

**T.C.
KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI**

**DOĞAL AFET ARAŞTIRMALARINDA
DENDROJEOMORFOLOJİK YÖNTEMLERİN
KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hazırlayan
Nigar ÜREDİ**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Mücahit COŞKUN**

**Karabük
EYLÜL/2019**

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	1
TEZ ONAY SAYFASI.....	4
DOĞRULUK BEYANI	5
ÖNSÖZ	6
ÖZ.....	8
ABSTRACT.....	9
ARŞİV KAYIT BİLGİLERİ.....	10
ARCHIVE RECORD INFORMATION	11
KISALTMALAR	12
GİRİŞ	13
ARAŞTIRMANIN KONUSU	17
ARAŞTIRMANIN AMACI	18
ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ, GEREKÇESİ ve SINIRLILIKLARI	19
ARAŞTIRMANIN MATERYAL ve YÖNTEMİ.....	20
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	21
1.BÖLÜM	33
DENDROKRONOLOJİ.....	33
1.1.Dendrokronolojinin Tanımı	33
1.2.Dendrokronolojinin Tarihsel Gelişimi	34
1.3.Dendrokronolojinin Temel Prensipleri	37
1.3.1.Aynılık Prensipleri	38
1.3.2.Sınırlayıcı Faktörler Prensipleri.....	38
1.3.3.Ekolojik Amplitüd Prensipleri.....	38
1.3.4. Yer Seçimi Prensipleri	38
1.3.5.Eşleştirme (Çapraz Tarihlendirme) Prensipleri	39
1.3.6. Duyarlılık (Hassasiyet) Prensipleri.....	40
1.3.7.Tekrarlama Prensipleri	41
1.3.8.Standartlaştırma Prensipleri.....	41
1.3.9. Model Oluşturma Prensipleri	42





1.3.10. Kalibrasyon, Vertifikasyon ve Yeniden Oluşturma Prensipleri.....	42
1.4. Dendrokronolojinin Uygulama Alanları.....	42
1.5. Yıllık Halkalar	45
1.6. Dendrokronolojide Uygulanan Yöntemler	46
1.6.1. Örnek Alanın ve Örnek Ağaç Türünün Belirlenmesi	47
1.6.2. Araziye Uygulanacak Yöntemler	48
1.6.3. Laboratuvar Analizinde Uygulanacak Yöntemler	49
2. BÖLÜM	54
DENDROJEOMORFOLOJİ ve DOĞAL AFET ARAŞTIRMALARINDA	
DENDROJEOMORFOLOJİK YÖNETİMLERİN KULLANIMI	54
2.1 Dendrojeomorfoloji.....	54
2.1.1. Dendrojeomorfolojinin Tanımı	54
2.1.2. Dendrojeomorfolojinin Tarihsel Arka Planı.....	55
2.1.3. Dendrojeomorfolojik Yöntemler	57
2.1.4. Dendrojeomorfoloji Uygulama Alanları.....	62
2.1.4.1. Buzul Süreçlerinin Araştırılması (Dendroglasyoloji).....	62
2.1.4.2. Dendrohidroloji ve Dendrohidrografi.....	63
2.1.4.3. Depremlerin Araştırılması (Dendroseismoloji).....	64
2.1.4.4. Volkanik Faaliyetlerin Araştırılması (Dendrovolkanoloji).....	64
2.1.4.5. Kütle Hareketleri ve Dendrojeomorfoloji	65
2.1.4.6. Termokarst Süreçlerinin Araştırılması.....	65
2.1.4.7. Kumul Hareketlerinin Araştırılması	66
2.1.4.8. Flüvyal Süreçlerin Tespiti	66
2.1.4.9. Erozyon ve Erozyon Oranlarının Belirlenmesi.....	67
2.1.5. Doğal Tehlikelerin Ağaç Büyümesi Üzerindeki Etkileri.....	67
2.1.5.1. Ağaçların Yaralanma İzi (Skar Oluşumu) ve Travmatik Reçine Kanallarının Oluşumu.....	68
2.1.5.2. Tilt Olmuş Gövdeler (Eksantirik Büyüme)	69
2.1.5.3. Ağaç Gövdesinin Gömülmesi ve Köklerin Hasara Maruz Kalması	71
2.1.5.4. Ağaçların Dekapitasyona Uğraması ve Dalların Yok Olması	71
2.1.5.5. Komşu Ağaçların Yok Edilmesi	71

2.1.5.6. Doğal Tehlikelerden Sonra Bitki Örtüsünün Ortadan Kalkması ve Yeniden Oluşması	71
2.2.Doğal Afet Araştırmalarında Dendrojeomorfolojik Yöntemlerin Kullanımı	72
2.2.1.Deprem Araştırmalarında Dendrojeomorfolojik Yöntemler.....	72
2.2.3.Kütle Hareketleri Araştırılmasında Dendrojeomorfolojik Yöntemlerin Kullanımı.....	76
2.2.3.1.Heyelan Araştırmalarında Dendrojeomorfolojik Yöntemler.....	76
2.2.3.2.Çığ Araştırmalarında Dendrojeomorfolojik Yöntemler.....	80
2.2.3.3.Enkaz Akışı (Döküntü Akışı) ve Kaya Düşmesi Araştırmalarında Dendrojeomorfolojik Yöntemler	84
3.BÖLÜM	90
SONUÇ ve ÖNERİLER	90
3.1.SONUÇ	90
3.2.ÖNERİLER	93
KAYNAKÇA.....	95
TABLolar LİSTESİ	105
ŞEKİLLER LİSTESİ	106
GRAFİKLER LİSTESİ.....	107
FOTOĞRAFLAR LİSTESİ.....	108
ÖZGEÇMİŞ	109

TEZ ONAY SAYFASI

Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Nigar ÜREDİ' ye ait "Doğal Afet Araştırmalarında Dendrojeomorfolojik Yöntemlerin Kullanımının Değerlendirilmesi" adlı bu tez çalışması Coğrafya Anabilim Dalı Yüksek Lisans programı Tez Kurulumuz tarafından Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği /oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

	Akademik Unvanı, Adı ve Soyadı	İmzası
Tez Kurulu Başkanı	: Prof. Dr. Mücahit COŞKUN	
Danışman Üye	: Prof. Dr. Mücahit COŞKUN	
Üye	: Prof. Dr. Fatih AYDIN	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Halil GÜNEK	

Tez Sınavı Tarihi:03.07.2019

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı herhangi bir yola tevessül etmeden yazdığımı, araştırmamı yaparken hangi tür alıntuların intihal kusuru sayılacağını bildiğimi, intihal kusuru sayılabilecek herhangi bir bölüme araştırmamda yer vermediğimi, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserlere metin içerisinde uygun şekilde atıf yapıldığını beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak ahlaki ve hukuki tüm sonuçlara katlanmayı kabul ederim.

Adı Soyadı: Nigar ÜREDİ

İmza

: 

ÖNSÖZ

Fiziki coğrafya teknik uygulamaları içerisinde yer alan dendrojeomorfoloji disiplinine ait çalışmalara uluslararası kaynaklarda sıklıkla rastlanılsa da ülkemizde bu alanla ilgili literatür yetersizliği bulunmaktadır. Dendrojeomorfolojik araştırmalara ülkemizde daha çok orman mühendisleri dendrokronolojik analizler içerisinde bir alt dal olarak önem vermektedir. Yapılan dendrokronolojik analizlerde ise genellikle iklimsel rekonstrüksiyona, odun anatomisine ve tarihlendirmeye dayalı uygulamalar daha yaygın görülmektedir. Bu uygulamaların yanı sıra ağaçların yıllık halkalarının tarihlendirilmesini temel alan dendrokronolojiyle, geçmiş yıllardan günümüze kadar meydana gelmiş jeomorfolojik süreçlerin ortaya çıkarılması ve yeniden yapılandırılması sağlanmaktadır. Ayrıca bölgesel ve küresel ölçekte sorun teşkil eden doğal afetlerin, zamansal gelişimi ve mekânsal değişimi tespit edilmektedir.

Tez çalışması, giriş kısmı haricinde 3 bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde dendrokronoloji disiplini genel perspektiflerle açıklanmıştır. İkinci bölümünde dendrojeomorfolojinin tarihçesi, yöntemleri ve uygulama alanları ifade edilerek fiziki coğrafya açısından önemi vurgulanmıştır. Ayrıca doğal afet araştırmalarında dendrojeomorfolojik yöntemlerin kullanımı değerlendirilerek bu konuyla ilgili yapılmış örnek çalışmalara yer verilmiştir. Son bölümde sonuç ve öneriler kısmına değinilerek çalışma tamamlanmıştır.

Lisans eğitimimden bugüne kadar ve araştırmanın planlanmasında, yürütülmesinde ilgi ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve fikirlerinden yararlandığım tez danışmanım sayın hocam Prof. Dr. Mücahit COŞKUN' a teşekkürlerimi sunarım. Yakın bir zamanda hastalığı nedeniyle kaybettiğimiz, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, kıymetli hocam merhum Dr. Öğr. Üyesi Ersin GÜNGÖRDÜ' ye; araştırmama katkı sağlayan arkadaşlarım Muhammet ÖZTEKİNCİ' ye, Nurettin POLAT'a ve Ferhat TOPRAK'a teşekkür ederim.

Karabük'te bulunduğum zamanlarda bana evinin kapılarını açan ve her zaman yanımda olan kıymetli ablam Elif KOCAKAYA ve Ailesine; hayatımın her anında desteğini esirgemeyen babam Osman ÜREDİ' ye, annem Sultan ÜREDİ' ye ve kardeşim Semih ÜREDİ' ye minnettardım.

Karabük Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir

Proje No: KBÜ- BAP/17- YL- 453

Nigar ÜREDİ

Karabük, 2019



ÖZ

Doğal afetler, süreç içerisinde belirli aralıklarla tekrarlayan hareketlerdir. Doğal tehlikelerin gerçekleşme sıklığı, hareket zamanı ve büyüklüğünün doğru tanımlanabilmesi için bu tehlikelerin paleoçevresel ortam koşullarında gelişim süreçlerinin incelenmesi ve ortaya çıkan bulguların analiz edilmesi gerekmektedir.

Tez çalışmasının konu kapsamını dendrokronolojinin bir alt dalı olan dendrojeomorfoloji oluşturmaktadır. Yapılan bu çalışmayla doğal afet araştırmalarında kullanılan yöntemlerden biri olan dendrojeomorfolojinin coğrafya bilim literatürüne katkı vermesi amaçlanmıştır. Araştırmada yöntem olarak betimsel tarama modeli kullanılmıştır.

Araştırmanın içeriğini dendrokronolojinin ve dendrojeomorfolojinin tarihsel gelişimi, prensipleri, uygulama alanları ve yöntemleri hakkında bilgiler oluşturmaktadır. Bu çalışmayla dendrojeomorfoloji alanında yapılmış güncel araştırmalara yer verilerek doğal afet araştırmalarında kullanımı değerlendirilmiştir. Tezin beklentisi araştırmacılara dendrojeomorfoloji konusunda hazırlanmış ve uygulama örneklerini içeren bilgilerin yer aldığı temel düzeyde toplu bir kaynak oluşturmaktır.

Anahtar Kelimeler: Doğal Tehlikeler; Doğal Afetler; Jeomorfolojik Süreçler; Dendrojeomorfoloji; Dendrojeomorfolojik Yöntemler; Yıllık Halkalar; Ağaç Büyüme Anomalileri.

ABSTRACT

Natural disasters are processes of repetitive movements at regular intervals. In order to accurately identify the frequency, time and magnitude of the occurrence of natural hazards, the developmental processes of these hazards in paleoenvironmental conditions need to be examined and analyzed the findings of result.

The subject of the thesis is dendrogeomorphology which is a sub-branch of dendrochronology. In this study, dendrogeomorphology, which is one of the methods used in natural disaster research, is aimed to contribute to geography science literature. Descriptive scanning model was used as the method in the research.

The content of the research consists of information about the historical development, principles, application areas and methods of dendrochronology and dendrogeomorphology. In this study, current researches in the field of dendrogeomorphology have been evaluated and their use in natural disaster researches has been evaluated. The expectation of the thesis is to provide the researchers with a basic level of information on dendrogeomorphology, which includes the application examples.

Keywords: Natural Hazard; Natural Disaster; Geomorphological Processes; Dendrogeomorphology; Dendrogeomorphic Methods; Tree Rings; Tree Growth Anomalies.

ARŞİV KAYIT BİLGİLERİ

Tezin Adı	Doğal Afet Araştırmalarında Dendrojeomorfolojik Yöntemlerin Kullanımının Değerlendirilmesi
Tezin Yazarı	Nigar ÜREDİ
Tezin Danışmanı	Prof. Dr. Mücahit COŞKUN
Tezin Derecesi	Yüksek Lisans
Tezin Tarihi	03.07.2019
Tezin Alanı	Fiziki Coğrafya
Tezin Yeri	KBÜ/SBE
Tezin Sayfa Sayısı	109
Anahtar Kelimeler	Doğal tehlikeler, doğal afetler, jeomorfolojik süreçler, dendrojeomorfoloji, dendrojeomorfolojik yöntemler, yıllık halkalar ve ağaç büyüme anomalileri.

ARCHIVE RECORD INFORMATION

Name of the Thesis	Evaluation of the Use of Dendrogeomorphological Methods in Natural Disaster Research
Author of the Thesis	Nigar UREDI
Advisor of the Thesis	Prof. Dr. Mücahit COŞKUN
Status of the Thesis	Master's Degree
Date of the Thesis	03.07.2019
Field of the Thesis	Department of Geography
Place of the Thesis	KBU/SBE
Total Page Number	109
Keywords	Natural hazard, natural disaster, geomorphological processes, dendrogeomorphology, dendrogeomorphic methods, tree rings and tree growth anomalies.

KISALTMALAR

- AFAD** : Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
- BB** : Büyüme Bozukluğu
- CBS** : Coğrafi Bilgi Sistemi
- ESR** : Elektron Spin Rezonans Yöntemi
- GPS** : Yön Bulma Cihazı
- IT** : Shoder'in Formülü
- ITRDB** : Uluslararası Yıllık Halka Veri Bankası
- mm** : Milimetre
- OSL** : Optik Uyarımlı Lüminesans Yöntemi
- ssp** : Alt tür
- TL** : Termolüminesans Yöntemi
- TRK** : Travmatik Reçine Kanalı
- UWICER**: Ugyen Wangchuck Institute for Conservation and Environmental Research
- UZAL** : Uzaktan Algılama

GİRİŞ

Toplumunu etkileyen, fiziksel ve ekonomik zararlara neden olan doğal, teknolojik ve insan kaynaklı tüm süreçler afet olarak tanımlanmaktadır. Afetler; doğal ve antropojenik kaynaklı tehlikeler olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Küresel ve bölgesel açıdan sorun oluşturan doğal tehlikeler iklimatik, jeolojik, jeomorfolojik, hidro-meteorolojik ve biyolojik dinamikleri içerisinde barındıran, fiziki ve beşerî yapı üzerinde doğrudan etkisi bulunan fenomenler arasındadır. Jeolojik ve jeomorfolojik kökenli tehlikeler arasında deprem, tsunami, kütle hareketleri, volkanik faaliyetler bulunurken hidro-meteorolojik ve iklimatik tehlikeler arasında sel, kasırga, iklim değişimleri, don, aşırı yağışlar, kuraklık, çığlar, buzullar, hava kirliliği yer almaktadır. Biyolojik afetler içerisinde erozyon, orman yangını, böcek istilaları ve salgın hastalıklar bulunmaktadır (Bobrowsky ve Highland, 2008; Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2010) (Tablo 1).

Tablo 1. Başlıca Doğal Afet Türleri.

DOĞAL AFETLER		
Jeolojik-Jeomorfolojik Afetler	Hidro-Meteorolojik Afetler	Biyolojik Afetler
Deprem ve Tsunami	İklim Değişikliği	Erozyon
Volkanik Faaliyetler	Sel ve Taşkınlar	Orman Yangını
Heyelan	Kasırga-Hortum	Böcek İstilaları
Kaya Düşmesi	Aşırı Yağışlar- Kuraklık	Salgın Hastalıklar
Çamur Akıntısı	Çığ	
	Sıcak ve Soğuk Hava Dalgası	
	Buzlanma	
	Yıldırım Düşmesi	
	Dolu	
	Don	

Kaynak: (AFAD, 2018).

Türkiye jeolojik, jeomorfolojik yapısı ve iklim koşulları nedeniyle doğal afet risk/tehlike potansiyeline sahip bir konumda yer almaktadır. Türkiye’de toplumsal, ekonomik ve kültürel faaliyetleri etkileyen can, mal kayıplarına neden olan doğal afetlerin başında deprem, heyelan, kuraklık, orman yangını, hava kirliliği, aşırı yağışların neden olduğu sel, taşkın, kaya ve çığ düşmesi gelmektedir (AFAD, 2018).

Türkiye’de katastrofik süreçlerin meydana getirebileceği doğal ve sosyo-ekonomik zararları minimal düzeye indirmek için farklı yöntemler kullanılarak afet risk analizleri yapılmaktadır. Günümüz de doğal afetlerin oluşturacağı zararları azaltmak, afet öncesi ve afet sonrası meydana gelecek durumları önceden tespit edebilmek için afet risk yönetimi araştırmaları uygulanmaktadır. Risk yönetimi, tehlike süreçlerinin afete dönüşmeden planlanarak önlem alınmasını kapsayan bir süreçtir. Modern afet risk yönetimi, afet öncesi araştırmalar yapılarak hasar, zarar, can ve mal kayıplarının azaltılması, erken uyarı sistemleri ve birçok teknik kullanıldığı hazırlık aşamasının yapılmasını kapsamaktadır (Kadioğlu, 2008). Afet yönetimiyle, risk ve tehlikelerin gelecekte oluşabilecek durumlarını önlemek için modellemeler üretilmektedir.

Doğal ve beşerî ortamın sentezini ortaya koyan Coğrafya bilimi ülkemizde ve dünyada birçok farklı bilim dalıyla etkileşim halindedir. Son yıllarda farklı araştırma yöntem ve teknikleri kullanarak uygulamalı çalışmalarla sıklıkla yer verilmektedir. Yer bilimleri topluluğunun içerisinde konusu gereği multidisipliner bir bilim dalı olan jeomorfoloji, yeri şekillendiren etmen ve süreçleri doğal ortam koşullarıyla ilişkilendirmektedir. Jeomorfoloji disiplininde 1980’li yılların sonlarında teknolojinin gelişimine bağlı olarak, ortaya konulan araştırmalarda toplumun ihtiyaçlarına yönelik ve toplumun karşılaştığı sorunlarının çözümüne odaklı değişimler yaşanmıştır (Erinç, 2010).

Nedensel bağlantıları tespit eden uygulamalı jeomorfoloji araştırmalarının hızla gelişmesi farklı yöntemlerin kullanımına zemin hazırlamıştır. Jeomorfolojik dinamiklere bağlı olarak meydana gelen katastrofik süreçlerin tespitine dayalı yapılan araştırmalarda son yıllarda artış gözlenmektedir. Bu araştırmalarda jeomorfolojik süreçlerin tetiklediği fenomenlerin anlaşılması, değerlendirilmesi ve bu fenomenlerin zararlarını asgari düzeye indirmek için bilimsel temellere dayalı yöntemler ve teknikler kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında araziye dayalı gözlemler, erken uyarı sistemleri, uzaktan algılama (UZAL), coğrafi bilgi sistemleri (CBS), mutlak yaşlandırma tekniklerine dayalı ölçümler, analizler ve modellemeler (benzetimler) yer almaktadır.

Bu yöntemlerden UZAL ve CBS teknolojileri günümüzde afet risk planlama çalışmalarında verilerin temin edilmesinde kullanılmaktadır. Etkin bir veri toplama yöntemi olan UZAL ile geniş alanlarda bilgiler sağlanarak, doğal süreçlerin etkilediği olayların zaman içerisinde gelişim safhalarının izlenmesinde ve değişiminin etkilerini ortaya çıkarılmasında tahminler yürütülmektedir. Veri girme, işleme, analiz etme, depolama ve sorgulama aracı olan CBS ile mekâna bağlı verilerin hızlı bir biçimde temin edilerek haritalar üretilmesinde afet yönetim sistemi çalışmalarına alt yapı oluşturmaktadır. CBS yöntemiyle üretilen verilerin analizleri yapılarak sayısal modellemeler ortaya konulmaktadır. Bu yöntemin araştırmacılara kolay çözümlene ve çok yönlü görsellik sunması nedeniyle risk araştırmalarında sıklıkla kullanılmaktadır (Arca, 2012).

Doğal tehlike süreçlerinin saptanması, geçmiş çevresel koşullarının tarihlendirilmesi ve anlamlandırılması açısından mutlak yaşlandırma yöntemleri de fiziki coğrafya ve kuvaterner araştırmalarına katkı sağlamaktadır (Tablo 2). Bu yöntemler iklimsel parametrelerin ve jeomorfolojik dinamiklerin yeniden yapılandırılmasında net bulgular üreterek geçmiş çevresel koşulların değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Özellikle geçmiş dönem koşullarının belirlenmesinde, buzul karotları, okyanus tortulları, mercan resifleri, varvlar, karbonatlı mağara çökelleri, lösler, polenler, bitki makro fosilleri ve ağaç halkaları analizleri gibi paleoortam kaynaklarından da yararlanılmaktadır (Köse, 2007; Erlat, 2012; Atalay, 2016; Coşkun, 2019). Ayrıca mutlak yaşlandırma yöntemlerinde ortaya çıkan hatalara karşı doğru sonuçlar elde etmek için sıklıkla çapraz kontrol uygulanmaktadır. Çapraz kontrol araştırmanın güvenilirliğini arttırmak ve doğrulamak amacıyla iki farklı yöntemin kıyaslanmasına bağlı oluşturulmaktadır.

Paleocoğrafya araştırmalarında çeşitli olguların saptanmasında ve açıklanmasında kullanılan yöntemlerden biri olan ağaç yıllık halka analizi, iklimsel parametrelerin ve jeomorfolojik süreçlerin tarihlendirilmesinde, yeniden yapılandırılmasında, gelecekte oluşacak küresel değişimlerin tahmin edilmesinde kullanılan yöntemler arasındadır (Fotoğraf 1). Ağaç halkaları sadece yaş saptama bilimi değildir. Aynı zamanda ağaçların modifikasyonuna sebep olan kümülatif etkileri yorumlanmasıyla jeomorfolojik dinamiklere niceliksel ve niteliksel veriler sağlayabilmektedir. Bu veriler CBS ve UZAL programlarına entegre edilerek afet

riskleri değerlendirilmektedir. Ayrıca dendrojeomorfolojik yaklaşımlarla doğal tehlikenin hareket zamanını, büyüklüğünü ve frekansını lokal alanlarda belirlenmesi sağlanmakta ve kütlelin akma hareketi, kırılma noktası ve akış yönü gibi uzamsal bilgileri barındırmaktadır. Bu yöntemle doğal afetlerin orman ekosistemi üzerinde meydana getirdiği büyüme anomalileri incelenerek geçmişte ya da günümüzde meydana gelmiş jeomorfolojik süreçlerin tetiklediği doğal tehlikelerin risk analizleri yapılabilmektedir.

Tablo 2. Mutlak yaşlandırma yöntemlerinin sınıflandırılması.

MUTLAK YAŞLANDIRMA YÖNTEMLERİ	
Radyometrik Olan Yöntemler	Radyometrik Olmayan Yöntemler
<i>1.Radyoaktif Parçalanma Yoluyla</i>	<i>DENDROKRONOLOJİ</i>
C-14	Varv Analizi
K ⁴⁰ -AR ⁴⁰	Palinoloji (Polen Analizi)
U ²³⁸	Uranyum /Florin
U ²³⁵	Razemizasyon
U ²³²	Cam yüzeyi tabakaları
Fizyon İzleri Sayımı	Obsidien hidrasyonu
<i>2.Radyasyon Etkisi Enerji Birim Yoluyla</i>	Paleo/Arkeomanjetizma
TL (Termolüminesans)	Likonometri
OSL (Optik Uyarımlı Lüminesans)	
ESR (Elektron Spin Rezonans)	



Fotoğraf 1. Ağaç yıllık halkası enine kesiti. Koyu renkli halkalar yaz odununu, açık renkli halkalar ilkbahar odununu temsil etmektedir (URL¹).

ARAŞTIRMANIN KONUSU

Ülkemizde güncel olarak yaşanan doğal tehlikeleri tespit edebilmek için geçmiş yıllarda yaşanmış doğal afetlere ya da geçmiş dönem iklim koşullarına incelemek gerekmektedir. Doğal tehlike ve risk araştırmalarının temelini iklimsel kayıtlar, jeomorfolojik süreçler ve doğal afetlerin belgelenmesi oluşturmaktadır. Geçmişte ve günümüzde meydana gelmiş olayların ve tehlikelerin değerlendirilmesinde kanıtları koruyan önemli bir araç olan zamanın sessiz tanıkları ağaçlar, doğal bir arşiv niteliği taşımaktadır. Jeomorfolojik süreçlerin ve doğal tehlikelerin etkisiyle ağaçların gelişiminde büyüme anomalileri meydana gelmektedir. Büyüme bozukluklarına dayalı analizler doğrultusunda katastrofik olayların gerçekleşme sıklığı, hareket zamanına etkisi, yoğunluğu, yayılması, akma mesafesi, süresi, büyüklüğü gibi değerli bilgileri ağaç yıllık halkaları kullanılarak tespit edilebilmektedir.

Tez çalışmasının konu kapsamını; dendrokronolojinin bir alt dalı olan dendrojeomorfoloji oluşturmaktadır. Bu kapsamda çalışmada dendrokronolojinin ve dendrojeomorfolojinin tarihsel gelişimi, prensipleri, uygulama alanları ve yöntemleri ele alınmıştır. Dendrojeomorfolojik araştırmalarının temel malzemesi olan ağaçlarda

görülen büyüme bozuklukları anlatılmıştır. Ayrıca yer kökenli doğal afetlerin (deprem, volkanik faaliyetler ve kütle hareketleri) tespitinde dendrojeomorfolojik yöntemlerden nasıl yararlanıldığı açıklanarak güncel araştırmalarla desteklenmiştir.

Tez araştırmasında böyle bir konunun seçilmesinde ülkemizde yapılmış fiziki coğrafya literatüründe araştırma sayısının sınırlı olması, etkili olmuştur. Daha sonraki araştırmacıları derli toplu biçimde dendrojeomorfoloji konusunda hazırlanmış ve uygulama örneklerini içeren bilgilerin yer aldığı bir kaynak oluşturulması sağlanmıştır. Bu konuda daha sonra yapılacak araştırmalara bir bakış açısı kazandırması ve metodoloji örnekleri sunması araştırmayı önemli kılmaktadır.

ARAŞTIRMANIN AMACI

Dendrojeomorfoloji yöntemiyle ağaç halka kayıtlarının ayrıntılı şekilde incelenmesi doğal afet araştırmalarına çok yönlü kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca jeomorfolojik dinamikler ve geçmiş dönem koşullarında yaşanan olaylar hakkında nicel ve nitel verilerle doğal tehlikeler anlaşılabilir. Özellikle doğal afet ve tehlikelerin belirlenmesinde tarihsel kayıtların yetersizliği birçok tekniğin ve yöntemin kullanımına da zemin hazırlamakta aynı zamanda geçmiş çevresel koşulları belirlenmesinde ya da yazılı ve gözlemsel kayıtların verilerini tamamlamak için ağaç yıllık halkalarından yararlanılmaktadır. Doğal afet araştırmalarının yanı sıra Kuvaterner döneminin karmaşıklığını doğru bir biçimde anlamlandırılması ve paleoçevresel koşulların değişikliklerinin yeniden yapılandırmasında da kullanılmaktadır.

Tez çalışmasıyla, ülkemizde yapılan dendrojeomorfoloji araştırmalarında metodolojik belirsizliği azaltmak, alan yazın eksikliğini gidermek afet tehlike ve risk araştırmalarına yeni bir boyut kazandırmak ve fiziki coğrafya araştırmacıları tarafından bu alanla ilgili yapılacak araştırmalara temel düzeyde derli toplu bir kaynak oluşturmak amaçlanmaktadır.

Bu amaç doğrultusunda araştırmanın alt amaçlarına ait aşağıdaki sorulara yanıtlar aranacaktır;

- Dendrokronoloji ve Dendrojeomorfolojinin tarihsel arka planı, gelişimi ve prensipleri nelerdir?
- Dendrokronoloji ve Dendrojeomorfolojinin uygulama alanları nelerdir?

- Dendrojeomorfoloji yöntemleri ve analizleri nasıl uygulanır?
- Dendrojeomorfoloji de örnek ağaç seçimi nasıl olmalıdır?
- Geçmişteki doğal tehlikelerin ortaya çıkma sıklığı ve büyüklüğü nasıl tespit edilmektedir?
- Dendrojeomorfoloji uygulamalarının birbirlerini tamamlayıcı nitelikte midir?
- Doğal tehlikeler ağacın büyümesini nasıl etkiler? Ağaçta hangi büyüme bozuklukları görülmektedir?
- Dendrojeomorfoloji doğal afet risk çalışmalarına alternatif bir yöntem olabilir mi?
- Bir sahanın doğal afet analizinde dendrojeomorfoloji yöntemi tek başına kullanımı yeterli midir?
- Dendrojeomorfoloji yönteminin olanakları ve sınırlılıkları nelerdir?

ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ, GEREKÇESİ ve SINIRLILIKLARI

İnsanlar üzerinde birçok olumsuz durumu ortaya çıkaran çevresel problemler, farklı bilimsel disiplinlerle ilişkilendirilerek incelenmektedir. Günümüzde farklı alanlarla ilişkilendirilerek yapılan uygulama araştırmaları birçok karmaşık konunun daha etkin bir biçimde çözümlenmesine yardımcı olmaktadır. Dendrojeomorfoloji disiplini özellikle doğal afetlerin incelenmesinde fiziki coğrafyacılar için kolaylıklar sağlamaktadır. Ayrıca dendrokronolojik ve dendrojeomorfolojik yöntemlerin bilimsel paradigmaları açıklanarak doğal afet araştırmaları konu alan yıllık halka analizi araştırmaları hakkında kısa bilgilere yer verilmiştir.

Türkiye’de yapılan dendrokronolojik çalışmalar genel olarak iklimsel rekonstrüksiyonuna dayalı olduğu için dendrojeomorfoloji konusu hakkında yapılan araştırmalar sınırlı sayıda kalmaktadır. Bu yöntemle ilgili inceleme araştırmalar bulunsada doğal afetlerle ilişkilendirilen derli toplu bir çalışma bulunmamaktadır. Dünyada bu konuyla ilgili yapılan araştırmaları genellikle fiziki coğrafyacıların yürütmesi ve coğrafyacıların dendrojeomorfoloji alanından uzak kalması bu araştırmayı önemli kılmaktadır. Ayrıca doğal afetlerin üzerine uygulamalı analizler yapan fiziki coğrafya

araştırmacılarına dendrojeomorfolojik yöntemlerin tanıtılarak bu yöntemlerin araştırmacılara sağladığı avantajlar ve dezavantajlardan bahsedilmiştir.

Türkiye’de bu alanla ilgili yapılan araştırmaların yetersizliğinden kaynaklanan eksiklikler çalışmayı sınırlandıran ana nedenlerin başında gelmektedir. Uluslararası literatürde yer alan yardımcı kaynaklar genel olarak makale türünde bulunması ve dendrojeomorfoloji alanında temel kaynakların tarihlerinin güncel olmaması ayrıca bu yöntemle ilgili birçok farklı yaklaşımın bulunmasından kaynaklanan belirsizlikler araştırmayı sınırlandıran sebepler arasındadır.

ARAŞTIRMANIN MATERYAL ve YÖNTEMİ

İnsanlar üzerinde birçok olumsuz durumu ortaya çıkaran çevresel problemler, farklı bilimsel disiplinlerle ilişkilendirilerek incelenmektedir. Günümüzde farklı alanlarla ilişkilendirilerek yapılan uygulama araştırmaları birçok karmaşık konunun daha etkin bir biçimde çözümlenmesine yardımcı olmaktadır. Dendrojeomorfoloji disiplini özellikle doğal afetlerin incelenmesinde fiziki coğrafyacılar için kolaylıklar sağlamaktadır.

Tez çalışmasında dendrojeomorfoloji konusunda yapılmış olan yurt içi ve yurt dışı yazını kapsamlı bir biçimde incelenerek literatür taraması yapılmıştır. Bu kaynaklardan yer alan nitel ve nicel veriler sistematik olarak derlenmiştir. Ayrıca dendrokronoloji ve dendrojeomorfolojik yöntemlerin bilimsel paradigmaları açıklanarak doğal afet araştırmaları konu alan yıllık halka analizi araştırmaları hakkında bilgilere yer verilmiştir.

Araştırmanın yöntemini **Betimsel Tarama Modeli** oluşturmaktadır. Bu yöntem kullanılarak herhangi bir konuda var olan olgular ya da konular farklı kaynaklardan incelenerek yorumlanmaktadır. Bu tür araştırmalarda konular hakkında sistematik ve düzenli bilimsel veriler kullanılarak yapılmaktadır. Betimleyici bir araştırmada bir durumun varlığı ve/veya yokluğu durumu belirlenmeye çalışılmaktadır. Betimleyici araştırmaların bulguları tablo ve grafiklerle değerlendirilerek değişkenlikler arasındaki korelasyonun varlığı ya da yokluğu ortaya konulmaktadır (Arseven,2001; Coşkun, 2017).

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Araştırmanın bu bölümünde doğal afet, dendrokronoloji ve dendrojeomorfoloji alanında yapılmış araştırmalar hakkında genel bilgilere yer verilmiştir (Tablo 3).

Stokes and Smiley (1968) tarafından hazırlanan "*An Introduction to Tree Ring* " adlı çalışmada dendrokronolojinin temel kaynakları arasında yer almaktadır. Ağaç halkalarının tarihlendirilmesi ve yönteminin ana metodolojisi açıklanarak yıllık halka kronolojisi oluşturma teknikleri anlatılmaktadır.

Alestalo (1971) tarafından yazılan "*Dendrochronological Interpretation of Geomorphic Processes*" adlı kitapta, ilk kez dendrojeomorfoloji terimi kullanılmış jeomorfolojik dinamiklerin, vejetasyon ekolojisine etkileri gözlemlenmiştir. Dendrokronolojik yöntemlerin uygulama alanlarını genişleten bu çalışma dendrojeomorfoloji alanında kılavuz niteliği taşımaktadır.

Fritts (1976) tarafından hazırlanan "*Tree Ring and Climate*" adlı kitabında ağaç halkaları iklimsel parametrelerle ilişkilendirilmiştir. Dokuz bölümden oluşan bu kitap, dendroklimatolojinin temel kaynakları arasında yer almaktadır. Büyüme-iklim arasındaki bağlantıya vurgu yaparak, dendrokronolojinin ana prensipleri, yöntemi ve temel istatistikleri açıklanmaktadır. Dendroklimatoloji disiplinde kullanılan tepki fonksiyonu yöntemi ortaya konulmuştur.

Shroder (1978)'in "*Dendrogeomorphological Analysis of Mass Movement on Table Cliffs Plateau, Utah*" adlı çalışmasında Table Cliffs paltosunda (Utah /A.B.D.) bulunan kaya buzullarının kütleli hareketleri nedeniyle 220 ağacın büyümesini etkilemiştir. Eğim ve kayma hareketlerine maruz kalan ağaçların gösterdiği tepkiler dendrojeomorfolojik yöntemlerle analiz edilmiştir. 1791-1958 yılları arasında en yüksek hareket dönemleri gözlemlenmiştir.

Shroder (1980)'in "*Dendrogeomorphology: Review and New Techniques of Tree-Ring Dating*" adlı makalesinde dendrojeomorfoloji prensipleri hakkında temel bilgileri oluşturmaktadır. Dendrojeomorfoloji yöntemini geliştiren Shroder, ağaç halka yapısı ve büyümesiyle ilgili parametreleri incelemiştir. Dendrojeomorfolojinin temel ilkesi olan süreç-olay-tepki sistemini açıklayarak, büyüme reaksiyonları ve jeomorfik süreçleri değerlendirmiştir.

Braam, Weiss and Burrough (1987) tarafından ortaya konulan "*Dendrogeomorphological Analysis of Mass Movement- A Technical Note on the Research Method*" adlı araştırma dendrojeomorfolojinin gelişimine katkı sağlamıştır. Kütle hareketlerinin meydana getirdiği olayların tarihlendirilmesi ve kütle hareketlerin değişkenliğinin incelenmesi için ağaç halkaları verilerinin kullanımı açıklanmıştır. Arazinin topografik yapısının ağaçların gövdesinde meydana getirdiği büyüme anomalilerini (reaksiyon odunu, eksantirik gövde, vb.) açıklayarak iğne ve geniş yapraklı ağaçlarda büyüme formlarının farklılıkları ifade edilmiştir.

Braam, Weiss and Burrough (1987) tarafından konu edilen "*Spatial and Temporal Analysis of Mass Movement Using Dendrochronology*" adlı çalışmada kütle hareketlerinin zamansal ve mekânsal değişimlerini ortaya koymak için dendrojeomorfoloji uygulamalarının kullanımını açıklamıştır. Fransa'da yapılan örnek bir çalışmayla jeomorfolojik süreçlerin ağaç yapısındaki meydana getirdiği büyüme anomalileri incelenmiştir.

Butler (1987) tarafından hazırlanan "*Teaching General Principles and Applications of Dendrogeomorphology*" isimli çalışmada dendrojeomorfoloji disiplininin genel yapısının, ilkelerinin ve metodolojisinin anlatıldığı temel eserler arasında yer almaktadır.

Cook and Kairiukstis (1990) tarafından hazırlanan "*Methods of Dendrochronology, Applications in the Environmental Sciences*" adlı kitapta dendrokronoloji biliminin tarihsel arka planına bir bakış sunmaktadır. Dendrokronolojinin geleneksel yöntemlerle metodolojisi anlatılarak uygulama alanları belirtilmiştir.

Aytuğ ve Kılıç (1993) tarafından hazırlanan "*Contribion d'Une Etude Dendrocronologique a La Constatation de L'Age du Lac Sülük (Bolu)*" adlı araştırmasında Bolu-Mudurnu yakınlarında yer alan Sülüklü gölün oluşumu incelenmiştir. Göl içerisinde dikili bir biçimde, kuru halde su yüzeyinde kalan meşe (*Quercus*), ağaçlarından örnekler alınmıştır. Gölden alınan örneklerle oluşturulan ana kronolojilere göre 1702-1703 yılları arasında tektonik hareketlerin sonucunda oluşmuş heyelan izlerine rastlanmıştır. Bu araştırma ülkemizde dendrojeomorfoloji alanında yapılan ilk çalışmalar arasında yer almaktadır.

Jacoby (1997) tarafından ortaya konulan "*Application of Tree Ring Analysis to Paleoseismology*" isimli çalışmasında sismolojik araştırmalarda deprem tarihiyle ilgili bilgilerin önemli bir paya sahip olduğunu ayrıca tarihsel kaynakların yetersizliğinden dolayı çevresel değişime duyarlılığı olan ağaçların kullanılmasının önemine değinmiştir.

Strunk (1997) tarafından konu edilen "*Dating of Geomorphological Processes Using Dendrogeomorphological Methods* " isimli çalışmada jeomorfolojik süreçlerden biri olan enkaz akışları sebebiyle ağaçlarda gövde ve kökte eř zamanlı meydana gelen büyüme reaksiyonlarının dendrokronolojik yöntemler kullanılarak yeniden yapılandırılmıştır. İtalya (Prags) araştırma alanı olarak seçilmiş ve yörede bulunan Avrupa ladininin (*Picea Abies*) gövde ve kök yapısı değerlendirilmiştir.

Fantucci (1999)'nin "*Dendrogeomorphology in Landslide Analysis*" adlı çalışması "*Floods and Landslides: Integrated Risk Assessment*" isimli kitabın 2. bölümünde yer almaktadır. Dendrojeomorfoloji hakkında kısa bir bilgi verildikten sonra dendrojeomorfolojik yöntemin sınırlılıkları anlatılmıştır. Heyelanların ağaçlar üzerinde meydana getirdiği değişimler açıklanmıştır. Teorik açıklamalardan sonra İtalya'da uygulama çalışması yapılmıştır

Grissino-Mayer (2001)'in "*Evaluating Crossdating Accuracy: a Manual and Tutorial for the Computer Program Cofecha*" isimli çalışmasında dendrokronoloji çalışmalarında çapraz tarihlendirme ya da eşleştirme (cross-dating) olarak bilinen işleminde kullanılan Cofecha programının tanıtılarak kullanımı hakkında bilgiler ifade edilmiştir. Bu program dendrokronolojik ölçümlerin doğruluğunu denetlemek için kullanılmaktadır.

Solomina (2002)'in "*Dendrogeomorphology: Research Requirements*" adlı araştırmasında dendrojeomorfolojinin metotları, araştırma gereksinimleri ve analiz teknikleri açıklanmıştır. Dendrojeomorfolojinin alt disiplinlerinin anlatıldığı çalışmada diğer tarihlendirme yöntemleri kısaca değinilmiştir.

Akkemik (2004)'in "*Dendrokronoloji İlkeleri-Biyolojik Temelleri-Yöntemleri-Uygulama Alanları*" adlı eseri ülkemizde dendrokronoloji alanında yazılmış ilk kitaptır. Bu kitapta dendrokronolojinin tarihçesi, ana prensipleri, biyotik faktörleri, yöntemleri, ölçme teknikleri ve uygulama alanları temel bir perspektifle ortaya konulmuştur.

Stoffel (2006)'ın "*A Review of Studies Dealing with Tree Rings and Rockfall Activity: The Role of Dendrogeomorphology in Natural Hazard Research*" isimli çalışmasında dendrojeomorfoloji genel bir perspektifle açıklanarak geçmiş kaya düşmesine odaklanan vaka çalışmalarından bahsedilmiştir.

Avcı (2007)'nin "*Coğrafyacılar için Dendrokronoloji*" isimli kitabında dendrokronolojinin paleocoğrafya araştırma tekniklerinden biri olduğunu ve coğrafyacılar için öneminden bahsetmektedir. Dendrokronolojinin temel ilkelerini, alt dallarını, gelişimini ve yöntemlerini açıklayarak uygulama alanlarından söz edilmiştir.

Gärtner, Winchester and Bezzi (2007)'nin "*Dendrogeomorphological Applications*" adlı makalesi "*Geomorphological Variations*" adlı kitabın bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu çalışmada dendrokronolojinin alt disiplini olan dendrojeomorfolojinin arka planı hakkında temel bakış açısı sağlanarak yöntemin uygulanması hakkında bilgi verilmiştir. Teorik bilgiler verildikten sonra iki adet uygulama çalışması yapılmıştır. Uygulama çalışmasının ilki Machu Picchu (Peru)'da kütle hareketleri (heyelanlar) incelenmiştir. Uygulamanın ikinci kısmında Kuzey Devon (Birleşik Krallık)'da bulunan kum tepeciklerinin dinamiği ağaç halkaları yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir.

Köse (2007) tarafından hazırlanan "*Batı Anadolu'da İklim Değişkenliği ve Yıllık Halka Gelişimi*" isimli doktora tezinde Karabük, Bolu, Kastamonu, Afyon, Denizli, Burdur, Ankara ve Eskişehir'de Anadolu karaçamından numuneler alarak 17 adet yöre kronolojisi oluşturulmuştur. Batı Anadolu'da yıllık halka gelişimlerinin iklimsel verilerle ilişkilendirilmiştir. Alansal rekonstrüksiyonlar yapılarak dendroklimatolojik ve dendroekolojik yönüyle açıklanmıştır.

Butler and Sawyer (2008) tarafından hazırlanan "*Dendrogeomorphology and High-Magnitude Snow Avalanches: A Review and Case Study*" adlı çalışmada Kuzeybatı Montana'da (A.B.D.) vadi içerisinde 40 tan fazla meydana gelmiş kar çığının analizi yapılmıştır. Alpin göknarından (*Abies lasiocarpa*) alınan numuneler tarihlendirilmiştir.

Köse, Aydın, Akkemik Yurtseven ve Güner (2009)'in "*Using Tree-Ring Signals and Numerical Model to Identify the Snow Avalanche Tracks in Kastamonu, Turkey*" adlı makalede 25-26 Aralık 1992 yılında Kayaarkası'nda oluşan iki farklı kar çığının

(Kastamonu/Küre/Topçular Köyü) sınırları ve hızını belirlemek için 71 ağaçtan örnekler alınmıştır. Ağaç halkaları ve sayısal simülasyonlar birbirlerine entegre edilmiştir.

Aydın ve Köse (2010) tarafından ortaya konulan "*Bolu Ayıkaya'da Meydana Gelen Çığların Sınır ve Frekanslarının Dendrokronolojik Yöntemle Belirlenmesi ve Uygulanabilecek Teknik Yapıların Boyutlandırılması*" adlı projede vejetatif göstergelere dayanarak sahada meydana gelmiş çığların frekansları ve sınırları belirlenmiştir. İğne yapraklı ağaçlardan 63 adet numune alınmıştır. 1900-2009 yılları arasında oluşan çığlar incelenmiştir. 110 yıllık dönem içerisinde en geniş alana yayılan ve çığın şiddetinin en fazla olduğu 1936 ve 2001 yıllarıdır. Projenin amacı doğal afetleri önlemek için çığ simülasyonları oluşturmaktır.

Bekker (2010)'in "*Tree Rings and Earthquakes*" isimli çalışmasında depremlerin tarihsel sürecinin iyi anlaşılmasını sağlamak için ağaç halkaları yönteminin kullanımı anlatılmıştır. Paleosismolojik çalışmalarda kullanılan dendrokronolojinin uygulamaları anlatılmaktadır. Ayrıca dendrosismoloji araştırmalarında yaşanan zorluklardan bahsetmektedir.

Bollschweiler, Stoffel, Butler and Luckman (2010) tarafından konu edilen "*Tree Ring and Natural Hazard a State of the Art*" adlı kitap on bölümden oluşmaktadır. Doğal tehlikelerin oluşumunda dendrojeomorfolojik bir zaman dizimi üretme ve afetlerin lokal anlamda mekânsal gelişiminin tespiti için ağaç halkaları kullanılmıştır. Kitabın bölümlerinin içerisinde kar ve çığ olayları, heyelanlar, enkaz akışı, kaya döküntüleri, sel ve taşkınlar, meteorolojik tehlikeler, depremler, volkanik aktiviteler ve orman yangınları yer almaktadır. Doğal afet araştırmalarında dendrojeomorfolojik uygulamaların önemi vurgulanarak doğal afetlerin yeniden yapılandırılması amaçlanmıştır.

Speer (2010)' in "*Fundamentals of Tree-Ring Research*" adlı 10 bölümden oluşan kitabı dendrokronolojinin ilke ve tanımlamaları, tarihsel arka planı, uygulama alanları ve sınırlılıkları belirtilmiştir. Kitabın 10. Bölümünden dendrojeomorfolojinin bilgi kaynakları ve alt disiplinleri açıklanmıştır.

Pınarcı (2011) tarafından hazırlanan "*Haç Gediği Heyelanının (Karaisalı-Adana) Ağaç Halkaları Yöntemiyle Analizi*" adlı yüksek lisans tezinde 2002 yıllarında aşırı yağışlar sebebiyle meydana gelen Haç Gediği heyelanından kızılçam (*Pinus Brutia*) örnekleri

alınarak incelenmiştir. Jeomorfolojik parametrelerle ilişkilendirilen heyelanın tetikleyicileri ve periyodik hareketi tespit edilerek açıklanmıştır.

Malik and Wistuba (2012) tarafından hazırlanan "*Dendrochronological Methods for Reconstructing Mass Movements - An Example of Landslide Activity Analysis Using Tree-Ring Eccentricity*" adlı çalışmada dendrokronoloji yöntemi kullanılarak kütle hareketlerinin yeniden yapılandırılması amaçlanmıştır. Çek Cumhuriyeti'nde yer alan Keprnický vadisinde heyelandan etkilenen Avrupa ladinlerinden (*Picea Abies*) alınan numuneler incelenerek heyelanların zamansal gelişimi ve mekânsal değişimi analiz etmek için eksantirik indeksine (büyüme bozukluğu olan ağaçların yaşlandırması) göre yapılmıştır.

Kozacı (2012) tarafından hazırlanan "*Dendroseismology on the central North Anatolian Fault, Turkey: Documenting Three Centuries of Surface Rupture History Using Tree Rings*" adlı makalesinde Kuzey Anadolu Fay Hattı üzerinde yer alan 26 Kasım 1943 yılında 7.2 büyüklüğünde meydana gelen Tosya depremini geçmiş dönem koşullarını incelemek için Ilgaz- Tosya arasında bir sahada yöre kronolojisi oluşturmuştur. 28 tane sarıçam (*Pinus sylvestris*) ağacından örnek almıştır. Analizler sonucunda 1668 yılında gerçekleşen depreme kanıt sunmaktadır.

Avcı (2013) tarafından hazırlanan "*Dendrokronoloji ve Jeomorfoloji: Dendrojeomorfoloji*" adlı incelemesinde yaşlandırma yöntemlerinden biri olan dendrokronoloji hakkında genel bilgiler anlatılarak dendrojeomorfoloji açıklanmıştır. Jeomorfolojik süreçleri, dendrojeomorfolojiyle ilişkilendirerek derleme bir çalışma sunmaktadır.

Gärtner and Heinrich (2013) tarafından konu edilen "*Dendrogeomorphology*" adlı çalışma "Kuaterner Bilimi Ansiklopedisinin" 2. bölümü içerisinde yer almaktadır. Araştırma geçmişte meydana gelen jeomorfolojik süreç ve dinamiklerin tarihlendirmesi, rekonstrüksiyonu, yer yüzeyinin değişimi, gelişimi ve gelecekte oluşacak farklıların tahmin edilmesinde önem arz etmektedir. Yaş halkaları yöntemiyle ağaç-büyüme reaksiyonları ve reaksiyonların meydana getirdiği büyüme anomalileri açıklanmış ve gelecekte meydana gelecek trendler anlatılmıştır.

Stoffel, Butler and Corono (2013)'nin "*Mass Movements and Tree Rings: A Guide to Dendrogeomorphic Field Sampling and Dating*" isimli makale dendrojeomorfoloji

araştırmacılarına rehber niteliği taşımaktadır. Kütle hareketi çalışacak dendrojeomorfoloğların nasıl ve nereden örnek alması gerektiğini anlatmıştır. Heyelan, ığ, enkaz akışı gibi doğal tehlikelerle temel bilgiler sunarak bu olayları konu alan dendrojeomorfoloğik araştırmaları derlenmiştir.

Yaman, Köse ve Akkemik (2013)'in "*Changes in Stem Growth and Root Anatomy of Oriental Beech After Landslide Event in Hanyeri, Bartın, Turkey*" adlı çalışmalarında 19 Mayıs 1998 tarihinde Bartın (Hanyeri) yakınılarında lokal ölçekte oluşan heyelan araştırılmıştır. Bu heyelan 19-21 Mayıs 1998'de aşırı yağışların sonrasında sel afetinin tetiklemeyle oluşmuştur. Heyelan bölgesi ve kontrol noktalarındaki kayın (*Fagus Orientalis*) ağaçlarından kök numuneleri alınarak kaymanın çevresel değişimlerin etkileri gözlemlenmiştir.

Bollschweiler, Stoffel and Rudolf-Miklau (2013) tarafından hazırlanan "*Dating Torrential Processes on Fans and Cones*" kitap katastrofik süreçlerin değerlendirilmesinde kullanılan çeşitli tarihlendirme yöntemlerine genel bir bakış sunmaktadır. Kitabın onuncu bölümünde yer alan Bollschweiler ve Stoffel'in kaleme aldığı "*Dendrogeomorphology- Tracking Past Events with Tree Rings*" adlı çalışmasında dendrojeomofolojinin genel bir tanıtımı yapıldıktan sonra ağaç halkası oluşumunu etkileyen süreçler anlatılmıştır. Ağaç halkasının büyümesini etkileyen i ve dış faktörler incelenmiştir. Dendrojeomorfoloğik yöntemlerde saha çalışması, numunelerin seçimi, laboratuvar analizi ve modellemelerin nasıl yapılacağı hakkında bilgiler barındırmaktadır.

Lopez and Corona (2014) tarafından hazırlanan "*La Dendrogéomorphologie: Principes, Mthodes, Applications*" 2 bölümden oluşan kitapçıkta dendrojeomorfolojinin ilke ve yöntemleri açıklanarak jeomorfoloğik süreçlerin etkilerine nasıl uygulandığı ifade edilmiştir.

řilhán and Stoffel (2015) tarafından hazırlanan "*Impacts of Age-Dependent Tree Sensitivity and Dating Approaches on Dendrogeomorphic Time Series of Landslides*" adlı çalışmasında geçmişte meydana gelen heyelanların büyüme serilerini tespitinde farklı yaklaşımlardan söz etmektedir. Geleneksel yaklaşımlarla son gelişmelerin bir arada anlatıldığı uygulamalı bir çalışma sunulmuştur. Hem iğne yapraklı hem de geniş yapraklı ağaçların kullanılması dendrojeomorfoloği alanında araştırmanın güncel

olduğunu göstermektedir. 119 kayın (*Fagus Orientalis*) ağacından ve 39 karaçam (*Pinus nigra ssp. Pallasiana*) ağacından örnek alınarak eksantiriklik indeksi uygulanmış ve geçmiş dönem koşulları yeniden yapılandırılmıştır.

Doğan (2016) tarafından hazırlanan "*Fiziki Coğrafyada Dendrokronoloji*" isimli çalışması 'Fiziki Coğrafyada Araştırma Yöntemleri ve Teknikler ' kitabının 8.bölümünde yer almaktadır. Bu çalışmada dendrokronoloji kavramı tanımlanarak bu alanın dayandığı temel ilkeler ifade edilmesinin yanı sıra dendrokronolojik araştırmalarda örnek alanın seçimi, uygulanan analiz ve yöntemler açıklanmıştır. Fiziki coğrafyada uygulama alanları anlatılarak coğrafya bilimine katkılarından söz edilmiştir.

Durmuş (2016) tarafından yüksek lisans tezi olarak hazırlanan "*Akdağ Heyelanı (Batı Toroslar)'nın Kuzeydoğu Yamacındaki İkincil Heyelanların Dendrojeomorfolojik Analizi*" isimli araştırmada, Batı Toroslarda ekinliği hala sürmekte olan ikincil heyelanların rekonstrüksiyonları yapılmıştır. Ayrıca periyodik olarak tekrarlayarak akışını sürdüren heyelanın çevreye verdiği etkiler gözlemlenmiştir.

Yaman (2017) tarafından hazırlanan "*Bir Karaçam Kökünün Anatomisi: Heyelan İzleri*" isimli çalışmasında 23 Mart 2012 yılında Akörensöküler köyünde (Bartın) meydana gelen heyelan sonucunda bir karaçamın (*Pinus Nigra*) ölü ve yara izi bulunan canlı köklerinden alınan numune incelenmiştir. Bulgulara göre heyelan öncesinde dar olan yıllık halkalar heyelan sonrasında genişlemiştir. Kök anatomisi çalışmalarında jeomorfolojik süreçlerin ağaç köklerine etkileri incelenerek tarihi bilinmeyen jeomorfolojik olayların yaşlandırılması ifade edilmiştir.

Šilhán, Tichavský, Fabiánová, Chalupa, Chalupová, Škarpich ve Tolasz (2018)'ın "*Understanding Complex Slope Deformation Through Tree-Ring Analyses* " adlı çalışmada dendrojeomorfolojik yöntemler heyelan davranışlarını incelemede karmaşık eğim deformasyonu bulunan alanlar için jeofizik ölçümün ve jeomorfolojik haritalamanın yapılması aynı zamanda şev stabilitesini anlayabilmek için sedimanların kil mineral içeriğini tespit edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Ağaç halkalarına dayalı uygulamalı bir analizin bulunduğu bu araştırmayla Çek Cumhuriyeti'nde yer alan Karpat Dağlarında karmaşık eğim deformasyonu bulunan 271 ağaçtan ve 18 ağaç kökünden örnekler alınarak heyelanlar değerlendirilmiştir.

İrdem (2019) tarafından hazırlanan “*Elmacık Dağı ve Yakın Çevresinin Dendroklimatolojik ve Dendrojeomorfolojik Yöntemlerle Analizi*” adlı çalışmasında sarıçam (*Pinus Sylvestris*) ağaçlarında alınan örnekler incelenerek dendroklimatolojik açıdan incelenmiştir. Elmacık Dağı ve yakın çevresinin deprem ve heyelan açısından incelenerek bu bölgenin dendrojeomorfolojik analizi yapılmıştır.

Tablo 3. Dendrokronoloji ve Dendrojeomorfoloji alanında yapılmış bazı çalışmalara ait alan yazın bilgisi.

Yazar	Yıl	Konu Başlığı
Ulusal Yazın		
Kantay	1986	Çoruh Meşesi (<i>Quercus Dschorochensis</i> K. Koch) de Dendrokronolojik Araştırmalar
Aytuğ ve Güven	1993	Hava Kirliliğinin Kızılçamlar Üzerine Etkisi
Aytuğ ve Kılıç	1993	Contribion d’Une Etude Dendrocronologique a La Constataion de L’Age du Lac Sülük (Bolu)
Caner	1994	İstanbul’da Kentleşmenin Doğal Ormanlarına Etkilerinin Dendrokronoloji ve Palinoloji Yöntemleri ile Belirlenmesi
Özkan	1996	Türkiye’deki Doğu Ladini (<i>Picea orientalis</i> (L.) Link.)’nın Dendrokronolojisi
Akkemik	1997	Batı Akdeniz Bölgesi’nde Doğal Yetişen Karaçam ve Toros Göknarı Üzerinde Dendrokronolojik Araştırmalar
Akkemik	2000a	Dendrochronological Investigations in Two Monumental <i>Pinus Nigra</i> Arn. Stands Near Antalya (Turkey)
Akkemik	2000b	Tree-ring chronology of <i>Abies cilicica</i> Carr. in the Western Mediterranean Region of Turkey and its Response to Climate
Bozkurt ve Erdin	2000	Odun Anatomisi
Dağdeviren	2002	Kazdağları’nda Doğal Yetişen Gymnosperm Taksonları Üzerinde Dendrokronolojik Araştırmalar
Erkan	2002	Dendrokronoloji ve Türkiye İçin Önemi
Akkemik	2004	Dendrokronoloji İlkeleri-Biyolojik Temelleri-Yöntemleri-Uygulama Alanları
Akbulut ve Özkan	2004	Dendrokronolojik Çalışmalarda Ağaçların Seçimi ve Yıllık Halka Ölçümleri

Avcı	2004	Çatalağzı Termik Santralının Yarattığı Hava Kirliliğinin Bitkiler Üzerindeki Etkileri
Erkan, Touchan ve Baş	2004	Dendrokronolojik Yöntemle Güneybatı Anadolu Bölgesi'nde Geçmişte Yaşanmış İlkbahar Kuraklık Periyotlarının Tespiti
Akkemik ve Aras	2005	Reconstruction (1689-1994) Of April August Precipitation in Southwestern Part of Central Turkey
Köse, Akkemik ve Dalfes	2005	Anadolu'nun İklim Tarihinin Son 500 Yılı: Dendroklimatolojik İlk Sonuçlar
Avcı	2007a	Coğrafyacılara İçin Dendrokronoloji
Avcı	2007b	Dendrokronoloji ve Coğrafyacıların Kuvaterner Çalışmaları Açısından Önemi
Köse	2007	Batı Anadolu'da İklim Değişkenliği ve Yıllık Halka Gelişimi
Akkemik, D'arrigo, Cherubini, Köse ve Jacoby	2008	Tree-ring Reconstruction of Precipitation and Streamflow for North-Western Turkey
Kadioğlu	2008	Modern, Bütünleşik Afet Yönetiminin Temel İlkeleri
Köse, Aydın, Akkemik, Yurtseven ve Güner	2009	Using Tree-Ring Signals and Numerical Model to Identify the Snow Avalanche Tracks in Kastamonu, Turkey
Aydın ve Köse	2010	Bolu Ayıkaya'da Meydana Gelen Çığların Sınır ve Frekanslarının Dendrokronolojik Yöntemle Belirlenmesi ve Uygulanabilecek Teknik Yapıların Boyutlandırılması
Güner	2010	Sakarya Havzası Akım Verilerinin Dendroklimatolojik Yöntemlerle Rökonstrüksiyonları
Kara	2011	Dendrokronolojik Analizler ile Sıcaklık ve Yağış Koşullarının İlişkisinin Değerlendirilmesi: Uludağ'ın Güneyinden İki Örnek Alan
Pınarcı	2011	Haç Gediği Heyelanının (Karaisalı-Adana) Ağaç Halkaları Yöntemiyle Analizi
Arca	2012	Afet Yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemi ve Uzaktan Algılama
Kozacı	2012	Dendroseismology on the central North Anatolian Fault, Turkey: Documenting Three Centuries of Surface Rupture History Using Tree Rings
Avcı	2013	Dendrokronoloji ve Jeomorfoloji: Dendrojeomorfoloji
Yaman, Köse ve Akkemik	2013	Changes in Stem Growth and Root Anatomy of Oriental Beech After Landslide Event in Hanyeri, Bartın, Turkey
Doğan	2014	Sandıras Dağı'nda (Muğla) Fiziki Coğrafya ve Dendroklimatoloji Araştırmaları
Doğan	2016	Fiziki Coğrafyada Dendrokronoloji

Durmuş	2016	Akdağ Heyelanı (Batı Toroslar)'nın Kuzeydoğu Yamacındaki İkincil Heyelanların Dendrojeomorfolojik Analizi
Kopabayeva, Mazarzhanova, Köse ve Akkemik	2017	Tree-Ring Chronologies of Pinus Sylvestris from Burabai Region (Kazakhstan) and Their Response to Climate Change
Kopabayeva, Mazarzhanova, Köse ve Akkemik	2017	The First Forest Fire History of The Burabai Region (Kazakhstan) from Tree Rings of Pinus Sylvestris
Yaman	2017	Bir Karaçam Kökünün Anatomisi: Heyelan İzleri
İrdem	2019	Elmacık Dağı ve Yakın Çevresinin Dendroklimatolojik ve Dendrojeomorfolojik Yöntemlerle Analizi
ULUSLARARASI YAZIN		
Stokes and Smiley	1968	An Introduction to Tree Ring
Alestalo	1971	Dendrochronological Interpretation of Geomorphic Processes
Fritts	1976	Tree Ring and Climate
Shroder	1978	Dendrogeomorphological Analysis of Mass Movement on Table Cliffs Plateau, Utah
Shroder	1980	Dendrogeomorphology: Review and New Techniques of Tree-Ring Dating
Braam, Weiss ve Burrough	1987	Dendrogeomorphological Analysis of Mass Movement - A Technical Note on the Research Method
Braam, Weiss and Burrough	1987	Spatial and Temporal Analysis of Mass Movement Using Dendrochronology
Butler	1987	Teaching General Principles and Applications of Dendrogeomorphology
Cook ve Kairiukstis	1990	Methods of Dendrochronology, Applications in the Environmental Sciences
Smulling	1993	Dendrogeomorphologic Analysis of the Meadville Slope Failure
Jacoby	1997	Application of Tree Ring Analysis to Paleoseismology
Strunk	1997	Dating of Geomorphological Processes Using Dendrogeomorphological Methods
Fantucci	1999	Dendrogeomorphology in Landslide Analysis
Grissino-Mayer	2001	Evaluating Crossdating Accuracy: a Manual and Tutorial for the Computer Program Cofecha
Solomina	2002	Dendrogeomorphology: Research Requirements
Stoffel	2006	A Review of Studies Dealing with Tree Rings and Rockfall Activity: The Role of Dendrogeomorphology in Natural Hazard Research
Gärtner, Winchester and Bezzi	2007	Dendrogeomorphological Applications

Butler ve Sawyer	2008	Dendrogeomorphology and High-Magnitude Snow Avalanches: A Review and Case Study
Bekker	2010	Tree Rings and Earthquakes
Bollschweiler, Stoffel, Butler ve Luckman	2010	Tree Ring and Natural Hazard a State of the Art
Speer	2010	Fundamentals of Tree-Ring Research
Malik ve Wistuba	2012	Dendrochronological Methods for Reconstructing Mass Movements - An Example of Landslide Activity Analysis Using Tree-Ring Eccentricity
Gärtner and Heinrich	2013	Dendrogeomorphology
Stoffel, Butler ve Corono	2013	Mass Movements and Tree Rings: A Guide to Dendrogeomorphic Field Sampling and Dating
Bollschweiler, Stoffel ve Rudolf-Miklau	2013	Dating Torrential Processes on Fans and Cones
Lopez ve Corona	2014	La Dendrogéomorphologie: Principes, Méthodes, Applications
Šilhán ve Stoffel	2015	Impacts of Age-Dependent Tree Sensitivity and Dating Approaches on Dendrogeomorphic Time Series of Landslides
Šilhán ve Tichavský,	2017	Snow Avalanche And Debris Flow Activity in the High Tatras Mountains: New Data from Using Dendrogeomorphic Survey
Šilhán, Tichavský, Fabiánová, Chalupa, Chalupová, Škarpich ve Tolasz	2018	Understanding Complex Slope Deformation through Tree-Ring Analyses
Kogelnig-Mayer, Stoffel, Bollschweiler, Hübl ve Rudolf-Miklau	2018	Possibilities and Limitations of Dendrogeomorphic Time-Series Reconstructions on Sites Influenced by Debris Flows and Frequent Snow Avalanche Activity
Šilhán, Tichavský, Fabiánová, Chalupa, Chalupová, Škarpich ve Tolasz	2019	Understanding Complex Slope Deformation through Tree-Ring Analyses

1.BÖLÜM

DENDROKRONOLOJİ

Çalışmanın bu bölümünde dendrokronoloji bilimi temel perspektifleriyle açıklanmıştır.

1.1.Dendrokronolojinin Tanımı

Fiziki coğrafya araştırma teknik uygulamaları içerisinde yer alan yaş tayin etme bilimi olarak belirtilen dendrokronoloji, Eski Yunanca'da "*Dendro*" odun, "*Chronos*" zaman ve "*Logos*" bilim, kelimelerinin birleştirilmesiyle adını almıştır (Fritts,1976:2; Ugyen Wangchuck Institute for Conservation and Environmental Research, 2017). Stokes ve Smiley'in (1996), ağaçlarda yıllık halkaların tarihlendirilmesi olarak ifade ettiği dendrokronoloji genel bir tanımlamayla, ağaç gövdesinin gelişimine bağlı meydana gelen yıllık halkalarının incelenmesi sağlayan yöntemdir.

Ağaçların tarihlendirilmesi olarak belirtilen dendrokronoloji bu ifadenin dışında değerli birçok bilgiyi barındırmaktadır. Ağaçlar, büyümeleri ve gelişimleri sırasında, doğal ve antropojenik kökenli birçok olayı kayıt altına almaktadır. Bu çevresel koşullar, ağaçların yıllık halka genişliklerinde yapısal değişikliklerin yanı sıra odun yoğunluğunda farklılara neden olmaktadır (Akkemik,2004:47-48; Avcı,2007:4; Doğan,2016:186).

Dendrokronoloji, ağaç yıllık halkalarının içerisinde barındırdığı kronolojik zaman dizilerinin kullanılarak, geçmişte meydana gelmiş birçok çevresel koşulların yorumlanmasında ve/veya geçmişte gerçekleştiği tespit edilen bir olayın tarihinin belirlenmesinde diğer bilimsel disiplinlere önemli veri aktarımı sağlamaktadır. Dendrokronoloji zaman dizisi üretmenin yanı sıra mutlak yaşlandırma yöntemlerinin kalibre edilmesinde (doğrulanması), paleo-çevresel ortam koşullarının incelenmesinde ve mekânsal yönetimin planlanmasında sıklıkla kullanılan bir araçtır (Winchester, 1991; Silhan, 2019). Bu yöntemle birlikte dendrokronologlar ve fiziki coğrafyacılar geleceğe yönelik doğal kaynak yönetimi ve sürdürülebilir çevresel ortamların planlamasında kullanılabilecek öngörüler oluşturmaktadır.

1.2.Dendrokronolojinin Tarihsel Gelişimi

Dendrokronoloji araştırmalarının temelini oluşturan yıllık halkaların büyüme koşullarıyla ilgili yapılan ilk çalışmalar Antik Yunan dönemine kadar uzanmaktadır. M.Ö. 322 yılında C. Theophrastus ağaçların her yıl büyüme yıllık halka oluşturduğunu tespit etmiştir. 15. yüzyılın başlarında Leonardo da Vinci, yıllık halkalarının genişlikleri arasındaki ilişkiyi tanıyarak, ağaç halkalarının büyüme süreçlerini iklimsel parametrelerden biri olan yağışla bağlantısını belirlemiş ve yıllık halkaların niteliğini tanımlamıştır (Stallings, 1937; Shcweingruber, 1988; Speer, 2009). 1737 yılında yıllık halkalar ilk defa Fransız doğa bilimcilerinden Henry Louis Duhamel du Monceau ve George Louis Leclerc de Buffon, İsveç ve Almanya’da dondan zarar görmüş ağaçlardan yıllık halkaları tespit etmiştir. 1770 yılında J. Hill tarafından yıllık halkalarda ilkbahar ve yaz odununu karakterize edilmiştir. 1800’lerin ortalarında, dendrokronolojinin ekolojik temellerini Theodore Hartig oluşturarak odun anatomisine ve yıllık halkaların gelişimine dayalı çalışmaları yapmıştır (Studhalter, 1955, 1956; Schweingruber, 1988; Smith ve Lewis, 2007). 1838 yılında Charles Babbage reaksiyon odunu ve rekabet kavramlarını tartışmıştır. On dokuzuncu yüzyılın sonunda Theodor Hartig’in oğlu Robert Hartig yıllık halkalarının anatomisini ve ekolojisini konu alan çok sayıda bildiri yayınlamıştır. Dendrokronoloji bilimi oluşana kadar ki süreçte birçok sayıda ağaç yıllık halkalarına dayalı araştırmalar yapılmıştır.

Dendrokronolojinin 20 yy. ilk dönemlerinde bilim olarak kurulmasına önderlik eden ve meslektaşları tarafından halkaların efendisi olarak adlandırılan astronom Andrew Ellicott Douglass (1867-1962), 1904 yılında Kuzey Amerika’nın batısına özgü bulunan Batı Sarıçamı (*Pinus Panderosa*) inceleyerek yaz odun halkalarını bariz bir şekilde daha dar olduğunu tespit etmiştir (McGraw, 2003). Douglass 500 yıllık bir çam ağacının kronolojisini belirlemiş ve halka genişliğiyle yağış arasında pozitif bir korelasyonu oluşturmuştur (Fritts,1976; Douglass 1909; Smith ve Lewis, 2007). Amerikalı astronom A. E. Douglas ilk aşamada güneş lekelerinin ağaçlar üzerindeki etkilerini gözlemlerken yıllık halkaların birbirinden farklı olması dikkatini çekmiş ve bu durum üzerine 1937 yılında Arizona Üniversitesine bağlı yıllık halka laboratuvarında çalışmalara başlamıştır.

Güncel olarak dendrokronolojinin alt disiplini olan dendroklimatoloji ve dendrohidroloji alanında çalışmalara yer veren Edmund Schulman ilk zamanlarda A. E.

Douglass' la birlikte yıllık halka analiz yöntemlerini dayalı çalışmalar yürütmüştür (Schulman, 1945; Smith ve Lewis, 2007). Schulman, California White Dağları'nda yer alan Kuzey Amerika'ya özgü Bristlecone çamlarının ağaç halka kayıtlarını analiz ederek, 4000 yıllık tarihe sahip dünyanın en eski yaşayan ağaçlarını keşfetmiştir (La Marche ve Harlan, 1973; Smith ve Lewis,2007).

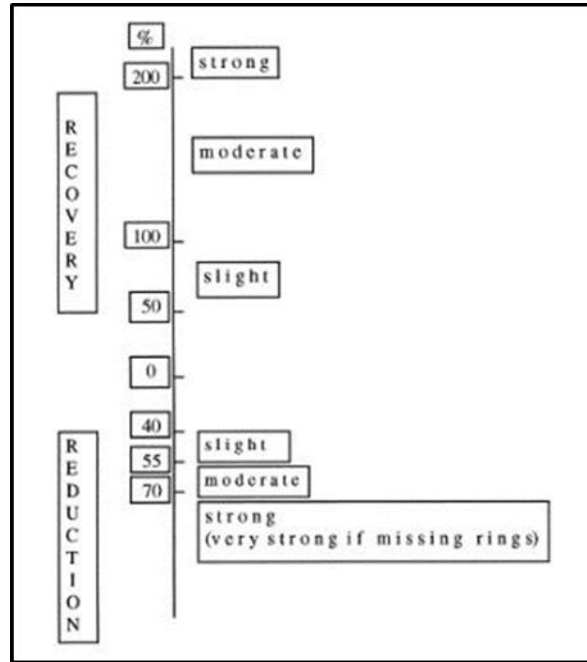
İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra Avrupa'da Dendrokronoloji araştırmalarını başlatan Alman botanikçi Bruno Huber yıllık halkalarının gelişime dayalı ekolojik bir yaklaşım belirledi. 1960 yılında Huber Polge X ışınlarının kullanarak odun yoğunluğunun ölçümüne dayalı teknikler geliştirmiştir. Eckstein ve Bouch (1969)'da Huber gibi ağaçların yıllık halkalarının karşılaştırılmasında yeni teknikler ve yaklaşımlar belirlemişlerdir. Bu bilimin gelişimine bağlı olarak analizler için birçok ölçüm aletleri ve istatistiki yaklaşımlar geliştirilmiştir. Yıllık halka araştırmalarının temelinde H.C. Fritts 1976 yılında dendroklimatolojik araştırmalarda kullanılması için Tepki Fonksiyonu yöntemi ortaya çıkarmıştır (Fritts,1976; Shweingruber, 1988; Akkemik 2004; Smith ve Lewis, 2007; Speer, 2009).



Fotoğraf 2. Dendrokronoloji biliminin öncüleri solda Andrew Ellicott Douglass, sağda Edmund Schulman (URL²).

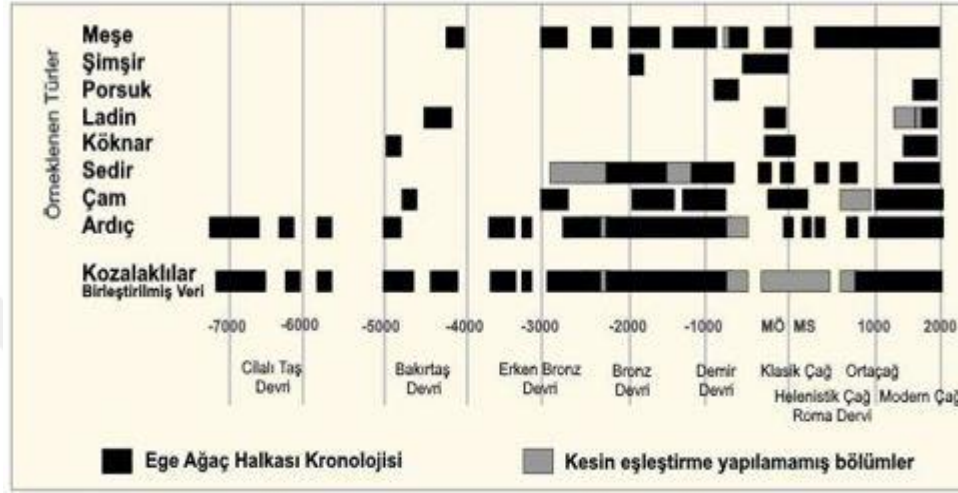
Almanya'da Schweingruber, yıllık halka doğal çevre arasındaki ilişkiler üzerinde araştırmalar yürütmüştür. Schweingruber, 1988 yılında "Tree Rings, Basic and Applications of Dendrocronology" adlı kitabında Dendrokronoloji yönteminin bilimsel gelişimini 3 dönemde incelemektedir. Ağaç halkalarının gelişimi anatomik açıdan mikroskop ve büyüteç kullanılarak basit düzeyde yıllık halkaların ölçümünün yapıldığı birinci dönemde genellikle klimatoloji, astronomi ve odun anatomisini konu alan araştırmalar görülmektedir. İkinci dönemde teknolojik ilerlemelere bağlı olarak ölçüm aletlerinde ki gelişmeleri dendrokronoloji yöntemini aksiyonuna katkı sağlamıştır. Farklı bilim dallarında özellikle tarih, arkeoloji ve ksiloloji gibi alanlarda çalışmalar yapılmıştır. Son dönemde dendrokronoloji bir bilim olarak yayılma göstermektedir. Dendrokronoloji yöntemini diğer bilim dallarıyla ilişkilendirilen araştırma sayısı oldukça fazladır. Schweingruber ekolünden yetişen araştırmacılar genellikle morfolojik çalışmalar üzerinde durmaktadır (Schweingruber, 1988; Akkemik, 2004; Avcı, 2007a). Dendrokronoloji ayrıca adli vakalarda ve ormanlarda ki kaçak kesimlerin tespitinde krimnoloji bilimine veri sağlamaktadır.

Scheweingruber ve arkadaşları 1990 yılında ağaçların yıllık halkalarında ki ani büyüme değişikliklerini tanımlamak için "görsel büyüme analizi" yöntemi kullanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Görsel büyüme analizinde kullanılan büyüme anomalisi sınıflandırılması (Schweingruber, 1990).

Ege Dendrokronolojisi Projesi, 1973 yılında Cornell Üniversitesi'nden Peter Kuniholm tarafından başlatılmıştır. Günümüzde Arizona Üniversitesi Ağaç Halkası Araştırma Laboratuvarında araştırma devam etmektedir (Şekil 2). Bu projede Ege, Balkanlar ve Doğu Akdeniz arkeolojik yörelerinden dendrokronolojik analizler yürütülmektedir.



Şekil 2. Cornell Üniversitesi Ege Dendrokronolojisi kapsamında oluşturulan ağaç halkalarının kapsadığı yıllar (URL³).

1.3. Dendrokronolojinin Temel Prensipleri

Dendrokronoloji araştırmalarının temelini oluşturan, gözlem ve deneylere dayalı prensipleri/ilkeleri vardır. Dendrokronolojik araştırmalar bu prensiplere dayanarak yapılmaktadır. Bu prensipler genel sınırlarıyla kısaca açıklanmıştır (Tablo 4).

Tablo 4. Dendrokronolojinin Temel İlkeleri.

Dendrokronolojinin Temel Prensipleri	
Aynılık	Eşleştirme
Sınırlayıcı Faktörler	Tekrarlama
Ekolojik Amplitüd	Standartlaştırma
Yer Seçimi	Model Oluşturma
Duyarlılık	Kalibrasyon, Vertifikasyon ve Yeniden Oluşturma

1.3.1.Aynılık Prensibi

Doğa bilimlerinde geçmiş dönem ve süreçleri inceleyen araştırmalarda temel prensip olarak karşılaşılmaktadır Aynılık prensibi (tekdüzelik, değişmezlik, etkinin sabitliği) üniformitarianizm (aktüalizm) öğretisinden yola çıkmıştır. Bilimsel jeomorfolojinin kurucularından olan James Hutton tarafından ileri sürülen "Günümüz geçmişi anahtardır" sözünden yola çıkılarak geçmişte yaşanmış olayları anlamak için bugünkü dinamikleri ve süreçleri incelemenin gerektiğini belirtmektedir (Erinç, 2002: 11-14; Akkemik,2004; Avcı,2007; Fritss,1976).

1.3.2.Sınırlayıcı Faktörler Prensibi

Sınırlayıcı faktörler prensibinde, ağaçların bir ortamdaki varlığını devam ettirmesi, yaşayabilmesi ve yaşam birliğini oluşturması açısından önemli bazı sınırlayıcı etmenlere sahiptir. Fiziksel ve çevresel faktörler, ağaçların biyolojik gelişimlerini etkilemektedir. Örneğin iklimsel etkilerin dar ve geniş halkalar üzerinde farklılıkların oluşturması, jeomorfolojik süreçlerin etkisiyle ağaçlarda meydana gelen büyüme bozukluklarının yaşanması sınırlayıcı faktörlerin etkilerini belirgin olarak gözlenebilmektedir (Akkemik,2004:9-10; Avcı,2007; Fritss,1976).

1.3.3.Ekolojik Amplitüd Prensibi

Ağaç türleri kalıtsal ve coğrafi ortam koşullarına bağlı olarak belirli yatay kuşakta ve dikey yükselti kuşağında büyüme ve gelişimini göstererek çoğalabilmektedir. Bir bölgenin vejetasyonunu oluşturan, ağaç türlerinin yayılış alanlarına ve sınırlarına *Ekolojik Amplitüd* denilmektedir (Akkemik, 2004:10; Avcı, 2007:17; Doğan,2016:190). Bazı ağaç türleri geniş bir alanda yayılış bulurken, bazı türler ise daha dar alanda ve sınırlı koşullarda yayılış göstermektedir. Sınırlayıcı faktörlerin etkisi dendrokronolojik araştırma alanlarında gözlenmeli ve örnek alan bu etkenlere göre seçilmelidir. Optimum koşulların hakim olduğu alanlardan örnek alan seçilmemelidir.

1.3.4. Yer Seçimi Prensibi

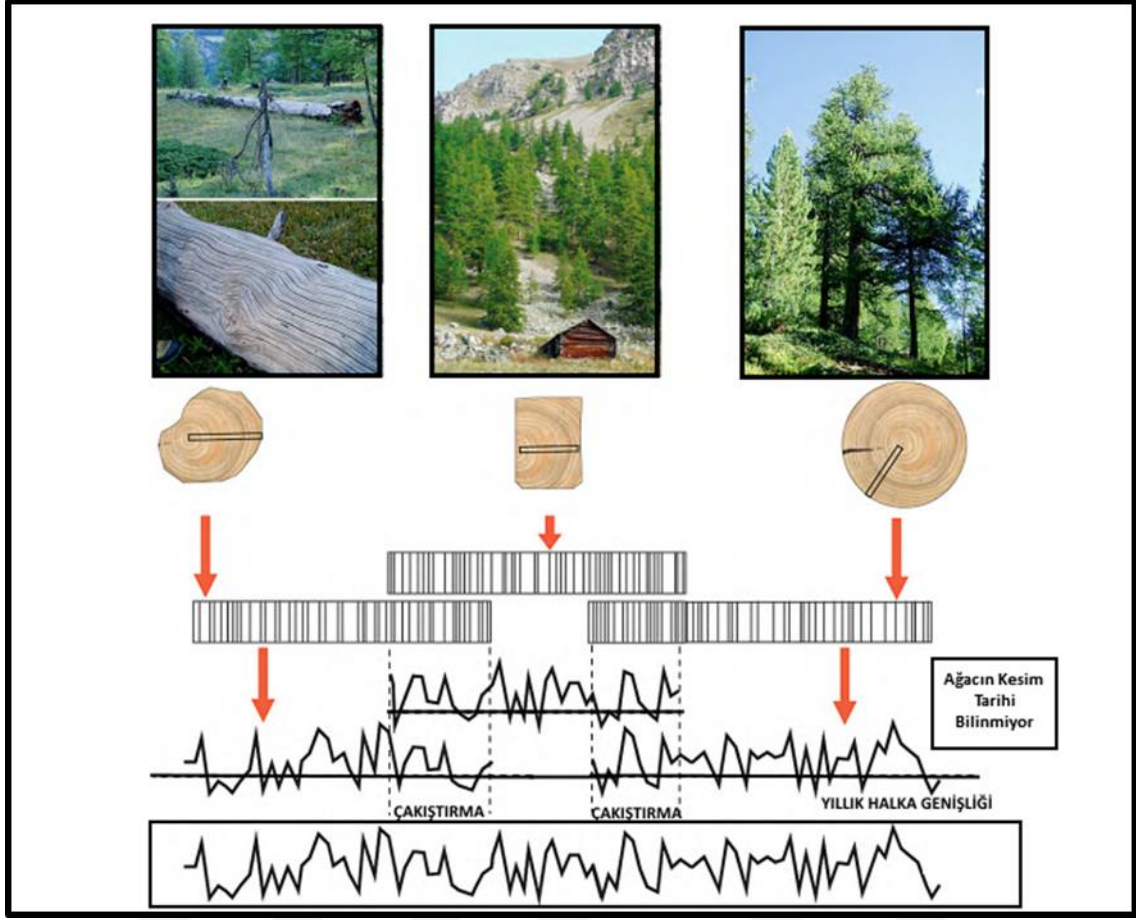
Dendrokronoloji araştırmalarında önemli bir paya sahip olan yer seçimi prensibi yapılacak uygulamaya göre farklılık göstermektedir. Dendroklimatolojik araştırmalarda tamamen elverişsiz çevresel indikatörlere sahip duyarlı ağaçların seçilmesi gerekmektedir. Dendrojeomorfoloji uygulamalarında jeomorfolojik süreç ve doğal

tehlikelerden etkilenen, ani büyüme değişikliği ve eksantirik büyüme gösteren ağaçlar seçilmelidir.

1.3.5.Eşleştirme (Çapraz Tarihlendirme) Prensibi

Eşleştirme (Cross Dating,) prensibi dendrokronolojinin en temel prensibi içerisinde yer almaktadır. Çapraz tarihlendirme olarak da bilinen bu yöntemle değişik ortamlardan alınan yıllık halka numunelerinin grafiklerinin oluşturulması ve dar ve geniş halkaların birbiriyle karşılaştırılmasıyla eşleştirme yapılarak geçmiş döneme kadar kronolojiler uzatılabilmektedir. Eşleştirme yöntemiyle yıllık halkalardaki eksik, yalancı ve kusurlu halkaların tespit edilmekte ve ölçümden kaynaklı hataların giderilmektedir (Görsel 1).

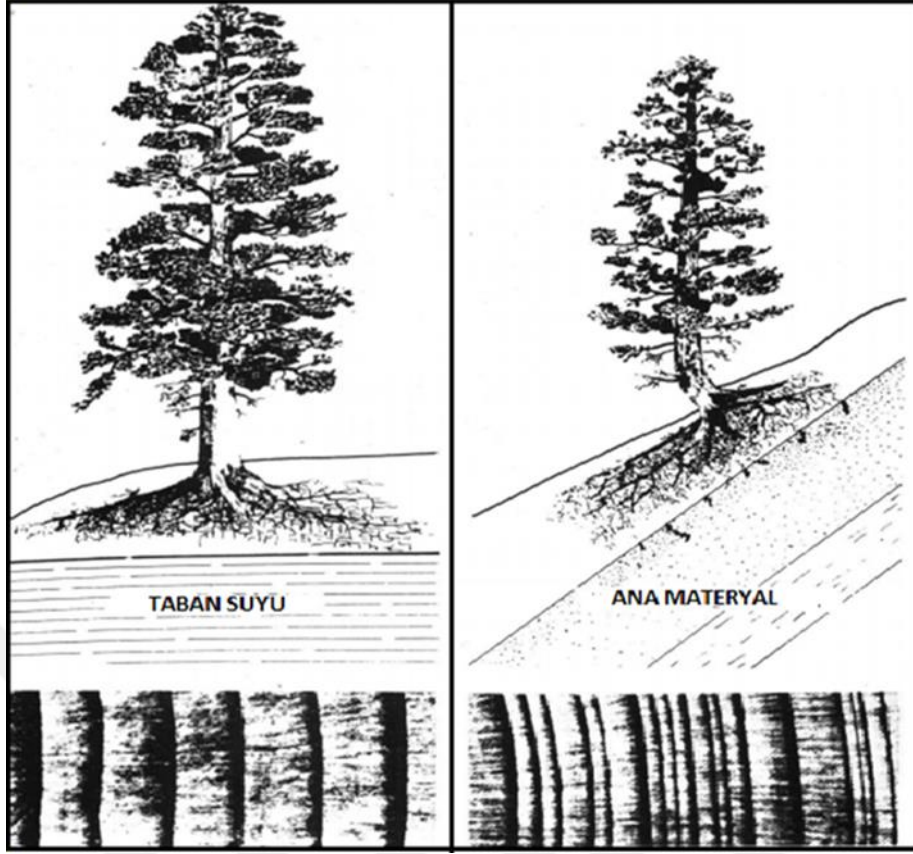
Eşleştirme yapabilmek için en yaygın kullanılan bilgisayar programı COFECHA'dır.1982 yılında Richard L. Holmes tarafından yazılan bu programla ağaç serilerinin çapraz tarihlendirme yapılarak ölçümlerin doğruluğu denetlenmektedir. (Grissino-Mayer, 2001; Speer, 2010)



Şekil 3.Yıllık Halkalarla ana kronolojinin uzatılması ve eşleştirme işleminin yapılması (Corona, 2007).

1.3.6. Duyarlılık (Hassasiyet) Prensibi

Ağaç türleri çevresel ortam koşullarından etkilenmesine bağlı olarak yıllık halkaların gelişiminde belirgin farklılıklar ve değişkenlikler görülmektedir. Bu değişkenlikler duyarlılık olarak adlandırılmaktadır. Ağaç yıllık halkaların büyümesinde yıldan yıla değişiklik gösteren ağaçlar ‘duyarlı ağaç’ olarak tanımlanırken değişiklik göstermeyen ağaçlar ‘duyarsız ağaçlar’ olarak tanımlanmaktadır (Dendrokronoloji araştırmalarında duyarlı ağaçlar seçilmelidir (Şekil 3). Büyümede meydana gelen anomalileri ve değişkenlikleri en iyi duyarlı ağaçlar yansıtmaktadır (Akkemik 2004; Avcı 2007; Fritts 1976; Erkan, 2002).



Şekil 4. Duyarlılık prensibine göre solda optimum koşullar içerisinde yer alan duyarsız ağaç, sağda sınırlayıcı faktörlerin etkin olduğu duyarlı ağaç (Stokes ve Smiley,1968).

1.3.7.Tekrarlama Prensibi

Ağaçlar çevresel koşullara bağlı olarak yıllara göre halka oluşturmada farklılıklar göstermektedir. Bazı yıllarda yıllık halka oluşmamakta, bazen de çift halka oluşmaktadır. Ortaya çıkan bu farklılıkların ana kronolojilerde neden olduğu problemleri ortadan kaldırabilmek ve bir yörede oluşturulan kronolojik serilerinde ortak sinyali yakalayabilmek için benzer koşullardan etkilenen çok sayıda ağaçlardan örnekler alınmalıdır. Bir yöreden ağaçlardan fazla örnek alınması istatistiki verilerin ilişkilerini doğru bir biçimde yansıtacaktır (Doğan,2016).

1.3.8.Standartlaştırma Prensibi

Standartlaştırma (Standardizasyon) prensibi yıllık halka genişlikleri birçok faktörün etkisi altında kalmaktadır. Bu faktörlerin içerisinde çevresel koşullar ve yaşa bağlı duyarlılık bulunmaktadır. Ölçüm sırasında yaşa bağlı duyarlılığın ortadan kaldırılması için yıllık halka genişliklerine standartlaşma uygulanmaktadır.

1.3.9. Model Oluşturma Prensibi

Ağaçların büyüme ve gelişiminin incelenmesi, gelişimini etkileyen faktörleri tespit etmek için model oluşturmak gerekmektedir. Model oluşturma prensibiyle geçmiş dönem koşullarının yansıtılması ve çevresel ortam koşullarının ilişkilendirilmesi bu bağlamda günümüz koşullarının iyi yansıtılması gerekmektedir.

1.3.10. Kalibrasyon, Vertifikasyon ve Yeniden Oluşturma Prensibi

Bu prensiplerle yıllık halkaların geçmiş dönem kayıtlarıyla ilişkilendirilmesini, değerlendirilmesini ve karşılaştırılmasını kapsamaktadır. Tahmini ve aletsel verilerle ilişkilendirilen yıllık halkalarla ilgili çıkarımlar üretilmektedir. Yıllık halkaların geçmiş dönemlerdeki verilerle ilk aşamada kalibrasyonu (ayarlama) yapılmaktadır. Ölçümler sonucunda tahmini verilerle ilişkilendirilerek vertifikasyonu (doğrulaması) yapılmaktadır. Son olarak ortaya çıkan bulgular kullanılarak geçmiş dönem koşullarının tahmin edilmesi ve bu bilgiler doğrultusunda paleoortam koşullarının yeniden oluşturması (rekonstrüksiyon) yapılmaktadır.

1.4. Dendrokronolojinin Uygulama Alanları

Dendrokronoloji, geçmişte tarihsel ve ekolojik olayların kronolojik çizelgelerini güçlendirmek ve genişletmek için kuvaterner biliminde temel bir disiplin olarak gelişim göstermektedir. Geniş araştırma alanına sahip dendrokronoloji yönteminin birçok alt disiplini bulunmaktadır. Bu uygulama alanlarının içerisinde *dendroklimatoloji*, *dendrojeomorfoloji*, *dendroekoloji*, *dendrohidroloji*, *dendroglasyoloji*, *dendroniveoloji*, *dendrovolkonoloji*, *dendropironoloji*, *dendrokimya*, *dendroentomoloji*, *dendroarkeoloji* ve *dendroastronomi* yer almaktadır (Tablo 3).

Dendrokronoloji sadece yıllık halkaların analizine dayalı bir yöntem değildir fakat analizlerde en çok tercih edilen yıllık halkaların kullanımınıdır. Dendrokronoloji aynı zamanda odun yoğunluğunun, hücre boyutlarının, radyoaktif ve sabit izotop oranlarından da faydalanmaktadır (Erkan, 2002; Winchester,1991; UWICER,2017). Ayrıca zamansal ve çevresel değişimleri değerlendirmede hata oranı çok az olan dendrokronoloji yöntemi birçok doğal kaynaklı süreçlerin tespit edilmesinde ve geçmişte yaşanan olayların kesin kronolojisinin belirlenmesinde diğer bilimsel disiplinlere önemli bilgiler aktarılmasını sağlamaktadır (Şekil 4).

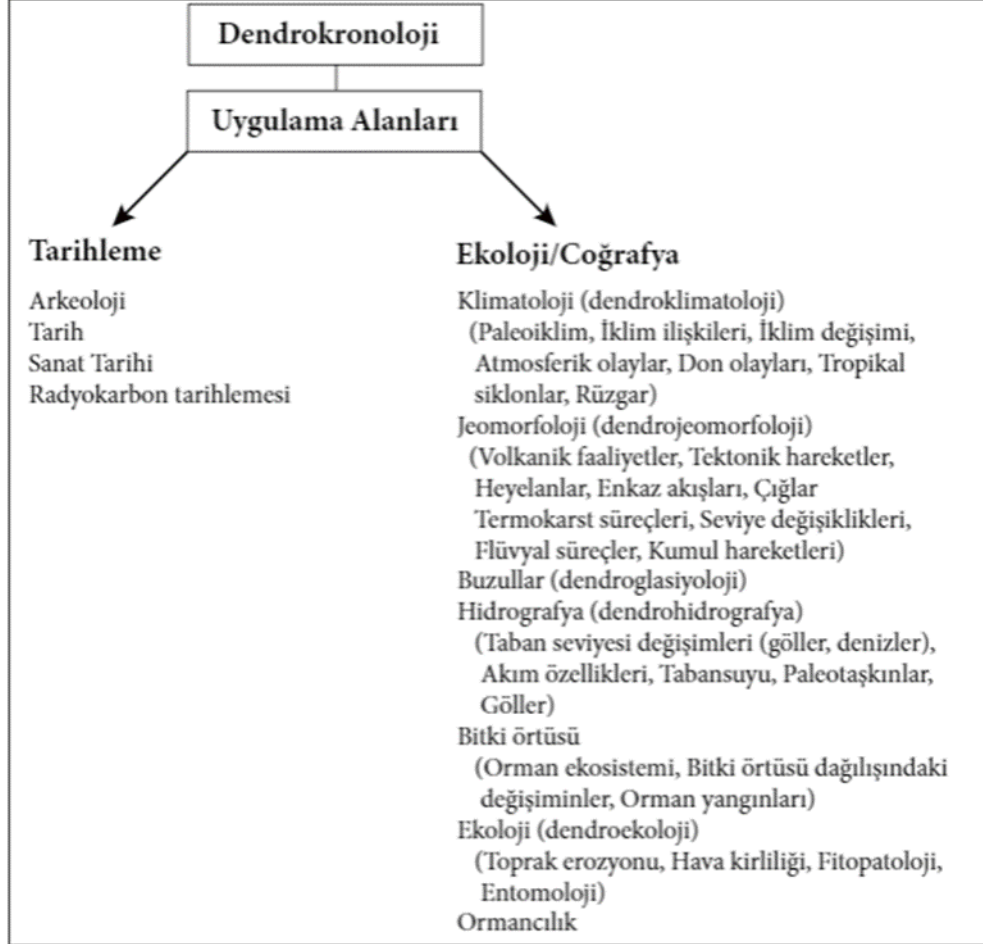
Tablo 5. Dendrokronolojinin Uygulama Alanları.

Dendrokronolojinin Uygulama Alanları	Açıklama
Dendrojeomorfoloji	Jeomorfolojik süreç ve dinamiklerin incelemektir. Doğal tehlike araştırmalarında sıklıkla kullanılmaktadır.
Dendroklimatoloji	Günümüz ve geçmiş dönem iklim koşullarının belirlenmesinde ve iklim değişikliği çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır.
Dendroglasyoloji	Buzul akıntılarının inceleyerek buzul dönemlerinin küresel iklim değişmeleriyle ilişkilendirmektedir.
Dendronivoloji	Çığ yoğunluğunu ve sıklığını tespit eden araştırmalarda kullanılmaktadır.
Dendrohidroloji	Hidroloji (su) konulu çalışmalarda kullanılmaktadır. Sel ve taşkın araştırmalarında kullanılmaktadır.
Dendrovolkonoloji	Volkanik faaliyetlerin iklim koşullarına etkisini incelemektedir.
Dendropiroloji	Orman yangınlarını incelemenin yanı sıra yıldırım düşmesi ve şimşek çakmasına maruz kalan ağaçları incelemektedir.
Dendroekoloji	Ekolojik koşulların belirlenmesinde kullanılmaktadır. Hava kirliliğinin oluşturduğu çevresel sorunları ortaya çıkarmaktadır.
Dendrokimya	Kesin olarak tarihlendirilmiş ağaç halkalarının ağaç kimyasını analiz eden ve yorumlayan bir dendrokronolojinin alt disiplindir.
Dendroentomoloji	Ormanda meydana gelen böcek saldırılarının tespitinde kullanılmaktadır.
Dendroarkeoloji	Arkeoloji çalışmalarında kullanılmaktadır.
Dendroastronomi	Kozmik cisim etkisi altında kalan ağaçları incelemektedir.

Kaynak: (Winchester, 1991; Speer,2010; URL⁴).

Mutlak yaşlandırma yöntemlerinde ortaya çıkan hatalara karşı doğru sonuçlar elde etmek için sıklıkla çapraz kontrol sistemi uygulanmaktadır. Çapraz kontrol araştırmanın güvenilirliğini arttırmak ve doğruluğunu değerlendirmek amacıyla iki farklı yöntemin kıyaslanmasına bağlı oluşturulmaktadır. Bu kontrollerin amacı iki yöntem arasında eşleştirme yapılarak uyum yakalamaktadır. Eğer uyum sağlanmazsa bir başka yöntemle doğruluğu denetlenmektedir. Dendrokronoloji yöntemiyle kalibrasyonu

yapılan yöntemler arasında C₁₄, varv analizi, buzul karotları, likonemeti ve palinoloji yer almaktadır. Bu yöntemlerin birbirleriyle ilişkilendirilmesinde ki amaç araştırmanın doğruluğunu denetlemek ve analizlerin kontrolünü yapmaktır.



Şekil 5. Dendrokronolojinin uygulandığı bilim dallarının şematik gösterimi (Doğan, 2016).

Dendrokronoloji, geçmişte meydana gelen çevresel faktörleri güncellemek ve incelemek için ağaç büyüme halkalarını kullanan bir disiplindir (Fritts, 1976). Ağaçların büyümesini etkileyen anomaliler arasında iklimsel parametreler (sıcaklık ve yağış), edafik koşullar, jeomorfolojik dinamikler, orman yangınları, fitopatolojik sorunlar ve antropojenik etkiler yer almaktadır. Bu etkenler sonucunda ortaya çıkan büyüme bozuklukları yıldan yıla değişkenlik göstermektedir. Analizlerle bu değişkenlikler tespit edildikten sonra geçmiş dönem koşulları aydınlatılabilmektedir. Dendrokronolojik yöntemler bu açıdan incelendiğinde küresel iklim değişimleri araştırmalarına çok boyutlu veri temin etmenin yanı sıra klimatolojik, hidrolojik, jeomorfolojik ve

antropojenik faktörlerin zamansal ve uzamsal açıdan yeniden yapılandırılmasına olanak sağlamaktadır. Dendrokronoloji yöntemi bu yönüyle paleocoğrafya araştırmalarında güncel olarak sıklıkla karşılaşılmaktadır (Speer, 2010).

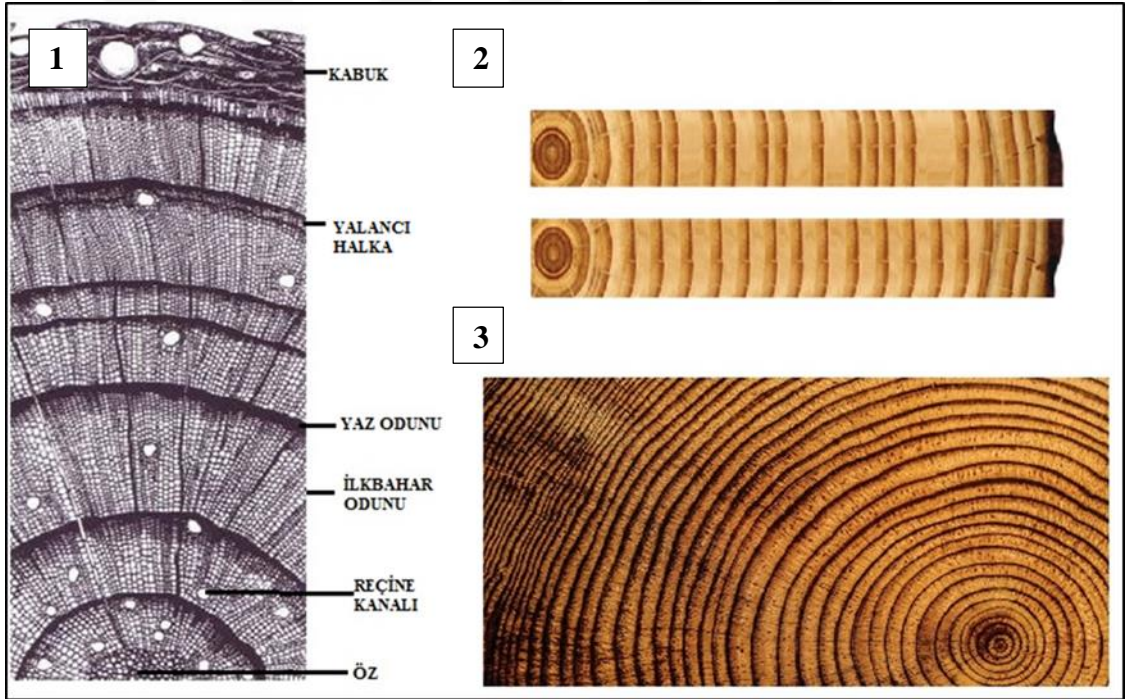
1.5. Yıllık Halkalar

Yıllık halkalar ağacın yaşlandırılmasının yanı sıra halkaların genişliği, hücrelerin büyüklüğü ve yoğunluğu; jeomorfolojik süreçlerin ve doğal afetlerin gelişimi; yağış, güneşlenme süresi, kuraklık, rüzgar, toprak ve hava sıcaklığı gibi bir çok anatomik, ekolojik, klimatik ve jeomorfolojik parametreleri yansıtmaktadır (Coşkun,2019).

Ağaçlar her yıl iki şekilde büyüme gerçekleştirmektedir Her yıl tekrarlanan bu süreç ağaç gövdesinde yıllık büyüme halkalarını meydana getirmektedir. Bunlar boyuna büyüme ve çap artımıdır. Akkemik (2004), Avcı (2007,2012), Erlat (2004) ve Coşkun (2019) 'a göre ağaçların gövdesinin büyüme ve gelişimini sağlayan hücrelerden oluşan kambiyum tabakası olarak adlandırılan katman vejetasyon döneminin başlamasıyla hücrelerin yenilenmesine bağlı olarak ağacın çapının gelişmesine neden olmaktadır. Ağaçların gövdesinde bulunan kambiyum tabakası hücreleri her yıl bölünerek yıllık halkalar halinde üst üste biriktirmesi sonucunda çap artımı meydana getirmektedir. Kambiyumun tabakasının etken olduğu süre yıllık halkaların genişliğini belirlemektedir. Ilıman iklim kuşağına sahip ortamlarda yıllık halkalar ilkbaharda aktif hale geçmesi sonbaharda faaliyetlerini durdurması sebebiyle açık bir biçimde her yıl oluşmaktadır. Yıllık halkalar ilkbahar odunu ve yaz odunu olmak üzere iki kısımdan oluşmuştur (Görsel 1.). Ağacın ekolojik koşullarının uygun yıllarda büyüme halkaları geniş uygun olmayan yıllarda dar olmaktadır. Yıllık halkalarda ilkbahar odunu açık renkte, yaz odunuysa koyu renkte büyüme göstermektedir. İlkbahar odunu ve yaz odunu bir yılı temsil etmektedir. Ayrıca iklim araştırmalarında yaz odunlarının sıkı bir görünüme sahip olması iklime bağlı anomalilerin sinyalini vermektedir.

Ilıman bölgelerde her yıl gerçekleşen çap artımı ağaç türlerine (kozalaklı ya da geniş yapraklı) ve ağacın bulunduğu iklim bölgesinde yetişme ortamına göre değişiklik göstermektedir (Erdin ve Bozkurt, 2000; Efe ve Yaltrık, 2000; Avcı, 2007). Yıllık halkaların sınırları iğne yapraklı ağaçlarda daha net bir görünüme sahipken geniş yapraklı ağaçlarda fazla belirgin görünmemektedir. Bu nedenden dolayı yıllık halka araştırmalarında ölçüm kolaylığı sağladığı için genel olarak iğne yapraklı ağaçlar kullanılmaktadır.

Yıllık halkalarının sınırlarının genişliği etkileyen faktörlerin başında genetik yapı gelmektedir. Diğer faktörlerin içerisinde iklimik koşullar (sıcaklık, yağış ve rüzgar) topoğrafik yapı ve edafik faktörler yer almaktadır. Yıllık halkalarda iklime ve çevresel koşullara bağlı durumlarda problemlerle karşılaşmakta özellikle gövdede eksantirik büyüme meydana gelmektedir. Eksantirik büyümenin meydana geldiği alanlarda eksik yıllık halka ve kusurlu (yalancı) yıllık halkalar oluşabilmektedir. Ağaçların analizi sırasında bu halkalara dikkat etmek gerekmektedir çünkü ölçümlerin hatalı yapılmasına neden olmaktadır (Sefa ve Özkan, 2004). Dendrojeomorfoloji araştırmalarında örnek ağaçlar belirlenirken özellikle eksantirik büyüme gösteren ağaçlar tercih edilmektedir. Yıllık halkaların genişliği, ağaçların anatomik ve genetik yapı, iklimsel parametreler, orman yangını ve antropolojik kökenli faktörlere göre farklılık göstermektedir.



Şekil 6. Yıllık Halkaların Gösterimi 1: Yıllık halkaların sınırları (Fritss,1976), 2: Ekolojik amplitüd ve yer seçimi ilkelerinin etkilerinin görünümü. (Smith ve Lewis, 2007), 3: İlkbahar ve yaz odunu sınırlarının genişliklerinin görünümü (URL⁵).

1.6.Denrokronolojide Uygulanan Yöntemler

Dendrokronolojik araştırmalarda yıllık halkalarının ölçülmesi ve analizlerinin ortaya koyulabilmesi için yer seçiminden, örnek alınmasına, örneklerin ölçülmesinden, istatistik analizlerin yapılmasına kadar çok sayıda yöntem ve teknik

uygulanmaktadır. Çalışmanın uygulama alanına ve amacına göre yer ve ağaç türü belirlemesi, istatistiki modellemelerin ve yöntemlerin ortaya konulması gerekmektedir. Dendrokronoloji de uygulanan yöntemler üç aşamada ele alınmıştır.

1.6.1.Örnek Alanın ve Örnek Ağaç Türünün Belirlenmesi

Dendrokronoloji’ de yer seçimi araştırmanın doğruluğu açısından önem taşımaktadır. Öncelik olarak yer seçimi araştırmanın amacına uygun olmalıdır. Örneğin heyelanları konu alan dendrojeomorfolojik bir araştırma için geçmişte ve günümüzde heyelanların sıklıkla gerçekleştiği alan seçilerek aynı zamanda arazide bulunan ağaçların büyüme bozukluklarını tespit ederek belirlemek gerekmektedir. Çalışma alanı belirlendikten sonra arazinin coğrafi özelliklerinin tanımlanması, haritalanmasının yanı sıra gözlemsel ve tarihsel kayıtlardan yararlanılmaktadır. Özellikle doğal afet çalışmalarında geçmiş dönemde meydana gelmiş doğal afetlere dayalı tarihsel bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır (Akkemik, 2004; Doğan, 2016).

Dendrokronolojik çalışmalarda kullanılacak araçlar canlı ağaçlar, gövdesi kesilmiş ağaçların enine kesitleri ya da fosilize olmuş ağaçlardır (Avcı,2007). Ayrıca araştırmacılar genellikle ölçüm kolaylığı sağladığı için iğne yapraklı ağaçları tercih etmektedir.

Tablo 6. Bazı ağaç türleri ve bu ağaç türlerinin önem dereceleri.

Ağaç Türü (Latince)	Ağaç Türü (Türkçe)	Önem Derecesi
<i>Abies Bornmülleriana</i>	Uludağ Göknarı	1
<i>Acer Platanoides</i>	Çınar Yapraklı Akçaağaç	1
<i>Alnus Glutinosa</i>	Adi Kızılağaç	1
<i>Buxus Sempervirens</i>	Adi Şimşir	1
<i>Castanea Sativa</i>	Anadolu Kestanesi	1
<i>Fagus Orientalis</i>	Doğu Kayını	1
<i>Pinus Brutia</i>	Kızılçam	1
<i>Pinus Nigra</i>	Karaçam	2
<i>Pinus Sylvestris</i>	Sarıçam	2
<i>Populus Nigra</i>	Kara Kavak	1
<i>Quercus Petraea</i>	Sapsız Meşe	2
<i>Quercus Robur</i>	Saplı Meşe	2

Kaynak: (Grissino-Meyer, 1993, İrdem, 2019).

Dendrokronolojik olarak kullanılacak olan ağaçlar önem sırasına göre sınıflandırılmaktadır. Dendrokronolojik açıdan değerlendirilmeyen ya da daha önce hiç

çalışılmamış ağaçlar (0) rakamıyla temsil edilmektedir. Dendrokronolojik açıdan az sayıda araştırma yapılmış ve orta derecede öneme sahip olan ağaçlar (1) rakamıyla ifade edilmektedir. Dendrokronolojik araştırmalarda önemli olan ve sıklıkla kullanılan ağaçları (2) rakamıyla kodlanmıştır (Grissino-Mayer, 1993; Köse,2007;İrdem,2019) (Tablo 7).

1.6.2. Arazide Uygulanacak Yöntemler

Dendrokronoloji araştırmalarında örnek alan ve ağaçlar belirlendikten sonra Global Positioning System (GPS) kullanılarak arazinin sınırları belirlenmekte ve yöreleri oluşturulmaktadır. GPS yardımıyla seçilen ağaçların ve kontrol noktalarının koordinatlarının belirlenmesi gerekmektedir.

Araştırma alanında bulunan ölmüş ağaçlardan örnekler enine kesit şeklinde alınmaktadır. Enine kesitlere testere yardımıyla alınmaktadır. Canlı ağaçlardan örnek alınması için artım burgusu kullanılarak ağaçlardan artım kalemleri temin edilmektedir (Fotoğraf 3). Artım kalemleri en az 10 ya da 15 ağaçtan iki yönlü olarak, ağacın tam merkezine doğru alınması gerekmektedir. Fakat dendrojeomorfoloji araştırmalarında büyüme anomalilerinin meydana geldiği kısımdan örnekler alınmalıdır.

Ağaçlardan alınan numunelerin zarar görmemesi için 5 mm. çapında kağıt ya da plastik taşıyıcılara yerleştirilmektedir. Artım kalemlerinin yer aldığı kağıt ya da plastik taşıyıcıların üzerine arazinin kodu, yöre numarası (il, ilçe, orman şefliği), numunenin koordinatı, ağacın türü ve artım kaleminin numarası yer almalıdır. Alınan örneklerin fotoğrafları çekilmelidir. Ayrıca arazi defterine bu bilgiler kaydedilmeli ve fotoğrafların numaraları yazılmalıdır. Plastik taşıyıcıların bulunmadığı durumlarda artım kalemlerinin nemli olmasından dolayı bozulmamaları için kağıt taşıyıcılara sarılarak muhafaza edilmektedir (Doğan, 2016).



Fotoğraf 3. Artım Burgusu ve Artım Kalem (URL⁶).

1.6.3. Laboratuvar Analizinde Uygulanacak Yöntemler

Ağaçların ölçümüne başlamadan yapılacak ilk işlem kağıt ya da plastik taşıyıcılarda saklı artım kalemlerinin ağaç tutkalı yardımıyla ahşap taşıyıcılarına yerleştirilmelidir. Ahşap taşıyıcılar ölçüm sırasında kolaylık sağlamanın yanı sıra artım kalemlerinin uzun süreçte korunmasını sağlamaktadır.

Ahşap taşıyıcılarda korunan artım kalemlerinin yüzeyinin düzeltilmesi için Tank zımparası yardımıyla zımparalama işlemi yapılmaktadır (Fotoğraf 4). Zımparalama işleminden sonra ölçüm sırasında problemlerin yaşanmaması için artım kalemleri 10'ar yıldan oluşan seksiyonlara bölünmektedir (Akkemik,2004). Yıllık halka genişliklerinin ölçülmesi TSAP, WINDENDRO gibi ölçüm programları yardımıyla belirlenmektedir.



Fotoğraf 4. Artım Kalemi Örneği (URL⁷).

Yıllık halka genişlikleri ölçülen numunelerin ölçümlerinin doğruluğunu kontrol etmek ve/veya eksik ya da yalancı halkaların tespitinin yapılması için eşleştirme (cross dating, çapraz tarihlendirme) işlemi yapılmaktadır Eşleştirme için genellikle COFECHA programı kullanılmaktadır (Holmes, 1983; Gissino- Mayer) (Görsel 2).

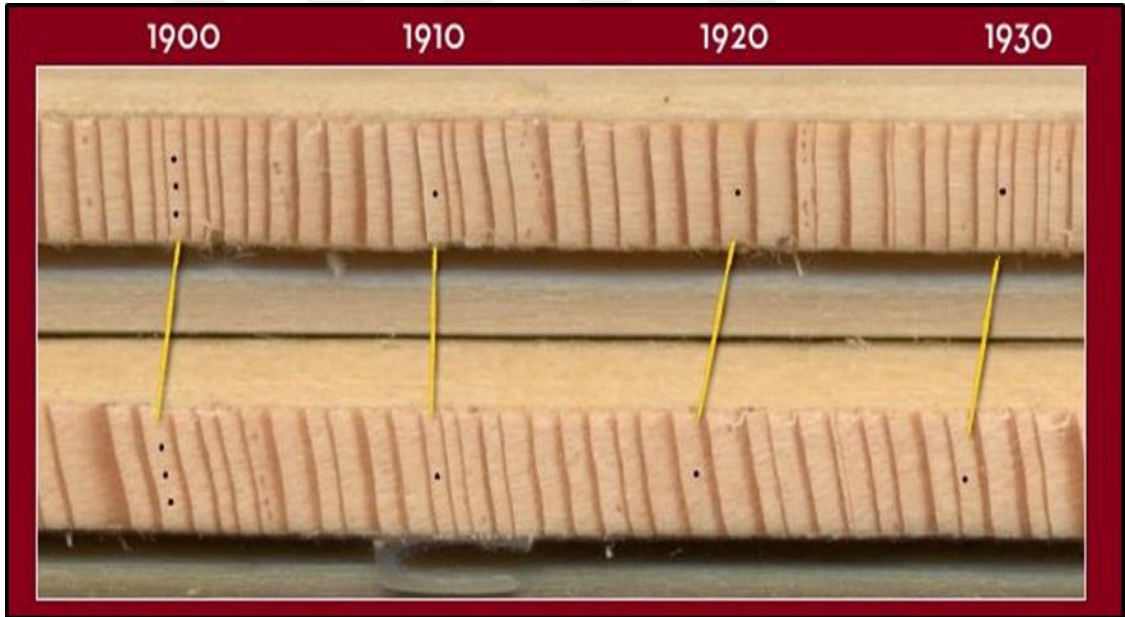
Son yıllarda yıllık halka genişliklerinin ölçülmesinden başlayarak analizlerin yapılmasına kadar devam eden araştırma süreçleri için çeşitli bilgisayar programları (ARSTAN, COFECHA, WINDENDRO, TSAP, PAST, PRECON vb.) bulunmaktadır. Bu programların çoğuna ücretsiz erişim sağlanmaktadır (Köse, 2007).

```
PROGRAM COFECHA
Version 6.06P 22:28 Tue 09 Apr 2019
<XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX>
Program COFECHA does data quality control on a set of tree-ring measurements,
verifying crossdating among measurement series and indicating possible dating
or measurement problems. It identifies portions of tree-ring series that may
have dating errors or important errors in measurement. You may also check
crossdating among chronologies.

Before problems are identified each time series is transformed to enhance
characteristics related to crossdating. Low-frequency variance is removed
by cubic smoothing spline. Autoregressive modeling removes persistence.
To weigh proportional differences equally the series is log-transformed.
Each transformed series is then tested against the master dating series
segment by segment, and successive segments are lagged with a 50% overlap.

Maximum time span 4096 years For more information type: ?
Identify job (up to 5 characters) =>
```

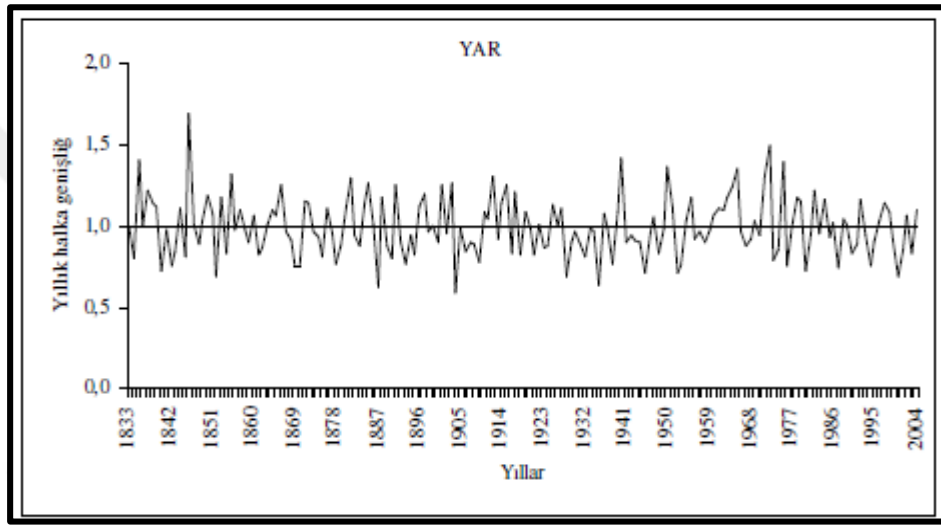
Görsel 1.Cofecha Programının Ara Yüzü.



Fotoğraf 5. Artım kalemlerinin çapraz tarihlendirilmesi (URL⁸).

Yıllık halka genişliklerinin ölçülmesinden sonraki diğer bir aşama dendrokronolojik zaman serilerinin grafiklerinin oluşturulmasıdır (Grafik 1). Bu grafiklerin oluşturulmasında 4 farklı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler;

1. İskelet Noktalama Yöntemi,
2. Mutlak Halka Genişliklerinin Grafikle Gösterilmesi,
3. Yıllık Halka Genişliklerinin Yarı-Logaritmik Olarak Gösterilmesi,
4. Yıllık Halka Serilerinin Standart Hale Dönüştürülmesidir (Schweingruber,1988; Akkemik, 2004; Doğan, 2016).



Grafik 1. Yöre kronolojisi örneği (Köse,2007).

Ağaçların büyüme ve gelişim süreci çevresel faktörlerden etkilenmektedir. Bu yönden yıllık halka genişlikleri ağacın yaşına ve bulunduğu mekâna bağlı etkilerden oluşan eğilimler göstermektedir. Standartlaşma işleminde trendlerin doğrulunu kontrol etmek aynı zamanda yıllık halka kronolojilerini standartlaştırma yapılarak mutlak halka genişliklerinin oluşturduğu grafiğe en doğru regresyon eğrisi geçirilir. Bu aşamadan sonra bir indis değeri oluşturulur. İndis değerleri iki formülle hesaplanmaktadır. İlk olarak gerçek değerlerin, regresyondan elde edilen değerlere birbirine bölünerek, ikinci olarak gerçek değerlerden regresyondan elde edilen değerlerin çıkarılmasıyla indis değerleri elde edilmekte ve kronolojiler standartlaştırılmaktadır. (Fritts,1976; Schweingruber, 1988; Akkemik, 2004; Köse, 2007).

Bireysel standart grafikler oluşturulduktan sonra grafikler arasındaki uyumu yakalayabilmek için iki istatistikî yöntem kullanılmaktadır. Bunlarda ilki eğrilerin uyum

yüzdesi yöntemidir. Bu yöntemde bir yörede bulunan yıllık halkaların aynı frekansa sahipse ve uyumlu değilse uyumsuz olarak nitelendirilmektedir. Diğer korelasyon katsayıları yöntemiyle grafikler arası uyum yakalanmak için kullanılmaktadır (Fritts, 1976; Schweingruber, 1988; Akkemik, 2004; Köse, 2007).

Dendrokronoloji yönteminin uygulamaları özellikle doğal tehlike ve risk analizi araştırmalarında sıklıkla uygulanmaktadır. Dendrokronolojinin doğal tehlike tahmini araştırmaları esasen yıllık halkalarının frekans ve büyüklüğüne dayanmaktadır. Doğal tehlike olayların sıklığı ve büyüklüğü üzerinde durulmaktadır. Frekans ve büyüklük eğrilerini en iyi şekilde gözlemsel verilerden temin edilebilir. Ancak tarihsel kayıtlarda ki yetersizlik ya da bilgi eksikliği katastrofik süreçlerin tespitinde sınırlı kalmaktadır.

Dünyanın farklı bölgelerinde ve ülkelerinde çalışan dendrokronologların oluşturdukları yıllık halka kronolojileri Uluslararası Yıllık Halka Veri Bankası' (ITRDB) toplanmakta ve toplanan veriler NCEI'nin Paleoklimatoloji Ekibi ve Dünya Paleoklimatoloji Veri Sistemi tarafından yönetilen dünyanın en büyük ağaç halka verileri arşivinde kayıt altına alınmaktadır. ITRDB'de, yıllık halka genişliği, ağaç yoğunluğu ve izotop ölçümleri ve yöre kronolojilerine ait indis değerleri bulunmaktadır (URL⁹).

2.BÖLÜM

DENDROJEOMORFOLOJİ ve DOĞAL AFET ARAŞTIRMALARINDA DENDROJEOMORFOLOJİK YÖNETİMLERİN KULLANIMI

Araştırmanın bu bölümünde dendrojeomorfoloji hakkında açıklamalara (tanımı, tarihsel arka planı,yöntemi ve uygulama alanlarına) yer verilmiştir. Jeomorfolojik süreç ve doğal tehlikelerin ağaç büyüme ve gelişimi üzerinde gösterdiği etkiler belirtilmiştir. Ayrıca yer kökenli doğal afetlerin (depremler, enkaz akışları, kaya düşmesi, heyelanlar, çığ) geçmiş dönemdeki hareketlerinin tespitinde yıllık halkaların kullanılması anlatılarak bu konuda yapılmış çalışmalardan bahsedilmiştir.

2.1 Dendrojeomorfoloji

2.1.1.Dendrojeomorfolojinin Tanımı

Dendrokronolojinin jeomorfolojik süreçlerin incelediği alan dendrojeomorfoloji olarak adlandırılmaktadır (Stoffel ve Bollschweiler, 2008). Dendrokronolojinin alt dalı olan dendrojeomorfoloji yer şekillendirme süreç ve dinamiklerin yansıtılmasını, ağaçların yıllık halkalarına dayalı kronolojik zaman serisi üretilmesini ve çevresel değişim oranlarının belirlenmesini sağlayan disiplindir. Ayrıca dendrojeomorfoloji yöntemiyle paleoortam rekonstrüksiyonları zamansal ve mekansal açıdan değerlendirilmektedir.

Dendrojeomorfoloji yöntemi doğal tehlikelerin etkilediği doğal çevre sorunlarının sıklığı, yoğunluğu ve süresini saptayarak sürdürülebilir mekânsal yönetime katkı sağlamaktadır. Ayrıca bu yöntemle güncel katastrofik olaylar incelenerek ağaçların modifikasyonuna sebep olan kümülatif etkiler değerlendirilmektedir. Dendrojeomorfoloji araştırmaları, heyelanlar, çığlar, kaya düşmeleri, volkanik patlamalar ve depremler gibi jeomorfolojik süreçlerden etkilenen ağaçların yıllık halka gelişimlerinde meydana gelen değişimlerin tarihlendirilmesine ve yeniden yapılandırılmasına dayanmaktadır.

Yüksek dağ ekosistemleri, en hassas ekolojik sistemler içerisinde yer alır ve mekâna bağlı oluşan etmenleri kayıt altına alırlar (Schweingruber, 1996; Silhan, 2012). Ayrıca kayıt altına alınan bu bilgiler, dendrokronolojik yöntemlerle analiz edilerek

ağacın kronolojik bulgularla yaşını tespit etmenin yanı sıra bir yıllık hassasiyeti bile gözden kaçırmadan paleoçevresel koşullarını yansıtmaktadır. Bu yöntem jeomorfolojik süreçlere bağlı oluşacak doğal risk ve tehlikelerin, hareket zamanı ve büyüklüğün belirlenmesinde kullanılan önemli bir araçtır. Doğal afetler periyodik olarak tekrarlayan gerçekleşme sıklıkları bulunan hareketleri içermektedir. Bu nedenle doğal tehlikelerin muhtemel hareket zamanının ve büyüklüğünün belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için geçmiş ortam koşullarının yeniden yapılandırılması ve geçmişte aktif olmuş doğal tehlikelerin tespitine ihtiyaç duyulmaktadır.

Dendrojeomorfoloji de yapılan araştırmalar yerel ölçekte meydana gelen çevresel unsurların tarihlendirilmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Dendrojeomorfoji dendroklimatoloji kadar yaygın kullanılmasa da geçmiş dönem koşullarını yansıtmada hata payının az olması çevresel koşulların yansıtılmasında önemli veriler sağlamaktadır. Dünyada çeşitli araştırmalarda kullanılan dendrojeomorfoloji yöntemi kullanımı yaygınlaşmıştır. Dendrojeomorfolojik yöntemlerin gelişimi, dendroklimatolojinin gelişimiyle yakından ilgisi bulunmaktadır (Solomina, 2002; Avcı,2007).

2.1.2. Dendrojeomorfolojinin Tarihsel Arka Planı

Yer kürenin geçmiş dönem koşullarında iç ve dış süreçlerle nasıl şekillendiğini anlayabilmek için jeolojik ve jeomorfolojik yönden incelenmesi gerekmektedir. Geçmiş ortam koşulların belirlenmesinde çok sayıda mutlak yaşlandırma yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında jeomorfolojik olayların tespitinde, zamansal ve mekânsal açıdan veri arşivi niteliği taşıyan Autlizky'e (1992) göre zamanın sessiz tanıkları olan ağaçlarda kullanılmaktadır (Stoffel, Bollschweiler, Butler ve Luckman, 2010).

Ağaçların yıllık halkaları kullanılarak jeomorfolojik süreçlerin ve dinamiklerin değerlendirilmesine dayalı araştırmalara dendrokronologlar tarafından ilk olarak 1930'lu yıllarda başlanmıştır. 1960 'lı yıllara gelindiğinde karmaşık yapıya sahip aşındırma süreçlerinin gelişimini tespit edilerek geçmişe dayalı mekânsal ölçümler yapılmıştır. 1960'lı yıllardan sonra doğal tehlike araştırmalarında kullanılan uygulamaların sayısında artış yaşanmıştır (Winchester, Gartner ve Bezzi, 2007:183). La Marche'in 1966 ve 1968 yıllarında yaptığı erozyona dayalı yıllık halka araştırmaları bulunmaktadır. Dendrojeomorfoloji kavramı ilk kez Juako Alestalo tarafından 1971 yılında yayınlanan '*Dendrochronological Interpretation of Geomorphic Processes*' adlı

çalışmasında kullanmıştır. Dendrojeomorfolojik araştırmaların teorik kavramsal modelini ilk olarak Shroder (1978) tarafından tanımlanmıştır. Bu yaklaşım süreç-olay-tepki sistemi biçiminde ifade edilmektedir. Burada “süreç” enkaz akışı, çığ gibi herhangi bir jeomorfolojik ajanı temsil eder. Bir jeomorfolojik “olay” a maruz kalan ağaç bu olaya büyüme ve gelişimi düzeninde tepki/yanıt verir (Tablo 7).

Tablo 7. Shroder tarafından tanımlanan süreç-olay-tepki sistemi.

Süreç	Olay	Tepki
	Ağacın hasar görmesi(yaralanması)	Travmatik reçine kanallarının gelişimi ve kallus dokusunun oluşumu
Kaya Düşmesi	Ağacın taç kısmının kopması	Travmatik reçine kanallarının gelişimi ve kallus dokusunun oluşumu
Enkaz Akışı	Ağacın gövdesinin gömülmesi	Büyümede azalış
Erozyon	Ağacın kök sisteminin yüzeye çıkması	Büyümede azalış
Çığ	Ağacın gövdesinin eğilmesi (Tilt Olmuş Gövde)	Reaksiyon odununun oluşumu

Kaynak: (Shroder 1978; Stoffel, 2015).

Dendrojeomorfoloji araştırmaları 1960’lı yıllardan itibaren hız kazanmaya başlamıştır. Dendrokronolojik uygulamaların içerisinde dendrojeomorfoloji alanı göz ardı edilmiş bir disiplindir. Bu durumun temel nedeni mekâna ve zamana bağlı olguların araştırılmasında ideal göstergeler olarak kabul edilen ağaçların, yıllara ve yüzyıllara dayanan jeomorfolojik süreçlerin kronolojik olarak tarihlendirmede sınırlı sayıda kalabilmektedir.

Jeomorfolojik araştırmalarda yıllık halka analizlerinden destek alan uygulamalarda iki genel dendrojeomorfolojik yaklaşımdan söz edilmektedir. Bu yaklaşımlardan ilkinin Strunk (1997), Wood ve Smith (2004)’in araştırmalarında örneklerinin bulunduğu gibi jeomorfolojik süreç ve doğal tehlikelerin oluşumu sırasında hasar gören ağaçların bu olaylara karşı gösterdiği tepkinin belirlenmesidir. İkinci yaklaşım, Grissino-Meyer (2001)’in araştırmalarında örneklerinin bulunduğu gibi bitki

örtüsünün minimum tarihlendirilmesini ele almaktadır. Bazı çalışmalarda her iki yaklaşımın dikkate alındığı görülmektedir (Avcı,2007).

Geleneksel ve güncel tekniklere dayalı yapılan dendrojeomorfolojik araştırmaların çoğu zaman çalışmaların temelini oluşturmaktadır. Geleneksel yöntemlerde dendrojeomorfolojlar genellikle kozalaklı ağaçlardan örnek almışlardır. Bunun nedeni kozalaklı türlerin laboratuvar ortamında ölçümlerin kolay uygulanmasından kaynaklanmaktadır. Güncel araştırmalarda iğne yapraklı ve geniş yapraklı farklı ağaç türlerinin, jeomorfolojik süreç ve doğal tehlikelerden etkilenmelerinin karşılaştırmaları analizleri yapılmaktadır (Silhan ve Stoffel, 2015).

Dendrojeomorfoloji araştırmaları yoğun bir şekilde Kuzey Amerika ve Avrupa'da yapılmaktadır. Bunun temel nedeni yıllık halka laboratuvarların ilk bu bölgelerde kurulması, gelişmiş laboratuvar ortamlarının bulunması, uzman kişilerin fazla olması ve ilk araştırmaların bu alanlarda yapılmasından kaynaklanmaktadır. Dendrojeomorfolojik açıdan farklı bölgelerinde kapsamlı bir biçimde doğal tehlike analizleri yapılmaktadır. Çek Cumhuriyeti Karpat Dağları, Çin platosu, İspanya, Rusya Kamçatka, Türkiye, Alpler, Çin, Hindistan, Orta Asya gibi alanlarda çok sayıda uygulama çalışmalar yapılmıştır. Buna rağmen araştırmacı sayısının yetersizliği ve diğer bölgelerin incelenmemesi, dendrojeomorfoloji araştırmalarını sınırlandırmaktadır.

2.1.3.Dendrojeomorfolojik Yöntemler

Kütle hareketleri, kumul hareketleri, volkanik faaliyetler, aşındırma süreçleri ve depremleri konu alan dendrojeomorfoloji araştırmalarının temelini jeomorfolojik süreç ve dinamiklerin yaşlandırılarak yeniden yapılandırılmasını içermektedir. Jeomorfolojik süreçlerin belirlenmesinde kullanılan dendrojeomorfoloji uygulamalarında dendrokronoloji araştırmalarına benzer yöntemler uygulansa da dendrojeomorfolojik analizlerde örnek alan ve ağaç seçimi farklıdır. Bu yaklaşımlar genel olarak ağaçlardaki büyüme bozukluklarının incelenmesine dayanır. Dendrojeomorfoloji araştırmalarında ağaçların yıllık halkaları dışında, gövdede görülen yaralanmalar ya da kök özellikleri de önemli olmaktadır. Ayrıca dendrojeomorfolojik yöntemlerde afetlerin oluşumlarına göre farklı yaklaşımlar ve bu yaklaşımların eşikleri bulunmaktadır. Bu yaklaşımlar genel olarak eksantirik indeksi temelli hesaplamalara dayanmaktadır (Stoffel, vd., 2010; Silhan,2019).

Bu yaklaşımlardan ilki geleneksel olarak kullanılan Shroder' in formülüdür. Süreç-Olay-Tepki indeksinin hesaplanmasıyla oluşturulmuştur. Bu formül;

$$I_t : \sum R_t / \sum N_t \times 100 \%$$

I_t : t yılına ait halka genişliği indisi,

R_t : Büyüme sıkıntısı çeken ağaç sayısı,

N_t : t yılında yaşayan tüm örneklenen ağaçların sayısıdır (Silhan,2019).

Diğer bir yaklaşım 1987 yılında Braam ve arkadaşları (Braam, R., Weiss, E., ve Burrough, P.) tarafından tanımlanmıştır (Silhan,2019). Kütle hareketlerinin sinyallerinin, eksantirik indeksi serisinden çıkarılmasıyla elde edilen istatistiki bir yöntem sunmaktadır. Bu formül:

$$e = a-c / a+c$$

e: Eksantiriklik değeri,

a: Gövdenin üst kısmının halka genişliği,

c: Dik halka genişliğini ifade edilmektedir (Silhan, 2019).

2013 yılında Wistuba ve arkadaşları tarafından kütle hareketlerinin eksantiriklik değerlerinin belirlenmesinde kullanılan yaklaşım ağaçların ani büyüme değişimleri belirlenmiştir. 2014 yılında Silhan ve arkadaşları tarafından belirlene yaklaşım tüm yaklaşımların eksikliklerini gidermek için ileri düzey istatistiki yöntem kullanmıştır. Bu yaklaşımlar ve eşikler dışında çok sayıda yaklaşımlar bulunmaktadır. (Silhan ,2019; Silhan ve Stoffel,2015).

Dendrojeomorfolojik yaklaşımların uygulandığı tüm araştırmalarda hemen hemen benzer sonuçlar yakalansa da farklılıklar bulunmaktadır. Dendrojeomorfik araştırmalarda bu kadar fazla yaklaşımların bulunması yıllık halka genişliklerinin sinyallerinin yorumlanmasında zorluk oluşturmaktadır. Uluslararası çalışmalarda sinyalleri yakalayabilmek için çok sayıda eşikler kullanılmıştır. Bu eşiklerin bazılarında sadece bir ağaçtan meydana gelen büyüme bozukluklarını tespit ederken bazılarında

reaksiyon odunun yeniden büyümeye başladığı dönemden başlayarak tüm ağaçların zaman serileri oluşturulmuştur (Butler ve Sawyer, 2008). Eşikten kayanaktan farklılıktan dolayı dendrojeomorfolojik açıdan tarihlendirmenin eksikliği ve değeri tartışmalara yol açmıştır. Bu yüzden dendrojeomorfolojik araştırma standartlarına objektiflik ve genel bir metodoloji oluşturulması ve kılavuz kaynaklarının ihtiyaçlara cevap vermesi gerekmektedir (Stoffel vd, 2010).

Son yıllarda doğal tehlike araştırmalarında sıklıkla kullanılan dendrojeomorfoloji araştırmalarının temelini afetlerin frekans ve büyüklük ilişkileri oluşturmaktadır. Afetlerin frekans ve büyüklük ilişkileri en doğru sonuçları gözlemsel verilerden tespit edilmektedir. Bu tür çalışmaların merkezi, frekans-büyüküktür. Tarihsel kayıtlar geçmiş dönemlerde yaşanmış ekstrem durumların kayıt altına alınmasında sınırlı kalabilmektedir. Bazı geçmiş depremler, kütle hareketleri ve taşkınlar gibi olayların geçmiş dönem koşullarında belirlenmesinde yıllık halkalar kullanılmaktadır. Frekans ve büyüklük ilişkilerini tanımlayan istatistiki denklemler doğal tehlikelerinin tahminlerinin temelini oluşturmaktadır (Stoffel, vd.,2010).

Dendrojeomorfoloji araştırmaları için ilk olarak arazide meydana gelen doğal tehlikeler hakkında bilgileri temin edilmesi gerekmektedir. Öncelikle arşiv kayıtlarından yararlanarak tehlikelerin tarihlerini ve sıklığını belirlenmelidir. Araştırma alanından katastrofik olaylardan etkilenen ağaçların GPS yardımıyla haritalanmasıyla doğal tehlikelerin sınırları belirlenmelidir. Meteorolojik, hidrolojik ve/veya sismolojik verilerle birlikte, önceki olayların tetikleyicilerini tanımlamak için ağaç halkası analizlerinden sonuçlar elde edilebilir. Dendrojeomorfolojik araştırmalar doğal süreçlerin ve antropojenik kaynaklı faaliyetlerin ayrıntılı bir değerlendirmesiyle yapılmaktadır. Dendrojeomorfolojik uygulamaya başlanmadan önce jeomorfolojik koşulların haritalanması ve sahanın analizlerinin yapılması gerekmektedir. Dendrojeomorfolojik araştırmalar CBS ve UZAL programlarına entegre edilmektedir. Uzaktan algılamanın dendrojeomorfoloji uygulamalarında kullanımı önemlidir. Çünkü farklı yöre kronolojilerin yeniden yapılandırılması ve ortaya çıkan bulguları genişletmek için güvenilir bir araçtır. UZAL'ın ve dendrojeomorfolojinin birlikte kullanılması, dendrojeomorfolojik araştırmaların uzamsal yönlü değerlendirilmesini sağlamıştır.

Dendrojeomorfoloji çalışmalarının her zaman geniş alanı temsil etmeyen lokal çalışma alanları ile sınırlandırılması gerekir. Jeomorfolojik olaylar ve doğal tehlikeler

sebebiyle yaralanmış ağaçlarda yaralanma zamanını, ölmüş ağaçlardaki ölüm zamanı, eğilmiş ağaçlarda eksantirik gövde oluşumu, açığa çıkan köklerdeki kök anatomisi, gövdesi gömülen ağaçlarda da yıllık halka daralmalarının incelenmesi ve gömülme sonrası oluşan ortaya çıkan ek köklerin yaşlandırılması, jeomorfolojik süreçlerin açıklanabilmesi bakımından önemli ipuçları barındırmaktadır.

Dendrojeomorfolojik yöntemlerde örnek ağaçların seçimi farklıdır. Dendrojeomorfolojik araştırmalarda büyüme rahatsızlıklarının ya da bozulmaların meydana geldiği ağaçlar seçilmelidir. Jeomorfolojik süreç ve dinamiklerin etkisiyle kesilmiş, gövdelerin eğime maruz kaldığı, eksantirik büyümenin meydana geldiği ağaçlar tercih edilmelidir. Jeomorfolojik fenomenlerin sinyalini açıkça gözlemlemek için, alınan numuneler darbeye maruz kalan alanlardan yakın bir biçimde alınmalıdır. Eğimli ağaçlarda, tahribata maruz kalan yaralanmanın olduğu gövdeden iki yönlü artım kalemleri alınmalıdır. İki taraftan en az iki çekirdeği almanın temel nedeni büyüme düzenlerini eşleştirmek kayıp veya yanlış halkaları belirlemektir. Bu durumda, aynı bölgedeki bozulmamış ağaçların kullanıldığı bir referans kronolojisinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu kronoloji, rahatsız edilmiş ağaçların bir araya gelmesini sağlar ve iklim faktörleriyle ilişkili "gürültüyü" ortadan kaldırır. Toplanan tüm numuneler haritadaki rölyef şekillerine ve işlemlerine doğru olarak yönlendirilmeli ve daha sonra "plastik bir çekirdek" içine yerleştirilmeli ve etiketlenmelidir. Daha sonra, laboratuvarda ki tarihlendirme işlemi için analize hazırlanır. Ek olarak, ağaçların örnekleme sırasında, örneklenen türler, ağacın yüksekliği ve çapı, bozulma tipleri, fotoğraf sayısı, dendrokronolojik ve dendrojeomorfolojik bilgiler çalışma alanından toplanması gerekmektedir.

Dendrojeomorfoloji uygulamalarında doğru sonuçlar alınabilmesi için örneklenecek ağaç sayısının ortalama 100 adet olması gerekir (Corona, vd.,2012). Ayrıca doğru kronolojileri elde etmek için dendrojeomorfoloji çalışmalarının geniş alanı temsil etmeyen lokal çalışma alanları ile sınırlandırılması gerekir. Lokal alanlarda parça parça yapılan kronolojiler modellemelerle birleştirilmektedir.

Yıllık halkalar iğne yapraklı ağaçlarda ve geniş yapraklı ağaçlarda farklı şekilde büyüme ve gelişme özelliği göstermektedir. Dendrokronoloji araştırmalarında yaygın bir biçimde iğne yapraklı ağaçlar kullanılmaktadır. Kozalaklı ağaçların büyümesi sınırlıdır. Geniş yapraklı ağaçlarda daha karmaşık ve özel bilgiler barındırır ve geniş

yapraklı ağaçlar, iğne yapraklı ağaçlar gibi çok uzun süre yaşayamadıkları için analizlerde kullanımı sınırlıdır. Dendrokronolojik araştırmalarda yıllık halka ölçümlerinde kolaylık sağladığı için iğne yapraklı ağaçlar tercih edilmiştir. Bu yüzden geçmişten günümüze kadar bu konuyla ilgili yapılan araştırmalarda genel olarak iğne yapraklı ağaçlara dayalı analizler yaygın bir biçimde kullanıldığı görülmektedir. Dendrojeomorfoloji konusuyla ilgili son dönemlerde yapılan karşılaştırılmalı uygulamalı çalışmalara yer verilmektedir. Geniş yapraklı ve iğne yapraklı ağaç türlerinin doğal tehlikelere karşı gösterdiği duyarlılıklar ve bu iki türün mekanik bozulmaya karşı gösterdiği hassasiyetleri değerlendirilmektedir.

Dendrojeomorfoloji araştırmaları için ilk olarak arazide meydana gelen doğal tehlikeler hakkında bilgileri temin edilmesi gerekmektedir. Öncelikle arşiv kayıtlarından yararlanarak tehlikelerin tarihlerini ve sıklığını belirlenmelidir. Araştırma alanından katastrofik olaylardan etkilenen ağaçların GPS yardımıyla haritalanmasıyla doğal tehlikelerin sınırları belirlenmelidir. Meteorolojik, hidrolojik ve/veya sismolojik verilerle birlikte, önceki olayların tetikleyicilerini tanımlamak için ağaç halkası analizlerinden sonuçlar elde edilmektedir.

Dendrojeomorfolojik araştırmalar doğal süreçlerin ve antropojenik kaynaklı faaliyetlerin ayrıntılı bir değerlendirmesiyle yapılmaktadır. Dendrojeomorfolojik uygulamaya başlanmadan önce jeomorfolojik koşulların haritalanması ve sahanın analizlerinin yapılması gerekmektedir. Dendrojeomorfolojik araştırmalar CBS ve UZAL programlarına entegre edilmektedir. Uzaktan algılamanın dendrojeomorfoloji uygulamalarında kullanımı önemlidir. Çünkü farklı yöre kronolojilerin yeniden yapılandırılması ve ortaya çıkan bulguları genişletmek için güvenilir bir araçtır. UZAL'ın ve dendrojeomorfolojinin birlikte kullanılması, dendrojeomorfolojik araştırmaların uzamsal yönlü değerlendirilmesini sağlamıştır.

Ağaçların yıllık halkaları, jeomorfolojik süreçler ve geçmiş dönem koşullarının en iyi biçimde yansıtmaktadır. Yıllık halka genişliği, biyotik faktörlere (yaş, genetik yapı, duyarlılık, ağacın uzun yıllar yaşamasına, ağaç türüne) ve çevresel faktörlere (iklim, yaralanma, antropojenik etkiler) göre değişimler göstermektedir. Dendrojeomorfoloji araştırmalarda yıllık halkalarda biyotik faktörlere bağlı duyarlılıklar ortadan kaldırılmaktadır. Yıllık halkalarda çevresel faktörlerin etkileri incelenmektedir (Lopez-Saez, Corona ve Berger, 2014). Güncel araştırmalarda Modern

ağaç halkası temelli yaklaşımlarda, ağaçların yaşa bağlı duyarlılığın incelenmesi dikkat çekici bir husustur (Bollschweiler ve Stoffel, 2010).

Dendrojeomorfik yöntemler, kronoloji uzunluğu ve tarih çözünürlüğünün iyi bir oranını sağlar. Jeomorfolojik ve hidrolojik koşulların geçmişteki durumlarının ortaya konulması, kaya glasiyelerin yayılış alanlarındaki değişimler, yamaç olgusu, birikim süreçleri ve katastrofik olayların anlaşılması gibi konuları kapsayan dendrojeomorfoloji de esas, ağaçları etkileyen jeomorfolojik aşamaların tarihlendirilmesidir (Luckman, 2010). Jeomorfolojik süreçlerin etkileyen faktörlerin temelini iklimsel koşullar belirlemektedir. Bu nedenle dendrojeomorfoloji disiplininin geleceğini ağaç halkalarının analizinin gelişimi özellikle de dendroklimatolojinin gelişimi ile yakından ilgili görünmektedir (Solomina, 2002).

2.1.4. Dendrojeomorfoloji Uygulama Alanları

Çok geniş araştırma sahası bulunan dendrojeomorfoloji, jeomorfolojik süreçleri ve doğal tehlikeleri incelemektedir. Bu uygulamalar içerisinde dendroglasyoloji, dendrohidroloji, dendrosismoloji, dendrovolkonoloji, kütle hareketleri (çığ, heyelan, enkaz akışı, kaya düşmesi), erozyon, termokarst süreçler, flüvyal aşınım süreçleri ve kumul hareketleri bulunmaktadır (Avcı, 2013).

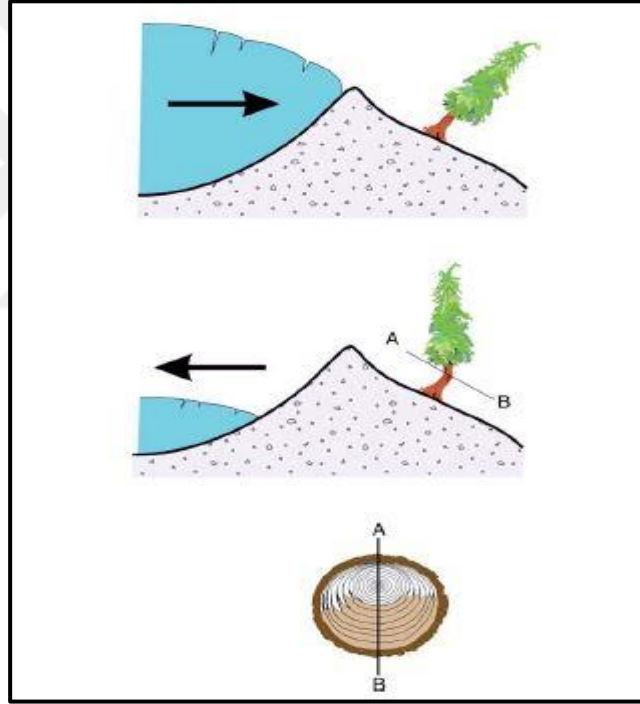
2.1.4.1. Buzul Süreçlerinin Araştırılması (Dendroglasyoloji)

Innes (1987) yılında dendrojeomorfolojinin alt dalı olan dendroglasyolojiyi ağaçların yıllık halkaları yardımıyla buzulların kütle dengesini yeniden yapılandırılması olarak tanımlamıştır (Solomina, 2002). Dendroglasyoloji buzul süreçlerinin gelişimini ve değişimini konu edinmektedir (Luckman, 1988; Schweingruber, 1989; Smith ve Lewis, 2007). Dendroglasyolojik çalışmaları moren oluşumlarının ve maksimum buzul yayılış aşamalarının tarihlendirilmesinin yanı sıra buzulların gerileme oranlarının, yayılış hızlarının ve çekilmelerinin tespitini konu alan araştırmalarını kapsamaktadır. Ayrıca dendroglasyoloji araştırmaları geçmişteki iklim değişikliklerinin tespit edilmesinde ve değerlendirilmesinde yardımcı olmaktadır çünkü bu yöntemlerle meteorolojik ve kütle bilgilerin yer aldığı kayıtların bulunduğu alanlarda verilerinin buzul ve iklim arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. (Solomina vd., 2008).

Dendroglasyoloji araştırmaları dört adımda incelenmektedir. Bu adımları;

- 1-Buzul yayılışı sırasında nde bulunan yaşlı ağacın tarihlendirilmesi,
- 2-Büyüme ve gelişiminden ani değişimlerin yaşandığı ağacın yaşlandırılması,
- 3- Buzul süreçlerin etkisiyle skar oluşumlarının meydana geldiği ağaçlarda yıllık halka genişliklerinin yaşlandırılması,
- 4-Buzulların kitlesel yayılımına bağlı olarak yok olmuş l ağaçların tarihlendirilmesi oluşurmaktadır (Smith ve Lewis, 2007, Avcı, 2007) (şekil 6).

Dendroglasyoloji yöntemi iklim değişimleri araştırmalarında dendroklimatolojiyle birlikte sıklıkla kullanılmaktadır (Solomina, 2002).



şekil 7. Buzul etkisi sonrasında ağaçların yapısında ve yıllık halka genişliklerinde görülen değişimler (Smith ve Lewis,2007)

2.1.4.2.Dendrohidroloji ve Dendrohidrografya

Dendrohidroloji ve dendrohidrografya araştırmalarında gl seviyelerindeki değişimler, alüvyon birikimi, akarsuların akımları, taban suyu seviyesindeki değişimler, deniz seviyesinin yükselmesi, sel ve taşkınlardan tarihlendirilmesi gibi birçok hidrolojik kaynaklı problemler analiz edilmektedir. Dendrohidroloji araştırmaları su kaynaklarının

yönetiminde önem taşımakta ayrıca dendroekoloji araştırmalarıyla birleştirilerek ekosistem modellemesine katkı sağlamaktadır (Solomina,2002).

2.1.4.3. Depremlerin Araştırılması (Dendroseismoloji)

Paleosismolojik depremlerin tarihsel olarak gelişimini izlemek için dendroseismolojiden yararlanılmaktadır. Depremlerin gelişimini dendrojeomorfoloji araştırmalarında incelemek oldukça zordur.

2.1.4.4. Volkanik Faaliyetlerin Araştırılması (Dendrovolkonoloji)

Yıllık halkalar kullanılarak volkanik faaliyetlerin araştırıldığı ve incelendiği disipline dendrovolkonoloji olarak adlandırılmaktadır (Solomina, 2010). Volkanik patlamalar sırasında atmosfere karışan çeşitli gazlar iklim koşulları üzerinde de etkili olur. Ağaç halkaları hem geğmişteki volkanik patlamalar, hem de bu patlamaların iklim üzerindeki etkileri konusunda önemli bilgiler sunmaktadır. (Solomina, 2010).

Dendrojeomorfolojinin volkanik faaliyetlerine uyguladığı temel uygulanma ekosistemler ve insan toplumları üzerindeki güncel, geğmiş veya uzun süreden beri ve biręok kayıba neden olan etkileri tanımlamaktadır. Dendrojeomorfolojinin uygulama alanlarından birini oluşturan dendrovolkanoloji ormanlarda ekolojik süreçler hakkında bilgi sağlamanın yanı sıra, volkanik patlamaların ağaç halkası kayıtları, geğmişteki yıkıcı olayların sıklığını tahmin etmeye katkıda bulunur. Bu sayısal veriler daha sonra, özellikle birbirlerinden kısa aralıklarla meydana gelen patlayıcı olaylarla ilgili olarak potansiyel risk tanımını iyileştirebilir (Yamaguchi 1980; Biondi 2010). Aynı zamanda, yanardağların iklim üzerindeki olası etkileri ve biyojeokimyasal döngüleri sera gazlarının antropojenik emisyonları ile bağlantılı gelecek senaryoları oluşturmak için kullanılan modellerin doğruluğunu artırmak için geğmiş tarihli kayıtların tespitine ihtiyaç duyulmaktadır (Biondi,2010).

Ağaç türleri doğrudan veya dolaylı olarak volkanik püskürmelerden etkilenen bu tür olayları büyümelerinde kaydedebilir. Volkanik patlamalar genellikle çok büyük zararlara ve değişimlere neden olmaktadır. Patlamanın etkisiyle ortada ki tüm canlılar yok olmaktadır. Canlı kalan ağaçların gövdesinde yaralanma izi ya da reaksiyon odunu oluşmaya başlamaktadır. Hayatta kalan ağaçlarda radyal büyümenin ani bastırılmasını yaşar. Volkanizmanın faaliyetlerinin sonucunda atmosferi toz bulutları sarmaktadır. Bu toz bulutları iklimsel koşulları etkilemektedir. Özellikle hızlı bir şekilde havada

taşınabilen bu toz bulutları kısa vadede zararlara neden olsa da uzun süreçte iklim değişimlerine sebep olmaktadır. Volkanik patlamalardan buzullarda etkilenmektedir. Buzulların erimesine neden olmaktadır. Lav akıntılarına maruz kalan ağaçlarda yanıkları meydana getirecektir. Bu durum ağaçların yıllık halkalarının gelişiminde farklılıklar oluşturacaktır (Avcı,2007; Doğan, 2016).

ABD'nin Kuzeybatı Pasifik bölgesindeki St. Helens Dağı'nın 1980 yılında volkanik hareketlerin patlaması sonucunda ağaçların büyüme ve gelişimlerinin incelendiği ve daha önce meydana gelmiş olayların tarihlendirilmesini konu alan çalışmalar bulunmaktadır.

Geçmiş volkanik geçmişlere duyulan ilginin artması ve uzun vadeli sıcaklık etkilerinin volkanik toz örtülerinden gerçekleştirilmesi, soğumanın etkisine bağlı olarak don halkalarını meydana getirmektedir

2.1.4.5.Kütle Hareketleri ve Dendrojeomorfoloji

Kütle hareketlerinin incelenmesi dendrojeomorfolojik araştırmalarından sıklıkla kullanılmaktadır. Kütle hareketleri içerisinde heyelan, çığ, kaya düşmesi ve enkaz akışı bulunmaktadır. Dendrojeomorfoloji araştırmalarında kütle hareketlerinin sıklığı, yayılış alanları, kütlelerin akma hareketleri belirlenmektedir.

2.1.4.6.Termokarst Süreçlerin Araştırılması

Termokarst süreçler, buzul çevresi bölgelerde bulunan yeryüzü şekillerinin yaz mevsiminde çözülmesiyle arazinin karst topografyasına benzer görünüm kazandığı süreçleri içermektedir (Hoşgören,2011). Termokarst süreçlerinden etkisi altında kalan ağaçların eksantirik büyüme incelemesine dayanarak, termokarst alanlardaki dönemsel olarak çözülen malzemelerin mekânsal ve zamansal gelişimi değerlendirilmektedir. Termokarst ve permafrost süreçlerine maruz kalan ağaçlar bu alandaki göllere ya da bataklıklara gömülmektedir. Termokarst süreçlerinin ortaya çıkış tarihinin tespitinde ve gelişiminin incelenmesinde canlı ağaçların yanı sıra gömülü ağaç örneklerinden de yararlanılmaktadır (Agafonov, Strunk ve Nuber, 2004). Ağaçların öldüğü ya da yeniden ortaya çıktığı tarihler ağaç halkalarının yıllık genişliğinin iklimsel etkilerini göstermektedir. Ekosistemlerdeki değişimler, çevresel farklılıklar ve hava sıcaklığındaki meydana gelen artış ya da azalışlar bu süreçleri etkilemektedir.

Batı Sibirya’da ki Sibirya çamından (*Pinus sibirica*) 100 ağaçtan örnek alınarak Termokarst dinamiklerinin altında yatan etkenlerin tespiti yapılmıştır. Muzhy meteoroloji istasyonu kayıtlarının (Batı Sibirya) hava sıcaklığı, yağış ve kar örtüsü gibi bilgiler temin edilmiştir. Termokarst süreçlerinin sonuçları analiz edildiğinde son 50 yılda termokarst gelişiminin, artan hava sıcaklığından kaynaklanmadığını artan yağışa bağlı olduğunu göstermektedir (Agafonov, vd., 2004). Kanada’nın Yukon’un merkezindeki çok sayıda yer alan termokarst göllerinin kökeni ve gelişimi, yıllık halkalar kullanılarak ölçülmüştür. Termokarst gölünün gelişmesi bu bölgedeki iklim koşullarıyla ve küresel ısınmaya doğrudan bağlı olmadığı ve en yeni termokarst aktivitesinin orman yangınlarına bağlı olduğu gözlenmiştir (Smith ve Burn, 1990). Termokarst süreçlerin konu aldığı çalışmalardan bir diğeri palsaların gelişim süreçlerinin açıklandığı Kanada’nın kuzeyinde gelişim gösteren kara ladin (*Picea mariana*) ağaçlarının yıllık halka genişlikleri ölçülmüştür. Termokarst süreçlerinin etkisiyle meydana gelen göllerin içerisinde bulunan kara ladinlerin (*Picea mariana*) 1870-1890 yılları arasında ve 1935 yılından günümüze kadar ki iki dönemde ağaçların öldüğü belirlenmiştir (Avcı, 2007).

2.1.4.7.Kumul Hareketlerinin Araştırılması

Kumul hareketlerinin gözlenmesi, dendrokronoloji araştırmaları ile yapılabilmektedir. Kumul ilerlemelerinin sonucunda ağaçların yapısında değişimler sonucunda yıllık halka genişliklerinde azalma, eksantirik büyüme, reaksiyon ya da basınç odunu oluşma, hücre boyutlarında farklılıklar meydana gelmektedir. Ağaçların kumullara gömülmelerinin sonucunda ağaçların köklerinde yayılım gelişmekte kumul oranının fazla olmasıyla da ağaç türleri yok olabilmektedir. Kumullardaki ilerleme zamanının belirlenmesi için ağaçların yıllık halkaların tarihlendirilmesi gerekmektedir. Kuprowski vd. (2010)’da Polonya’da Czolpinska kumulunu incelemek için sarıçamlardan (*Pinus Sylvestris*) ağaçlarından örnekler alınarak kumulun yayılış hızını belirlemiştir.

2.1.4.8.Flüvyal Süreçlerin Tespiti

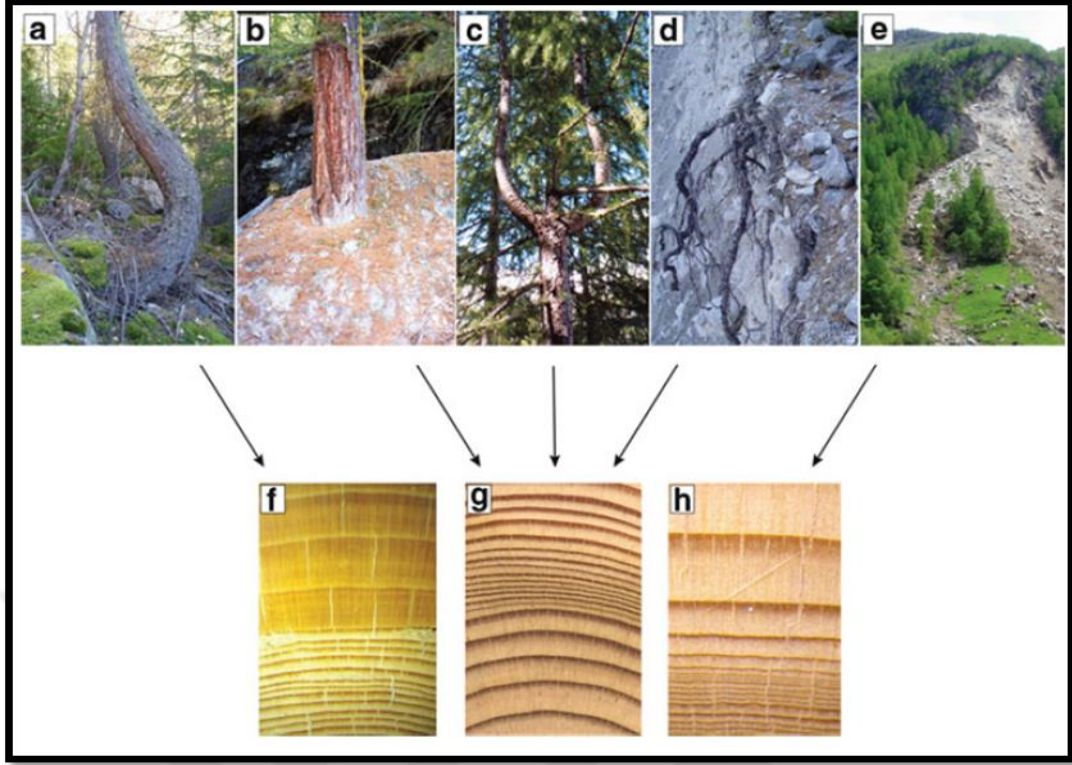
Dendrojeomorfolojik yöntemler akarsu aşınım ve birikimlerinin yaşlandırılmasında kullanılmaktadır. Flüvyal süreçlerin tespitinde yıllık halka analizleri ölçümleriyle akarsu yatağının değişim yılları belirlenmektedir (Akkemik,2004; Doğan,2016).

2.1.4.9. Erozyon ve Erozyon Oranlarının Belirlenmesi

Ağaç yıllık halkaları son yıllarda toprak erozyonu araştırmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Toprak aşınmasına bağlı olarak köklerin açığa çıkması, ağaç gövdesinde meydana gelen yapısal değişiklikler, erozyonun ortaya çıktığı ilk yılın belirlenmesini sağlamaktadır. Bu bilgi yardımıyla geçmiş dönemlerdeki erozyon değişim oranlarının ve süreçlerin verilerine ulaşmak mümkün olmaktadır.

2.1.5. Doğal Tehlikelerin Ağaç Büyümesi Üzerindeki Etkileri

Doğal tehlikeler/ afetler ağaçların büyüme ve gelişimlerine zarar vermekte ya da ağaçların ortadan kalkmasına neden olmaktadır. Büyüme sırasında meydana gelen rahatsızlıklar ağaçlar tarafından kayıt altına alınmakta sonrasında ağaçlar tekrar büyümelerine ve gelişmelerine devam etmektedir. Bu etkiler sonucunda ağaçların gövde ve kök yapısında belirli değişimlerle açığa çıkmaktadır. Bu değişimler ağaçların gövde yapısında skar oluşumu, kallus dokusu, eksantirik büyüme (basınç ve reaksiyon odunu) şeklinde görülürken, yıllık halka genişliklerinde halka genişliklerinde ani değişimler, travmatik reçine kanallarının teğet sıraları olarak gözlenmektedir (Stoffel ve Bollschweiler, 2008; Trappmann, 2013; Stoffel ve Corona, 2014) (Şekil 7).



Şekil 8. Büyüme anomalilerinden etkilenen ağaç (a) Tek taraftan darbe görmüş gövde(b) Gövde tabanında birikme c) dekapitasyondan yan dalları zarar görmüş ağaçların tekrardan oluşması (d) Aşınımına maruz kalan köklerin yayılımı (f) Reaksiyon odunu oluşumu (g) Ani büyüme baskısı (h) Ani büyüme artışı (Stoffel, 2010).

2.1.5.1. Ağaçların Yaralanma İzi (Skar Oluşumu) ve Travmatik Reçine Kanallarının Oluşumu

Ağaçların yara izi ve kallus dokusu genellikle geçmiş jeomorfolojik süreçlerin tespitinde önemli bir belirteç olarak kabul edilir (Stoffel ve Corona, 2014). Ağaçların dış kabuğunda jeomorfolojik süreçlerin ve doğal tehlikelerin etkisiyle çizikler ve yaralanmalar oluşmaktadır. Ağaçların gövdesi dışında bu yaralanmalar dallarında ve köklerinde görülebilmektedir. Ağaçların yaralanma izleri skar oluşumu olarak adlandırılır. Ağaçların kök ve gövdesinde yer alan kambiyum tabakası şiddetli darbeye maruz kaldığı için tahribe uğramaktadır. Ağaçların gövdesinde büyümeye bağlı gelişim bozuklukları meydana gelerek yeni hücrenin oluşumunu engellemektedir. Skar oluşumuna maruz kalmış ağaç hasar sonrasında böcek saldırıları ya da çürümeye karşı hücrelerini yeniler. Bu yaralanma kendini yenilemek için kallus dokusu üretecektir. Ağaçların yaralarının iyileşme derecesi büyük oranda yıllık artışına ya da yaşına bağlı oluşmaktadır. (Stoffel, vd. 2010).

Skar oluşumundan sonra travmatik reçine kanallarının teğet sıraları oluşmaya başlamaktadır. Travmatik reçine kanalların teğet çizgilerinden yola çıkarak vejetatif dönem boyunca gerçekleşen aşım süreçlerinin etkileri gözlenebilmektedir. Yaralanmadan birkaç gün sonrasında reçine üretimine başlar ve TRK hasardan yaklaşık 3 hafta içinde ortaya çıkmaktadır. Genel olarak dendrojeomorfolojik araştırmalarda büyüme bozukluklarının tespitinde travmatik reçine kanallarından teğet sıralarından yararlanılmaktadır (Stoffel, vd. 2010).



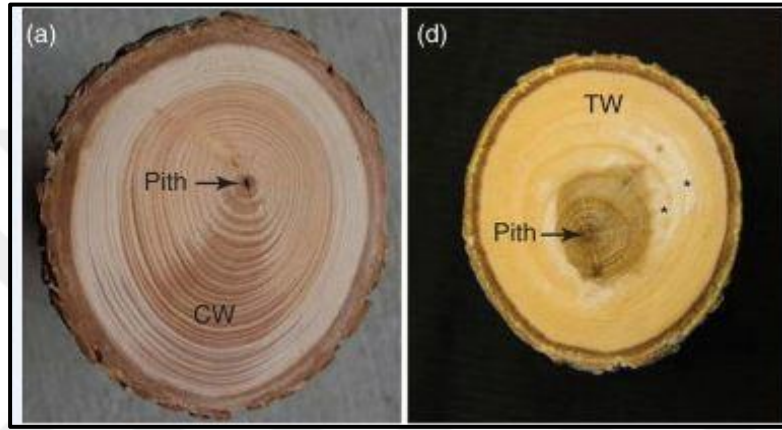
Fotoğraf 6.Ağaçlarda yara izi ve eksantirik büyümenin meydana gelmesi (URL¹⁰).

2.1.5.2.Tilt Olmuş Gövdeler (Eksantirik Büyüme)

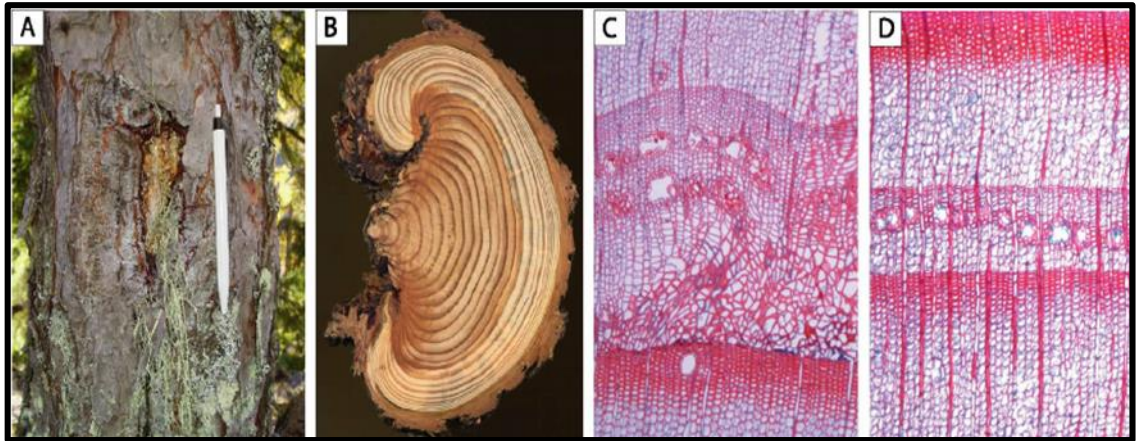
Eğim ve doğal tehlikelerin etkisi ağaçların anatomik yapısını büyük oranda etkilemektedir. Jeomorfolojik süreçlerin ve doğal tehlikelerin meydana getirdiği ani hareketlerle ağaçların gövdesinde eğilmeler meydana gelmektedir. Yavaş ya da hızlı kütle hareketleri bir ağacın tamamen ortadan kalkmasına, kesilmesine ya da gövdenin eğilmesine sebebiyet verebilir. Ağaçlar eğimden önceki eski hallerine alabilmek için eksantirik büyüme oluştururlar. Eksantirik büyüme bir ağaç gövdesinin bir tarafının daha geniş diğer tarafının dar halkalar oluşturmasıyla kendini belli eder böylece ağacın öz odun kısmının yeri değişir.

Ağaçlar mekanik stres ve yer çekimi altında reaksiyon odunu ve eksantirik büyüme kalıbı gösterirler (Malik ve Wistuba, 2012; Stoffel, 2010). Yıllık halka paternlerinde eksantirik büyüme, bir devrilme olayından sonra enine kesitte gözlenebilir

olacaktır ve geçmiş dönemlerle ilgili doğru bilgileri sağlayacaktır. Eksantirik büyüme yapan ağaçların gövdesi reaksiyon odunu olarak da bilinmektedir. Reaksiyon odunu bulunduğu ağaç türüne göre büyümede değişim göstermektedir ve farklı şekilde adlandırılmaktadır. Reaksiyon odunu, iğne yapraklı ağaç türlerinde darbenin geldiği tarafın tersi yönde gelişirse basınç odunu olarak tanımlanırken geniş yapraklı ağaç türlerinde hasarın olduğu yönde çekme odunu meydana gelmektedir. Ayrıca basınç odunu kırmızı odun oluşumu olarak da ifade edilmektedir (Akkemik, 2004; Stoffel, vd.,2010; Malik ve Wistuba ,2012).



Fotoğraf 7. Reaksiyon odununun oluşumu a) İğne yapraklı ağaçlarda basınç odunu b) Geniş yapraklı ağaçlarda çekme odunu (URL¹¹).



Fotoğraf 8. Avrupa karaçamındaki yaralanmalar (*Larix decidua* Mill.): (A) Yara izi meydana gelmiş gövde (b) Yaralanan kısmın enine kesiti (c) Yarayı çevreleyen aşırı büyüyen hücre katmanlarında gözlemlendiği gibi yara dokuları (d) Travmatik reçine kanallarının teğet sırasının meydana gelişi (Bollschweiler, 2007).

2.1.5.3. Ağaç Gövdesinin Gömülmesi ve Köklerin Hasara Maruz Kalması

Kütle hareketlerinin ve hidrolojik süreçlerin taşıyıp biriktirdikleri malzemeler ağaç gövdelerinde birikmeye başlamaktadır. Bu yüzden ağaçlarda büyüme devam etsede büyüme koşullarında sınırlamalara neden olur. Gömülü halde bulunan bu ağaçlar adventif kökler meydana getirmektedir (Strunk, 1997). Bu kökler yardımıyla sedimentasyon yoğunluğu ve erozyon oranları tespit edilebilir. Köklerin sürekli olarak hasara maruz kalması kademeli aşınım süreçlerinin tespitinde kullanılmaktadır. Ayrıca kök hasarı, kütle hareketlerinden etkilenen alanlarda ya da deprem kuşakları boyunca meydana gelmektedir (Allen, 1999).

2.1.5.4. Ağaçların Dekapitasyona Uğraması ve Dalların Yok Olması

Doğal tehlikelerin etkisiyle ağaçların dalları kesilebilir ya da ağaçların taç kısmı tamamen ortadan kaldırılabilir. Taç ve dalların kaybı daha büyük ağaçları fazla etkilemektedir. Ağaçların taç kısmının yok olması sonucunda ağaçlarda belirgin olarak büyüme baskısı meydana gelir ve ağaçların gövdelerinde reaksiyon meydana gelir.

2.1.5.5. Komşu Ağaçların Yok Edilmesi

Jeomorfolojik süreçler ve doğal tehlikeler yamaçlarda bulunan kayaları eğim doğrultusunda harekete geçirerek komşu ağaçlara zarar vermektedir. Zarar görmeyen ağaçlarda büyüme anomalileri görülebilir ve bu ağaçlar reaksiyona maruz kaldıkları için yeni ortamda daha az rekabete girerek tarihlendirilmede kullanılmaktadır (Schweingruber,1996; Stoffel,2010).

2.1.5.6. Doğal Tehlikelerden Sonra Bitki Örtüsünün Ortadan Kalkması ve Yeniden Oluşması

Doğal tehlikelerin etkisiyle orman ekosisteminde yer alan bitki örtüsü tamamen ortadan kalkmaktadır. Bu alanlarda doğrudan dendrojeomorfolojik kanıtlar yok olmaktadır. Doğal tehlikenin gerçekleştiği bu bölgelerde ağaçların büyümesi hemen gelişemez ve bitki türlerinin çevresel koşullarına göre büyümenin gerçekleşme süresi tahmin edilmektedir. Ağaçların tahrip olan bu bölgede yeniden tutunabilmeleri için geçen sürecin tahminine Ecesis Aralığı adı verilmektedir. Bu ağaçların anatomik yapısı ve yaşları tahmin edilerek hesaplanmaktadır. Doğal tehlikenin gerçekleştiği son dönemin ortalama zamanını tahmin edilerek değerlendirilmektedir (Stoffel, vd.,2010).

2.2.Doğal Afet Araştırmalarında Dendrojeomorfolojik Yöntemlerin Kullanımı

Doğal tehlikeler periyodik olarak tekrarlayan hareketlerdir. Doğal tehlikelerin gerçekleşme sıklıklarının, hareket zamanının ve büyüklüğünün doğru tanımlanabilmesi için bu tehlikelerin ortaya çıkaracağı problemleri analiz edilmesi, değerlendirilmesi ve yeniden yapılandırılması gerekmektedir. Araştırmanın bu kısmında yer kökenli doğal afetlerden depremler, heyelanlar, çığlar, enkaz akışı ve kaya düşmesi incelenmiştir.

2.2.1.Deprem Araştırmalarında Dendrojeomorfolojik Yöntemler

Bir bölgenin deprem tehlikesinin tahmin edilmesinde sismolojik bilgilerden yararlanılmaktadır. Güncel olarak meydana gelmiş depremlerin değerlendirilmesinde paleosismolojik çalışmalar büyük bir öneme sahiptir. Ayrıca tarihsel arşiv belgelerinin eksikliği paleosismolojik çalışmaları zorunlu hale getirmiştir. Geçmiş dönemlerdeki sismolojik aktivitenin belirlenmesinde çevresel değişimlere duyarlılığı olan ağaçlar önemli bilgileri barındırmaktadır. Son zamanlarda yapılan araştırmalar geçmiş deprem olaylarının değerlendirilmesinde ve izlenilmesinde dendrojeomorfolojik yöntemler kullanılmaktadır (Jacoby, 1997; 2010).

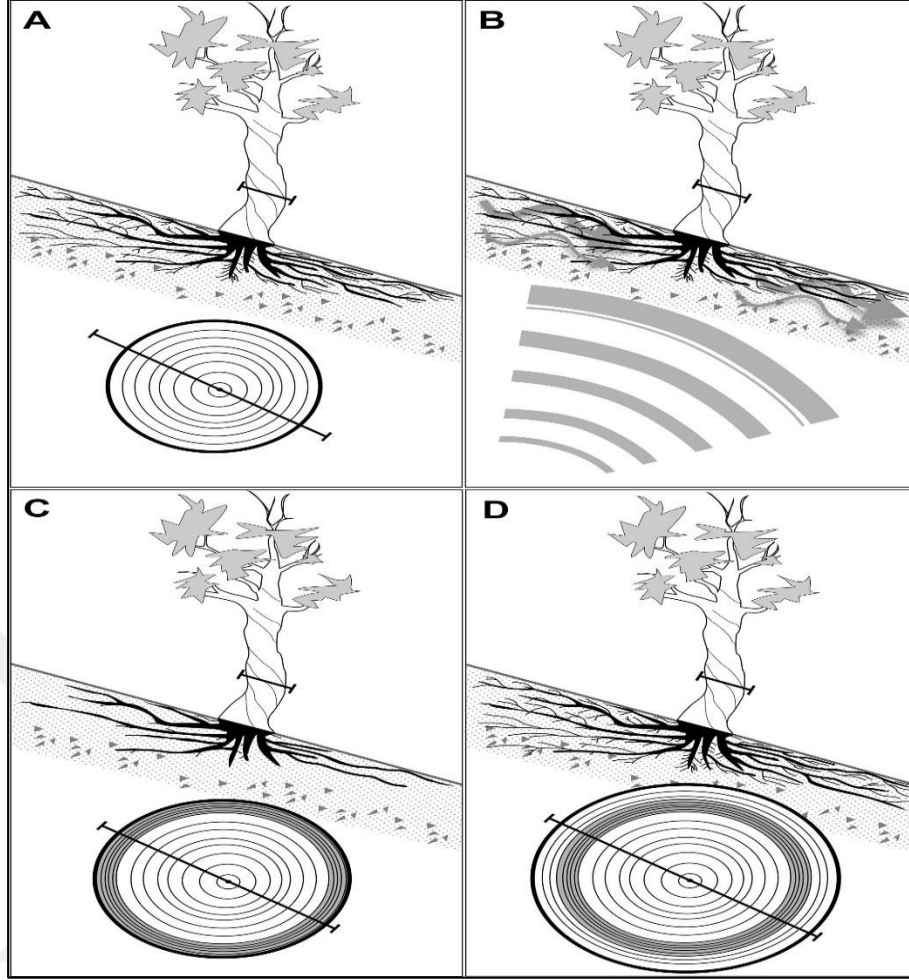
Deprem araştırmalarının yapılması oldukça güçtür. Deprem nedeniyle değişen hidrolojik koşullar, tsunami, heyelan ve sıvılaşmaya neden olur. Potansiyel sıvılaşma alanları, dik yamaçlar ya da pekişmemiş depolar üzerinde ağaç topluluklarının yer alması, bu ağaçların deprem sonrasında normal büyüme halkası kalıplarında değişikliğe yol açabilir ve yıllık halka analizleri ile bu etkilerin zamanı belirlenebilir. Ancak depremi bir neden olarak belirtmek için diğer kanıtlarla bu durumun desteklenmesi gerekir (Jacoby, 2010). Depremlerin tetiklediği doğal tehlikeler arasında tsunami, deprem kaynaklı heyelanlar, kaya düşmeleri ve hidrolojik değişikliklerle ağaçların gelişimini etkilemektedir. Ağaçların deprem olaylarına verdiği tepkilerin incelemenin yanı sıra iklim özellikleri açısından da analiz edilmesi gerekmektedir. Çünkü iklimsel koşulların etkilerini depremin etkisinde ayırt etmek gerekmektedir. İklime bağlı süreçler ağaçların yıllık halkalarını kısa vadede etkilemektedir. (Akkemik, 2004, Scheweingruber,1996). Ayrıca depremlerin tanımlanmasının bir diğer yolu heyelanlar ve kaya düşmelerinin ağaçlar üzerinde meydana getirdiği büyüme bozukluklarının incelenmesini gerektirmektedir.

Ağaç halkaları yardımıyla depremleri tanımlamak zordur. Güçlü depremlerin etkisiyle ağaçlarda sadece büyüme halkası rahatsızlıkları meydana gelmez aynı zamanda ağaç ölümlerine neden olmaktadır (Allen, vd., 1999, Jacoby, 1997). Depremlerin tanımlanmasının ve genişletilmesi bir başka yolu sismolojik olarak meydana gelen heyelanların etkilerini incelemektedir Carrara ve O'Neill (2003)'in sismik hareketlerin etkisiyle oluşmuş heyelanları incelemek için Amerika Güney Batı Montana'da 13 tane Douglass göknarı (*Pseudotsuga Menziesii*) örnek aldığı çalışmada yapılan dendrojeomorfolojik analizler sonucunda heyelanların 1868 yılına kadar uzandıkları tespit edilmiştir (Carrara ve O'Neill, 2003; 2010).

Paleozismolojik kayıtlar çoğu bölgenin deprenselliğini belirlemek için yetersiz kalmaktadır. Depremin en eski tarihi kaydı 1831'de Çin'de olmasına rağmen depremlerin gerçek kayıtları, araştırmacılar için sınırlıdır. Bulunan depremlerinde kayıtları dışında yoğunluğu ve derinliği hakkında bilgiler barındırmamaktadır. Bu nedenden dolayı dendrojeomorfoloji yönteminin kullanımına ihtiyaç artmaktadır (Stoffel,2016).

Dendrojeomorfolojik yöntemlerle depremlerin incelendiği araştırma sayısı fazladır. Alaska'da Deneali fayının etkisiyle 1958 yılında meydana gelen deprem Polge (1970) tarafından incelenerek ağaçlardaki meydana gelen hasarların etkileri gözlenmiştir. Jacoby ve arkadaşları (1983) yılında Alaska depremini analiz etmek için dendrojeomorfolojik yöntemleri kullanmıştır. Analiz sonucunda geçmiş dönemlerde 1899-1900 yılları arasında oluşan depremleri tespit etmişlerdir. Batı Pamir-Alay dağlarının da (Tacikistan) 45 tane yetişen uzun ömürlü ardıç ağaçlarının örnekleri alınarak, bu dağlık alanın dendrosimolojik açıdan incelenmesi yapılmıştır (Şekil 8,9).

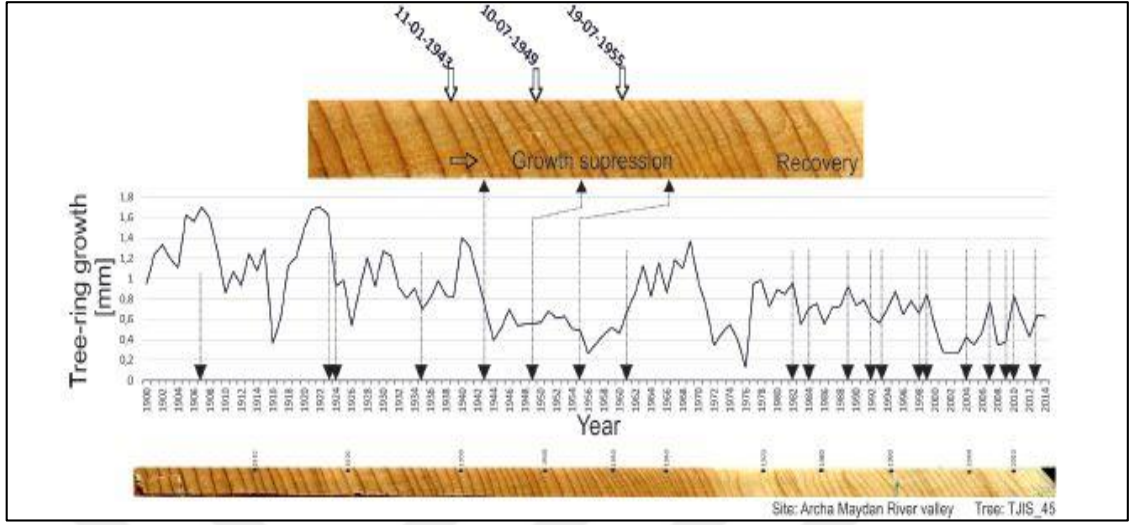
1812 yılında San Andreas fayında meydana gelen deprem ağaçlara zarar vermiştir. Bu depremin olduğu alanlardan ağaç örnekleri alınarak dendrojeomorfolojik analiz yapılmıştır. Kuzey Anadolu Fay Hattı üzerinde 1943 yılında 7.2 büyüklüğünde meydana gelen Tosya depremini geçmiş dönem koşullarını incelemek için Ilgaz- Tosya arasında bir sahada Kozacı (2012) tarafından yöre kronolojisi oluşturulmuştur. 28 tane sarıçam (*Pinus sylvestris*) ağacından örnek alınmıştır. Analizler sonucunda 1668 yılında gerçekleşen depreme kanıt sunmaktadır. Dünyanın bazı bölgelerindeki deprem etkilerini anlatan birçok dendrojeomorfolojik analiz bulunmaktadır.



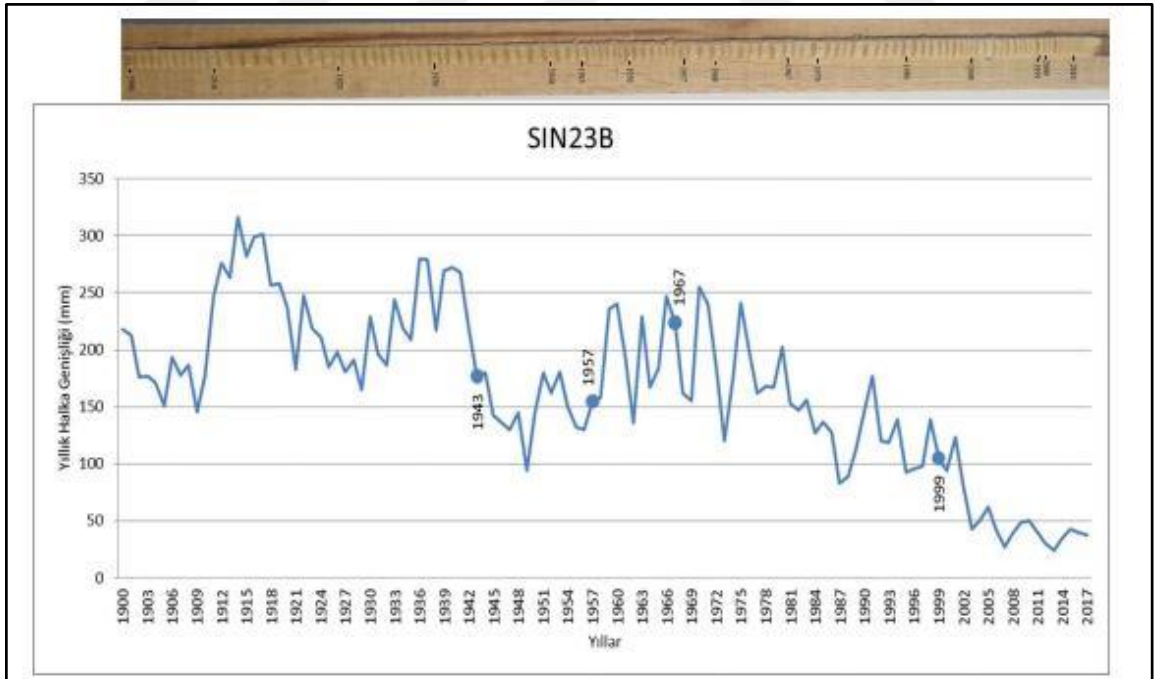
Şekil 9. Ağaç gövde ve kök sistemine potansiyel hasarın, yer değişiminin bir sonucu olarak, büyüme halkası modeli üzerindeki etkisini göstermekte (A) eğim boyunca yetişen ardıç ağacının birikintiler tabakası ile kaplanmış; (B) deprem olayları ve yer sarsıntısı; (C) kök yapısının zarar görmesi ve büyüme halkası genişliğinin azalması (D) kök sisteminin iyileşmesi ve büyümenin gerçekleşmesi (Owczarek, Opała-Owczarek, Rahmonov ve Mendecki, 2017).

San Andreas fayı boyunca 1812 yılında meydana gelen deprem sonucunda ağaçlarda büyüme bozuklukları meydana gelmiştir. Cascadia depreminin dendrojeomorfolojik analizleri yapılmıştır. Bu araştırmada Sitka ladini (*Picea sitchensis*) incelenerek gelgit alanlarında yer alan bitki örtüsünün 1700 yılında meydana gelen deprem sonrasında ortaya çıktığı tespit edilmiştir (Bekker,2010). Büyük Fuyun Depremi (Çin) 1931 yılında 8.0 büyüklüğünde oluşmuştur. Türkistan ardıcından (*Sabina pseudosabina*) alınan örneklerle 1931-1934 yılları arasında deprem izlerine rastlanmıştır. İrdem tarafından Elmacık dağı ve yakın çevresinin dendrosismolojik

açından analizi yapılmış 1943, 1957, 1967 ve 1999 yıllarında yıllık halka genişliklerinde depremlerin etkileri gözlenmiştir.



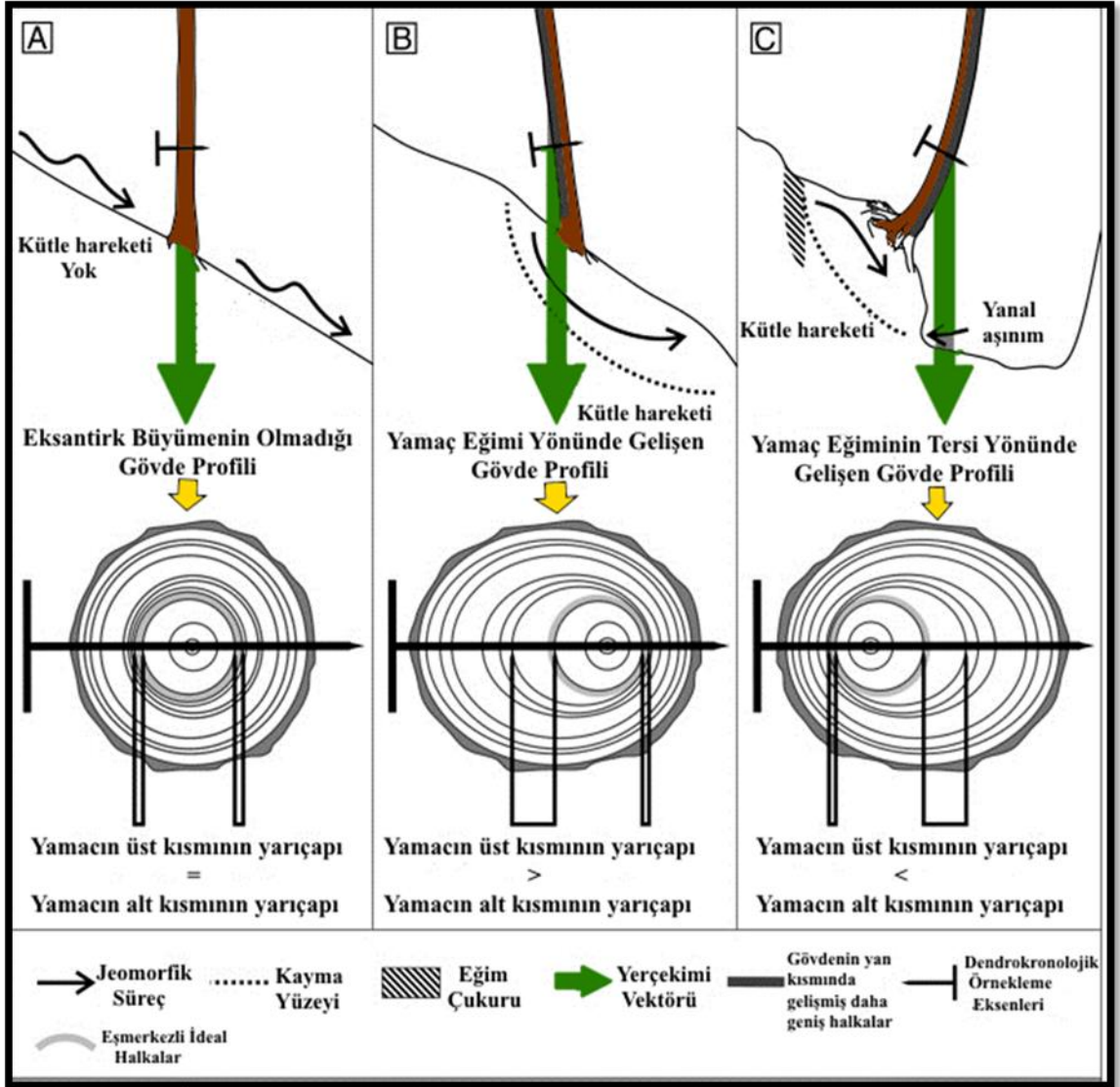
Şekil 10. Tacikistan bölgesinde deprem alanlarının tespiti için yıllık halka genişliklerinin grafiği (Owczarek vd.,2017).



Şekil 11. Elmacık Dağı ve yakın çevresinden Sinekli Yöresinden alınan depremlerin tespiti için yıllık halka genişliklerinin ölçülmesi (İrdem,2019).

2.2.3.Kütle Hareketleri Araştırılmasında Dendrojeomorfolojik Yöntemlerin Kullanımı

Kütle hareketlerinin meydana getirdiği potansiyel riskin değerlendirilmesinde dendrojeomorfolojik araştırmalarda kütle hareketleri sıklıkla kullanılan yöntemler arasındadır.



Şekil 12. Kütle hareketine maruz kalan ağaçlarda eksantirik büyümenin gelişimi (Malik ve Wistuba, 2015).

2.2.3.1. Heyelan Araştırmalarında Dendrojeomorfolojik Yöntemler

Heyelanlar bir tür kütle kayıdır ve yerçekimi etkisi altında toprak ve kayaların aşağı yönlü hareketi sonucunda meydana gelmektedir. Heyelanların oluşumu kısmen

küçük, yalıtılmış bölgelerde yoğunlaşmaktadır. Geçmişte heyelan faaliyetinin kapsamlı bir biçimde bölgesel değerlendirmelerin yapılabilmesi için dendrojeomorfolojik yöntemler heyelan araştırmalarında da sıklıkla kullanılmaktadır (Silhan,2016).

Dünyada yapılan araştırmalarda dendrojeomorfolojik yöntemler geçmiş heyelan davranışının analizinde heyelan aktivitesinin güncellemek için kullanılan standart yaklaşım haline gelmiştir. Dendrojeomorfoloji araştırmalarında heyelanların yeniden aktivasyonlarının kronolojisi oluşturulmakta gelecekteki heyelan olaylarının potansiyellerinin modellenmesinde temel teşkil edebilir (Lopez Saez, vd.2012). Ayrıca, geçmiş heyelan faaliyeti hakkında ayrıntılı bilgi, heyelanların tetikleyen etken ve süreçlerin meydana getirdiği koşulların çözümlenmesi için bir araçtır. Ağaçlarda hasarın niteliği ve kapsamının yanı sıra gövdelerde bırakılan kanıtların heyelanların gelişiminin tarihlendirilmesine olanak sağlamaktadır (Stoffel vd., 2010).

Tablo 8. Dendrojeomorfolojide geçmiş heyelan çalışmalarından bazı örneklere genel bakış.

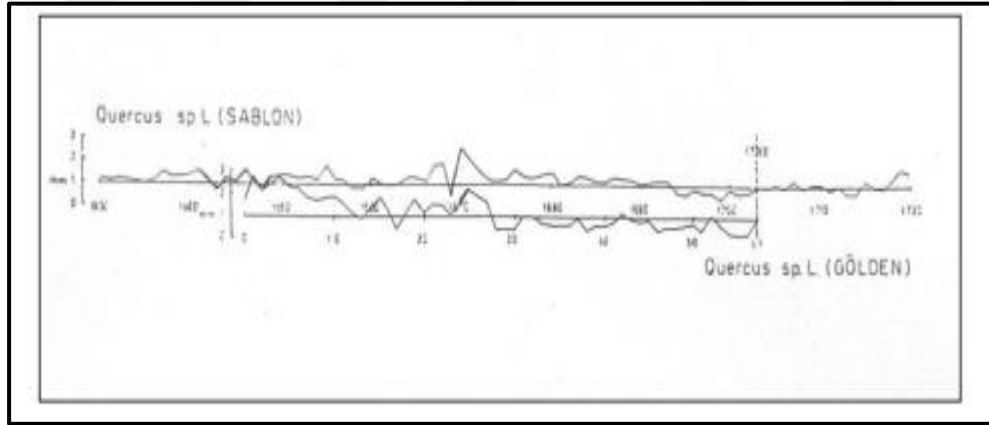
YAZAR ve YIL	ÜLKE	ÖRNEKLEM ALANI	ÖRNEK SAYISI	AĞAÇ TÜRÜ	LATİNCE ADI	HEYELAN PERİYODU
McGee (1893)	ABD	Tennessee	-	-	-	1812
Fuller (1912)	ABD	Mississippi	-	-	-	1811-1812
Shroder (1978)	ABD	Utah	260	Beyaz Ladin Çam Douglass Göknarı	<i>Picea engelmannii</i> , <i>Pinus flexilis</i> , <i>Pseudotsuga menziesii</i>	1781-1958
Terasme (1975)	Kanada	Ontario	-	-	-	-
Reeder (1979)	ABD	Alaska	-	-	-	-
Palmquist et al. (1981)	ABD	Wyoming	-	-	-	-
Jensen (1983)	ABD	Wyoming	-	-	-	-
Bégin and Filion (1985)	Kanada	Quebec	52	Avrupa Ladini	<i>Picea abies</i>	1785-1933
Bégin and Filion (1988)	Kanada	Quebec	-	Avrupa Ladini	<i>Picea abies</i>	1818
Braam et al. (1987)	Fransa	Alp Dağları	56	-	<i>Pinus uncinata</i>	1890-1980

Van Asch and Van Steijn (1991)	Fransa	Alp Dağları	65	-	-	1900–1982
Williams et al. (1992)	ABD	Washington	-	-	-	-
Fleming and Johnson (1994)	ABD	Ohio	-	-	-	1958
Corominas and Moya (1999)	Fransa	Alp Dağları	41	Sarı Çam	<i>Pinus sylvestris</i>	1923–1994
Fantucci and Sorriso-Valvo (1999)	İtalya	Kalabriya	250	-	-	1926–1995
Carrara et al. (2003)	ABD	Wyoming	38	Tüylü Meşe Kara Çam	<i>Quercus pubescens</i> , <i>Pinus nigra</i>	1845–1995
Carrara and O'Neill (2003)	ABD	Montana Dağları	13	Douglass Gökknarı	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	1865
Stefanini (2004)	İtalya	Apenin Dağları	32	Douglass Gökknarı Kontorta Çamı Alpin Gökknarı	<i>Pseudotsuga menziesii</i> , <i>Pinus contorta</i> , <i>Pinus flexilis</i> , <i>Abies lasiocarpa</i>	1880–1992
Wieczorek et al. (2006)	ABD	Virgina	24	Saçlı Meşe	<i>Quercus cerris</i>	1928–1998
Van Den Eeckhaut et al. (2009)	Belçika	Ardennes	258	Farklı Türler	-	2003
Van Den Eeckhaut et al. (2009)	Fransa	Alp Dağları	147	-	<i>Pinus uncinata</i>	1917–1998
Lopez Saez et al. (2011)	Fransa	Alp Dağları	79	-	<i>Pinus uncinata</i>	1850–2008
Lopez Saez et al. (2012)	Fransa	Alp Dağları	403	-	<i>Pinus uncinata</i>	1900–2010
Lopez Saez et al. (2012)	Fransa	Alp Dağları	223	-	<i>Pinus uncinata</i>	1900–2010
Šilhán et al. (2012)	Ukrayna	Caucasus	48	Kara Çam	<i>Pinus nigra</i>	1702–2009

Kaynak: (Stoffel, Butler ve Corona, 2013).

Silhan, Ukrayna'da Caucasus bölgesinden Kara Çam (*Pinus Nigra*) ağaçlarından örnek almış ve 1702-2009 yılları arasında heyelan olaylarını gözlenmiştir. Silhan'ın 2016 yılında yaptığı diğer bir çalışmada, 93 adet Norveç ladininden (*Picea abies Karst.*) örnek alınmıştır. Ağaçlar, Orlické hory Mts., Bohemian Massif'inde blok tipi hareketler tespit edilmiştir. Gärtner ve arkadaşlarının 2007 yılında yaptığı araştırmada Machu Picchu (Peru)'da kütle hareketleri (heyelanlar) incelenmiştir. Carrara ve O'Neill, Güneybatı Montana'da ki heyelanların aktif olduğu dönemleri bölgesel sismik olaylarla ilişkilendirmiş 32 adet kozalaklı ağaçlar kullanılarak analiz edilmiştir. Fantucci 1999 yılında italya kalibriyada 250 ağaçtan örnek alınmıştır. Stefanini (2004) Apenin Dağlarında kozalaklı ağaçlardan örnek alarak 1880-1992 yılları arasında heyelanları tespit etmiştir.

Aytuğ ve Kılıç (1993) tarafından Bolu-Mudurnu yakınlarında yer alan Sülüklü gölün oluşumu incelemiştir. Göl içerisinde dikili bir biçimde, kuru halde su yüzeyinde kalan meşe (*Quercus*), ağaçlarından örnekler alınmıştır. Gölde alınan örneklerle oluşturulan ana kronolojilere göre 1702-1703 yılları arasında tektonik hareketlerin sonucunda oluşmuş heyelan izlerine rastlanmıştır.



Şekil 13.Sülüklü gölün ana kronolojisi (Akkemik, 2004).



Fotoğraf 9.Sülüklü gölde kuru bir biçimde su üzerinde kalan meşe (*Quercus*) ağaçlarından görünüm (URL¹²).

Pınarcı (2002) yıllarında aşırı yağışlar sebebiyle meydana gelen Haç Gediği heyelanından kızılçam (*Pinus Brutia*) örnekleri incelemiştir. Jeomorfolojik parametrelerle ilişkilendirilen heyelanın tetikleyicileri ve periyodik hareketi tespit edilerek açıklanmıştır. Durmuş (2016) Batı Toroslarda ekinliği hala sürmekte olan Akdağ heyelanının ikincil heyelanların rekonstrüksiyonları yapılmıştır. Ayrıca periyodik olarak tekrarlayarak akışını sürdüren heyelanın çevreye verdiği etkiler gözlemlenmiştir. Durmuş (2016) araştırmasında Batı Toroslarda ekinliği hala sürmekte olan Akdağ heyelanının rekonstrüksiyonları yapılmıştır. Heyelanın zamansal değişimi ve mekânsal gelişimi tespit edilmiştir. Yaman (2017) 2012 yılında Akörensöküler köyünde (Bartın) meydana gelen heyelan sonucunda bir karaçamın (*Pinus Nigra*) ölü ve yara izi bulunan canlı köklerinden alınan numuneler incelenmiştir. İrdem (2019) Sakarya-Akyazı-Dokurcun arasındaki bir yöreden yaşı tespit edilmeyen heyelan alanı olarak örneklenen bulunan heyelan sahasından 30 ağaçtan örnek almıştır.

2.2.3.2.Çığ Araştırmalarında Dendrojeomorfolojik Yöntemler

Çığlar, kar kütlelerinin yamaç aşağı doğru hareketidir. Dağlık bölgelerde meydana gelen çığlar bitki örtüsü üzerinde hasar oluşturmaktadır. Çığlar ağaçların yıllık halkalarının yapısına zarar veren doğal jeomorfolojik süreçlerden biridir. Dendrojeomorfoloji yöntemiyle kar-çığ araştırmalarında yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Ağaçların yıllık halkalarının gelişimi kar çığları gibi jeomorfik

işlemlerin neden olduğu mekanik rahatsızlıkların neden olmaktadır (Stoffel ve Bollschweiler, 2009; Aydın ve Köse,).

Kar çığlarının etkisini ağaçların üzerinde görülebilmektedir. Ağaçların kök ve gövde yapısında kırılmalar ve eğilmeler görülmektedir. Ağaç gövdesinin geniş çaplı olduğu yaşlı ağaçlar kar çığların etkisine direnç gösterebilmektedir. Çığlar önemli ölçüde çevresel koşulları etkilemektedir. Ağaçların yıllık halka genişliklerinde eksantirik büyüme, skar oluşumu ve büyümede meydana gelen farklılıklar incelenerek çığların zamansal ve mekânsal gelişimi incelenmektedir (Aydın ve Köse,2010).



Tablo 9. Dendrojeomorfoloji de geçmiş bazı çığ çalışmalarına genel bakış (eşikler).

YAZAR VE YIL	ÜLKE	ÖRNEKLEM ALANI	ÖRNEK SAYISI	AĞAÇ TÜRÜ	LATİNCE ADI	ÇIĞIN OLUŞUM PERİYODU
Potter (1966)	ABD	Wyoming	50	Alpin Göknaarı Beyaz Çam	<i>Abies lasiocarpa, Pinus albicaulis</i>	1963
Schaerer (1972)	Kanada	British Colombia	-	-	-	-
Smith (1973)	ABD	Washington	-	-	-	-
Ives et al. (1976)	ABD	Colarado	-	Amerikan Titrek Kavağı Beyaz Ladin	<i>Populustremuloides, Picea engelmannii</i>	1860-1974
Carara (1979)	ABD	Colarado	50	Amerikan Titrek Kavağı Beyaz Ladin Alpin Göknaarı	<i>Populustremuloides Picea engelmannii Abies lasiocarpa</i>	1880-1976
Butler (1979)	ABD	Montana Dağları	-	-	-	-
Butler and Malanson (1985)	ABD	Montana Dağları	78	Beyaz Ladin Alpin Göknaarı Douglas Göknaarı Batı Karaçamı Kıyı Çamı	<i>Picea engelmannii, Abies lasiocarpa, Pseudotsuga menziesii, Larix occidentalis, Pinus contorta</i>	1924-1979 1934-1981
Bryant et al. (1989)	ABD	Colorado	180	Amerikan Titrek Kavağı Beyaz Ladin	<i>Populus tremuloides, Picea engelmannii</i>	-
Rayback (1998)	ABD	Colorado	63	Alpin Göknaarı Beyaz Ladin	<i>(Abies lasiocarpa, Picea engelmannii)</i>	1838-1996
Larocque et al. (2001)	Kanada	Québec	111	Kanada Ladini Kara Ladin Balsam Göknaarı Amerika Melezi	<i>Picea glauca, Picea mariana, Abies balsamea, Larix Laricina</i>	1885-2000
Hebertson and Jenkins (2003)	ABD	Utah	297	Beyaz Ladin Alpin Göknaarı	<i>Picea engelmannii, Abies lasiocarpa</i>	1928-1996
Boucher et al. (2003)	Kanada	Québec	62	Balsam Göknaarı Ladin	<i>Abies balsamea Picea mariana</i>	1895-1996

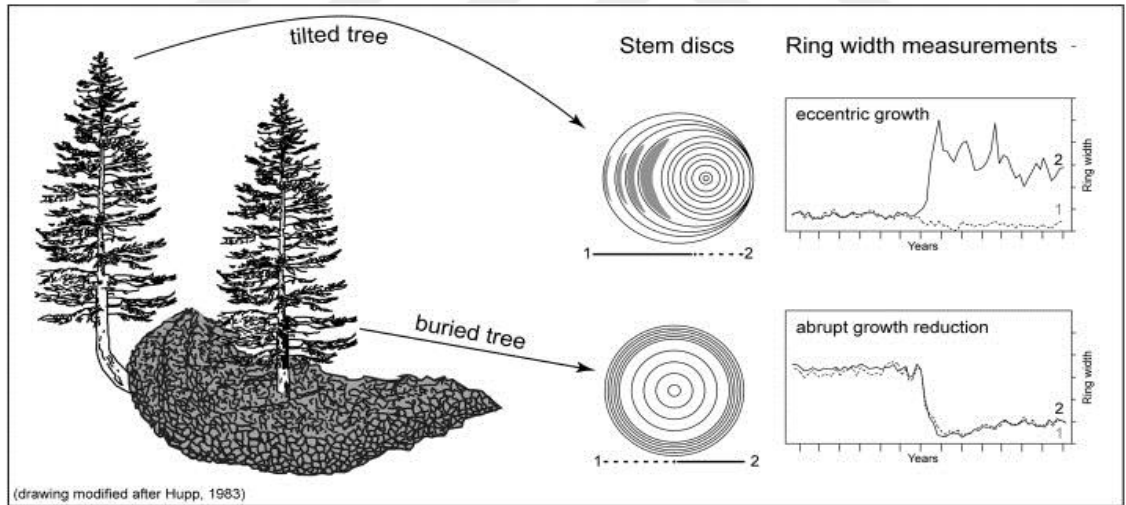
Jenkins and Hebertson (2004)	ABD	Utah	78	Beyaz Ladin Gümüş Gökknar Amerikan Titrek Kavağı	<i>Picea engelmannii, Abies concolor, Populus Tremuloide</i>	1891-1995
Dubé et al. (2004)	Kanada	Québec	110	Batı Mazısı Balsam Gökknarı Kağıt Huşu	<i>Thuja occidentalis, Abies balsamea, Betula Papyrifera</i>	1871-1996
Muntán et al. (2004)	İspanya	Pirene Dağları	230	Çam	<i>Pinus uncinata</i>	1750-2000
Kajimoto et al. (2004)	Japonya	-	34	Japonya Gökknarı	<i>Abies mariesii</i>	-
Germain et al. (2005)	Kanada	Québec	130	-	-	1941-2004
Pederson et al. (2006)	ABD	Montana Dağları	109	Douglass Gökknarı	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	1910-2003
Stoffel et al. (2006a)	İsviçre	Alp Dağları	251	Avrupa Karaçamı	<i>Larix decidua</i>	1750-2002
Casteller et al. (2007)	İsviçre	Alp Dağları	145	Avrupa Karaçam Avrupa Ladini	<i>Larix decidua, Picea abies</i>	-
Mundo et al. (2007)	Arjentina	And Dağları	20	-	<i>Nothofagus pumilio</i>	-
Butler and Sawyer (2008)	ABD	Colorado	22	Alpin Gökknarı Douglass Gökknarı Kontorta Çamı	<i>Abies lasiocarpa, Pseudotsuga menziesii, Pinus contorta</i>	1945-2008 1963-2008
Reardon et al. (2008)	ABD	Montana Dağları	109	Douglass Gökknarı	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	1910-2003
Germain et al. (2009)	Kanada	Québec	253	-	-	1895-1999
Laxton and Smith (2008)	Hindistan	Himalaya Dağları	36	Himalaya Sediri	<i>Cedrus deodara</i>	1972-2006
Casteller et al. (2008)	Arjentina	And Dağları	50	-	<i>Nothofagus pumilio</i>	-
Muntán et al. (2009)	İspanya	Pirene Dağları	157	-	<i>Pinus uncinata</i>	1870-2000
Corona et al. (2010)	Fransa	Alp Dağları	232	-	<i>Pinus uncinata</i>	1919-1994
Köse et al. (2010)	Türkiye	Bolu - Kayaarkası	61	Uludağ Gökknarı	<i>Abies bornmuelleriana</i>	-
Casteller et al. (2011)	Arjantin	And Dağları	21	-	<i>Nothofagus pumilio</i>	1820-2005
Corona et al. (2012)	Fransa	Alp Dağları	209	Avrupa Melezi Avrupa Ladin	<i>Larix decidua, Picea abies</i>	1771-2010
Corona et al. (2012)	Fransa	Alp Dağları	163	Avrupa Melezi	<i>Larix decidua, Picea abies</i>	1338-2010

				Avrupa Ladin		
Silhan and Tichavsky (2017)	Slovakya	High Tatras Dağları	189	Mugo Çamı	<i>Pinus mugo var. mugo</i>	1400-1925
Meseşan, Man,Pop, Gavrilla (2019)	Romanya	Parang Dağları		Norveç Ladini Kayın Dağ Çınarı Üvez	<i>Picea abies (L.) Karst</i> <i>Fagus sylvatica</i> <i>Acer pseudoplatanus</i> <i>Sorbus aucuparia</i>	1985-1987

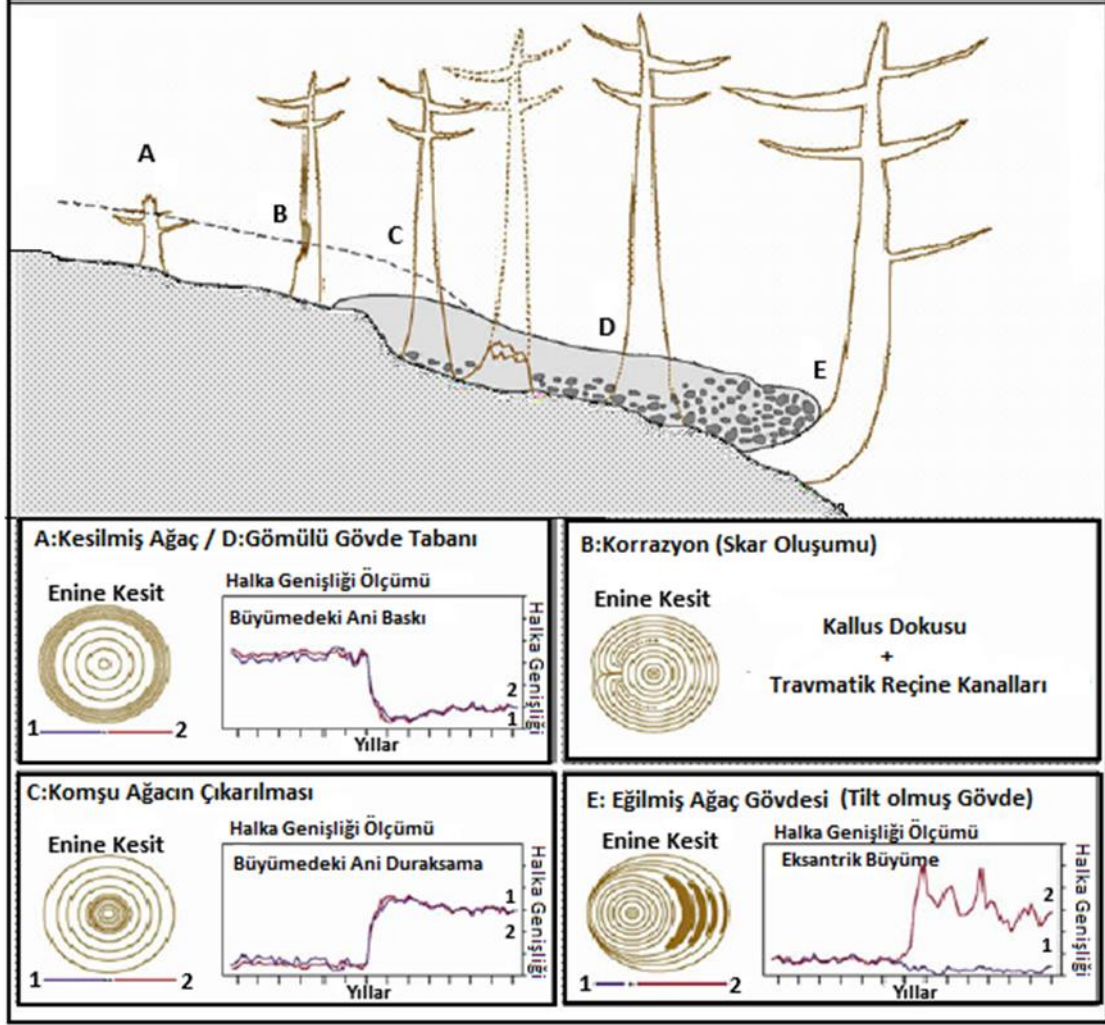
Kaynak : (Stoffel vd., 2013).

2.2.3.3.Enkaz Akışı (Döküntü Akışı) ve Kaya Düşmesi Araştırmalarında Dendrojeomorfolojik Yöntemler

Dendrojeomorfolojik yöntemler enkaz akışları araştırmalarında da kullanılmaktadır. Bu araştırmalarda önceden meydana gelen bireysel olayların veya birikimlerin tarihlendirilmesine büyüklük ve/veya frekansların yeniden inşasına odaklanmıştır. Ayrıca enkaz akışı dendrojeomorfoloji araştırmalarında iki komşu nehirde meydana gelen taşkınların tespitinde de kullanılmaktadır (Strunk,1997; Stoffel, vd.,2005; Stoffel, vd.,2006).



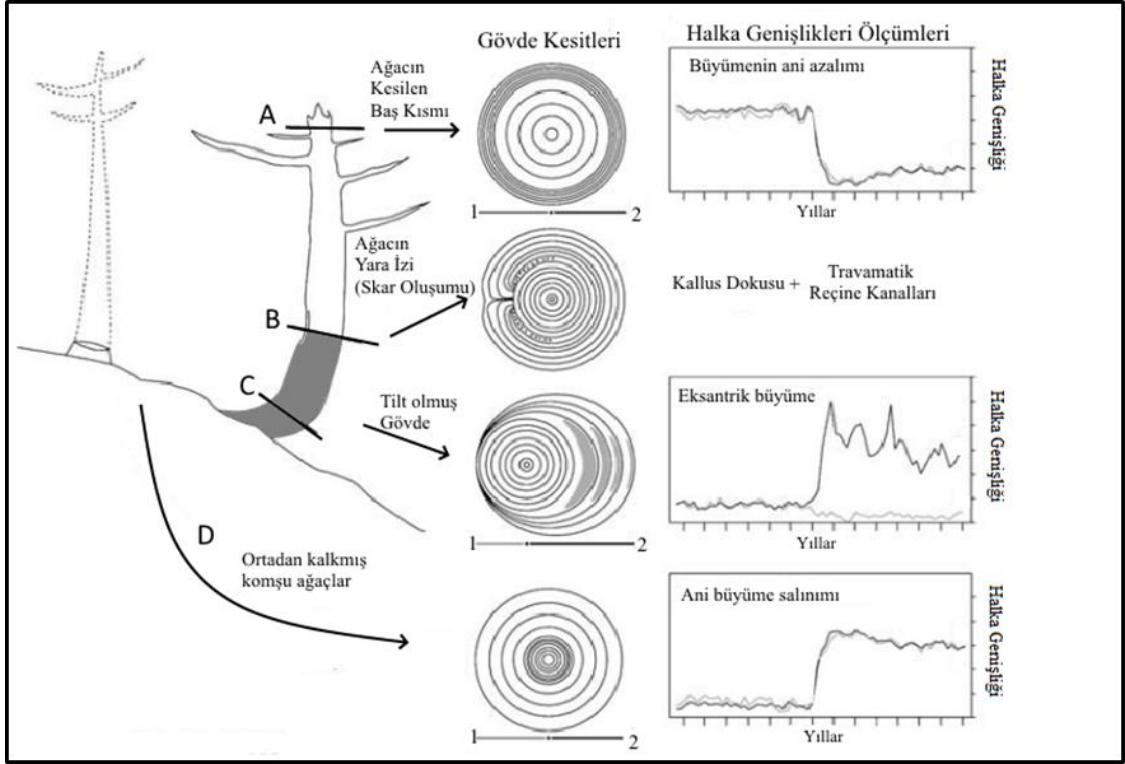
Şekil 14. Enkaz akışının yaşını belirlenmesi (Stoffel, vd.,2010).



Şekil 15.Enkaz akışlarından etkilenen ağaçların büyüme reaksiyonları (Stoffel,2010).

Kaya düşmeleri doğrudan gözlenebilmeleri sınırlı olması sebebiyle uzun zaman dilimleri içerisinde tespit edilmesi oldukça güçtür. Kaya düşmeleri kısa vadeli süreçlerde oluşması ve birkaç ağaç üzerinde meydana gelmesinden dolayı geçmiş dönemlerde ki kaya düşmelerinin zamansal ve mekânsal bilgileri yetersiz kalmaktadır. Bununla birlikte, kaya düşmesi frekanslarının ve büyüklüklerinin zaman içinde nasıl değiştiği hakkında çok az bilgi vardır ve bu bilgiler kısa vadede yapılmış gözlemlere dayanmaktadır. Kaya düşmelerinin ağaç üzerinde etkilediği büyüme anomalilerini yıllık halkaların yardımıyla incelenmesi gerekmektedir. Bu nedenle kök ve gövde yaralanmalarının geçmiş süreçlerdeki gelişiminin belirlenmesinde dendrojeomorfolojik yöntemler sıkça kullanılmaktadır. Fakat dendrojeomorfoloji araştırmaları içerisinde kaya düşmeleri incelenmesi en zor olan doğal tehlike arasında sayılabilmektedir (Stoffel,2006).

Dendrojeomorfoloji yöntemi kullanılarak kaya düşmesi aktivitesinin mevsimsel olarak meydana gelmesi tehlike risklerinin değerlendirilmesinde avantaj sağlamaktadır. Olayların mevsimsel farklılaşması aynı zamanda farklı analizlere de entegre edilebilir. Ağaç halkası verileri, kaya düşmelerinin modellemelerinde kolaylık sağlamaktadır (Stoffel vd.,2006).



Şekil 16. Kaya düşmesi olaylarını anlamak için kullanılan kanıtlar (Stoffel vd., 2005).

Tablo 10. Dendrojeomorfoloji de geçmiş bazı enkaz akışı çalışmalarına genel bakış (eşikler).

YAZAR ve YIL	ÜLKE	ÖRNEKLEM ALANI	ÖRNEK SAYISI	AĞAÇ TÜRÜ	LATİNCE ADI	ENKAZ AKIŞI PERİYODU
Beardsley and Cannon (1930)	ABD	Kaliforniya	-	-	-	1500-1924
Dickson and Crocker(1953)	ABD	Kaliforniya	-	-	-	1388-1924
Hupp (1984)	ABD	Colorado	-	Farklı Türler	-	1670-1984
Hupp et al. (1987)	ABD	Kaliforniya	1100	Farklı Türler	-	1580-1985
Strunk (1991)	Fransa	Alp Dağları	460	Avrupa Ladini	Picea Abies	1830-1991
Strunk (1997)	Fransa	Alp Dağları	400	Avrupa Ladini	Picea Abies	-
Yoshida et al. (1997)	Japonya	Hokkaido	34	Sakhalin Göknaarı	Abies sachalinensis	1871-1991
Baumann and Kaiser (1999)	İsviçre	Grisons	-	Dağ Çamı	Pinus mugo	1573-1989
Santilli and Pelfini (2002)	İtalya	Lombardiya	53	Dağ Çamı	Pinus montana	1888-1992
Stefanini and Ribolini (2003)	İtalya	Alp Dağları	500	Avrupa Melezi	Larix decidua	1800-2000
Wilkerson and Schmid (2003)	ABD	Montana Dağları	53	Kozalaklı	Conifers	1857-1979
Wilkerson and Schmid (2003)	ABD	Oregon	-	Douglas Göknaarı Batı Hemlok Ladini	Pseudotsuga menziesii, Tsuga heterophylla	-
Stoffel et al. (2005c)	İsviçre	Valais	1102	Avrupa Melezi Avrupa Ladin İsviçre Fıstık Çamı	Larix decidua, Picea abies, Pinus cembra	1605-1994
Stoffel et al. (2006a)	İsviçre	Valais	251	Avrupa Melezi Avrupa Ladini	Larix decidua, Picea abies	1750-2002
Stoffel and Beniston (2006)	İsviçre	Valais	1102	Avrupa Melezi İsviçre Fıstık Çamı	Larix decidua, Picea abies, Pinus cembra	1565-2005
Stoffel and Beniston (2006)	İsviçre	Valais	960	Avrupa Melezi Avrupa Ladin,	Larix decidua, Picea abies	1867-2005

Stoffel and Beniston (2006)	İsviçre	Valais		Avrupa Melezi Avrupa Ladini Sarı Çam	Larix decidua, Picea abies, Pinus sylvestris	1743–2005
Stoffel and Beniston (2006)	İsviçre	Valais	71	Avrupa Melezi Avrupa Ladini Larix decidua, Picea abies		1782–2005
Malik and Owczarek (2009)	Polanya	Sudates	19	Avrupa Ladini Avrupa Kayını	Piceas abies, Fagus sylvatica	1968–1997
Stoffel et al. (2008a)	İsviçre	Valais	1102	Avrupa Melezi Avrupa Ladini İsviçre Fıstık Çamı	Larix decidua, Picea abies, Pinus cembra	1565–2005
Stoffel et al. (2008b)	İsviçre	Valais	451	Avrupa Melezi Sarı Çam	Larix decidua, Picea abies, Pinus sylvestris	1793–2007
Stoffel et al. (2008b)	İsviçre	Valais	35	Avrupa Melezi	Larix decidua	1862–2004
Arbellay et al. (2010a)	İsviçre	Valais	315	Avrupa Kızılağacı Adi Huş	Alnus incana, Betula pendula	1965–2007
Bollschweiler and Stoffel (2010a)	İsviçre	Valais	2467	Avrupa Melezi Avrupa Ladini İsviçre Fıstık Çamı	Larix decidua, Picea abies, Pinus cembra	1600–2009
Bollschweiler and Stoffel (2010c)	İsviçre	Valais	210	Avrupa Melezi Avrupa Ladini	Larix decidua, Picea abies	1752–2006
Mayer et al. (2010)	Avusturya	Tirol	227	Avrupa Melezi Avrupa Ladini	Larix decidua, Picea abies	1800–2008
Owczarek (2010)	Norveç	Spitsbergen	-	Ağadamarlı Söğüt Kutup Söğütleri	Salix reticulata, Salix polaris	-
Szymczak et al. (2010)	İsviçre	Valais	252	Farklı Türler	Various species	1930–2008
Szymczak et al. (2010)	İsviçre	Valais	148	Avrupa Melezi Avrupa Ladini Adi Huş	Larix decidua, Picea abies, Betula pendula	1736–2010

Bollschweiler et al. (2011)	İsviçre	Valais	99	Avrupa Ladini	Picea abies	1900–2007
Kogelnig-Mayer et al. (2011)	Avusturya	Tirol	372	Farklı Türler	Various species	1830–2009
Lopez Saez et al. (2011)	Fransa	Alp Dağları	156	Avrupa Ladini	Picea abies	1931–2008
Procter et al. (2011)	Avusturya	Vorarlberg	442	Kızılçam	Pinus sylvestris	1839–2010
Stoffel et al. (2011)	İsviçre	Valais	1204	Dağ Çamı Orta Avrupa Göknaarı Avrupa Ladini	Pinus mugo, Abies alba, Picea abies	1864–2008
Šilhán et al. (2012)	Ukrayna	Caucasus	54	Kara Çam	Pinus nigra	1741–2009

Kaynak : (Stoffel vd., 2013).

3.BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

3.1.SONUÇ

Dendrojeomorfolojik yöntemlerle, geçmiş dönem koşullarında oluşan doğal afetlerin ve/veya doğal tehlikelerin kronolojik zaman serileri belirlenmektedir. Paleo-ortam koşullarında meydana gelen doğal olaylarının hareketinin büyüklüğü, sıklığı ve frekansı, lokal alanlar içerisinde yer alan ağaçların yıllık halkaları incelenerek saptanmaktadır. Ayrıca dendrojeomorfolojik yöntemlerle kütlelin akma hareketi, kırılma noktası ve akış yönü gibi uzamsal bilgiler tespit edilmektedir.

Dendrojeomorfolojik yöntemler yıllık halkaların tarihlendirilmesinin yanı sıra mutlak yaşlandırma yöntemlerinin doğrulanması, diğer bilimsel disiplinlere önemli veri aktarımı sağlaması, paleo-çevresel ortam koşullarının incelenmesi, mekânsal yönetimin planlanmasında ve doğal kaynak yönetiminde sıklıkla kullanılan bir araç olma niteliği taşımaktadır. Dendrojeomorfoloji doğal afet/tehlike araştırmalarını destekleyici alternatif bir yöntem olarak kullanılmaktadır.

Dendrojeomorfolojik araştırmalar doğal süreçlerin ve antropojenik kaynaklı faaliyetlerin ayrıntılı bir değerlendirmesiyle yapılmaktadır. Dendrojeomorfolojik yöntemlerle doğal afetlerin ağaçlar üzerinde meydana getirdiği büyüme bozuklukları tespit edilerek geçmişte ya da günümüzde meydana gelmiş jeomorfolojik etken ve süreçlerin tetiklediği doğal tehlikelerin risk analizleri yapılmaktadır. Aynı zamanda ağaçların modifikasyonuna sebep olan çevresel etkilerin belirlenmesiyle dendrojeomorfolojik araştırmalara niceliksel ve niteliksel veriler sağlanmaktadır. Bu veriler CBS ve UZAL uygulamalarına aktarılarak ağaçların yayılış alanları ve sınırları belirlenmektedir. UZAL yöntemiyle ağaçların uzamsal yönü hakkında bilgiler elde edilebilir. Ortaya çıkan bulgularla sonuçlar analiz edilerek afet risk planlamaları yapılabilmektedir.

Dendrojeomorfoloji ve dendrokronoloji araştırmalarında yer seçimi, ağaç türü belirleme, istatistiki yöntem ve analiz açısından farklılıklar bulunmaktadır. Dendrokronoloji araştırmalarında hasar görmüş ağaçlar seçilmezken dendrojeomorfoloji araştırmalarında doğal tehlikelerin hasarına karşı büyüme bozukluğuna maruz kalan ve

çevresel koşullardan hasar görmüş ağaçların seçilmesi gerekmektedir. Araştırmalarda büyüme bozukluklarının yanında dekapitasyona (dallarda kırılma) uğrayan ağaçlarda tercih edilmektedir. Hasardan sonra büyümenin gerçekleştiği ilk yıl geçmiş dönemde yaşanan doğal tehlikelerin sinyalini vermektedir. Aynı zamanda yıllık halkaların ölçümünde iklim gibi diğer faktörlerin etkisi de yıllık halkaların ölçümlerinde karışıklığa neden olmaktadır. Diğer faktörlerin etkisini ortadan kaldırmak için ölçümlere standardizasyon işleminin uygulanması gerekmektedir.

Ağaç yıllık halkalarının büyüme ve gelişim, iğne yapraklı ağaçlarda ve geniş yapraklı ağaçlarda farklı özellik taşımaktadır. Dendrokronoloji araştırmalarında ölçüm sırasında sağladığı kolaylıklar nedeniyle yaygın bir biçimde iğne yapraklı ağaçlar kullanılmaktadır. Geniş yapraklı ağaç türleri, iğne yapraklı ağaç türleri kadar uzun yaşayamadıkları için dendrokronolojik ve dendrojeomorfolojik analizlerde kullanımı sınırlı kalmaktadır. Geniş yapraklı ağaçların daha karmaşık bir forma sahip olmasının yanı sıra birçok özel bilgiyi barındırmaktadır. Günümüzde iğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaç türlerinin yer aldığı karşılaştırmalı uygulamalı çalışmalara yer verilmiştir. İki farklı ağaç türlerinin doğal tehlikelere karşı gösterdiği duyarlılık ve bu türlerinin mekanik bozulmaya karşı gösterdiği hassasiyetler değerlendirilmektedir. Aynı zamanda şehirleşmenin artışına bağlı olarak güncel dendrokronolojik araştırmalarda sıklıkla geniş yapraklı ağaçlar incelenmektedir.

Dendrojeomorfoloji araştırmalarında ki sınırlılıklar araştırmanın konusuna göre değişim göstermektedir. Özellikle kaya düşmesi ya da kütle hareketi çalışmalarında deformasyona uğrayan ağaç sayısının az olması ölçümlerde sorun yaratabilmektedir. İyi bir dendrojeomorfoloji araştırması için minimum 100 tane numune alınması ön koşuldur. Belirli dönemlerde afetler tamamen ağaçları ortamdaki yok edebilir. Bu durum için belirli tahminler yapılsa da doğrudan büyüme bozuklukları gözlenemez. Dendrojeomorfoloji araştırmalarında kümülatif doğal tehlikelerin deformasyonundan sonra büyümenin gerçekleştiği ilk yıl araştırmacılar için önem taşımaktadır.

Dendrojeomorfoloji araştırmaları her zaman geniş alanı temsil etmeyen lokal çalışma alanları ile sınırlandırılması gerekir. Jeomorfolojik olaylar sebebiyle yaralanmış ağaçlarda, yaralanma zamanını, ölmüş ağaçlarda ki meydana tehlikenin zamanını, eğilmiş ağaçlarda eksantirik gövde oluşumu, açığa çıkan köklerin kök anatomisi, gövdesi gömülen ağaçlarda da yıllık halka daralmalarının incelenmesi ve gömülme

sonrası oluşan ek köklerin yaşlandırılması ve jeomorfolojik süreçlerin açıklanabilmesi açısından önemli ipuçları barındırmaktadır.

Dendrojeomorfolojik araştırmalarda kullanılan bütün yaklaşımlarda hemen hemen benzer sonuçlar yakalansa da eşikler arasında farklılıklar bulunmaktadır. Dendrojeomorfolojik araştırmalarda bu kadar fazla sayıda yaklaşımın ve eşiğin bulunması yıllık halka analizlerinin yorumlanmasında zorluk oluşturmaktadır. Bu eşiklerin bazılarında sadece bir ağaçtan meydana gelen büyüme bozuklukları tespit edilirken bazılarında eksantirik gövde oluşumu incelenerek tüm ağaçların zaman serileri oluşturulmuştur. Her araştırmacı yaklaşımlarında farklı eşikleri kullandığı için dendrojeomorfoloji araştırmalarında karışıklığa sebebiyet vermektedir. Dendrojeomorfolojik yaklaşımlardan kaynaklanan farklılıklardan dolayı yıllık halkaların tarihlenmesinde ortaya çıkan eksiklikler dendrojeomorfolojik analizlerin tartışılmasına yol açmıştır. Bu yüzden dendrojeomorfolojik araştırma standartlarına objektiflik ve genel bir metodoloji oluşturulması ve kılavuz kaynaklarının ihtiyaçlara cevap vermesi gerekmektedir.

Dendrojeomorfolojik yöntemler sadece laboratuvar analizlerinden meydana gelmemektedir. Jeomorfolojik süreçlerin ve doğal tehlikelerin çok boyutlu sonuçlarının incelenebilmesi için araştırma alanıyla ilgili jeolojik-jeomorfolojik analizlerin ve haritaların yapılması gerekmektedir. Analizler için kullanılacak yaklaşımların yorumlanmasında eşiğiklerin belirlenmesinde uzman kişilere ihtiyaç duyulmakta ayrıca ülkemizde çok sayıda yıllık halka laboratuvarların kurulması gerekmektedir.

Dendrokronolojik ve dendrojeomorfolojik yöntemler mutlak yaşlandırma yöntemlerinin içerisinde yer almaktadır. Mutlak yaşlandırma yöntemlerinden her birinin doğruluğunun denetlenebilmesi için diğer yöntemlerle çapraz tarihlendirme yapılması gerekmektedir. Bu nedenle dendrojeomorfolojik yöntemler doğal afet araştırmalarında alternatif bir yöntem olarak kullanılsa da tek başına kullanımı yetersiz kalmaktadır. Ayrıca dendrojeomorfolojik yöntemler radyometrik yöntemlerden maliyet olarak düşüktür.

3.2.ÖNERİLER

- Ülkemizde dendrojeomorfolojik yöntemleri bilen sınırlı sayıda uzman bulunmaktadır. Dendrojeomorfolojik yöntemleri uygulamak için sadece dendrokronoloji yöntemini bilmek yetmemektedir. Yer bilimlerine ve atmosfer bilimlerine hâkim olmakta gerekmektedir. Geçmiş doğal afetlerin izlerinin belirlenmesinde arazi çalışmaları önemli bir yer tutmaktadır. Coğrafyacıların arazi bilgileri yanında dendrojeomorfolojik yöntemlerin eksikliğini gidermesi gerekmektedir. Uzman sayısının artırılması için fiziki coğrafya araştırmacıları, odun anatomisi, dendrokronoloji ve dendrojeomorfoloji alanında eğitim almalıdır. Ancak Türkiye’de dendrojeomorfoloji üzerine yapılan araştırmalar izlendiğinde saha bilgisinin bulguların yorumlanmasında ne kadar önemli olduğu ve çalışan kişilerin sahada bu tür afetlerin belirlenmesinde yetkin olması gerektiğinin önemli olduğu dünyada yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında anlaşılmaktadır. Özellikle Kuzey Amerika ve Avrupa’ da ileri düzeyde bu yöntemlerle ilgili eğitimler verilmektedir.
- Ülkemizde dendrokronoloji araştırmaları yapılacak laboratuvar sayısının yetersiz olması dendrojeomorfolojik araştırmaları sınırlandırmaktadır. Dendrojeomorfoloji araştırmalarının sayısını arttırmak için eğitimin yanı sıra gelişmiş laboratuvar ortamların kurulması ve laboratuvarların sayılarının ülkemiz içinde artırılması ön koşuldur. Özellikle ülkemizde fiziki coğrafya araştırmaları için coğrafya bölümlerinin içerisinde bu dendrokronoloji laboratuvarların açılması gerekmektedir. Coğrafyacılar bu yöntemleri öğrendikten sonra nicel araştırmalara önem vermesi beklenmektedir.
- Dendrojeomorfolojik yöntemleri kullanan araştırmacılar, araştırmalarına başlamadan önce örnek yörenin ve ağaçların seçimini yaparak, bu alanın kapsamlı bir biçimde incelemesi gerekmektedir.
- Örnek alanın seçiminde geçmiş yıllarda uzun dönem içerisinde meydana gelmiş doğal tehlikelerin arşiv ve gözle kayıtları incelenerek afetlerin tarihlerinin bilinmesi gerekmektedir. Dendrojeomorfoloji araştırmalarında doğal afet ve jeomorfolojik süreçlerin etkisinden sonraki yıllar araştırmacılar için önem temsil etmektedir.

- 3rneklerin alınmasında ve laboratuvar ortamına getirilmesinde artım kalemleri dikkatli bir biçimde muhafaza edilmeli, ölçümler sırasında tek bir yıl atlanmadan kronolojiler oluşturulmalıdır.
- Dendrojeomorfoloqlar ileri düzeyde CBS ve UZAL programlarını kullanması gerekmektedir.
- Doğal afet analizlerinde kullanılan dendrojeomorfolojik yöntem tek başına kullanımı yeterli olmamaktadır. Diğer mutlak yaşlandırma yöntemleriyle çapraz kontrolünün yapılması ve kalibre edilmesi gerekmektedir.
- Dendrojeomorfoloji yöntemi radyometrik yaşlandırma yöntemlerine göre maliyeti düşüktür. Geçmiş dönem koşullarının yansıtılmasında alternatif bir yöntem olarak kullanılmaktadır.



KAYNAKÇA

AFAD. (2018). *Türkiye’de Afet Yönetimi ve Doğal Kaynaklı Afet İstatistikleri Raporu*. Ankara.

Agafonov, L., Strunk, H. ve Nuber, T. (2004). *Thermokarst Dynamics in Western Siberia: insights from Dendrochronological Research*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, No: 209, 183-196.

Akkemik, Ü. (1997). *Batı Akdeniz Bölgesi’ndeki Pinus nigra Arn. ve Abies cilicica Carr. Taksonları Üzerinde Dendrokronolojik Araştırmalar*. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Akkemik, 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.

Akkemik, 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.

Akkemik, Ü. (2004). *Dendrokronoloji: İlkeleri- Biyolojik Temelleri-Yöntemleri-Uygulama Alanları*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları: İstanbul.

Alestalo, J. (1971). *Dendrochronological Interpretation of Geomorphic Processes*. *Fennia* No:105, 1-140.

Arca, D. (2012). *Afet Yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemi ve Uzaktan Algılama*. *Karaelmas Science and Engineering Journal*, No: 2, 53-61.

Arseven, A.D. (2011). *Alan Araştırma Yöntemi (İlkeler, Teknikler ve Örnekler)*. Gündüz Eğitim ve Yayıncılık. Ankara.

Atalay, İ. (2016). *Uygulamalı Jeomorfoloji*. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri. İzmir.

Aulitzky, H. (1992). *Die Sprache der “Stummen Zeugen”*. International Conference Interpraevent 1992: 139–174.

- Avcı, M., (2007a). *Coğrafyacılar için Dendrokronoloji*. Çantay, İstanbul
- Avcı, M., (2007b.). *Dendrokronoloji ve Coğrafyacıların Kuvaterner Çalışmaları Açısından Önemi*. Türkiye Kuvaterneri Çalıştayı VI 16–18 Mayıs 2007. 116–135, İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Avcı, M., (2012). *Dendrokronoloji*. Kazancı, N. ve Gürbüz, A. (Ed). Kuvaterner Bilimi, Ankara Üniversitesi yayını, Ankara, 493-522.
- Avcı, M., (2013). *Dendrokronoloji ve Jeomorfoloji: Dendrojeomorfoloji*. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi.
- Aydın, A., Köse, N., Akkemik, Ü., ve Yurtseven, H. (2012). *Assessment and Analysis of Rockfall-Caused Tree Injuries in a Turkish Fir Stand: A Case Study from Kastamonu-Turkey*. Journal of the Mountain Science, 137-146.
- Aytuğ, B., ve Güven, K.C. (1993). *Hava Kirliliğinin Kızılçamlar Üzerine Etkisi*, Uluslararası Kızılçam Sempozyumu Bildiriler Kitapçığı. Orman Bakanlığı Yayını, 767-773, Ankara.
- Aytuğ, B., ve Kılıç, A. (1986). *Contribution D “Une Étude Dendrochronologique à la Constataion de l’Âge du lac Sülük (Bolu)*. Proceed. 5th Optima Meeting 8-15 September, İstanbul: İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, 219-233.
- Bekker, M. F. (2010). *Tree Rings and Earthquakes*. In: Stoffel, M., Bollschweiler, M., Butler, D.R., Luckman, B.H. (Eds.), *Tree Rings and Natural Hazards: A State-of-the-art*. Springer, Heidelberg, New York, 391–397.
- Burn, C. R. ve Smith, M. W. (1990). *Development Of Thermokarst Lakes During The Holocene At Sites Near Mayo, Yukon Territory*. Permafrost Periglac. Process., 1: 161-175.
- Butler, D. (1987). *Teaching General Principles and Applications of Dendrogeomorphology*. Journal of Geological Education, No:35, 64-70.
- Butler, D. R. ve Sawyer, C.F. (2008). *Dendrogeomorphology and High-Magnitude Snow Avalanches: A Review and Case Study*. Natural Hazards and Earth

System Science, Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union, No:8 :303-309.

Caner, H. (1994). *İstanbul'da Kentleşmenin Doğal Ormanlarına Etkilerinin Dendrokronoloji ve Palinoloji Yöntemleri ile Belirlenmesi*. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul.

Carrara, P.E. ve O'Neill, J.M. (2003). *Tree-ring Dated Landslide Movements and Their Relationship to Seismic Events in Southwestern Montana, USA*. Quaternary Research No:59, 25-35.

Clague, J. (2010). *Dating Landslides with Trees*. In M. Stoffel, M. Bollschweiler, D. R. Butler, ve B. H. Luckman, *Tree Rings and Natural Hazards: A State-of-the-Art*, Springer, 81-89.

Corona, C., Lopez Saez, J., Stoffel, M., Bonnefoy, M., Richard, D., Astrade, L., ve Berger, F. (2012). *How Much of the Real Avalanche Activity can be Captured with Tree Rings? An Evaluation of classic Dendrogeomorphic Approaches and Comparison with Historical Archives*. Cold Regions Science and Technology 74–75, 31–42.

Corona, C., Rovéra, G., Lopez Saez, J., Stoffel, M., ve Perfettini, P. (2010). *Spatio-Temporal Reconstruction of Snow Avalanche Activity Using Tree Rings: Pierres Jean Jeanne Avalanche Talus, Massif de l'Oisans, France*. Catena 83, 107–118.

Coşkun, M. ve Aksoy, B. (2010). *Aksu Vadisi Giresun) Aşağı Kesiminde Doğal Ortam Şartlarının Taşkın Üzerine Etkileri*. Gazi Türkiyat Türkoloji Araştırmaları Dergisi, 1 (7), 135-154.

Coşkun, M., (2019). *İklim Değişmeleri ve Küresel Isınma*. Yer Bilimi. 12.Bölüm. Editörler: Alim ve Doğanay., Pegem Akademi. Ankara.

Coşkun, M., Gök, M., ve Coşkun, S., (2017). *Climate Characteristics of Safranbolu (Karabuk) and Saffron Cultivation*. International Journal of Geography and Geology. 2017.

Coşkun, M., ve Aksoy, B. (2011). *19 Haziran 2004 Çubuk-Sünlü (Ankara) Hortum Olayı*. Doğu Coğrafya Dergisi, 12 (17): 203-222.

Dağdeviren, N. (2002). *Kazdağları'nda Doğal Yetişen Gymnosperm Taksonları Üzerinde Dendrokronolojik Araştırmalar*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Doğan, M., (2016). *Fiziki Coğrafyada Dendrokronoloji*. Fiziki Coğrafyada Araştırma Yöntemleri ve Teknikleri, 8. Bölüm, Editörler: Özgen, N. ve Karadoğan, S. Pegem Akademi, 185-222.

Durmuş, M. (2016). *Akdağ Heyelanı (Batı Toroslar)'nın Kuzeydoğu Yamacındaki İkincil Heyelanların Dendrojeomorfolojik Açıdan Analizi*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul.

Efe, A., ve Yalıtık, F. (2000). *Dendroloji*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Erdin, N., ve Bozkurt, A. (2000). *Odun Anatomisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Eriç, S. (2010). *Jeomorfoloji I*. 7.Baskı., İstanbul Üniversitesi, Der Yayınları. İstanbul.

Erkan, N. (2002). *Dendrokronoloji ve Türkiye için Önemi*. Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 4, Antalya.

Erkan, N., Touchan, R., ve Baş, N. (2004). *Dendrokronolojik Yöntemle Güneybatı Anadolu Bölgesi'nde Geçmişte Yaşanmış İlkbahar Kuraklık Periyotlarının Tespiti*. Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayını, Teknik Bülten No:20, Antalya.

Erlat, E. (2012). *İklim Sistemi ve İklim Değişmeleri*. 3.Baskı., Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.

Fantucci, R. (2006). *Dendrogeomorphological Analysis of Shore Erosion Along Bolsena lake (Central Italy)*. Dendrochronologia, No: 24: 69-78.

Fantucci, R., ve McCord, A. (1995). *Reconstruction of Landslide Dynamic with Dendrochronological Method*. Dendrochronologia, No:13: 43-58.

Fantucci, R., ve Sorriso-Valvo, M. (1999). *Dendrogeomorphological analysis of a slope near Lago, Calabria (Italy)*. *Geomorphology*, No: 30: 65–174.

Fritts, H. C. (2001). *Tree Rings and Climate*. Academic Press London, London.

Fritts, H.C. (1976). *Tree Rings and Climate*. The Blackburn Press, New Jersey, U.S.A.

Gärtner, H. (2007a). *Glacial Landforms, Tree rings: Dendrogeomorphology*. In Elias S.A. (ed), *Encyclopedia of Quaternary Sciences II*, Elsevier, Oxford, 979-988.

Gärtner, H. (2007b). *Tree Roots Methodological Review And New Development In Dating And Quantifying Erosive Processes*. *Geomorphology* No: 86, 243-251.

Gärtner, H. (2013). *Glacial Landforms, Tree Rings: Dendrogeomorphology*. In S. A. Elias (Ed.), *Encyclopedia of Quaternary Sciences*, Vol. 2, Amsterdam, 91-103.

Grissino Mayer, D.H. (2001). *Evaluating Crossdating Accuracy: A Manual and Tutorial for the Computer Program: COFECHA*. *Tree-Ring Research*, 57(2), 205-221.

Highland, L.M., ve Bobrowsky, P. (2008) *The Landslide Handbook—A Guide to Understanding Landslides*. Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular: 129 .

Holmes, R. (1983). *Computer-Assisted Quality Control in Tree-Ring Data and Measurements*. *Tree-ring Bulletin*, 69-78.

Hoşgören, M. Y. (2011). *Jeomorfoloji Terimleri Sözlüğü*. Çantay Yayınları. İstanbul.

İrdem, C. (2019). *Elmacık Dağı Ve Yakın Çevresinin Dendroklimatolojik Ve Dendrojeomorfolojik Yöntemlerle Analizi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Karabük Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Karabük.

Kadıoğlu, M. (2008). *Modern, Bütünleşik Afet Yönetimin Temel İlkeleri*. Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E., (editörler), “Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri”, Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, Ankara 1-34.

Kantay, B. (2014). *Çoruh Meşesi (Quercus Dschorochensis K. Koch) de Dendrokronolojik Araştırmalar*. İstanbul Üniversitesi.

Kopabayeva, A., Mazarzhanova, K., Köse, N., ve Akkemik, Ü. (2017). *Tree-Ring Chronologies of Pinus Sylvestris From Burabai Region (Kazakhstan) and Their Response To Climate Change*. Dendrobiology. 78. 96-110.

Koprowski, M., Winchester, V., ve Zielski, A. (2007). *Dune Movements And Tree Rings: Czolpinska Dune*. Slowinski National Park, Poland. TRACE 2007 Abstracts, 03-06 May, Latvia.

Köse, N. (2007). *Batı Anadolu'da İklim Değişkenliği ve Yıllık Halka Gelişimi*. Yayınlanmış Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi. İstanbul.

Köse, N., Aydın, A., Akkemik, Ü., ve Yurtseven, H. (2010). *Using Tree-Ring Signals and Numerical Model to Identify the Snow Avalanche Tracks in Kastamonu, Turkey*. Natural Hazards, No:54, 435-449.

La Marche, V. ve Hirschboeck, V. (1984). *Frost Rings in Trees as Records of Major Volcanic Eruptions*. Nature 307: 121-126.

Lopez Saez J., Corona, C., ve Berger, F. (2014). *La dendrogéomorphologie: Principes, Méthodes, Applications*. Editör: Berger, F., IRSTEA.

Lopez Saez, J., Corona, C., Stoffel, M., Gotteland, A., Berger, F., ve Liébault, F. (2011). *Debris-flow Activity in Abandoned Channels of the Manival Torrent Reconstructed with LiDAR and Tree-Ring Data*. Natural Hazards and Earth System Science No: 11, 1247–1257.

Lopez Saez, J., Corona, C., Stoffel, M., ve Berger, F. (2013). *High-Resolution Fingerprints of Past Landsliding and Spatially Explicit, Probabilistic Assessment of Future Reactivations: Aiguettes Landslide, Southeastern French Alps*. Tectonophysics, Elsevier.

Malik, I., ve Wistuba, M. (2012). *Dendrochronological Methods for Reconstructing Mass Movements-An example of Landslide Activity Analysis Using Tree-Ring Eccentricity*. Geochronometria 39 (3), 180-196.

McGraw, D.J., (2003). *Andrew Ellicott Douglass And The Giant Sequoias In The Founding Of Dendrochronology*. Tree-Ring Research 59(1), 21-27.

Morel P., Trappman D., Corona C., ve Stoffel M. (2015). *Defining Sample Size and Sampling Strategy for Dendrogeomorphic Rockfall Reconstructions*. *Geomorphology*, 236, 79-89.

Owczarek,P., Opała-Owczarek, M.,Rahmonov, O.,Mendecki, M. (2017). 100 Years of earthquakes in the Pamir region as recorded in juniper wood: A case study of Tajikistan. *Journal of Asian Earth Sciences*. 138.

Özkan, Z.C. (1990). *Türkiyedeki Doğu Ladini (Picea Orientalis (L.) Link.) Üzerinde Dendrokronolojik Araştırmalar*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği, Trabzon.

Pınarcı, E. (2011). *Haç Gediği Heyelanının (Karaisalı/Adana) Ağaç Halkaları Yöntemiyle Analizi*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü.Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Adana.

Schweingruber, F.H. (1988). *Tree Rings Basics and Applications of Dendrochronology*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

Shroder, J. (1978). *Dendrogeomorphological Analysis of Mass Movement on Table Cliffs Plateau, Utah*. *Quaternary Research* No: 9, 168–185.

Shroder, J.F.(1980). *Dendrogeomorphology: Review and New Techniques of Tree-Ring Dating*. *Progress in Physical Geography*, No:4 161-188.

Šilhán, K. (2015). *Can Tree Tilting Indicate Mechanisms of Slope Movement?*. *Engineering Geology* (199), 157–164.

Šilhán, K. (2019). *Tree-Ring Eccentricity In The Dendrogeomorphic Analysis Of Landslides-A Comparative Study*. *Catena*. 174. 1-10.

Smith, D., ve Lewis D. (2007). *Dendroglaciology*. *Encyclopedia of Quaternary Sciences II*,Elsevier. S.A. Elias (Ed.), pp. 988-994, Elsevier, Oxford.

Solomina,O.N. (2002). *Dendrogeomorphology: Research Requirements*. *Dendrochronologia* No: 20(1-2), 233-245.

Speer, J.H.(2010). *Fundamentals of Tree-Ring Research*. The University of Arizona Press. Arizona.

Stefanini, M. (2004). *Spatio-Temporal Analysis of a Complex Landslide in the Northern Apennines (Italy) by means of Dendrochronology*. *Geomorphology* No:63, 191–202.

Stefanini, M.C., ve Ribolini, A. (2003). *Dendrogeomorphological Investigations of Debris-Flow Occurrence in the Maritime Alps (Northwestern Italy)*. In: Rickenmann, D., Chen, C.L. (Eds.), *Debris-flow Hazard Mitigation: Mechanisms, Prediction, and Assessment*. Millpress, Rotterdam, 231–242.

Stoffel, M., Bollschweiler, M., Butler, D.R., ve Luckman, B. (2010a). *Tree Rings and Natural Hazards: A State-of-The-Art*. Springer. Heidelberg, New York.

Stoffel, M., Bollschweiler, M., Butler, D.R., ve Luckman, B.H. (2010). *Whither Dendrogeomorphology?*. In Stoffel, M., Bollschweiler, M., Butler, D.R. & Luckman B.H. (eds.), *Tree Rings and Natural Hazards: A State-of-the-Art*, Springer, 495-502.

Stoffel, M., Bollschweiler, M., Widmer, S., ve Sorg, A. (2010b). *Spatio-Temporal Variability in Debris-Flow Activity: A Tree-Ring Study at Geisstriftbach (Swiss Alps) Extending Back to AD 1736*. *Swiss Journal of Geoscience* No:103, 283–292.

Stoffel, M., Luckman, B.H., Butler, D.R., ve Bollschweiler, M. (2013). *Dendrogeomorphology: Dating Earth-Surface Processes with Tree Rings*. In: Shroder, J. (Editor in Chief), Butler, D.R., Hupp, C.R. (Eds.), *Treatise on Geomorphology*. Academic Press, San Diego, CA, vol. 12, *Ecogeomorphology* 125–144.

Stoffel, M., ve Bollschweiler, M. (2009). *What Tree Rings Can Tell About Earth-Surface Processes: Teaching the Principles of Dendrogeomorphology*. *Geography Compass* No: 3, 1013-1037.

Stoffel, M., ve Bollschweiler. (2009). *Tree-Ring Reconstruction of Past Debris Flows Based on a Small Number of Samples-Possibilities and Limitations*. *Landslides*. 6.

Stokes, M., ve Smiley, T. (1968). *An Introduction to Tree-Ring Dating*. University of Chicago Press, Chicago.

Stokes, M., ve Smiley, T. (1996). *An Introduction to Tree-Ring Dating*. The University of Arizona Press. Tuscon.

Strunk, H. (1991). *Frequency Distribution of Debris Flows in the Alps since the Little Ice Age*. *Zeitschrift für Geomorphologie NF*, 71–81.

Strunk, H. (1997). *Dating of Geomorphological Processes Using Dendrogeomorphological Methods*. *Catena No:31*, 137–151.

Wood, C., ve Smith, D., (2004). *Dendroglaciological Evidence For A Neoglacial Advance Of the Saskatchewan Glacier, Banff National Park, Canadian Rocky Mountains*. *Tree-Ring Research* 60(1), 59-65.

Web Adresleri

URL¹:<https://www.visualisingdata.com/2015/02/dendrochronology-visualisation-literacy/> (16.04.2019).

URL²:<https://earthobservatory.nasa.gov/features/Paleoclimatology> (10.04.2019).

URL³: <https://www.geog.ox.ac.uk/research/landscape/dendro/> (21.03.2019).

URL⁴: <https://pixabay.com/tr/photos/> (07.04.2019).

URL⁵: <https://evrimagaci.org/dendrokronoloji-agac-halkalarinin-bize-anlattiklari-4375> (11.04.2019).

URL⁶:https://www.fs.fed.us/research/highlights/highlights_display.php?in_high_id=1226 (25.04.2019).

URL⁷: <https://www.fpl.fs.fed.us/> (19.04.2019).

URL⁸:<https://www.slideshare.net/scottstgeorge/geog583918-dendrogeomorphology> (18.04.2019).

URL⁹: [www.geomorphologic.ra /](http://www.geomorphologic.ra/) (27.03.2019).

URL¹⁰:<https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/paleoclimatology-data/datasets/tree-ring> (20.04.2019).

URL¹¹:<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/compression-wood> (24.05.2019).

URL¹²: <https://www.gezipedia.net/516-suluklu-gol-tanitimi.html> (24.04.2019).



TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1. Başlıca Doğal Afet Türleri.....	13
Tablo 2. Mutlak yaşlandırma yöntemlerinin sınıflandırılması.....	16
Tablo 3. Dendrokronoloji ve Dendrojeomorfoloji alanında yapılmış bazı çalışmalara ait alan yazın bilgisi.....	29
Tablo 4. Dendrokronolojinin Temel İlkeleri.....	37
Tablo 5. Dendrokronolojinin Uygulama Alanları.....	43
Tablo 6. Bazı ağaç türleri ve bu ağaç türlerinin önem dereceleri.....	47
Tablo 7. Shroder tarafından tanımlanan süreç-olay-tepki sistemi.....	56
Tablo 8. Dendrojeomorfolojide geçmiş heyelan çalışmalarından bazı örneklerle genel bakış.....	77
Tablo 9. Dendrojeomorfoloji de geçmiş bazı çığ çalışmalarına genel bakış (eşikler) (Stoffel vd., 2013).....	84
Tablo 10. Dendrojeomorfoloji de geçmiş bazı enkaz akışı çalışmalarına genel bakış (eşikler).....	87

ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 1.** Görsel büyüme analizinde kullanılan büyüme anomalisi sınıflandırılması (Schweingruber ,1990)..... 36
- Şekil 2.** Cornell Üniversitesi Ege Dendrokronolojisi kapsamında oluşturulan ağaç halkalarının kapsadığı yıllar (URL³)..... 37
- Şekil 3.** Yıllık Halkalarla ana kronolojinin uzatılması ve eşleştirme işleminin yapılması (Corona, 2007)..... 40
- Şekil 4.** Duyarlılık prensibine göre solda optimum koşullar içerisinde yer alan duyarsız ağaç, sağda sınırlayıcı faktörlerin etkin olduğu duyarlı ağaç (Stokes ve Smiley,1968). 41
- Şekil 5.** Dendrokronolojinin uygulandığı bilim dallarının şematik gösterimi (Doğan, 2016). 44
- Şekil 6.** Yıllık Halkaların Gösterimi 1: Yıllık halkaların sınırları (Fritss,1976), 2: Ekolojik amplitüd ve yer seçimi ilkelerinin etkilerinin görünümü. (Smith ve Lewis, 2007), 3: İlkbahar ve yaz odunu sınırlarının genişliklerinin görünümü (URL⁵)..... 46
- Şekil 7.** Buzul etkisi sonrasında ağaçların yapısında ve yıllık halka genişliklerinde görülen değişimler (Smith ve Lewis,2007)..... 63
- Şekil 8.** Büyüme anomalilerinden etkilenen ağaç (a) Tek taraftan darbe görmüş gövde(b) Gövde tabanında birikme c) dekapitasyondan yan dalları zarar görmüş ağaçların tekrardan oluşması (d) Aşırı maruz kalan köklerin yayılımı (f) Reaksiyon odunu oluşumu (g) Ani büyüme baskısı (h) Ani büyüme artışı (Stoffel, 2010). 68
- Şekil 9.** Ağaç gövde ve kök sistemine potansiyel hasarın, yer değişiminin bir sonucu olarak, büyüme halkası modeli üzerindeki etkisini göstermekte (A) eğim boyunca yetişen ardıç ağacının birikintiler tabakası ile kaplanmıştır; (B) deprem olayları ve yer sarsıntısı; (C) kök yapısının zarar görmesi ve büyüme halkası genişliğinin azalması (D) kök sisteminin iyileşmesi ve büyümenin gerçekleşmesi (Owczarek, Opała-Owczarek, Rahmonov ve Mendecki, 2017). 74
- Şekil 10.** Tacikistan bölgesinde deprem alanlarının tespiti için yıllık halka genişliklerinin grafiği (Owczarek vd.,2017)..... 75
- Şekil 11.** Elmacık Dağı ve yakın çevresinden Sinekli Yöresinden alınan depremlerin tespiti için yıllık halka genişliklerinin ölçülmesi (İrdem,2019)..... 75
- Şekil 12.** Kütle hareketine maruz kalan ağaçlarda eksantirik büyümenin gelişimi (Malik ve Wistuba, 2015). 76
- Şekil 13.** Sülüklü gölün ana kronolojisi (Akkemik, 2004). 79
- Şekil 14.** Enkaz akışının yaşını belirlenmesi (Stoffel, vd.,2010)..... 84
- Şekil 15.** Enkaz akışlarından etkilenen ağaçların büyüme reaksiyonları (Stoffel,2010). 85
- Şekil 16.** Kaya düşmesi olaylarını anlamak için kullanılan kanıtlar (Stoffel vd., 2005). 86

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1. Yöre kronolojisi örneği (Köse,2007). 52



FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

- Fotoğraf 1.** Ağaç yıllık halkası enine kesiti. Koyu renkli halkalar yaz odununu, açık renkli halkalar ilkbahar odununu temsil etmektedir (URL¹). 17
- Fotoğraf 2.** Dendrokronoloji biliminin öncüleri solda Andrew Ellicott Douglass, sağda Edmund Schulman (URL²). 35
- Fotoğraf 3.** Artım Burgusu ve Artım Kalemi (URL⁶). 49
- Fotoğraf 4.** Artım Kalemi Örneği (URL⁷). 50
- Fotoğraf 5.** Artım kalemlerinin çapraz tarihlendirilmesi (URL⁸). 51
- Fotoğraf 6.** Ağaçlarda yara izi ve eksantirik büyümenin meydana gelmesi (URL¹⁰). 69
- Fotoğraf 7.** Reaksiyon odununun oluşumu a) İğne yapraklı ağaçlarda basınç odunu b) Geniş yapraklı ağaçlarda çekme odunu (URL¹¹). 70
- Fotoğraf 8.** Avrupa karaçamındaki yaralanmalar (*Larix decidua* Mill.): (A) Yara izi meydana gelmiş gövde (b) Yaralanan kısmın enine kesiti (c) Yarayı çevreleyen aşırı büyüyen hücre katmanlarında gözlemlendiği gibi yara dokuları (d) Travmatik reçine kanallarının teğet sırasının meydana gelişi (Bollschweiler, 2007). 70

ÖZGEÇMİŞ

Nigar ÜREDİ, 1992 tarihinde İstanbul'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2010 yılında Karabük Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümünde eğitim hayatına başlayarak, 2015'de mezun oldu. 2016 yılında Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Fiziki Coğrafya Programında yüksek lisans eğitimine başladı. İngilizce bilmektedir.

