklığın yıllık halka gelişimi üzerindeki etkisini gösteren tepki fonksiyonu katsayıları anlamlı değildir. Yağışın önceki yılın ekim, aralık

ayları ile halka oluşum yılının ocak, mart - ekim aylarında halka oluşumunu pozitif, önceki yılın kasım ayı ile halka oluşum yılının şubat aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Akım verileri halka oluşum yılının ocak ve mayıs – eylül aylarında pozitif, önceki yılın ekim - aralık ayları ile halka oluşum yılının şubat, mart ve ekim aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Haziran, temmuz aylarındaki akım verilerinin tepki fonksiyonları anlamlıdır.

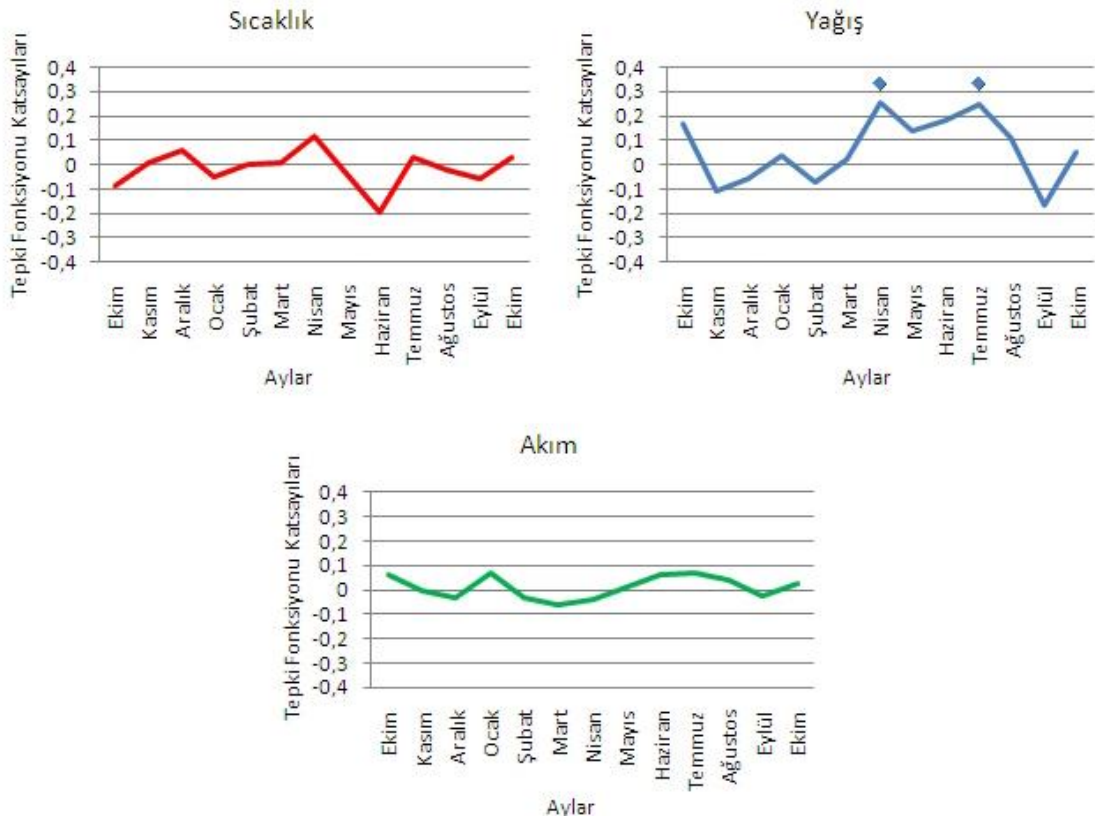


Şekil 4.26 EKS yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu. '♦' işareti 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

4.2.1.11. AHM Yöre Kronolojisi (Kütahya) Tepki Fonksiyonu

Bu yörede en belirgin ve anlamlı ilişki yıllık halka genişliği ile yağış arasında çıkmıştır (Şekil 4.27). Sıcaklığın önceki yılın kasım - aralık ayları ile halka oluşum yılının mart - nisan, temmuz ve ekim aylarında yıllık halka oluşumunu pozitif, önceki yılın ekim ayı ile halka oluşum yılının ocak, şubat, mayıs, haziran, ağustos ve eylül aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Sıcaklığın yıllık halka gelişimi üzerindeki etkisini gösteren tepki fonksiyonu katsayıları anlamlı değildir. Yağışın önceki yılın ekim ayı ile halka oluşum yılının ocak, mart - ağustos aylarında halka oluşumunu pozitif, önceki yılın kasım - aralık ayları ile halka oluşum yılının şubat ve eylül aylarında negatif yönde

etkilediği görülmektedir. Ocak, mart - ağustos ayları arasındaki yağışlarda meydana gelen artışın yıllık halka genişliğini arttırdığı görülmektedir. Nisan, temmuz aylarındaki yağışların etkisi anlamlıdır. Akım verileri önceki yılın ekim ayı ile halka oluşum yılının ocak, mayıs - ağustos ve ekim aylarında pozitif, önceki yılın kasım, aralık ayları ile halka oluşum yılının şubat - nisan ve eylül aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Akım verileri halka oluşum yılının ocak, mayıs - ağustos aylarında halka gelişimi üzerinde düşük tepki fonksiyonu katsayılarıyla temsil edilen pozitif bir etkiye sahiptir. Ancak anlamlı bir etki görülmemektedir.

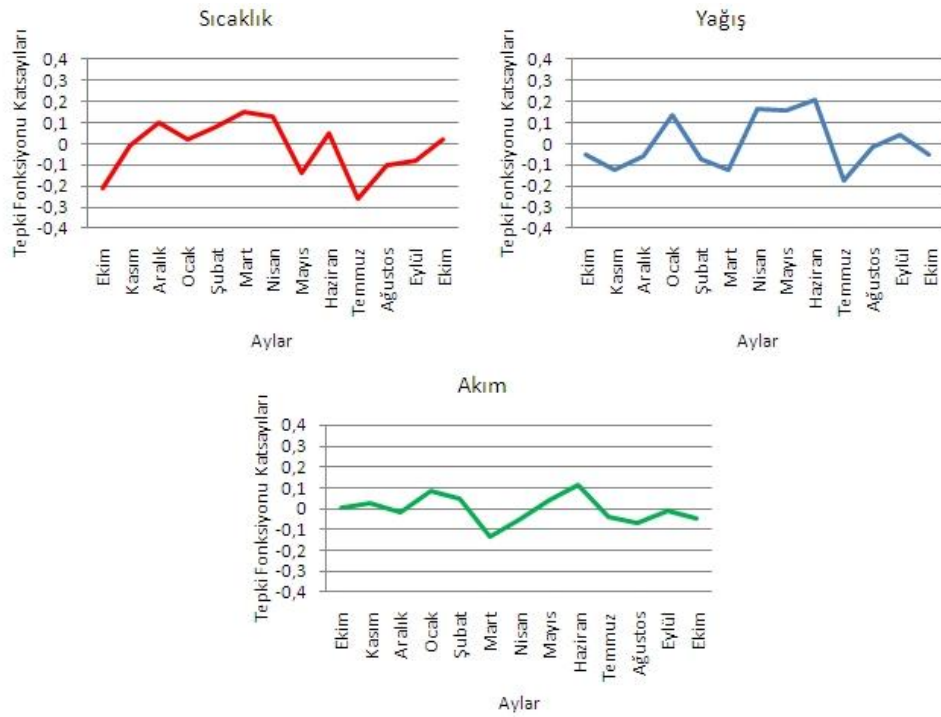


Şekil 4.27 AHM yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu. '◆' işareti 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

4.2.1.12. SIA Yöre Kronolojisi (Kütahya) Tepki Fonksiyonu

Bu yörede sıcaklık, yağış ve akım verilerinin yıllık halka genişliği ile belirgin ve anlamlı ilişkili olduğu aylara rastlanmamıştır (Şekil 4.28). Sıcaklığın önceki yılın aralık ayı ile halka oluşum yılının ocak - nisan, haziran ve ekim aylarında yıllık halka oluşumunu pozitif, önceki yılın ekim, kasım ayları ile halka oluşum yılının mayıs ve temmuz - eylül aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Sıcaklığın yıllık halka gelişimi üzerindeki etkisini gösteren tepki fonksiyonu katsayıları anlamlı değildir.

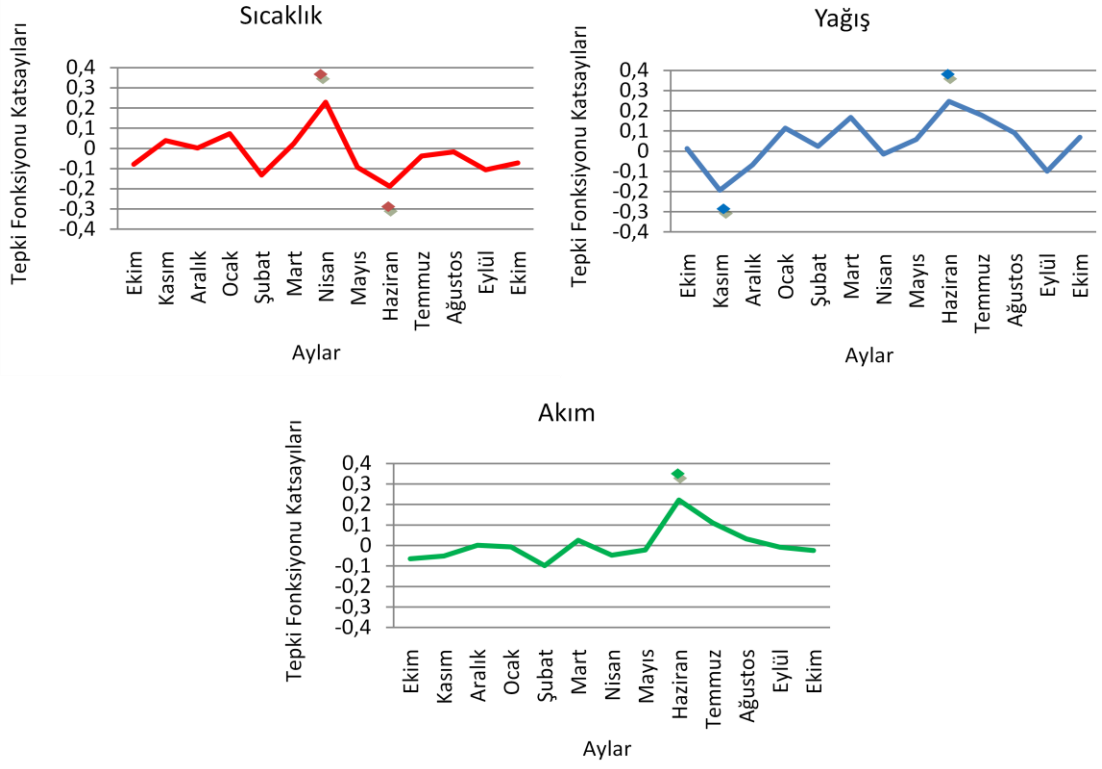
Yağışın halka oluşum yılının ocak, nisan - haziran ve eylül aylarında halka oluşumunu pozitif, önceki yılın ekim - aralık ayları ile halka oluşum yılının şubat, mart, temmuz, ağustos ve ekim aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Yağışın belirgin ve anlamlı olduğu bir ay yoktur. Akım verileri önceki yılın ekim, kasım ayları ile halka oluşum yılının ocak, şubat, mayıs ve haziran aylarında pozitif, önceki yılın aralık ayı ile halka oluşum yılının mart, nisan ve temmuz - eylül aylarında negatif yönde etkilediği görülmektedir. Akım verileri halka oluşum yılının mayıs - haziran aylarında halka gelişimi üzerinde düşük tepki fonksiyonu katsayılarıyla temsil edilen pozitif bir etkiye sahiptir. Ancak anlamlı bir etki görülmemektedir.



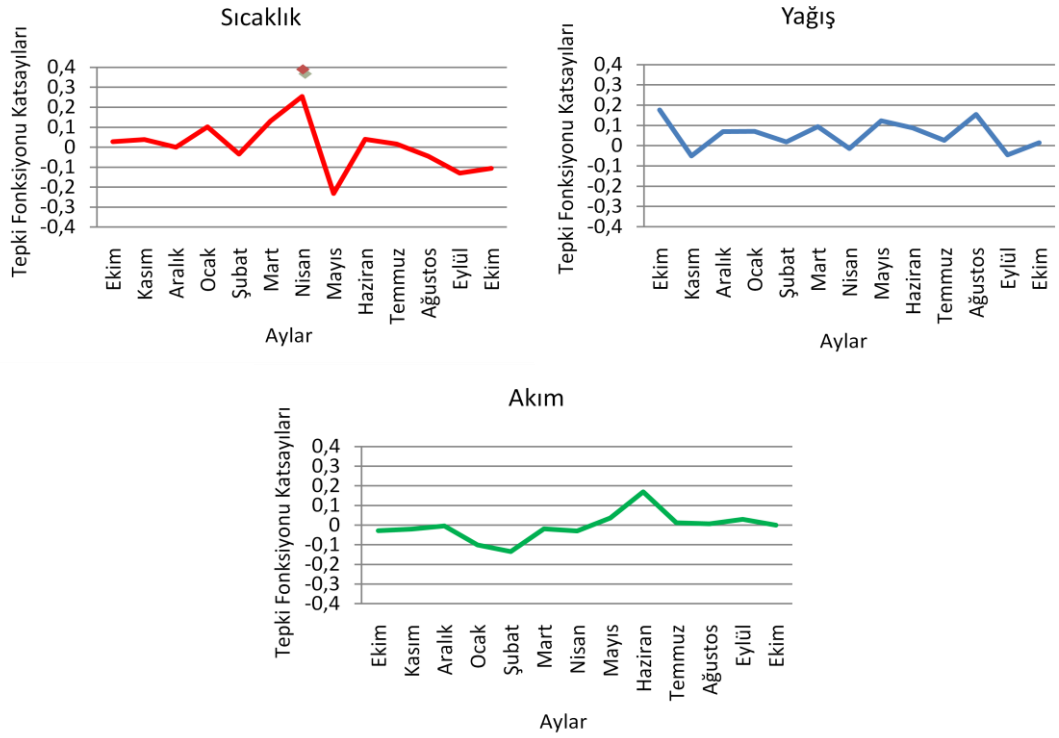
Şekil 4.28 SIA yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu. ‘♦’ işareti 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

4.2.1.13. Diğer yöre kronolojileri için oluşturulan Tepki Fonksiyonları

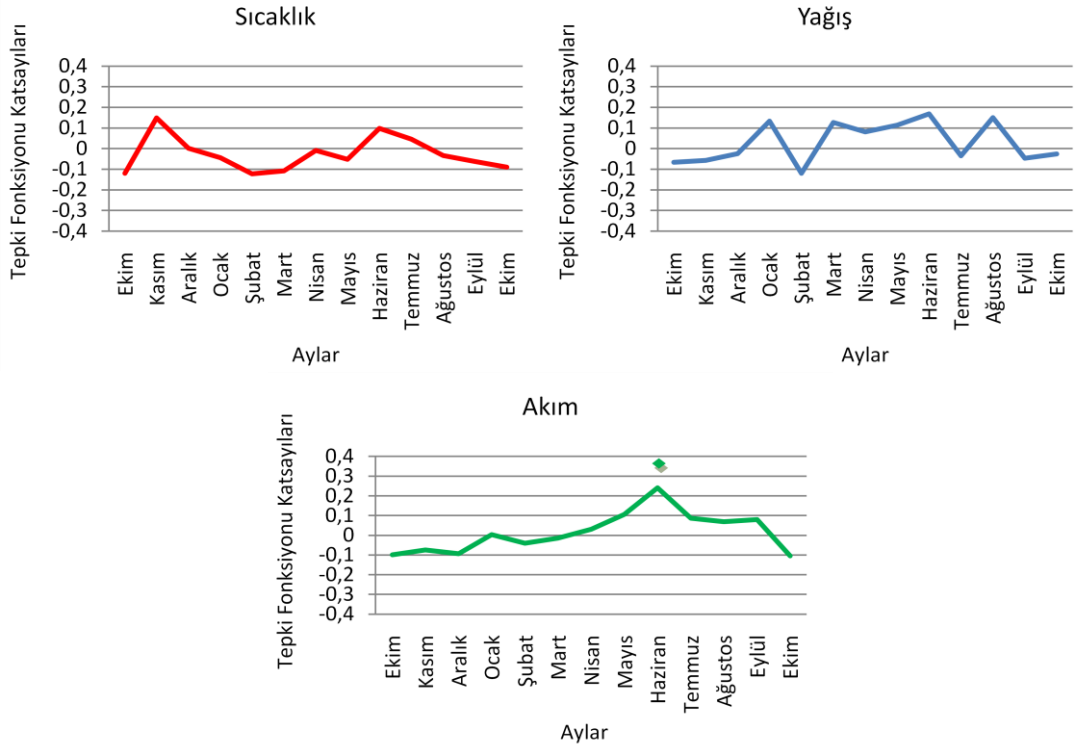
Sakarya Havzası için oluşturulan yöre kronolojileri dışında daha önce oluşturulan ve havza sınırı içinde veya havza sınırı etrafında oluşturulan kronolojiler de kullanılmıştır. Bu kronolojilerin daha önceden sıcaklık ve yağış tepki fonksiyonları hesaplanmıştır. Bu tez kapsamında sadece akım tepki fonksiyonları hesaplanmıştır. Bu kronolojilerin akım tepki fonksiyonları sıcaklık ve yağışla birlikte şekillerle gösterilmiştir (Şekil 4.29,.....4.37). Sonuçlar genel olarak diğer yöre sonuçlarıyla çok benzerdir.



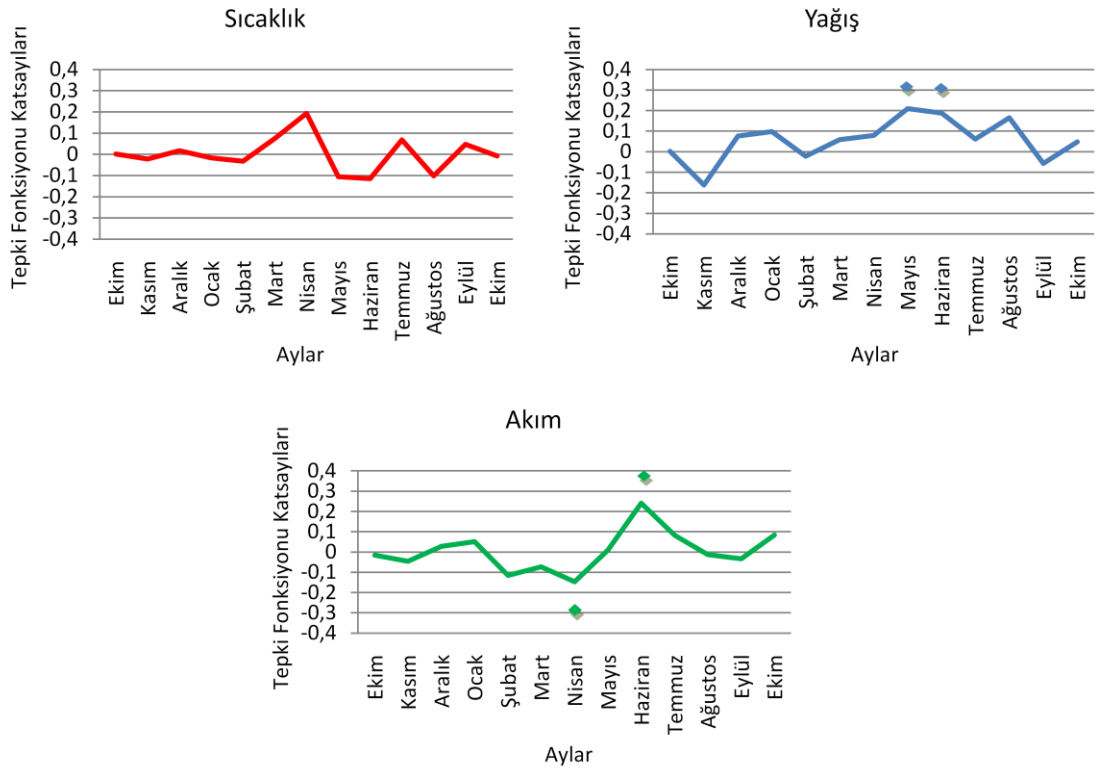
Şekil 4.29 INC(Ankara) yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu. '◆' işareti 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.



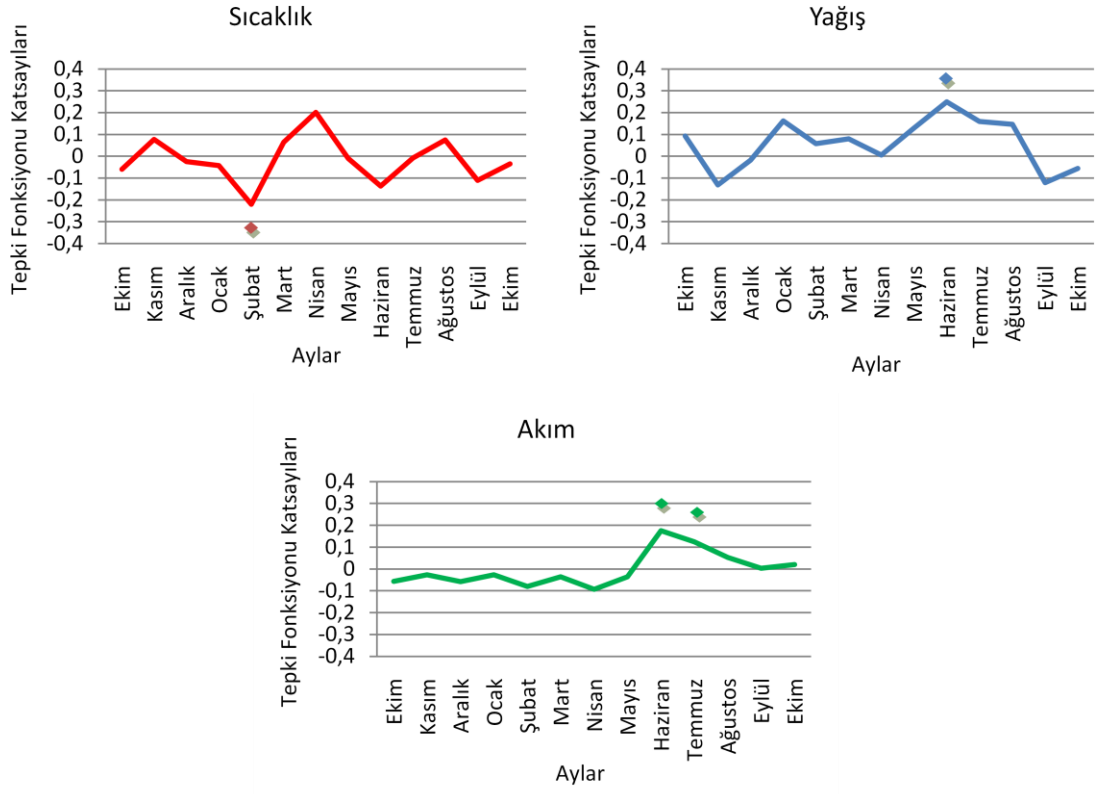
Şekil 4.30 KAS(Ankara) yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu. '◆' işareti 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.



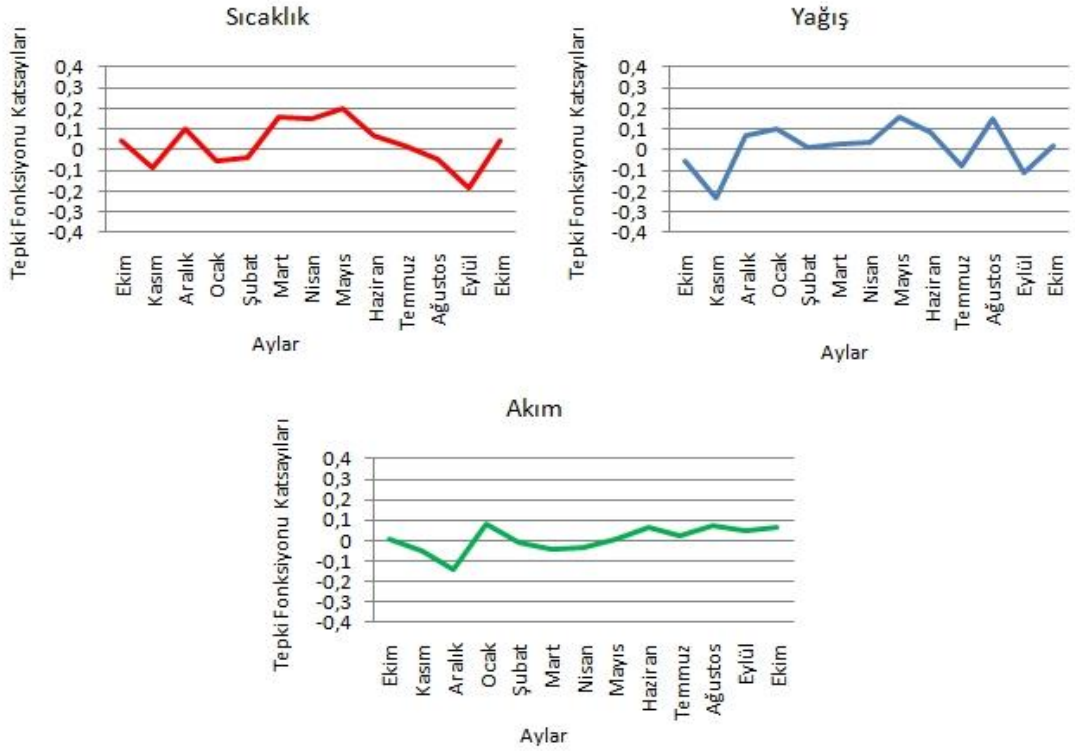
Şekil 4.31 KEL(Ankara) yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu. ‘◆’ işareti 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.



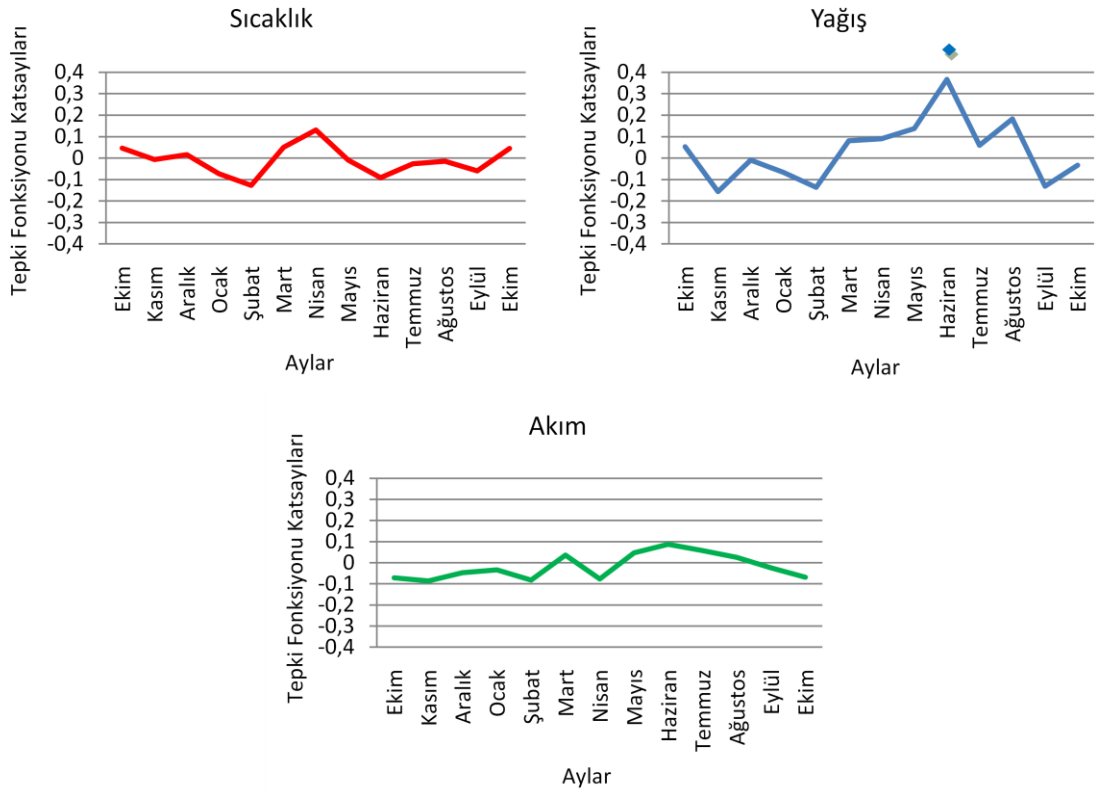
Şekil 4.32 TEK(Ankara) yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu. ‘◆’ işareti 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.



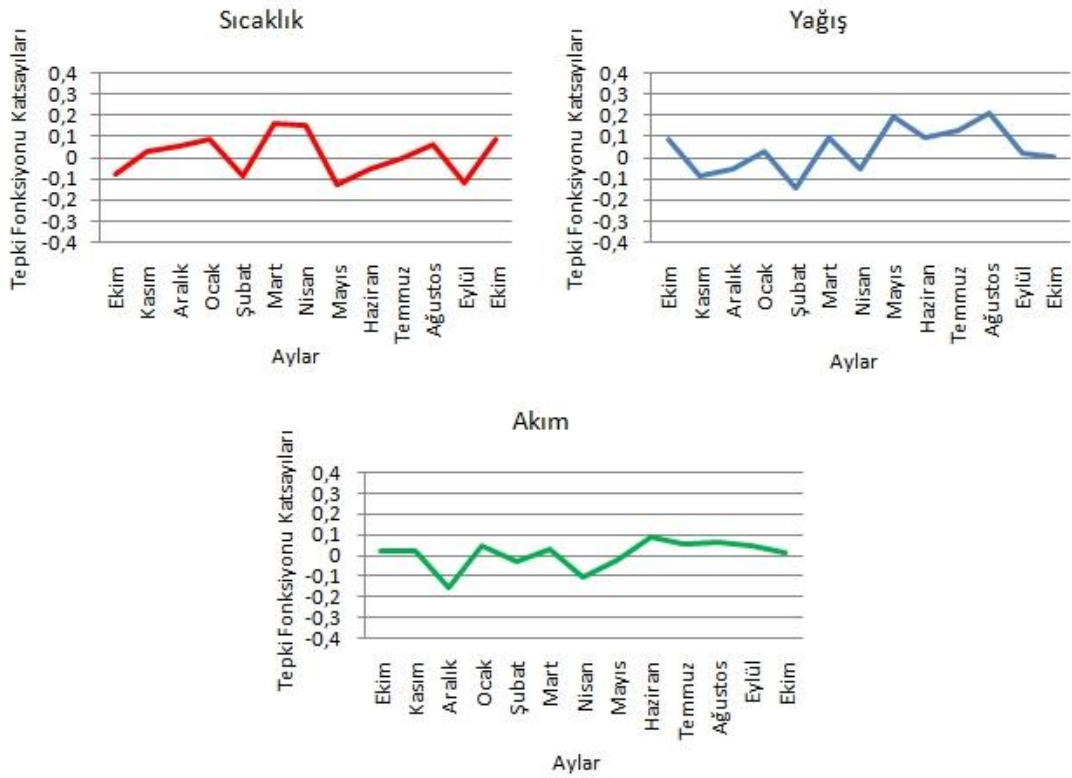
Şekil 4.33 USA(Ankara) yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu. ‘◆’ işareti 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.



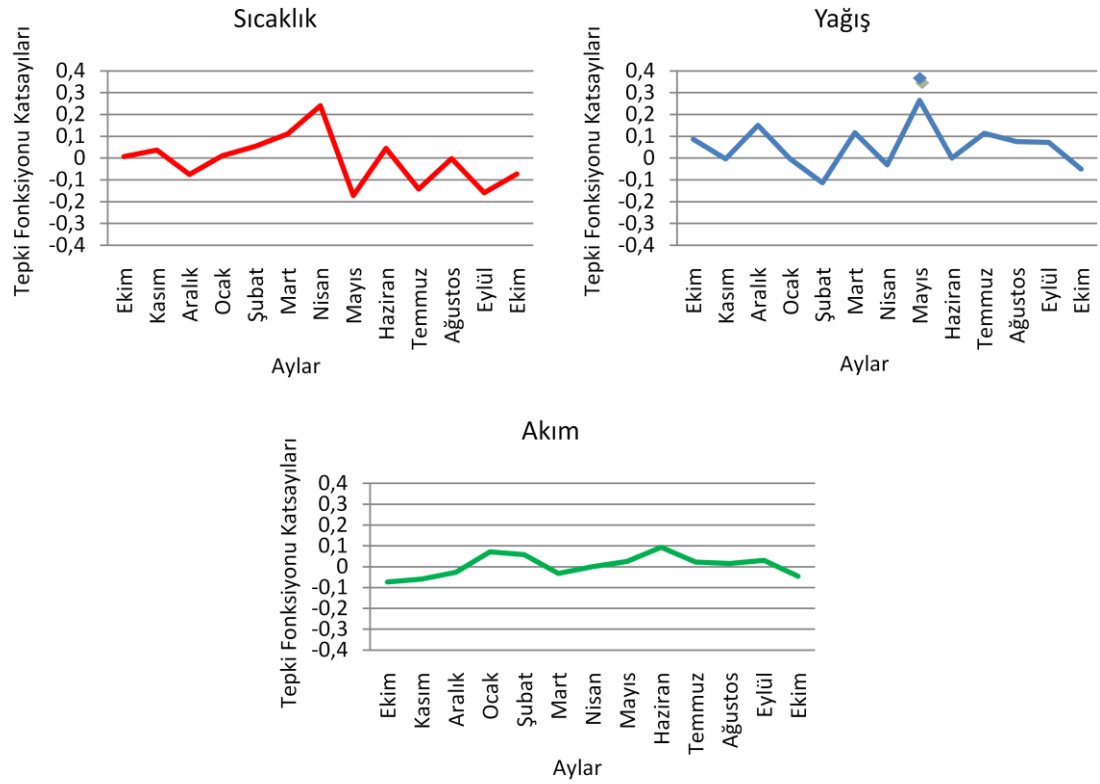
Şekil 4.34 KIZ (Bolu) yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu. ‘◆’ işareti 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 4.35 CAT (Eskişehir) yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu. ‘♦’ işareti 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 4.36 GOV (Eskişehir) yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu. ‘♦’ işareti 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 4.37 FIR (Eskişehir) yöre kronolojisine ait tepki fonksiyonu. ‘◆’ işareti 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

4.3. DENDROHİDROLOJİK BULGULAR

4.3.1. Kocasu akım verilerinin rönstrüksiyonu

Kocasu istasyonu akım verilerinin kısıklığı nedeniyle (1953-1998 aralığında 46 yıl) rönstrüksiyonlarda veriler ikiye bölünüp ayarlama ve doğrulama istatistikleri hesaplanamamıştır. Bu nedenle tüm dönem ayarlama kullanılmıştır. Nisan-eylül ayları ortalama akım verilerinin rönstrüksiyonu iki aşamada gerçekleştirilmiştir. 1803-1998 aralığındaki rönstrüksiyon, 18 yöre kronolojisi (TAN, SAV, EKS, AHM, ERC, BOL, SEB, YUB, YAU, KAS, INC, GOV, CAT, FIR, KIZ, KEL, TEK ve USA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu kronolojilerin temel bileşenleri stepwise regresyon yöntemiyle seçilerek 18 temel bileşenden toplam varyansın %82’sini açıklayan 10 temel bileşen kullanılmıştır (Tablo 4.25, Şekil 4.38). Nisan-eylül ortama akım rönstrüksiyonu

$$\begin{aligned} \text{Akım}_{\text{nisan-eylül}} = & -19,635 + 6,3975 \times \text{PC1} - 7,88 \times \text{PC2} + \\ & 10,88 \times \text{PC3} + 6,04 \times \text{PC6} - 19,301 \times \text{PC7} + \\ & 19,288 \times \text{PC9} - 23,962 \times \text{PC11} + 12,273 \times \text{PC14} + \\ & 13,409 \times \text{PC16} - 16,953 \times \text{PC17} \end{aligned} \quad (4.1)$$

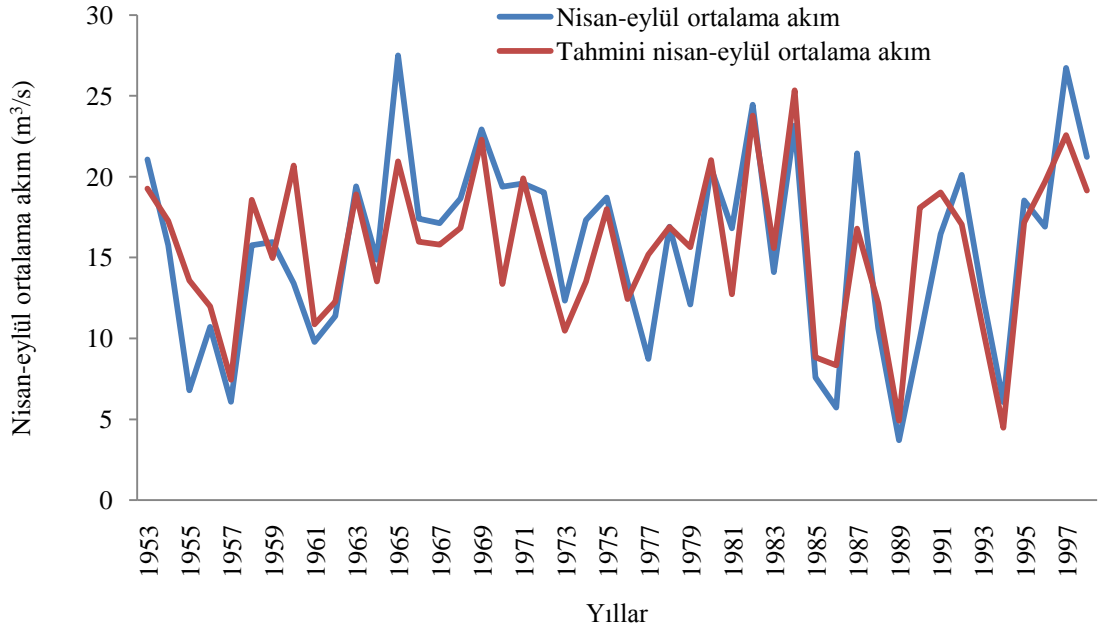
formülü kullanılarak hesaplanmıştır. 1722-1998 aralığındaki rökonstrüksiyon, 11 yöre kronolojisi (TAN, SAV, EKS, AHM, SEB, YAU, INC, GOV, KIZ, KEL, ERC) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu kronolojilerin temel bileşenleri stepwise regresyon yöntemiyle seçilerek 11 temel bileşenden toplam varyansın %78'ini açıklayan 6 temel bileşen kullanılmıştır (Tablo 4.26, Şekil 4.39). Nisan-eylül dönemi ortama akım rökonstrüksiyonu

$$\begin{aligned} \text{Akım}_{\text{nisan-eylül}} = & -9.906 + 6.69 \times \text{PC1} - 11.19 \times \text{PC3} + 8.72 \times \text{PC4} + \\ & 26.46 \times \text{PC7} - 11.25 \times \text{PC9} + 15.92 \times \text{PC10} \end{aligned} \quad (4.2)$$

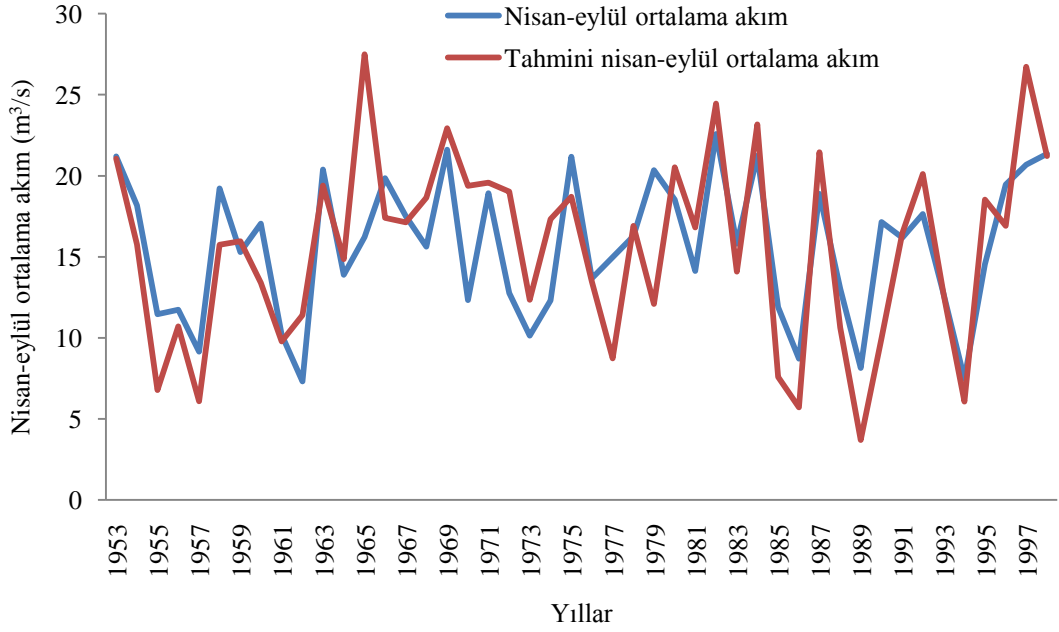
formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.25 Nisan-eylül dönemi ortalama akım rökonstrüksiyonu istatistik sonuçları

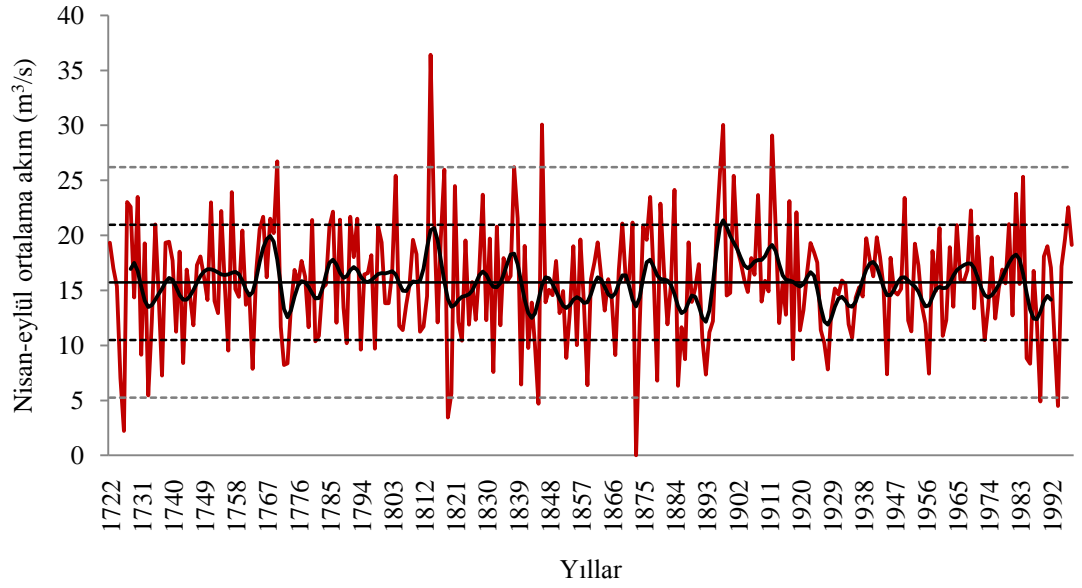
	Ayarlama Dönemi	Doğrulama Dönemi	R²	Ayarlı R²	F	ST	P
1803-1998	1953-1998	*	0.68	0.58	7.39	39 ⁺ /6 ⁻	0.82
					p<0.00001	P<0.01	P<0.001
1722-1998	1953-1998	*	0.55	0.47	8.08	34 ⁺ /11 ⁻	0.74
					p<0.00001	P<0.01	P<0.001



Şekil 4.38 Gerçek ve tahmini nisan-eylül ortalama akım değerleri (1803-1998 dönemi için oluşturulan model)



Şekil 4.39 Gerçek ve tahmini nisan-eylül ortalama akım değerleri (1722-1998 dönemi için oluşturulan model)



Şekil 4.40 Nisan-eylül dönemi ortalama akım değerleri. Siyah yatay çizgi ortalamayı, siyah yatay kesikli çizgiler ± 1 standart sapmayı, gri yatay kesikli çizgiler ± 2 standart sapmayı, siyah yatay hareketli çizgi 13 yıllık Low-pass filtre değerleri

Tablo 4.26 Tahmini nisan-eylül ortalama akım değerlerinin ± 1 standart sapma ve ± 2 standart sapmayı aştığı yıllar

Çok kurak yıllar (-2ss)	1726, 1819, 1845, 1873, 1989, 1994
Kurak yıllar (-1ss)	1725-26, 1731, 1733, 1737, 1743, 1756, 1763, 1772-73, 1781, 1790, 1794, 1798, 1819-20, 1823, 1832, 1840, 1842, 1844-45, 1853, 1856, 1859, 1867, 1873, 1879, 1885, 1887, 1893, 1918, 1927-28, 1945, 1957, 1973, 1985-86, 1989, 1994
Yağışlı yıllar (+1ss)	1727-28, 1730, 1735, 1751, 1754, 1757, 1766, 1768, 1770, 1780, 1786, 1788, 1791, 1793, 1804, 1814-15, 1818, 1821, 1829, 1838-39, 1846, 1869, 1872, 1877, 1880, 1884, 1897-98, 1901, 1908, 1912, 1917, 1919, 1950, 1969, 1980, 1982, 1984, 1997
Çok yağışlı yıllar (+2ss)	1770, 1814, 1846, 1898, 1912

5.TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. DENDROKRONOLOJİK SONUÇLAR

Tez kapsamında; Bilecik, Bolu, Eskişehir ve Kütahya civarındaki karaçamlardan 10, sarıçamlardan 2 adet olmak üzere toplam 12 yöre kronolojisi oluşturulmuştur (Şekil 5.1). Bu kronolojilere ait özet istatistikler Tablo 5.1’de verilmiştir. En uzun kronolojiler Eskişehir – Mihalıççık ve Bolu civarındaki yöre kronolojileridir.

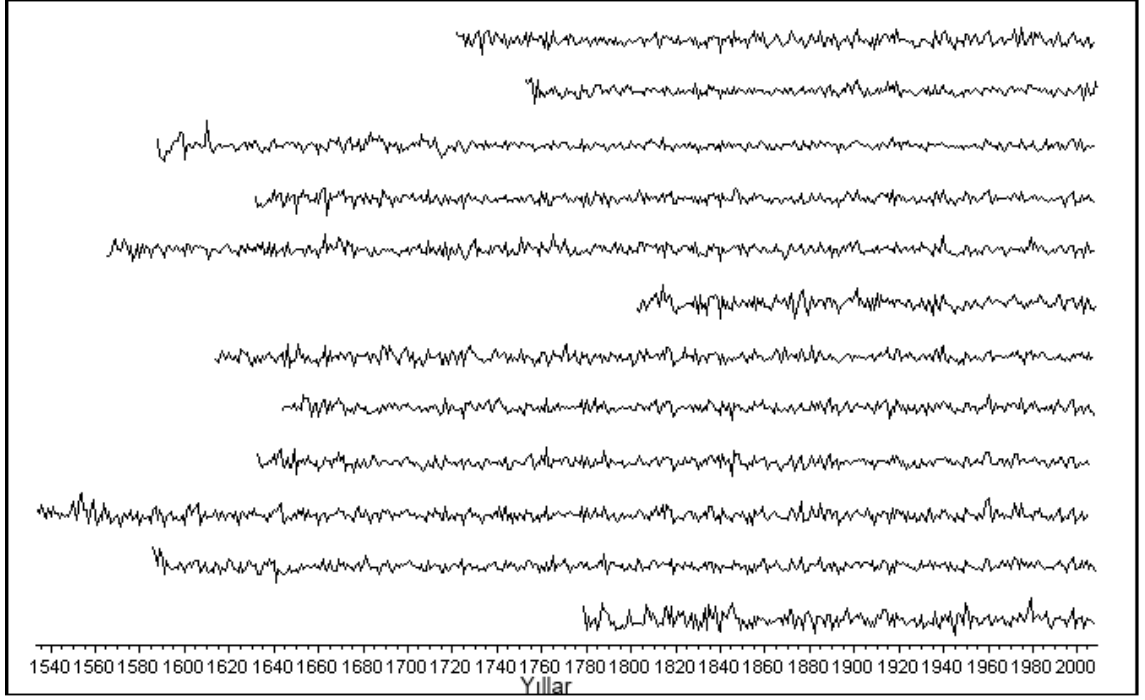
Eskişehir Mihalıççık’taki TAN karaçam yöre kronolojisi 473 yılı kapsayan en uzun kronolojidir. TAN yöre kronolojisini, 449 yıl uzunluğuyla Bolu Mengen civarından YAU ve 425 yıl uzunluğuyla Bolu Kıbrısçık civarındaki sarıçamlardan oluşturulan CIM kronolojileri izlemektedir.

Kütahya – Simav’dan alınan örneklerle oluşturulan AHM kronolojisi 427 yıl ile ormanın üst sınırından önemli ve uzun bir kronolojidir. Ayrıca Simav’ın daha alt rakımdaki örneklerle de 233 yıl uzunluğunda SIA yöre kronolojisi oluşturulmuştur. ERC yöre kronolojisi fazla uzun (288 yıl) olmamasına rağmen Bilecik yöresinde bilinen en yaşlı meşcereden oluşturulabilen tek kronolojidir. Bolu-Seben yöresi SEB kronolojisi (379 yıl), karaçam ormanının yerini step vejetasyonuna bıraktığı sınırda yetişen yağışa oldukça duyarlı ağaçları temsil etmesi nedeniyle önemli bir kronolojidir. Bolu – Mengen yöresindeki YAU yöre kronolojisi 449 yıl uzunluğu ile araştırmada Bolu için oluşturulan en uzun kronolojidir. YUB yöre kronolojisi, havza alanının kuzeydoğu sınırında diğer kronolojilere göre daha genç bireylerden oluşturulan fakat duyarlılığı yüksek 207 yıl uzunluğunda bir kronolojidir. Bolu, Ayıkaya mevkiinde havza alanını kuzey sınırında sarıçamlardan oluşturulmuş BOL yöre kronolojisi 258 yıl uzunluğundadır.

Tablo 5.1 Kronolojilerin ARSTAN Programından elde edilen özet istatistikleri

Site Adı	Kronoloji Kodu	Toplam kronoloji					Ortak aralık		
		STANDART SAPMA	Çarpıklık Katsayısı	Basıklık Katsayısı	Başlangıç yılı SSS*> 0,85	Ortalama Duyarlılık	Zaman Aralığı	Tüm Kalemler Arasında Ortalama Korelasyon	Birinci Özvektörün Varyansı (%)
Bilecik, Muratdere	ERC	0,2027	0,1443	-0,1105	1721	0,2330	1837 - 2008	0,453	48,44
Bolu, Seben	SEB	0,1668	-0,1426	0,8237	1696	0,1915	1814 – 2005	0,299	35,34
Bolu, Yaylacık Araştırma Ormanı(Üst rakım)	YAU	0,1820	0,3029	0,4085	1766	0,2013	1811 – 2007	0,352	42,08
Bolu, Yaylacık Araştırma Ormanı(Alt rakım)	YAY	0,1956	0,247	0,0791	1740	0,222	1801-2005	0,325	41,61
Bolu, Yukarı Baltalı Köyü	YUB	0,2004	0,0080	0,4844	1813	0,2267	1860 – 2008	0,484	51,26
Bolu, Kıbrısçık – Çimencik	CIM	0,1040	0,0871	0,0384	1742	0,1196	1807 – 2004	0,264	29,32
Bolu, Ayıkaya mevkii	BOL	0,1645	0,3592	1,0367	1801	0,1776	1839 – 1994	0,322	36,36
Eskişehir, Mihaliççık - Tanaçlar	TAN	0,2043	0,5870	1,3429	1594	0,2300	1703 – 2005	0,484	51,05
Eskişehir, Mihaliççık – Savaş Alanı	SAV	0,1561	0,2593	0,6353	1700	0,1706	1775 – 2000	0,328	37,80
Eskişehir, Ekşielma	EKS	0,1838	0,1623	0,1314	1761	0,2073	1802 – 2005	0,409	45,09
Kütahya, Simav, Ahmetin Yaylası	AHM	0,1694	0,1766	0,6701	1684	0,1903	1824 – 2009	0,384	42,22
Kütahya, Simav Alt Rakım	SIA	0,2353	0,3964	0,2376	1801	0,2636	1855 – 2008	0,386	45,89

* SSS Alt örnek sinyal gücü (Wilgey ve diğ., 1984)



Şekil 5.1 ERC (Bilecik), BOL, CIM, SEB, YAU, YUB, YAY (Bolu), EKS, SAV, TAN (Eskişehir), AHM, SIA (Kütahya) yöre kronolojileri (sırasıyla yukarıdan aşağıya)

Eskişehir, Mihalıççık'tan oluşturulan TAN yöre kronolojisi, güney yamaçta orman sınırının sonundadır ve duyarlılığı yüksektir. TAN yöre kronolojisine yakın bir alandan oluşturulan SAV yöre kronolojisi 376 yıl uzunluğundadır, fakat duyarlılığı düşüktür. Eskişehir, Ekşielma mevkiinden oluşturulan 368 yıl uzunluğundaki EKS yöre kronolojisi güney yamaçta, baraj havzası üst rakımından oluşturulmuştur. Bolu - Mengen civarından oluşturulan diğer yöre kronolojisi YAY, 397 yıl uzunluğundadır; fakat çok fazla duyarlı olmadığı için akım verilerinin tahminlerinde kullanılmamıştır. Sakarya Havzasında stepe sokulan ağaçlar, havzanın kollarına yakın ve yüksek bölgelerdeki ağaçlar akım verileri ile ilişkileri çok iyi yansıtmaktadır.

Yöre kronolojileri iklime duyarlılıkları açısından incelendiğinde, Kıbrısçık'taki sarıçamlar için oluşturulan CIM (0,1196) yöre kronolojisinin duyarlılık katsayısının oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bu kronolojinin akım verileriyle korelasyonu da düşük bulunmuş ve duyarlı olmadığı için rökonstrüksiyonlarda kullanılmamıştır. Bolu-Ayıkaya mevkiindeki sarıçamların (BOL) iklime duyarlılığı (duyarlılık katsayısı 0,1776) karaçamlarla karşılaştırıldığında daha az duyarlı olduğu görülmektedir. Tez kapsamında oluşturulan karaçam yöre kronolojileri duyarlılık açısından incelendiğinde SAV (0,1706) yöre kronolojisinin en düşük duyarlılık katsayılı kronoloji olduğunu

görüyoruz. Bu kronolojiyi sırasıyla AHM (0.1903), SEB (0,1915), YAU (0,2013) , EKS (0,2073), YAY (0,222), YUB (0,2267), TAN (0,23), ERC (0,233) yöre kronolojileri izlemektedir. Akıma en duyarlı yöre kronolojisi ise 0,2636 duyarlılık katsayısı ile SIA yöre kronolojisidir.

Kronolojiler arasındaki benzerlikleri saptamak amacıyla korelasyon katsayıları ve EUY değerleri hesaplanarak anlamlılıkları denetlenmiştir (Tablo 5.2 ve 5.3). EUY değerleri incelendiğinde, SIA (Kütahya) ve CIM (Bolu) kronolojileri arasında 0,95 güven düzeyinde % 57 olarak hesaplanan değer dışında, diğer tüm EUY değerlerinin 0,999 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. SIA ve CIM kronolojileri arasındaki korelasyon katsayısı (0,14) 0,99 güven düzeyinde anlamlı bulunmasına rağmen oldukça düşüktür.

Bunun dışında kronolojiler arasındaki korelasyon katsayılarının tamamı 0,999 güven düzeyinde anlamlıdır. Aynı bölgeden alınan kronolojiler arasındaki EUY değerleri ve korelasyon katsayıları daha yüksek ve tamamı 0,999 güven düzeyinde anlamlı bulunmuştur.

Tablo 5.2 Yöre kronolojileri arasındaki EUY değerleri (%)

		Bilecik	Bolu					Eskişehir			Kütahya	
		ERC	SEB	YAU	YUB	CIM	BOL	TAN	SAV	EKS	AHM	SIA
Bilecik	ERC	100										
Bolu	SEB	71***	100									
	YAU	69***	67***	100								
	YUB	71***	72***	72***	100							
	CIM	64***	63***	58***	65***	100						
	BOL	70***	68***	68***	66***	64***	100					
Eskişehir	TAN	71***	78***	67***	70***	62***	67***	100				
	SAV	68***	79***	66***	71***	64***	67***	76***	100			
	EKS	71***	76***	67***	72***	64***	68***	80***	76***	100		
Kütahya	AHM	70***	70***	64***	71***	58***	62***	71***	70***	70***	100	
	SIA	68***	68***	64***	66***	57*	64***	69***	68***	72***	72***	100

‘***’ işareti 0,999, ‘**’ işareti 0,99 ve ‘*’ işareti 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

Tablo 5.3 Yöre kronolojileri arasındaki korelasyon katsayıları.

		Bilecik	Bolu					Eskişehir			Kütahya	
		ERC	SEB	YAU	YUB	CIM	BOL	TAN	SAV	EKS	AHM	SIA
Bilecik	ERC	1										
Bolu	SEB	0,53***	1									
	YAU	0,46***	0,51***	1								
	YUB	0,60***	0,55***	0,55***	1							
	CIM	0,30***	0,29***	0,21***	0,34***	1						
	BOL	0,47***	0,39***	0,49***	0,60***	0,38***	1					
Eskişehir	TAN	0,55***	0,64***	0,42***	0,55***	0,23***	0,41***	1				
	SAV	0,50***	0,64***	0,38***	0,47***	0,25***	0,35***	0,65***	1			
	EKS	0,56***	0,63***	0,43***	0,57***	0,24***	0,41***	0,71***	0,62***	1		
Kütahya	AHM	0,47***	0,51***	0,38***	0,46***	0,15***	0,22***	0,56***	0,47***	0,46***	1	
	SIA	0,45***	0,41***	0,37***	0,33***	0,14*	0,35***	0,34***	0,35***	0,39***	0,39***	1

‘***’ işareti 0,999, ‘**’ işareti 0,99 ve ‘*’ işareti 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

5.2. DENDROKLİMATOLOJİK SONUÇLAR

5.2.1. Tepki Fonksiyonu Sonuçları

Tepki fonksiyonu katsayıları, tez kapsamında oluşturulan 12 ve havza sınırları içerisinde giren ve önceki araştırmalarda oluşturulmuş 9 yöre kronolojisi için ayrı ayrı hesaplanmış, sonuçlar Tablo 5.4’de, işaretleri (pozitif:+; negatif:-) ve anlamlılıkları dikkate alınarak özetlenmiştir. Geçmiş yıllarda oluşturulan yöre kronolojilerinin sıcaklık ve yağışla ilişkilerini ifade eden tepki fonksiyonları hesaplanmış olup, tez kapsamında sadece akım verilerine ait tepki fonksiyonları hesaplanmıştır.

Tez kapsamında oluşturulan yöre kronolojileri için elde edilen tepki fonksiyonu katsayıları incelendiğinde, sıcaklık için hesaplanan tepki fonksiyonu katsayılarının genel olarak düşük ve bir çok yöre kronolojisi için anlamsız olduğu (Tablo 5.4) görülmektedir. Genel olarak mart ve nisan aylarındaki sıcaklık artışının, Sakarya Havzası’ndaki karaçamların yıllık halka gelişimini arttırdığı saptanmıştır. Bu pozitif etki, sadece TAN (Eskişehir) yöresinde nisan ayında anlamlıdır. Sarıçamlarda (BOL ve

CIM) ise yüksek sıcaklıklar, yıllık halka genişliğini mart ayında pozitif, nisan ayında ise negatif yönde etkilemektedir.

Karaçamların yıllık halka gelişimi üzerindeki yağışın etkisi daha belirgin ve istatistik olarak anlamlıdır (Tablo 5.4). Genel olarak nisan (EKS, YUB yöreleri hariç) mayıs, haziran, temmuz (YAY, SIA yöreleri hariç) ve ağustos (YAY, YAU ve SIA yöreleri hariç) aylarındaki yağış artışının, yıllık halka genişliğini pozitif yönde etkilediği, bu aylardaki düşük yağışların dar yıllık halka gelişimine neden olduğu belirlenmiştir. Mayıs ve haziran ayları için hesaplanan tepki fonksiyonu katsayıları birçok yörede oldukça yüksektir. AHM yöre kronolojisi için nisan ayı, SEB ve EKS yöre kronolojileri için mayıs ayı, SEB ve TAN yöre kronolojileri için haziran ayı ve AHM yöre kronolojisi için temmuz ayında tepki fonksiyonu katsayıları %95 güven düzeyinde anlamlıdır. Sarıçamlardan oluşturulan yöre kronolojilerinden BOL için ocak-temmuz arası yağış artışı yıllık halka genişliğini pozitif yönde etkilemiştir. CIM yöre kronolojisinde ise mart ve mayıs ayları pozitif etki yaparken, nisan, haziran ve temmuz aylarında negatif bir etki görülmektedir.

Karaçamların yıllık halka gelişimi üzerindeki akımın etkisi yağışla birlikte istatistik olarak anlamlıdır (Tablo 5.4). Akım verileri için karaçamlardan oluşturulan yöre kronolojilerinde genel olarak haziran-eylül (SEB, AHM eylül ve temmuz-eylül arası SEB yöre kronolojileri hariç) arası akım artışı yıllık halka genişliğini pozitif yönde arttırdığı görülmektedir. TAN ve EKS yöre kronolojilerinin haziran, temmuz ayındaki tepki fonksiyonu katsayıları %95 güven düzeyinde anlamlıdır. Sarıçamlardan oluşturulan yöre kronolojilerinden BOL yöre kronolojisinde akım mayıs ayı haricinde (haziran-eylül ayları arasında) yıllık halka gelişimine pozitif etki yapmıştır. CIM yöre kronolojisinde ise mayıs-eylül aylarının tamamında akım yıllık halka gelişimine negatif etki yaratmıştır.

Sonuç olarak Sakarya havzasında yıllık halka gelişimini etkileyen önemli faktörler yağış (nisan-ağustos) ve akım (mayıs-eylül) olduğu için bu iki faktörün başlangıç ve bitiş ayları olan nisan-eylül arasındaki aylarda genel olarak anlamlı sonuçlar ortaya çıktığı için bu ayların geçmiş dönem akım rökonstrüksiyonlarının yapılmasına karar verilmiştir.

Tablo 5.4 Yöre kronolojileri için hesaplanan tepki fonksiyonu katsayılarının özeti.

	KRONOL OJİLER	SICAKLIK												YAĞIŞ												AKIM														
		AYLAR																																						
		E	K	A	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	E	K	A	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	E	K	A	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E
Ankara	İNC	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+	-	-
	KAS	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	
	KEL	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	
	TEK	+	-	+	-	-	+	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	
	USA	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	
Bilecik	ERC	-	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	
Bolu	BOL	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
	CIM	-	-	+	+	-	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+		
	KIZ	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+	
	SEB	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	
	YAU	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	
	YAY	+	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	
	YUB	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	
Eskişehir	AKA	+	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-		
	CAT	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-		
	EKS	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-		
	FIR	-	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+		
	TAN	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+		
	SAV	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-		
	GOV	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
Kütahya	AHM	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
	SIA	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-			

“+” işaretli ve boyalı kutular pozitif, “-” işaretli ve boyalı kutular %95 güven düzeyinde anlamlı etkiye sahip ayları göstermektedir.

5.3. DENDROHİDROLOJİK SONUÇLAR

Bu araştırmayla, Kocasu akım gözlem istasyonunun nisan-eylül ortalama akım verilerinin 1722-1998 aralığını kapsayan 277 yıl uzunluğunda rökonstrüksiyonu yapılmıştır. Rökonstrüksiyon, 6 aylık geniş bir dönemi kapsadığından, elde edilen sonuçlar vejetasyon döneminin hemen hemen tamamı için bilgi vermektedir.

Rökonstrüksiyonda 1722 - 1952 yılları arasında yaşanan kurak ve yağışlı yılların yüzyıllara dağılımı görülmektedir (Tablo 5.5). Aletsel kayıtların olmadığı bu dönemde, ± 1 ve ± 2 standart sapmayı aşan, 41 kurak (-) ve 42 yağışlı (+) yıl belirlenmiştir. Bu yıllardan 1726, 1819, 1845 ve 1873 yılları yörede çok kurak geçmiştir. Kuraklık genellikle 1 yıl süreli (31 kez), 1725-26, 1772-1773, 1819-1820, 1844-1845, 1927-28 yıllarında ise 2 yıl süreli yaşanmıştır. Bu dönemde iki yıldan uzun süreli bir kuraklık yaşanmamıştır. 1770, 1814, 1846, 1898, 1912 yılları ise yöre için çok yağışlı yıllardır. Yağışlı yıllar genellikle 1 yıl süreli yaşanmış (34 kez), 1727-28, 1814-15, 1838-39, 1897-98 yılları yağışlı dönemin 2 yıl üst üste yaşandığı yıllardır. Bu dönemde iki yıldan uzun süreli bir yağışlı dönem yaşanmamıştır.

Tez kapsamında elde edilen bulgular, geçmişte yapılan dendroklimatolojik araştırmaların sonuçlarıyla benzeşmektedir. Köse (2007), Batı Anadolu'da kurak yılların genellikle bir yıl süreli yaşandığını, buna karşın tüm bölgeyi kapsayan 3 ve daha uzun süreli kurak dönem saptanamadığını belirtmiştir. Touchan ve diğ. (2005b), Batı Anadolu'yu da içine alan bölge için Mayıs- Haziran standart yağış indeksini (SPI) belirlemiş ve art arda gelen kurak yılların en fazla 2 yıl süreli olduğunu belirtmiştir. Buna karşın, Touchan ve diğ. (2005a) 1400-2000 yılları arasında yaptıkları Mayıs- Ağustos toplam yağış rökonstrüksiyonunda 26 kez 2, 8 kez 3, 2 kez 4 yıl, 1 kez 5 yıl süreli kurak dönemlerin olduğunu saptamıştır.

Kocasu nehir akım verilerine dayanarak Sakarya Havzası için belirlenen kurak ve yağışlı yıllar geçmişte Türkiye'de yapılan dendroklimatolojik ve dendrohidrolojik rökonstrüksiyonlarla karşılaştırılmış ve örtüşen yıllar belirlenmiştir (Tablo 5.5).

Tablo 5.5 1722-1952 dönemindeki kurak ve yağışlı yıllar

		Kurak yıllar*	Yağışlı yıllar*
18.yy	1700-1749	1725 ^{4,9,10,11,13,16,17,18} 1726 ^{4,9,13,11,16} 1731 ^{11,12,17,18} 1733 1737 ^{12, 17,18} 1743	1727 ^{9,10,11,13,16,17,18} 1728 ^{10,11,13,16} 1730 ¹⁷ 1735
	1750-1799	1756 1763 ^{15,16} 1772 1773 1781 ^{10,11,16} 1790 ^{10,11,16,17} 1794 ^{15,16} 1798	1751 ^{17,18} 1754 1757 1766 ¹⁷ 1768 1770 ^{10,16} 1780 ^{8,10,11,15,16} 1786 1788 ^{10,11,13,15,16} 1791 ¹⁶ 1793
19.yy	1800-1849	1819 ^{8,10,11,16,17} 1820 ^{10,11,16,17} 1823 ^{10,17} 1832 ¹⁶ 1840 ^{8,10,11,13,16,17,18} 1842 ^{12,17} 1844 1845 ¹⁶	1804 ^{8,16} 1814 ¹⁷ 1815 1818 ^{10,16} 1821 1829 ^{8,16,17} 1838 1839 1846 ^{8,15,16}
	1850-1899	1853 1856 1859 1867 ^{8,16} 1873 ^{5,16} 1879 ^{15,16} 1885 1887 ^{6,8,9,10,11,13,14,15,16,17,18} 1893 ^{8,10,11,15,16,17,18}	1869 1872 ^{8,16} 1877 ^{9,12,18} 1880 1884 1897 ^{10,11,13,14,15,16,18} 1898
20.yy	1900-1952	1918 ^{8,14,16} 1927 ^{9,10,11,12,13,16,17,18} 1928 ^{6,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18} 1945	1901 ^{8,9,10,11,13,14,15,16,17,18} 1908 1912 ¹⁶ 1917 ^{8,14,15,16} 1919 ^{8,10,11,13,14,16} 1950

*Koyu renkle yazılan yıllar Sakarya Havzası akım tahminlerine göre aşırı kurak/yağışlı yılları göstermektedir. 1: Kadioğlu (2001), 2: Zachariadou (1999), 3: Purgstall (1983), 4:Panzac (1985), 5: Quataert (1968), 6: Osmanlı Arşivleri, 7: Afkami (1998), 8: Akkemik ve Cherubini (2003), 9: Akkemik ve diğ. (2005), 10: Akkemik ve Aras (2005), 11: Touchan ve diğ. (2003), 12: Touchan ve diğ. (2005a), 13: D'Arrigo ve Cullen (2001), 14: Hugues ve diğ. (2001), 15: Köse ve diğ. (2005), 16: Köse (2007), 17: Akkemik ve diğ. (2008), 18: Touchan ve diğ. (2005b)

Aynı zamanda tarihsel kayıtlarda da kurak olarak belirlenen bazı yıllarla ilgili bilgiler yer almaktadır:

Panzac (1985), 1725-26 yıllarında Suriye ve Anadolu'da büyük bir kuraklık yaşandığını belirtmektedir. Kocasu akım verilerinin rökonstrüksiyonu sonucunda 1725-26 yıllarında iki yıl üst üste yaşanan bu kuraklık belirlenmiştir. 1726 yılının 2 standart sapmanın altında kalan akım değeriyle 1725 yılından çok daha kurak geçtiği ortaya konmuştur. Tarihte, daha çok felaket getiren doğa olaylarının kaydedildiği bilinmektedir. Kocasu akım verilerinin rökonstrüksiyonu, ayrıca bu iki yıllık kurak dönemin hemen ardından 1727-28 yıllarında iki yıl üst üste yağışlı bir dönem de yaşandığını ortaya koymuştur.

Kuniholm (1990) ve Hughes (2001) yaptıkları çalışmalarda, Osmanlı Arşivlerinde, 1887 yılında Anadolu'da büyük bir kuraklık ve kıtlık yaşandığı belirtilmektedir. Tüm dedroklimatolojik çalışmalarda bu yılın çok kurak olduğu ortaya konmuştur.

Kadioğlu (2001) 1925-28 yılları arasında Anadolu'da 4 yıl süren bir kurak dönemden bahsetmektedir. Rökonstrüksiyonda 1927-28 yılları iki yıllık kurak bir dönemi belirlemiştir.

Ankara'da 1873-74 yıllarında yaşanan kuraklıktan dolayı ineklerin %81'i ve koyunların %97'si telef olmuş; yaklaşık 52000 olan nüfusun 7000'i taşınmış, 20000'i de ölmüştür (Quataert 1968). Kocasu akım verilerinin rökonstrüksiyonunda en şiddetli kuraklığın 1873 yılında yaşandığı, nehrin tamamen kurduğu belirlenmiştir.

Tez çalışması sonuçları, Akkemik ve diğ. (2008) tarafından yapılan Filyos Çayı akım verilerinin rökonstrüksiyonu ile karşılaştırıldığında, her iki rökonstrüksiyonda da yağışlı ve kurak yılların en fazla 2 yıl üst üste olduğu görülmektedir. Kuraklığın yaşandığı 2 yıllık dönemlerden 1819-1820 ve 1927-1928 yılları, Sakarya Havzası için de kurak bir dönemdir. Bu iki çalışmada belirlenen kurak yıllardan 13'ü (1725, 1731, 1737, 1790, 1819, 1820, 1823, 1840, 1842, 1887, 1893, 1927 ve 1928), yağışlı yıllardan 10 tanesi (1727, 1730, 1751, 1766, 1814, 1829, 1877, 1897, 1901 ve 1917) örtüşmektedir. Sakarya Nehrinin akım değerlerinin 1 standart sapmayı aştığı 1730 ve 1814 yılları

sadece Akkemik ve diğ. (2008) tarafından yağışlı yıllar olarak belirlenmiş, diğer dendroklimatolojik çalışmalarda belirtilmemiştir.

Yapılan analizler ve tartışmalar sonucunda aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir.

Sakarya Havzası'nda yayılış gösteren ağaçlar içerisinde örnek alınan iki türden ilki olan karaçamlar en uygun ağaçlar olarak belirlenmiş olup bu tür analizlerde tavsiye edilir. Örnek alınan diğer ağaç türü olan sarıçama baktığımızda duyarlılığı bu yöre için oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bu nedenler benzer çalışmalarda karaçama öncelik verilmesi anlamlı sonuç verecektir.

KAYNAKLAR

- AFKHAMI, A., 1998, Disease and water supply: The case of cholera in 19th century Iran. In Coppock J and Miller j (Eds.), *Transformations of Middle Eastern Natural Environments: Legacies and Lessons*. Yale University Bulletin Series No. 103, New Haven CT: 206-220.
- AKBULUT, S., 2002, *Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki Anadolu Kestanesi (Castanea sativa L. Üzerinde Dendrokronolojik Araştırmalar*, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- AKKEMİK, Ü., 1997, *Batı Akdeniz Bölgesi'ndeki Pinus nigra Arn. ve Abies cilicica Carr. Taksonları Üzerinde Dendrokronolojik Araştırmalar*, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- AKKEMİK, Ü., 2000a, Dendrochronological investigations in two monumental *Pinus nigra* Arn. stands near Antalya (Turkey), International Scientific Conference - 75 years university forestry education in Bulgaria, 15-16 June 2000, *Sofia-Bulgaria Proceeding Book*, 179-187.
- AKKEMİK Ü., 2000b, Dendroclimatology of Umbrella pine (*Pinus pinea* L.) in Istanbul (Turkey), *Tree-Ring Bulletin*, 56, 17-20.
- AKKEMİK Ü., 2000c, Tree-ring chronology of *Abies cilicica* Carr. in the Western Mediterranean Region of Turkey and its response to climate, *Dendrochronologia*, 18, 73-81.
- AKKEMİK Ü., 2003, Tree-rings of *Cedrus libani* A. Rich the northern boundary of its natural distribution, *IAWA Journal*, 24 (1), 63-73.
- AKKEMİK, Ü. ve CHERUBINI, P., 2003, Batı Karadeniz Bölgesi'nde Doğal Yetişen Gymnosperm Taksonları Üzerinde Dendrokronolojik Araştırmalar, Proje sonuç raporu, TÜBİTAK-TOGTAĞ- 2703.
- AKKEMİK, Ü. ve DEMİR, D., 2003, Belgrad Ormanı'ndaki doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.)nda yıllık halka analizleri, *İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, 53 (2), 23-36.
- AKKEMİK, Ü., 2004, *Dendrokronoloji. İlkeleri, Biyolojik Temelleri, Yöntemleri ve Uygulama Alanları*, İ.Ü.Orman Fakültesi Yayın No: 4484/479, İstanbul.
- AKKEMİK Ü., DAĞDEVİREN, N. ve ARAS, N., 2005, A preliminary reconstruction (A.D. 1635-2000) of spring precipitation using oak tree rings in the western Black Sea region of Turkey, *International Journal of Biometeorology*, 49 (5), 297-302.
- AKKEMİK, Ü. ve ARAS, A., 2005, Reconstruction (1689-1994) of April-August precipitation in southwestern part of central Turkey, *International Journal of Climatology*, 25, 537-548.

- AKKEMİK, Ü., D'ARRIGO, R., CHERUBINI, P., KÖSE, N. ve JACOBY, G.C., 2008, Tree-ring reconstructions of precipitation and streamflow for north-western Turkey, *International Journal of Climatology*, 28, 173-193.
- AKYOL, H., 1948-1949, Türkiyede Akarsu Rejimleri, *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı;11-12: 1-30
- ArcGIS, Version 9.3
- ATALAY, İ., 1983, *Türkiye Vegetasyon Coğrafyasına Giriş*, Ticaret Matbaacılık, İzmir.
- ATALAY, İ., 2002, *Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri*, Meta Basımevi, İzmir.
- AVCI, M., 2007, Coğrafyacılar için Dendrokronoloji, Çantay Kitabevi, İstanbul, ISBN 978-975-9060-43-5
- AYTUĞ, B., 1984, Orman Ağaçlarının Hayatı, (Ders Notları), İstanbul.
- BAYAZIT, M., 1998, *Hidroloji*, İTÜ Matbaası, İstanbul.
- BIONDI, F. ve WAIKUL. K., 2004, DENDROCLIM2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies. *Computers & Geosciences* 30: 303-311.
- BOZKURT, A.Y., 1966, *Belgrad ormanındaki önemli ağaç türlerinde yıllık halka gelişimi üzerine araştırmalar*. Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- BULUT, E., 1998, *Sakarya Akarsuyu Havzası'nın Hidrolojik Etüdü Ve Planlanması*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- BÜYÜKYILDIZ, M., 2004, *Sakarya Havzası Yağışlarının Trend Analizi Ve Stokastik Modellemesi*, Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- BRIFFA, K. Ve JONES, P.D., 1990, *Basic chronology statistics and assessment*, In: Cook E., Kairiukstis L.A. (eds) *Methods of Dendrochronology: Applications in The Environmental Sciences*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 137-152.
- CASE, R. Ve MACDONALD, G., 2003, Tree Ring Reconstructions of Streamflow for Three Canadian Prairie Rivers, *Journal of The American Water Resources Association*, 39(3), 703-716.
- COOK, E. Ve JACOBY, G., 1983, Potomac River Streamflow since 1730 as Reconstructed by Tree-rings, *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 22(10), 1659-1672.
- COOK, E. Ve KAIRIUKSTIS, L., (editörler) 1990, *Methods of Dendrochronology, Applications in the environmental sciences*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.

- COOK, E., SHIYATOV, S. Ve MAZEPA, M., 1990, Estimation of the mean chronology, *Methods of Dendrochronology: Applications in the environmental sciences*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- ÇEPEL, N., 1995, *Orman Ekolojisi*, İ.Ü.Orman Fakültesi Yayın No: 3886/433, İstanbul.
- DAĞDEVİREN, N., 2002, *Kazdağları'nda Doğal Yetişen Gymnospermae Taksonları Üzerinde Dendrokronolojik Araştırmalar*, Yüksek Lisans Tezi İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- DAĞDEVİREN, N., AKKEMİK, Ü. Ve DALFES, H. N., 2004, Dendroklimatolojik Analizlerde Tepki Fonksiyonunun Kullanımı, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, 54(2).
- DALFES, N., AKKEMİK, Ü., KÖSE, N., KARACA, M., KAHYA, E., EZBER, Y., 2006, Anadolu'nun İklim Tarihinin Son 500 Yılı: Dendroklimatoloji Yöntemleriyle Rökonstrüksiyonlar ve Uzay-Zaman Analizleri, Proje sonuç raporu, TÜBİTAK, YDABAG 102Y063.
- D'ARRIGO, R. Ve CULLEN, H.M. 2001, A 350-year (AD 1628-1980) reconstruction of Turkish precipitation, *Dendrochronologia*, 19(2), 169-177.
- DÖNMEZ, Y., 1972, *Kütahya Ovası ve Çevresinin Fizikî Coğrafyası*, İstanbul Üniversitesi Yayınları No. 1759, Coğrafya Enstitüsü Yayınları No: 70, İstanbul.
- DSİ, 2010, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, http://www.dsi.gov.tr/baraj/baraj_arama.cfm, (Ziyaret tarihi: 2 Temmuz 2010)
- EİEİ, 2009, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, <http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/HES/hidroloji/havzalar.html>, (Ziyaret tarihi : 2 Nisan 2009).
- ECKSTEIN, D. Ve BAUCH, J., 1969, Beitrag zur Rationalisierung eines Dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit, *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 88 (4), 230-248.
- ECKSTEIN, D., 1992, Harold C. Fritts- Laudatio, Tree Rings and Environment, *Proceeding of the International Dendrochronological Symposium*, Ystat, South Sweden 3-9 September 1990, 1-2.
- FRITTS, H. C., 1976, *Tree Rings and Climate*, Academic Press London.
- Google Earth 5.1.3535.3218, 2010.
- GRISSINO-MAYER, H.D., 1993, An Update List of Species Used in Tree-Ring Research, *Tree Ring Bulletin*, Vol.53, 17-43.
- GRISSINO-MAYER, H.D., 2001, Research Report Evaluating Crossdating Accuracy: A Manual and Tutorial for the Computer Program Cofecha, *Tree-Ring Research*, Vol: 57(2), 205-221.

- HIZAL, A., SERENGİL, Y. ve ÖZCAN, M., 2008, Ekosistem Tabanlı Havza Planlama Metodolojisi ve Havza Çalışmalarında Yapılan Yanlış Uygulamalar, *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi*, 20-22 Mart 2008, *Bildiriler Kitabı*, Cilt 1, 1-12.
- HOLMES, R. L., 1983, Computer-assisted quality control in tree-ring data and measurements. *Tree-ring Bulletin*,. 43, 69-78.
- HOŞGÖREN, Y., M., 2001, Hidrografya'nın Ana Çizgileri I, Çantay Kitabevi, İstanbul, ISBN 975-7206-40-7
- HUGHES, M. K., KUNIHOLM, P. I., GARFIN, G. M., LATINI, C. ve EISCHEID, 2001, Aegean tree-ring signature years explained, *Tree-Ring Research*, 57 (1), 67-73.
- İNANDIK, H., 1958-1959, Sakarya'nın Rejimine Dair Küçük bir Not, *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı(No):18-19, 187.
- KADIOĞLU, M., 2001, *Bildiğiniz Havaaların Sonu- Küresel İklim Değişimi ve Türkiye*, Güncel Yayınları, İstanbul.
- KAENNEL, M. VE SCHWEİNGRUBER, F., H., 1995, Multilingual Glossary of Dendrochronology, Paul Haupt Publishers, Swiss Federal Institute for Forest, *Snow and Landscape Research*, Birmensdorf, Berne.
- KANTAY, B., 1986, *Belgrad Ormanındaki Quercus dschorochensis üzerinde Dendrokronolojik araştırmalar*, Doktora tezi, İ.Ü.Orman Fakültesi.
- KAYACIK, H., 1957, Belgrad Ormanında Fenolojik Müsahedeler, *İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, 7(2), 21-36.
- KOZLOWSKI, T.T. ve PALLARDY, S.G., 1997, *Growth Control in Woody Plants*, Academic Press, California.
- KÖSE, N., AKKEMİK, Ü. ve DALFES, H. N., 2005, Anadolu'nun iklim tarihinin son 500 yılı: Dendroklimatolojik ilk sonuçlar, *Türkiye Kuvaterner Sempozyumu-TURQUAV*, 02-03 Haziran 2005, *Bildiriler Kitabı*, 136-142.
- KÖSE, N., 2007, *Batı Anadolu'da İklim Değişkenliği Ve Yıllık Halka Gelişimi*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- KÖSE, N., AYDIN, A., AKKEMİK, Ü., YURTSEVEN, H. ve GÜNER, T., 2010, Using tree-ring signals and numerical model to identify the snow avalanche tracks in Kastamonu, Turkey, *Natural Hazard*.
- KUNIHOLM, P. I. ve STRIKER, C. L., 1976, The Tie-biem system in the Nave Arcade of St. Eirene: Structure and Dendrochronology, *Istanbulur Mitteilungen Beireft*, 18.
- KUNIHOLM, P. I., 1977, Dendrochronology at Gordion and on the Anatolian Plateau, Unpublished Ph.D.Dissertation (University of Pennsylvania).

- KUNIHOLM, P. I., 1990, Archaeological evidence ad non-evidence for climatic change, In *The Earth's Climate and Variability of the Sun Over Recent Millennia*, Runcorn SJ, Peckers J-C (eds), Philosophical Transactions of the Royal Society of London A; 645–655.
- LINTAP-TSAP-WIN™ Version 0.53 for Microsoft Windows 98, 2000, XP.
- McGINNIES, W. G., 1963, Dendrochronology, *Journal of Forestry*, 61, No:1.
- MUTLU, S., 2005, *Sakarya Havzasındaki Barajların Sismik Tehlike Ve Potansiyel Risk Analizleri*, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ORMAN ATLASI, 2007, Harita ve Fotogrametri Müdürlüğü, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- ÖZKAN, Z.C., 1990, *Türkiye'deki Doğu Ladini (Picea orientalis) de Dendrokronolojik Araştırmalar*, Doktora Tezi, K.T.Ü.Orman Fakültesi.
- PANZAC, D., 1985, *La peste dans l'empire Ottoman 1700-1850*, Editions Peeters, Louvain.
- PEDERSON, N., JACOBY, G.C., D'ARRIGO, R.D., COOK, E.R. ve BUCKLEY B.M, 2001, Hydrometeorological Reconstructions for Northeastern Mongolia Derived from Tree Rings: 1651–1995, *Journal of Climate*: 14, 872-881.
- PURGSTAL, B. J. V. H., 1983, *Osmanlı Devleti Tarihi*, Cilt.1-7, Translator: Vecdi Bürün, Üçdal Publishing, Istanbul.
- QUATAERT, D., 1968, *Famine in Turkey – 1873-1875*, MA Thesis, S.U.N.Y. Binghamton, NY.
- SCHWEINGRUBER, F. H., 1988, *Tree rings, Basics and applications of dendrochronology*, Kluwer Academic Publishers, 0-7923-0559-0(PB) Netherlands.
- SCHWEINGRUBER, F.H., 1996, *Tree Rings and Environmental Dendroecology*, Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt.
- SCHULMAN, E., 1942, A tree-ring history of runoff of the Colorado River, 1366-1941, Report, *Bureau of Power and Light*, Los Angeles.
- SCHULMAN, E., 1944, *The history of precipitation and runoff in the Colorado Basin as indicated by tree rings*, Ph.D. dissertation, Harvard University, Cambridge, MA, Cambridge, MA., 168.
- TREEFLOW, 2010, Pioneering work in the Colorado River basin (1940s), <http://www.colorado.edu/treeflow/lees/schulman.html>, (Ziyaret tarihi: 26 Ocak 2010).

- TRENARD, Y., 1982, Making Wood Speak: An Introduction to Dendrochronology, *CFS Forestry Abstracts*, 43, 12.
- TOUCHAN, R., GARFIN, G.M., MEKO, D.M., FUNCHOUER, G., ERKAN, N., HUGHES, M.K. ve WALLIN, B.S., 2003, Preliminary reconstruction of spring precipitation in southwestern Turkey from tree ring width, *International Journal of Climatology* 23, 157-171.
- TOUCHAN, R., XOPLAKI, E., FUNCHOUER, G., LUTERBACHER, J., HUGHES, M.K., ERKAN, N., AKKEMIK, Ü., ve STEPHAN, J., 2005a, Reconstruction of spring/summer precipitation for the Eastern Mediterranean from tree-ring widths and its connection to large-scale atmospheric circulation, *Clim. Dyn.*, 25, 75-98.
- TOUCHAN, R., FUNKHOUSER, G., HUGHES, M.K. ve ERKAN, N., 2005b, Standardized precipitation index reconstructed from Turkish ring widths. *Climatic Change*, 72, 339-353.
- TÜRKEŞ, M., 1998, Küresel Isınma Rekor Kırıyor, *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, 370, 20-21, Ankara.
- WATSON, E. ve LUCKMAN, B. H., 2005, An exploration of the controls of pre-instrumental streamflow using multiple tree-ring proxies, *Dendrochronologia*, 22, 225-234.
- WIGLEY, T.M.L., LOUGH, J.M. ve JONES, P.D., 1984, Spatial patterns of precipitation in England and Wales and a revised, homogeneous England and Wales precipitation series, *Journal of Climatology*, Vol. 4, pp. 1-25.
- WOODHOUSE, C. A. ve LUKAS, F.J., 2006, Multi-Century Tree-ring Reconstructions of Colorado Streamflow Water Resource Planning, *Climatic Change*.
- YEŞİL ATLAS, 2001, Türkiye'nin Doğa Haritası (Poster Eki), *Yeşil Atlas*, Sayı: 4.
- ZACHARIADOU, E., 1999, Osmanlı İmparatorluğunda Doğal Afetler, İstanbul.
- ZEDNİK, F., 1963, Türkiye Ormanları, Bugüne Kadar Tatbik Edilen ve Gelecekte Tatbiki Tavsiye Edilen Silvi Kültürel Muameleler, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Bornova/İzmir' de doğdu. İlk ve orta öğretimini İzmir'de tamamladıktan sonra, 2002 yılında İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümüne girerek 2007 senesinde mezun oldu. Aynı yıl İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Botaniği Programında yüksek lisans öğrenimine başladı.