

Dendrokronolojik Yöntemle Güneybatı Anadolu Bölgesi'nde geçmişte yaşanmış İlkbahar Kuraklık Periyotlarının Tespiti

Reconstructions of spring precipitation using dendrocronologic methods in Southwestwrn Anatolian Region

Dr Neşat ERKAN

Frof Dr Ramzi TOUCHAN

M. Necati BAŞ

ÖZ

Bu araştırma Güneybatı Anadolu bölgesinde yürütülmüş olup Mayıs-Haziran toplam yağış miktarı için iki kestirim geliştirilmiştir. Birincisi 1776-1998 dönemi için ve sedir, karaçam, ardıç ve kızılçamdan elde edilmiş olan toplam dokuz kronolojinin temel bileşenlerinden faydalanılarak geliştirilmiş, ikincisi ise üç ardıç kronolojisinin temel bileşenlerine dayalı olarak 1339- 1998 dönemi için geliştirilmiştir. Her iki kestirimin istatistikleri yeterli düzeyde anlamlı bulunmuş ve bu kestirimlerin sözkonusu bölge için geçmişte yaşanmış ilkbakar kuraklık ve nemli peryotlarının tespitinde kullanılabileceğini göstermiştir. Elde edilen bulgulara göre, son altı yüzyıl içinde, Mayıs-Haziran toplam yağışının uzun yıllar ortalamasının %80 inin altı olarak tanımlanabilecek kurak yılların en uzun peryodunun 1876-79 yılları arasında 4 yıl olarak gerçekleştiği anlaşılmıştır. Ayrıca elde edilen verilere göre yürütülen monte carlo simülasyonuna göre son 660 yıl içinde 6 yıldan daha uzun kuraklık peryodunun yaşanmış olma olasılığının %11 den daha düşük olduğu anlaşılmıştır.

Yine Mayıs-Haziran ortalama yağışının %120 sinin üzerinde yağışa sahip olan peryotlar olarak tanımlanabilecek nemli peryotların da en uzununun 1532-35 yılları arasında 4 yıl olarak gerçekleştiği anlaşılmıştır. 16. ve 17. yüzyıllarda uzun kurak peryotlarının olmaması, buna karşılık uzun nemli peryotların bulunuyor olması bu dönemlerde bu bölgede muhtemel bir iklim değişikliğinin yaşanmış olduğuna işaret etmektedir.

Anahtar kelimeler: dendrokronoloji, dendroklimatoloji, kuraklık

ABSTRACT

This research was carried out in Southwest Anatolian Region and two reconstructions of spring (May–June) precipitation were developed. The first reconstruction (1776–1998) was developed from principal components of nine chronologies of *Cedrus libani*, *Juniperus excelsa*, *Pinus brutia*, and *Pinus nigra*. The second reconstruction (1339–1998) was derived from principal components of three *J. excelsa* chronologies. The statistics of both reconstructions indicate reasonably accurate reconstruction of spring precipitation for Southwestern Anatolia, and show clear evidence of multi-year to decadal variations in spring precipitation. The longest period of reconstructed spring drought, defined as consecutive years with less than 80% of normal May–June precipitation, was 4 years (1476–79). Only one drought event of this duration has occurred during the last six centuries. Monte Carlo analysis indicates a less than 11% probability that Southwestern Anatolia has experienced spring drought longer than 6 years in the past 660 years.

The longest reconstructed wet period, defined as consecutive years with more than 120% of normal May–June precipitation, was 4 years (1532–35). The absence of extended spring drought during the 16th and 17th centuries and the occurrence of extended wet spring periods during these centuries suggest a possible regime shift in climate.

Key words: dendrochronology; dendroclimatic reconstruction; drought

1. GİRİŞ

“Ağaç yıllık halka genişliklerinden faydalanılarak tarih belirleme” olarak tanımlanabilecek olan dendrokoloji geçen yüzyılda gelişen ve değişik alanlarda kullanım bulan bir bilim dalıdır. İlgilendiği alana göre dendroekoloji, dendrohidroloji, dendroklimatoloji ve dendroarkeoloji gibi alt bilim dallarına ayrılmaktadır. Bu çalışma dendroklimatolojinin konuları arasında yer almaktadır.

Dendroklimatoloji yıllık halka kalınlıkları ile iklim koşulları arasındaki ilişkileri inceleyen bir bilim dalıdır. Bilindiği gibi, istisnaları bir tarafa bırakılırsa, genellikle ağaçlar her yıl bir halka oluşturacak şekilde çap büyümesi ve belli miktarda da boy büyümesi yapar. Büyüme faaliyetinin bütün yıl boyunca sürdüğü tropik bölgelerdeki ağaçlar ile bazı angiospermlerde her yıl oluşan yıllık halkalar gözle ayırt edilebilecek kadar belirgin değildir. Bunların dışındaki ağaçların ilkbahar ve yaz odunu renk farklılaşmasından dolayı yıllık halkalar ayırt edilebilmekte ve kalınlıkları da ölçülebilmektedir.

Ağaçlarda çap ve boy büyümesi olarak özetlenebilecek olan büyüme olayı birçok faktörün ortak etkisiyle ortaya çıkan karmaşık bir olaydır. Nitekim büyüme üzerinde bilinmeyen ve ölçülemeyen faktörler bir yana, etkisi bilinen; ağacın genetik yapısı, yetiştirme ortamı verimliliği, iklim koşulları, ağacın fiziksel özellikleri (çap ve boy gibi), yaş ve komşuluk ilişkileri gibi faktörlerin etkileri bile ancak yaklaşık hesaplanabilmekte ve genel bağıntılarla ortaya konabilmektedir. Bu faktörlerden birisinin, örneğin çap büyümesi (yıllık halka genişliği) üzerindeki etkisini gözlemleyebilmek için diğer faktörlerin etkilerinin elimine edilmesi gerekmektedir. Dendroklimatoloji ile iklim koşullarının yıllık halka kalınlığı üzerindeki etkisi incelenmekte, bunun için de diğer faktörlerin etkileri elimine edilmektedir. Bunun nasıl yapıldığı daha sonra ayrıntısıyla açıklanacaktır.

Dendroklimatoloji bilimi, istenilen belli bir bölge için elimizde bulunmayan geçmiş yıllara ait yağış ve sıcaklık gibi iklim verilerinin kestirilmesini amaçlar. Bu veriler geçmişe dönük iklim olaylarının belli güvenilirlikte öğrenilmesine ve geleceğe ilişkin planların daha sağlıklı yapılmasına olanak sağlar. Özellikle doğal kaynak yönetimi ve planlamasında iklim koşullarının uzun dönemdeki değişimlerinin bilinmesi önem taşır.

Ölçülmüş aylık ve yıllık ortalama yağış ve sıcaklık gibi iklim verileri genellikle 100 yıldan daha gerilere gitmemektedir. Örneğin ülkemizde bu tür ölçülmüş meteorolojik veriler ancak bazı merkezler için 70 yıl kadar gerilere gidebilmektedir. Bu süre küçük yerleşim birim ve bölgeleri için birkaç 10 yıldan fazla geçmişe gitmemektedir. Dolayısıyla dendroklimatolojik yöntemlerle ortalama yağış ve sıcaklık gibi iklim verilerinin mümkün olduğu kadar geçmişe giderek ortaya konması önem taşımaktadır.

Bu çalışma ile çalışma alanını oluşturan Batı Akdeniz Bölgesi için geçmişe yönelik iklim verileri üretilmeye çalışılmıştır. Bunun için bölgede yayılış gösteren karaçam, kızılçam, sedir ve ardıç türleri üzerinde çalışılmış ve alınan deneme alanlarından sedir ve ardıcın bu amaçla kullanılabilirliği anlaşılmıştır. Bu iki türden alınan toplam 10 deneme alanından toplanan veriler değerlendirilmiş ve 659 yıl kadar geçmişe gidilerek iklim verileri üretilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Kendisi yeni gelişen bir bilim dalı olan dendrokronolojinin ülkemizdeki gelişimi de oldukça yenidir. Ülkemizde yapılmış sınırlı sayıda araştırmanın geçmişi genellikle 1980'li yıllardan eskiye gitmemektedir. Konumuz ile yakın ilgisi olan çalışmalara aşağıda kısaca değinilmiştir.

KUNIHOLM ve STRIKER Anadolu ve Ege Bölgesi'nde daha çok dendroarkeoloji alanında çok sayıda çalışma yapmıştır. “Dendrochronological Investigations in the Aegean and Neighboring Regions, 1983-1986” isimli yayını ile yazarlar, Türkiye, Yunanistan, Yugoslavya ve İtalya'yı kapsayan çalışma yapmışlar ve meşede elde ettikleri kronoloji ile MS 1073 yılına kadar gitmişlerdir (KUNIHOLM ve STRIKER, 1987).

ÖZKAN Doğu Karadeniz Bölgesi'nde doğal yayılan Ladin (*Picea orientalis* (L.) Link) in 1749-1988 yılları arası için yıllık halka kalınlıklarından faydalanarak kronolojisini çıkartmıştır (ÖZKAN, 1966).

AKKEMİK "Batı Akdeniz Bölgesi'ndeki karaçam ve toros göknarı toksonlarında dendrokronolojik araştırmalar" isimli araştırması ile bu iki türün kronolojilerini çıkartmış, yıllık halka kalınlıkları ile iklim arasındaki ilişkileri incelemiştir. 6 deneme alanından toplan 120 artım kalemi almış, bu iki türün kronolojilerini birbiriyle kıyaslamış ve bölge için ortak bir grafik elde etmiştir (AKKEMİK, 1997).

Ayrıca AYTUĞ (1984) dendrojeomorfoloji konusunda, KANTAY (1986) Çoruh meşesinin 1841-1981 yılları arası için kronolojisinin oluşturulması konusunda, SELİK ve ARKADAŞLARI (1990) Lübnan sedirinin kronolojisi konusunda ve AYTUĞ ve GÜVEN (1993) dendroekoloji konularında araştırmalar yapmışlardır.

3.GENEL BİLGİLER

3.1. Ağaçlarda Büyüme

Ağaçlarda gövde büyümesi bilindiği gibi çap büyümesi ve boy büyümesi şeklinde ortaya çıkmaktadır. Boy büyümesi angiosperm ve gimnospermlerde bazı küçük farklılıklar göstermekle birlikte, temelde sürgün ucundaki meristem doku hücrelerinin bölünerek çoğalması sonucunda ortaya çıkar. Çap büyümesi ise kabuğun altında yer alan ve gövdeyi saran kambiyum tabakasının içe doğru ksilem, dışa doğru da floem hücrelerini oluşturması ile gerçekleşir. İçe doğru iletilen ksilem hücrelerinin çeperleri kalınlaşmıştır ve değişik hücre tiplerinden oluşur. Bunlardan en karakteristik olanları ; ağaçta su iletimi ve destek görevini gören trake ve trakeidler ile depo ve diğer görevleri gören ksilem parankima hücreleridir. Kambiyumun dışa doğru ürettiği floem ise bitkide üretilen besinleri iletmekle görevlidir, bu görevi bittikten sonra farklılaşarak kabuğu oluşturur. Kabukta floem dışında korteks ve periderm de bulunur (YENTÜR 1995, s. 182,215,375). Korteks ve epidermis kısa sürede dökülür. Floemin dış tarafında bazı hücreler mantar kambiyumunu oluşturur. Mantar kambiyumunun dış tarafa verdiği hücrelerin çeperleri suberin maddesiyle dolarak mantar dokusunu oluşturur. Bazı türlerde çap büyümesiyle birlikte kabuğun dışa itilmesiyle genişleyen kabuk alanı bu mantar kambiyumu tarafından takviye edilir ve kabuk çatlamadan kalabilir. Bazı türlerde ise mantar kambiyumunun yetersiz faaliyeti sonucu kabuk çatlar (AKKEMİK 1999, s. 26).

Kambiyumun içe doğru ürettiği ksilem doku trake ve trakeidler ile canlı parankima hücrelerinden oluşur ve canlı odun kısmını oluşturduğu için öze göre daha açık renklidir. En içte yer alan ve daha koyu renkli olan öz kısmı ise tamamen ölü hücrelerden oluşur ve burada su iletimi yoktur.

3.2. Yıllık Halka Oluşumu ve Özellikleri

Bilindiği gibi bitkilerde büyüme periyodu, başlıca sıcaklığın etkisiyle yıl içerisinde belli bir dönemi kapsamaktadır. Ülkemizin de dahil olduğu ve kışın sıcaklığın fotosentez için gerekli sıcaklığın altına düştüğü iklim kuşağında vejetasyon dönemi olarak adlandırılan büyüme periyodu ilkbaharda başlayıp sonbaharda sona ermektedir. Vejetasyon döneminin başlamasıyla birlikte bitkilerde kambiyum faaliyete geçmekte ve gövdenin iç kısmına doğru ksilem, dış kısmına doğru da floem hücreleri üretilerek çap büyümesi gerçekleşmektedir. Her yıl, vejetasyon döneminde gerçekleşen bu büyüme ile ortaya çıkan ve gövdenin enine kesiti ile gözlenebilen görüntü bitki ve ağaç türüne göre değişmekle birlikte dendrokronolojiye konu orman ağaçlarında bu görüntü halka biçimindedir. Bu halka ilkbahar ve yaz odunu hücrelerinin renk farkından dolayı çıplak gözle kolaylıkla görülebilecek durumdadır. Özellikle gimnospermlerde yıllık halka oldukça belirgindir.

Ağaçlarda kambiyumun içe doğru ürettiği ksilem hücrelerinin çoğu gövde ve dal boyunca uzanan ve su iletimini sağlayan trake ve trakeidlerden oluşur (angiospermlerde trake, gimnospermlerde ise trakeid). Özellikle gimnospermlerde kambiyum faaliyetinin hızlı olduğu ilkbahar dönemine kıyasla kambiyum faaliyetinin ve büyümenin yavaşladığı yaz

döneminde oluşan trakeidlerin çeperleri daha kalın, iç hacimleri ise daha küçüktür (STOKES and SMILEY, 1996, s. 8). Hücre çeperindeki bu kalınlaşmadan dolayı yaz döneminde, büyüme periyodunun sonuna doğru oluşan ksilem dokusu ilkbaharda oluşana göre daha sert ve koyu renklidir. Her yıl oluşan bu ilkbahar ve yaz odunu renk farkı gövdenin enine kesitinde yıllık halka olarak adlandırılan halkanın oluşumuna neden olur(Şekil 1).

Bununla birlikte bazı türlerde (özellikle çam ve göknarlarda) bir yılda oluşmuş iki halka görüntüsü veren yıllık halkalara da rastlanmaktadır. Bu durum, ilkbahar odunu oluşumunun sonuna doğru hücrelerde görülen çeper kalınlaşması ve daha sonra yaz odununun başlangıcında yeniden görülen ince çeperli hücreler nedeniyle ortaya çıkmaktadır. İlkbahar odunu sonundaki kalın çeperli hücrelerin oluşturduğu bu halkaya yalancı yıllık halka denir. Yıllık halka sayımı ve ölçümü sırasında hata yapmamak için bu oluşumları iyi tanımak gerekmektedir. Yalancı yıllık halkayı normal yıllık halkadan ayırmanın en etkin yolu; normal yıllık halkada yaş odunundan bir sonraki halkanın ilkbahar odununa geçişte gözlenen sert ve ani geçişin yalancı yıllık halkada daha tedrici oluşudur (Şekil 1). Ayrıca enine gövde kesitinde yalancı yıllık halkanın kesit çevresini bütünüyle tamamlamadığı ve halkada kesikliklerin olduğu görülecektir(ERKAN 2002, s.45 ; STOKES and SMILEY, s. 17)

Yalancı yıllık halkanın oluşumu ile ilgili kesin neden bilinmemekle birlikte yapılan değerlendirmeler daha çok iklim ve genetik özellikler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Ancak iklim ile ilgili değerlendirmeler fazla destek bulamamaktadır. Nitekim aynı ortamda yetişen ve aynı iklimten etkilenen farklı ağaç türlerinden yalancı yıllık halka oluşturan ve oluşturmayanlara rastlamak mümkün olmaktadır.

Şekil 1'de tipik bir gimnosperme ait gövde enine kesiti, yıllık halkalar ve kısımları görülmektedir.

Şekil 1. Gövde enine kesiti: 1-öz, 2- reçine keseciği 3- ilkbahar odunu hücreleri, 4- yaz odunu hücreleri, 5-yıllık halka, 6-yalancı yıllık halka, 7-kambiyum, 8-kabuk(Ferguson, 1970 den)

Figure 1. Cross section of a typical conifer stem showing: 1- pith, 2-resin duct, 3- earlywood cells, 4- latewood cells, 5- annual ring, 6- false interannular ring, 7- cambium and 8- bark(From Ferguson, 1970)

3.3. Dendrokronoloji ve Prensipieri

Dendron=odun, kronos=yaş ve logos=bilim kelimelerinin bir araya gelmesinden oluşan dendrokronoloji ağaç yıllık halkalarından faydalanarak yaş ve zaman saptama bilimidir (TOUCHAN and HUGHES 2000, s. 277). Dendrokronolojide daha çok yıllık halka kalınlıklarındaki değişimlerden faydalanılmakla birlikte hücre boyutlarından, odun yoğunluğundan ve radyoaktif ve sabit izotop oranından da faydalanılmaktadır (MUNRO et al.,1996, s. 843 ; TOUCHAN and HUGHES 1999, s. 291).

Dendrokronolojinin ilk gelişimi Amerika'da Andrev A. Duglass tarafından 1901 yılında başlatılmış ve daha sonra bu konuda teknik ve bilimsel araştırmalar yapmak üzere Arizona'da kurulan Yıllık Halka İnceleme Laboratuvarı (Laboratory of Tree Ring-University of Arizona) tarafından bugünkü düzeyine ulaştırılmıştır. Bu arada yine Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'da değişik üniversite ve araştırma kurumlarında da dendrokronoloji konusunda çok sayıda çalışmalar yapılmıştır.

Dendrokronoloji çalışma amacına bağlı olarak dendroklimatoloji (iklime ilişkin çalışmalar) dendroarkeoloji (arkeolojik çalışmalar), dendroekoloji (ekolojik çalışmalar) ve dendrohidroloji (su ve su rejimine ilişkin çalışmalar) gibi alt disiplinlere ayrılmaktadır. Bu çalışmanın konusu denroklimatoloji kapsamına girmektedir.

Dendrokronolojide çalışma objesi ağaç yıllık halka kalınlıkları ve bu kalınlıkların yıldan yıla gösterdiği değişimler olduğuna göre yıllık halka kalınlığı üzerinde etkili faktörleri iyi analiz etmek gerekmektedir.

Yıllık halka kalınlığı üzerinde etkili olan faktörlerden birisi yaştır. Yaşa bağlı olarak çap büyümesi bir S eğrisi biçimindedir. Aslında bu kural canlıların boyut, hacim ve ağırlığındaki değişim için genel kural niteliğindedir (KALIPSIZ, 1982, s. 88). Büyüme hızının grafiği ise bir çan eğrisi görünümündedir. Yıllık halka kalınlıkları önce dardır, sonra artarak maksimum bir noktaya ulaşır ve daha sonra tekrar azalır.

Yıllık halka kalınlığını etkileyen diğer bir önemli faktör ise yetişme ortamı verimliliğidir. Yetişme ortamı verimliliği, yani bonitet; bakı, denizden yükseklik, anakaya ve toprak yapısı gibi faktörleri bünyesinde barındırır ve bu faktörlerin bileşkesi olarak ortaya çıkar. Belli bir ağaç türü için bonitetin yüksekliği ölçüsünde yıllık halka kalınlıkları da değişmektedir.

Komşuluk ilişkileri de yine büyümeyi etkileyen bir başka faktördür. Toplu halde bir meşcere oluşturan ağaçlar buldukları sosyal sınıfa yeterince ışığa ulaşabilmek ve kökleriyle topraktan yeterli besini alabilmek için birlikte yaşadığı rakip ağaçlarla yarış içindedir. Bu yarıştaki başarısı ölçüsünde yıllık halka genişliğini arttırabilmektedir.

Yıllık halka kalınlığı üzerinde çap ta etkilidir. Diğer faktörlerin sabit kalması durumunda yıllık halka kalınlığı-çap ilişkisi bir doğru denklemi ile ifade edilebilir. Bu doğrunun eğimi genç meşcerelerde artı yönde, orta yaşlarda sifıra yakın ve ileri yaşlarda da eksi yöndedir (ERKAN, 1995, s. 50)

Genetik özellikler de ağacın büyüme yeteneklerini ve dolayısıyla yıllık halka kalınlığını etkilemektedir.

Bütün bu faktörlerin dışında ağaçtaki yıllık halka kalınlığını etkileyen iklim faktörleri de söz konusudur. Bunlar; sıcaklık, yağış ve rüzgar olarak sıralanabilir. Sıcaklık ve yağış, yıllık halka kalınlığı üzerinde etkili olan iki önemli faktördür ve diğer faktörlerin elimine edilmesiyle dendrokronolojide faydalanılmaktadır.

Bilindiği gibi sıcaklık ağaçlarda vejetasyon döneminin başlaması ve bitmesini belirleyen bir faktördür. Diğer koşulların uygun olması durumunda vejetasyon dönemi uzunluğu yıllık halka kalınlığını da doğrudan etkilemektedir. Ancak sıcaklığın bu yalın etkisinden ziyade, sıcaklık-su ilişkileri yıllık halka kalınlığı üzerinde daha belirgin etkiye sahiptir. Düşük rakımlı yetişme ortamlarında yağışın genellikle az olması nedeniyle sıcaklık yaz kuraklığına neden olup yıllık halka kalınlığı üzerinde olumsuz etkiye sahip iken, yüksek rakımlı yetişme ortamlarında yağışın ve nisbi nemin genellikle yeterli olması nedeniyle olumlu etkiye sahiptir.

Yağış ta sıcaklığa benzer, ancak ters etkiye sahiptir. Rakımın düşük olduğu yetişme ortamlarında sıcaklığın genellikle yüksek olması yağışı kritik faktör pozisyonuna sokmaktadır. Özellikle yaz kuraklığının yaşandığı yerlerde yaz yağmurlarının etkisi oldukça belirgin hale gelmektedir.

Buraya kadar verilen bilgilerden de anlaşılacağı gibi dendrokronolojinin yapılabilmesi için obje olarak kullanılan ağaç türünün her yıl bir halka oluşturuyor olması, oluşturduğu bu yıllık halka kalınlığı üzerinde etkili diğer faktörler sabitlenmiş olup sadece yağış ve sıcaklık gibi çevresel faktörlerden birinin etkisinin olması gerekir. Ayrıca etkili olan bu faktörün etkisinin gözlenebilmesi için her yıl değişen etkiye sahip olması gerekir. Yine bu çevresel faktör mümkün olduğu kadar geniş bir coğrafik bölgede etkili olması gerekir. Bu durum, birbirinden uzak yerlerden alınan deneme alanları aracılığıyla söz konusu çevresel etkinin testini olanaklı kılacaktır.

Bu bilgiler ışığında dendrokronoloji çalışmaları şu prensipler çerçevesinde gerçekleştirilmektedir (ANONİM1, 2003, S.2):

- **Etkinin Sabitliği Prensibi:** Bu prensibe göre büyüme, yani yıllık halka kalınlığının değişimine sebep olan çevresel faktörün etkisi geçmişte, bugün ve gelecekte hep

sabit kalacaktır. Böylece ilgili çevresel faktörün (yağış, sıcaklık vs.) bugünkü verileri ve yıllık halka kalınlıklarını kullanarak geçmişteki durumu öğrenebilir, yine geleceğe ilişkin kestirimlerde bulunabiliriz. Böylece bu faktörün gelecekteki etkilerini kontrol altına alma olanağına sahip oluruz.

- **Kritik Faktör Prensibi:** Yıllık halka kalınlığı üzerinde etkisi incelenen çevresel faktör, kritik faktör niteliğinde olmalıdır. Bir başka deyişle, diğer bütün etkili faktörler yeteri kadar mevcut olmalı ve ağaçtaki büyüme daha çok söz konusu kritik faktörün etkisiyle değişmelidir.
- **Büyüme Etkenleri Prensibi:** Tek ağaçların büyümesinde görülen farklılıklar doğal ve insan kaynaklı çok sayıdaki çevre faktörünün etkisiyle ortaya çıkar. Bunlardan başlıcaları; ağacın normal fizyolojik yaşam sürecini etkileyen yaş, iklim koşulları, meşcere içindeki komşuluk ilişkileri, meşcere dışından gelen böcek zararı gibi etkenler ile diğer tesadüfi faktörler olarak sayılabilir. Dolayısıyla etkisi araştırılan çevresel faktörün dışında kalan diğer faktörlerin etkileri minimize edilmelidir. Yaşın etkisi giderilmeli ve uygun deneme alanı yeri seçimiyle de diğer faktörlerin etkileri minimize edilmelidir.
- **Ekolojik Yetiştirme Ortamı Prensibi:** Dendrokronoloji çalışması için seçilmiş olan türün yetiştirme ortamı istekleriyle şekillenen yatay ve dikey yayılış alanları iyi bilinmelidir. Çünkü dendrokronolojide doğal yayılış alanının sınırındaki ağaçlar daha uygun çalışma objesidirler.
- **Deneme Alanı Seçimi:** Deneme alanı seçiminde, yıllık halka kalınlıklarının, etkisi araştırılan çevresel faktöre duyarlı olmasına dikkat edilir. Örneğin kuraklık periyotları ile ilgileniliyorsa yağışın düşük olduğu, toprağın sınırlı olduğu taşlık, kayalık yüksek rakımlı alanlar deneme alanı olarak tercih edilir. Çünkü toprağın derin ve nemli olduğu taban arazilerde yıllık halkalar yağışa duyarlı değildir.
- **Kronolojinin oluşturulması:** Herhangi bir çevre faktörüne göre oluşturulmuş yıllık halka kronolojisi değişik yerlerden alınmış yaşayan ağaç, eski kütük ve değişik tarihi eserlerde kullanılmış ağaç parçalarından elde edilen kronolojiler ile karşılaştırılarak mümkün olduğu kadar fazla geçmişe yönelik bilgi üretilmeye çalışılır.
- **Tekerrürün Sağlanması:** Deneme alanından alınan yıllık halka kronoloji örnekleri bir ağacın kendi içinde ve ağaçlar arasında değişim gösterebilir. Bu değişim yıllık halka kalınlığını etkileyen ve etkisi araştırılan esas çevre faktörü (yağış veya sıcaklık gibi) dışında, bilinmeyen tesadüfi faktörlerden kaynaklanır. Bu diğer faktörlerin etkisini gidermek için bir ağaçta farklı yönlerden birden fazla artım kalemi ve bir ağaç değil birden çok ağaç örneklenir. Böylece her artım kaleminde ve her ağaçta ortaya çıkan ortak etki (yıllık halka daralması veya genişlemesi) ortaya çıkartılmış olur. Bu amaçla her ağaçta en az iki artım kalemi ve her deneme alanında da en az 10 dan fazla ağaç örneklenmelidir.

Şekil 2 de bir deneme alanındaki değişik ağaçlardan alınmış artım kalemlerinde aynı yıllara ait yıllık halka kalınlıklarındaki değişimden faydalanılarak gerçekleştirilen çakışma görülmektedir.

Şekil 2. Değişik örneklerde aynı yıllarda oluşmuş yıllık halkaların karşılaştırılması(Ferguson, 1970 den)

Figure 2. Cross-dated ring pattern from three different trees(from Ferguson, 1970).

4. MATERYAL VE METOD

4.1. Yıllık Halka Verileri: Yıllık halka verileri Antalya ve Burdur illerine ait toplam 10 deneme alanından toplanmıştır. Bu alanlardan ardıç (*J. excelsa*), kızılçam (*P. brutia*), sedir

(*C. libani*) ve karaçam (*P. nigra*) türlerinden değişik sayılarda ağaç örneklenmiştir. Deneme alanlarına ait bazı özellikler tablo 1 de verilmiştir. Her deneme alanından alınan artım kalemlerinin yanında sedir ve ardıç türlerine ait deneme alanlarından , daha önce kesilmiş ağaç kütüklerinden kesitler de alınmıştır. Artım kalemleri ve gövde kesitleri laboratuvara taşınmış, zımpara ile temizlenmiş standart dendrokronoloji metodolojisi uygulanarak ölçümleri yapılmıştır.

Yıllık halka ölçümleri 0,01 mm duyarlıdaki makinalar da ve bilgisayar destekli olarak yapılmıştır. Ölçülen yıllık halka serilerinden index değeri hesaplanması sırasında (standartlaştırmada) 3. derecen polinom denklemi kullanılmıştır. Yaş, çap ve meşcere dinamiklerinin yıllık halka kalınlığı üzerindeki etkisini gidermek için standartlaştırma 200 er yıllık parçalara bölünerek yapılmıştır. Her deneme alanı için elde edilen index değerleri birlikte değerlendirilerek master elde edilmiştir(Ayrıntılı bilgi için bak: ERKAN 2002).

Dumanlı Dağ ve Göller deneme alanlarında kızılçamdan toplanan veriler gerek grafik ve gerekse bilgisayar analiz sonuçları bakımından çok kuvvetli benzerlik gösterdikleri için birleştirilerek değerlendirilmiştir.

Şekil 3. Elmalı için yıllık yağış-sıcaklık diyagramı(1968-2000 dönemi için)
Figure 3. Elimatogram for Elmalı weather station (1968-2000)

Tablo 1. Alınan deneme alanı özellikleri
Table 1. Site information

Den al. adı Site name	Den al. kodu Site code	Ağ.türü Species	Yükselti Elevation (m)	Enlem Latitude	Boylam Longitude	Kapsadığı dönem Time span (year)		Yıllık halka sayısı Total no of years	Ağaç sayısı No. of trees	Artım kalemi sayısı No. Of cores
						Başlangıç Earliest	Bitiş Latest			
Su Batan	SUB	J.excelsa	1808-1916	37°25'N	30°18'E	1246	2000	755	24	23
Aziziye	AZY	P. nigra	1601-70	37°25'N	30°17'E	1772	2000	229	13	34
Dumali Dağ	DUD	P. brutia	887-1426	37°24'N	30°38'E	1813	2000	188	9	14
Katrandağı	KAT	C. libani	1421-1517	37°23'N	30°36'E	1693	2000	308	16	26
Göller	GOLP	P. brutia	1002-93	37°09'N	30°31'E	1730	2000	271	11	18
Göller	GOLJ	J.excelsa	1002-93	37°05'N	30°31'E	1152	2000	849	17	31
Kozlu Pinari	KOP	P. nigra	1597-1669	36°39'N	32°12'E	1586	2000	415	16	24
Yellic Beli	YEB	C.libani	1668-1779	36°39'N	32°11'E	1628	2000	373	16	24
Elmalı	ELMJ	J.excelsa	1853-2022	36°36'N	30°01'E	1332	2000	669	26	36
Elmalı	ELMC	C.libani	1853-2022	36°36'N	30°01'E	1449	2000	552	25	36

4.2. İklim Verileri: Bilindiği gibi geçmişe yönelik iklim verilerini kestirebilmek için öncelikle mevcut kayıtlı iklim verileri ile deneme alanlarından elde edilen yıllık halka kalınlıkları arasında yeteri derecede ilişkinin tespit edilmiş olması gerekmektedir. Bu çalışmada kullanılmak üzere Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden deneme alanlarına en yakın istasyon verileri elde edilmiştir.

Ancak, verilerin ait olduğu dönemlerin uzunluğunun çok değişken olması, dönem içerisinde bazı yıllara ait verilerin eksikliği nedeni ile bu veriler kullanılmamıştır. Bunun yerine Hulme (1992) tarafından geliştirilen ve 5° lik enlem ve boylamlar için aylık ortalama yağış ve sıcaklık değerlerini içeren veriler kullanılmıştır. Yapılan incelemede bu iki veri kaynağı arasında $P < 0,001$ anlamlılık düzeyinde ve yüksek derecede bir ilişkinin olduğu da saptanmıştır ($r = 0,90$). Söz konusu kaynaktan 1931-1998 yılları arası için elde edilen veriler kullanılmıştır. Çünkü araştırma bölgesindeki kayıtlar 1931 yılından daha eskiye gitmemektedir.

Deneme alanlarının yerleri ve iklim verilerinin elde edildiği bölgeyi gösterir harita Şekil 4 de görülmektedir.

Şekil 4. Alınan deneme alanı yerleri

Figure 4. Locations of tree-ring sites

4.3. Geçmişe yönelik iklim verilerinin elde edilmesi: Yıllık halka kalınlığı incelemesi ile geçmişe yönelik iklim verilerinin kestirilmesi için öncelikle deneme alanlarından elde edilen yıllık halka verileri ile bölge için mevcut kayıtlı veriler arasındaki ilişki aranmıştır. Bunun için gruplandırılmış değişik mevsimsel ve aylık veriler denenmiş ve en iyi ilişkiyi Mayıs-Haziran toplam yağış miktarının gösterdiği anlaşılmıştır. HUGHES ve ARKADAŞLARI tarafından daha geniş bölge, Ege Bölgesi için yapılan çalışmada da Mayıs-Haziran toplam yağış miktarları kullanılmıştır (HUGHES et al, 2001, p.69).

Deneme alanlarından toplanan yıllık halka verileri değişik zaman dilimlerini kapsamaktadır. Dolayısıyla yıllık halka kronolojisi iki farklı uzunluktaki zaman dilimi için yapılmıştır. Birinci kronoloji bütün 9 deneme alanından toplanan verilerin değerlendirilmesiyle oluşturulan İS 1776-1998 dönemini, ikincisi ise sadece üç yaşlı ardıc (*J. excelsa*) yıllık halka verilerinden faydalanılarak oluşturulmakta ve 1339-1998 dönemini kapsamaktadır.

Mayıs-Haziran toplam yağış kronolojisinin oluşturulması amacıyla kullanılacak regresyon denklemi aşamalı (stepwise) regresyon yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Yukarıda değinilen birinci kronoloji için Mayıs-Haziran toplam yağış varyansının % 43'ünü açıklayan ($R^2 = 0,43$) ve birinci, üçüncü ve sekizinci serileri serbest değişken olarak kabul eden denklem kullanılmıştır. İkinci kronoloji için ise birinci ve üçüncü serileri serbest değişken olarak kullanan ve Mayıs-Haziran toplam yağış varyansının %58'ini açıklayan ($R^2 = 0,58$) regresyon denklemi kullanılmıştır.

4.4. Kurak ve Nemli Periyotların Analizi :

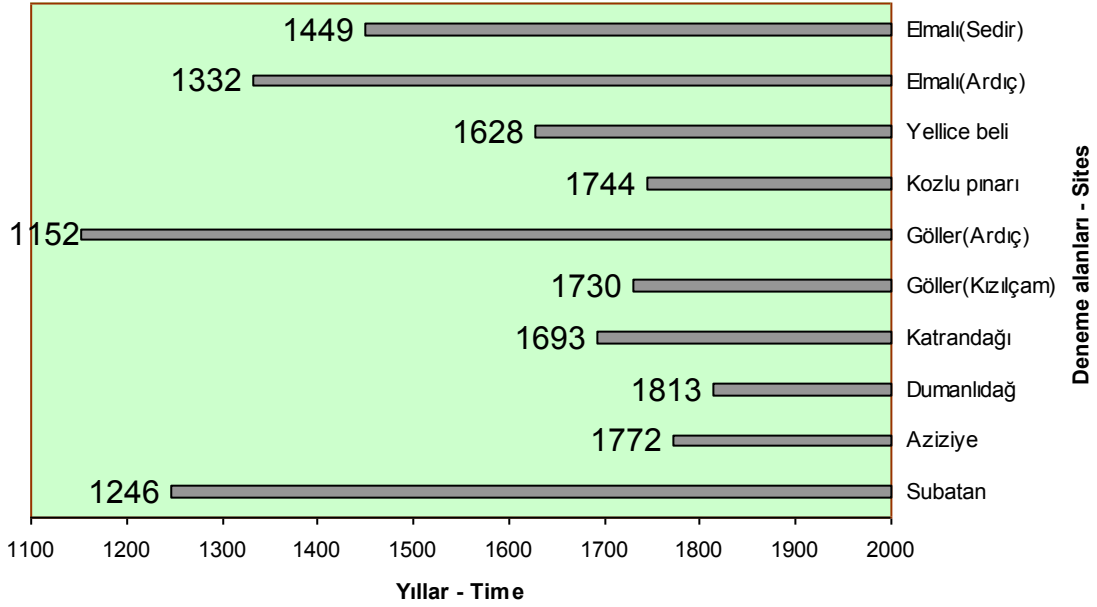
Kurak ve nemli yılların tespitine 1339-98 dönemi için kestirilmiş olan Mayıs-Haziran toplam yağış değerlerinden faydalanılmıştır. Kuraklık analizi için 53.55 mm olan eşik değeri kullanılmıştır. Bu eşik değer 1931-1998 dönemine ilişkin gözlenen Mayıs-Haziran ortalama yağış miktarının % 80'i olarak alınmıştır. Kuraklık şiddetleri ve uzunlukları olasılıklarının hesaplanmasında monte carlo simulasyonu kullanılmıştır. (Bu yöntemin ayrıntıları TOUCHAN ve ARKADAŞLARI (1999) tarafından verilmiştir). Yine nemli dönemlerin analizinde de 1931-98 yılları arasında gözlenen Mayıs-Haziran toplam yağış değerlerinden faydalanılmış ve bu aylar için ortalama yağışın % 120'si olan 80.33 mm değeri eşik değeri olarak kullanılmıştır.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. Kronoloji : Toplam dokuz deneme alanından elde edilen ve en uzununu ardıc (*J. Excelsa*) ın oluşturduğu kronolojilerin uzunlukları 229-849 yıl (1152-2000) arasında değişmektedir (Tablo 1, Şekil 5). Her kronolojinin istatistik analiz değerleri ise Tablo 2. de verilmiştir.

Tablo 2. Dokuz deneme alanından elde edilen kronolojilere ait istatistik değerler
Table 2. Summary statistics for the nine chronologies

Site code	Total chronology					Common intervals				
	Standard deviation	Skewness	Kurtosis	Ist year SSS>0.85 ^a	Time span	Total no of years	Mean correlation among radii	Ist PC variance (%)		
Su Batan	0.18	0.09	0.11	1341	1673-1950	278	0.44	50		
Aziziye	0.13	0.01	0.17	1814	1861-2000	140	0.33	38		
Dumali Dağ & Gller	0.19	0.19	-0.15	1864	1903-2000	98	0.44	47		
Katrandağı	0.18	0.16	0.18	1815	1878-2000	123	0.46	49		
Gller	0.16	0.14	0.46	1567	1759-2000	242	0.33	37		
Kozlu Pınarı	0.15	0.24	0.83	1685	1744-2000	257	0.32	36		
Yellic Beli	0.19	0.15	0.15	1779	1818-2000	183	0.38	43		
Elmalı	0.19	0.21	0.21	1466	1820-2000	182	0.34	41		
Elmalı	0.19	-0.48	1.47	1522	1648-2000	353	0.56	59		



Şekil 5. Deneme alanlarından elde edilen verilerin kapsadığı dönemler
Figure 5. Time coverage of chronologies

Her deneme alanında, ağaçlar arasındaki ortalama korelasyonlar Tablo II de görülmektedir ve yıllık halka kalınlıklarında yeteri ölçüde iklim etkisinin olduğunu göstermektedir. Bu ortalama korelasyon katsayısı 0,32 ile 0,56 arasında değişmektedir. En yüksek korelasyon Elmalı-Sedir deneme alanına (ELMC) ait iken en düşük korelasyon da Alanya – Kozlu Pınarı – Karaçam deneme alanına (KOP) aittir. Bu deneme alanında ortalama korelasyonun düşük bulunmasının nedeni olarak karaçamın iklim koşullarının karşı olan düşük duyarlılığı ile açıklanabilir.

Bazı ardıç ve sedir örneklerinin incelenmesinde, zaman zaman yaşanmış olan yangın olaylarının sebep olduğu kayıp yıllık halkalar nedeniyle zorluklar yaşanmıştır. Kayıp yıllık halka oranları ardıçta %0,07 –0,15, sedirde ise % 0,11 –0,15 aralığında olmuştur. FISHER (1994) Amman'da yaptığı bir çalışmada ardıçta (*J. excelsa*) % 8,8'e varan kayıp yıllık halka ve yalancı yıllık halka tespit edilmiştir. Yine TOUCHAN ve ARKADAŞLARI (1999) Güney Ürdün'de ardıçta (*J. phoenicia*) yaptıkları çalışmada % 0,71 oranında kayıp yıllık halkaya rastlamışlardır. Sedirdeki kayıp yıllık halkaların muhtemel nedenleri arasında lokal yangınların yanında ağır kar yağışlarının neden olduğu dal kırılma tahribatları da sayılabilir.

Bütün deneme alanlarından elde edilen kronolojilerin ikili ortalama korelasyonu anlamlı bulunmuştur ($r = 0,35$, $n = 225$, $p \leq 0,01$).

5.2. Dendroklimatolojik Bulgular

1776-1998 dönemi için iklim verilerini kestirmede kullanılan regresyon denklemi transforme edilmiş (standartlaştırılmış) yıllık halka verileri ile Mayıs-Haziran toplam yağış miktarları arasındaki ilişkiden elde edilmiştir. Bu regresyon denklemi;

$$Y = 66.3 - 8.49 PC1 - 5,31 PC3 - 8,53 PC8$$

olarak elde edilmiştir. Bu denklem ile Mayıs-Haziran toplam yağış miktarının gösterdiği varyansın %47 si bu üç kronoloji aracılığı ile açıklanabilmiştir(Şekil 6-A).

Y : Mayıs-Haziran toplam miktarı (mm); PC1,3,8 : 1. 3. ve 8. kronolojiler

Regresyon denklemi için $F=20.82$ ve $P \leq 0,0001$ olarak hesaplanmıştır.

1339-1998 dönemi için de benzer şekilde

$$Y = 67,3 - 12,6 PC1 + 5,44 PC3$$

regresyon denklemi elde edilmiştir ($F = 26,93$, $P \leq 0,0001$). 1. ve 3. kronolojiler aracılığı ile bu dönem için gözlenen Mayıs-Haziran toplam yağış varyansının %44 ü açıklanabilmiştir(Şekil 6-B)

Bu iki regresyon arasında yüksek oranda bir korelasyon bulunmuştur ($r = 0,91$, $n = 222$, $P \leq 0,0001$). Her iki regresyon için de 1931-98 dönemine ait gözlenen yağış değerlerinden faydalanılmıştır. Bu iki regresyon ile kestirilen yağış değerleri ile 1931-98 dönemine ait gözlenen gerçek yağış değerleri Şekil 6 daki grafikte görülmektedir.

Şekil - 6. Kestirilen ve 1931-98 dönemine ait gözlenen mayıs-Haziran yağış değerleri : (A) dokuz kronolojiye dayalı ve 1776-1998 dönemi için, (B) üç kronolojiye dayalı ve 1339-1998 dönemi için(Touchan, 2003 ten)

Figure 6. Comparison of actual and estimated May and June precipitation for the 1931-98 time period: (A) 1776-1998 reconstruction based on nine chronologies, (B) 1338-1998 reconstruction based on three chronologies(from Touchan, 2003)

5.3. Kurak ve Yağışlı Peryodların Analizi :

Kurak dönemlerin analizi 1339-1998 dönemi için elde edilen kronolojiye dayalı olarak yapılmıştır. Daha önce de belirtildiği gibi bu iki kronoloji istatistikleri arasında büyük benzerlik vardır.

Mayıs-Haziran yağış miktarlarına ait kestirilmiş değerler grafiği Şekil 7 de verilmiştir.

Şekil 7. 1339-1998 dönemine ait kestirilmiş Mayıs-Haziran ayları toplam yağış grafiği(Touchan, 2003 ten).

Figure 7. Time series plot of reconstructed May-June precipitation(from Touchan, 2003)

Şekilde yatay dolu çizgi kayıtlı verilerin ortalamasını, yatay kesikli çizgi 1931-98 yılları arasındaki Mayıs-Haziran toplam yağış değerlerinin %120 sini(80.33 mm) gösteren eşik, yatay noktalı çizgi 1931-98 yılları arasındaki Mayıs-Haziran toplam yağış değerlerinin %80 ini(53,55 mm) gösteren eşik, gri renkte görülen grafik kayıtlı verileri, diğer siyah renkli grafik ise kestirilmiş verileri göstermektedir.

Elde edilen bu sonuçlara göre 1339-1998 yılları arasında ortalama 4.8 yıl aralıkla gerçekleşen 139 ilkbahar kuraklığı vuku bulmuştur. Bu sonuç TOUCHAN ve ARKADAŞLARI (1999) tarafından Ürdün için elde edilen sonuçlara benzemektedir. Nitekim Ürdünde de ilkbahar kuraklıklarının ortalama aralığı 4.2 yıl olarak hesaplanmıştır. İlkbahar kuraklık periyotları arasındaki en uzun aralık 1848-1866 yılları arasında ve 19 yıl olmuştur. 139 ilkbahar kuraklık periyodundan 117 si 1 yıl uzunluğunda, 5 tanesi 2 yıl uzunluğunda, 4 tanesi

3 yıl uzunluğunda ve 1 tanesi de 4 yıl uzunluğunda (1476-1479) gerçekleşmiştir. En kurak yıl 1746 yılında 15,95 mm ile yaşanmıştır. Kayıtlı yağış değerlerine göre ise en kurak ilkbahar 18 mm ile 1935 yılında yaşanmıştır. Gözlenen değerlere bakıldığında 1-2 yıllık kurak periyotlar düzenli bir dağılım göstermektedir. Diğer taraftan 3-4 yıllık kuraklık periyotlarının 16 ve 17. yüzyıllarda hiç yaşanmadığı anlaşılmaktadır.

En yağışlı ilkbahar 1827 127.85 mm ile yaşanmıştır. Kayıtlı verilere göre ise 1936 yılı 122 mm ile en yağışlı ilkbahar olmuştur. Yine kayıtlı veriler 1-2 yıllık yağışlı ilkbahar periyotlarının düzenli dağıldığını göstermektedir (1980 li yılların başı hariç). Daha uzun dönemli yağışlı ilkbahar periyotları 1532-1535 ve 1688-1690 aralıklarında yaşanmıştır.

Yapılan monte carlo simülasyonu sonuçlarına göre bölgede 659 yıl boyunca 6 yıl ve daha uzun ilkbahar kuraklığı yaşanması olasılığının % 11,6 olduğu anlaşılmıştır (Şekil 8). Nitekim yapılan 1000 simülasyondan sadece 11 adedinde 1 defa 6 yıllık kuraklık gerçekleşmiştir.

Yağışlı periyotlar daha çok 1800'lü yıllardan önce gerçekleşmiştir. Gerçekten de 5 yıllık yağışlı periyotların hepsi 1756 yılından önceye rastlamaktadır.

Şekil 8. Monte carlo simülasyonu ile elde edilmiş tahmini Mayıs-Haziran toplam yağış grafiği (Touchan, 2003 ten)

Figure 8. Reconstructed May-June precipitation derived by Monte Carlo analysis (from Touchan, 2003)

6. SONUÇ

Yıllık halkalar geçmişe yönelik iklim verilerini içinde barındıran iyi bir arşiv niteliğindedir. Bu çalışma ile ülkemizin Batı Akdeniz Bölgesi için ciddi ve önemli iklim verileri elde edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen geçmiş yıllara ait ilkbahar yağış değerleri doğal kaynak yöneticilerinin bölgede son 660 yılda yaşanmış kuraklıkların süresini, şiddetini ve tekerrür aralığını daha iyi anlamasına yardımcı olacaktır. Ayrıca bu bilgilerden hareketle gelecekte yaşanması muhtemel kuraklık ve aşırı yağışlı periyotların neden olacağı iklimsel felaketlere karşı önlem alınması da mümkün olacaktır.

Bu çalışma sonuçlarına göre son 6 yüzyıllık dönem içinde en uzun kurak periyot uzunluğu 4 yıl olmuştur (1476-79 yılları arası) ve bir defa gerçekleşmiştir. 3 yıllık kuraklık periyotları 18-20. yüzyıllar arasında yaşanmıştır. Monte carlo simülasyonu 5 yıldan daha uzun periyotların ülkemizin Batı Akdeniz Bölgesi'nde gerçekleşme olasılığının çok düşük olduğunu göstermektedir. Uzun süren kuraklık periyotlarının 1500 ve 1600'lü yıllarda gerçekleşmemiş olması ve bu yıllarda uzun süren yağışlı yılların bulunuyor olması bu döneme ait muhtemel bir ilkbahar iklimi değişikliğine işaret etmektedir.

LİTERATÜR LİSTESİ

AKKEMİK, U., 1997 : Batı Akdeniz Bölgesindeki *Pinus nigra* Arn. ve *Abies cilicica* Carr. Taksonlarında Dendrokronolojik Araştırmalar, Doktora Tezi, İstanbul.

ANONİM 1, 2003 : Introduction about dendrocronology, Indonesia Archaeology on the net, Database for Indonesia Archaeology Directory.

AKKEMİK U. 1999 : Dendrokronoloji : Temel İlkeleri Yöntemleri ve Uygulama Alanları, Derlenmiş notlar, Yayınlanmamış, İstanbul

AYTUĞ, B.1984 : Sülük Gölü'nün Oluşumu, TÜBİTAK Arkeometri Ünitesi bilimsel toplantı bildirileri IV, Ankara

AYTUĞ, B. ve GÜVEN, K.C. 1993 : Hava Kirliliğinin Kızılçamlar Üzerine Etkisi, Uluslar arası Kızılçam Sempozyumu Bildiriler Kitapçığı, s.767-773. Orman Bakanlığı Yayını, Ankara

- FİŞHER M.1994:**Is it possible to construct a tree-ring chronology for *Juniperus excelsa* (bieb)subsp, *Polycarpos* (K.Koch), Takhtajan from the Northern Mountains of Oman? *Dendrochronologia*119-127.
- HUGHES M.K. ; KUNİHOLM P.I. ; GARFİN G.M. ; LATİNİ C. and EİSCHEİD J., 2001:** Aegean tree-ring signature years explained. *Tree-Ring Research* 57(1):67-73.
- ERKAN, N. 2002.** “Dendrokronoloji ve Türkiye İçin Önemi”, Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, Sayı 4, Antalya
- ERKAN, N. 1995.** “Kızılcıamda Meşçere Gelişmesinin Simülasyonu”, (Doktora Tezi), GDA Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No:1, Elazığ
- FISHER, M. 1994.** Is it possible to Construct a Tree-Ring Chronology for *Juniperus excelsa* (bieb) subsp, *Polycarpos* (K.Koch), Takhtajan from the Northern Mountains of Oman? *Dendrochronologia* 119-127.
- KALIPSIZ, A., 1982:** Orman Hasılat Bilgisi Ders Kitabı, İ Ü Orman Fakültesi yayın no:3052 İstanbul.
- KANTAY, B.1986 :** Çoruh meşesi (*Quercus dschorochensis* K. Koch) de dendrokronolojik Araştırmalr, (Doktora Tezi), İ.Ü. Orman Fak. Orman Botaniği Anabilim Dalı, İstanbul
- KUNİHOLM, PI, STRİKER,CL. 1987.** Dendrochronological investigations in the Aegean and neighboring regions, 1983-1986, *Journal of Field Archaeology* 14:385-398 pp.
- MUNRO, M.A.R., BROWN, P.M., HUGHES, M.K. and GARCIA, E.M.R., 1996 :** Image Analysis of Tracheid Dimensions for Dendrocronological Use, *Tree Rings, Environment and Humanity, Radiocarbon* pp.843-851, USA
- SELİK, M. ECKSTEIN, D. ve WRÖBEL, S., 1990 :** Dendrocronological Investigations on Lebanon Cedar, Uluslar arası Sedir Sempozyumu kitapçığı, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayını, Muhtelif Yayınlar No: 59, Antalya
- STOKES, M.A. and SMILEY, T.L., 1996 :** **An Introduction to Tree-Ring Dating**, The University of Arizona Press, Tucson,USA
- TOUCHAN R. and HUGHES M.K., 1999:** Dendrocronology in Jordan, *Journal of Arid Environments* (1999) 42: 291 – 303, Arizona Unv., USA
- TOUCHAN, R. ; MEKO D.M. and HUGHES M.K., 1999 :** A 396-year reconstruction of precipitation in southern Jordan, *Journal of the American Water resources Association*, 35(1), 45-55.
- OZKAN, Z. C., 1996 :** Türkiye'deki Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.)'nın Dendrokronolojisi, *Rr. J. of Agriculture and Forestry*, 23(1999) Ek sayı 2, 263 – 267.
- YENTÜR, S., 1995 :** Bitki Anatomisi, İ.Ü. Fen Fakültesi Yayın No:227, İstanbul