

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DOĞA KORUMA VE MİLLİ PARKLAR GENEL MÜDÜRLÜĞÜ 12. BÖLGE
MÜDÜRLÜĞÜ SINIRLARI İÇERİSİNDE BULUNAN TABİAT ANITI
AĞAÇLARIN TOMOGRAFİ İŞLEMİYLE SAĞLIK DURUMLARININ
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sedat KARA

**Danışman
Prof. Dr. Temel GÖKTÜRK**

Artvin 2023

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans

Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Doğa Koruma Ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü 12. Bölge Müdürlüğü Sınırları İçerisinde Bulunan Tabiat Anıtı Ağaçların Tomografi İşlemiyle Sağlık Durumlarının Belirlenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Temel GÖKTÜRK sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim/02/2023

Sedat KARA

İmza

T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOĞA KORUMA VE MİLLİ PARKLAR GENEL MÜDÜRLÜĞÜ 12. BÖLGE
MÜDÜRLÜĞÜ SINIRLARI İÇERİSİNDE BULUNAN TABİAT ANITI AĞAÇLARIN
TOMOGRAFİ İŞLEMİYLE SAĞLIK DURUMLARININ BELİRLENMESİ

SEDAT KARA

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 26.01.2023

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 16.02.2023

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Temel GÖKTÜRK

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Hüseyin Aşkın AKPULAT

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Sevim İNANÇ ÖZKAN

ONAY:

Bu Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından 16.02.2023 tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../.../..... tarih vesayılı kararıyla kabul edilmiştir.

.../02/2023

Doç. Dr. Mustafa Çağatay KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Doğa Koruma Ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü 12. Bölge Müdürlüğü Sınırları İçerisinde Bulunan Tabiat Anıtı Ağaçların Tomografi İşlemiyle Sağlık Durumlarının Belirlenmesi” konusunda yapılan bu çalışma; Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans çalışmamın her aşamasında manevi desteğini esirgemeyerek değerli eşim Özlem KARA’ya teşekkür ederim.

Bu araştırma için beni yönlendiren, Literatür araştırmalarımnda yardımcı olan, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Temel GÖKTÜRK’e teşekkürlerimi sunarım.

Tezin yazım aşamasında yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Çağlar KALENDER’e, Arazi çalışmalarımnda yardımlarını esirgemeyen 12. Bölge Müdürü Cüneyt ALOĞLU’na, Gümüşhane İl Şube Müdürü İlbeyi AYDIN’a ve personeli Haydar TEKİN’e, Artvin Şube Müdürü Yunus AYDEMİR’e ve personellerine teşekkür ederim.

Araştırmanın bilimsel ve teknik açıdan uygulayıcılara faydalı olmasını dilerim.

Sedat KARA

Artvin – 2023

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ BEYANNAMESİ	I
JÜRİ KABUL TUTANAĞI.....	II
ÖNSÖZ	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÖZET	V
SUMMARY.....	VI
TABLolar DİZİNİ.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
1. GİRİŞ	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
2.1. Materyal	13
2.2. Yöntem.....	17
3. BULGULAR.....	26
3.1. Melodere Doğu Ladini Tabiat Anıtı Ölçüm Sonuçları.....	26
3.2. Kamilet Doğu Kayını Tabiat Anıtı Ölçüm Sonuçları.....	32
3.3. Ali Ağanın Kavağı Tabiat Anıtı Ölçüm Sonuçları.....	36
3.4. Kirani Evliya Ardıcı Tabiat Anıtı Ölçüm Sonuçları	40
3.5. Örümcek Ormanı Göknarı 1 Tabiat Anıtı Ölçüm Sonuçları	44
3.6. Örümcek Ormanı Göknarı 2 Tabiat Anıtı Ölçüm Sonuçları	48
3.7. Tabiat Anıtlarına Ait Yaş, Çap, Boy ve Rakım Verileri	52
4. TARTIŞMA	54
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	59
KAYNAKLAR	61

ÖZET

DOĞA KORUMA VE MİLLİ PARKLAR GENEL MÜDÜRLÜĞÜ 12. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ SINIRLARI İÇERİSİNDE BULUNAN TABİAT ANITI AĞAÇLARIN TOMOGRAFİ İŞLEMİYLE SAĞLIK DURUMLARININ BELİRLENMESİ.

Doğal güzelliklere sahip ve biyolojik çeşitlilik bakımından zengin alanlar eski zamanlardan beri insanlar için farklı bir öneme sahip olmuştur. Sanayi, teknoloji ve şehirleşmedeki son gelişmelerle doğal alanlara olan talep oldukça artmıştır. Buna bağlı olarak bu tür özel olanları koruma ihtiyacı daha da önem kazanmıştır. Bu tür doğal özelliklere sahip alanların etkin ve etkili şekilde korunabilmesi için sorunların ve tehdit unsurların doğru şekilde ortaya konması gerekmektedir. Bu amaçla; Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan bazı tabiat anıtı statüsündeki ağaçların akustik tomografi yöntemi ile sağlık durumlarının belirlenmesine yönelik bir çalışma yürütülmüştür. Çalışma alanında bulunan 6 ağaç üzerinde hem doğrudan gözlem yapılmış hem de Arbor Sonic 3D Akustik Tomografi cihazı ile ölçümleri yapılmıştır. Yapılan çalışmada tabiat anıtı ağaçlarının gövde, dal ve yaprak yapısı gözlem sonuçlarına göre 1 ağacın gövdesinin kovuk olduğu ve diğer 5 ağacın genel durumlarının iyi görüldüğü belirlenmiştir. Tomografi sonuçlarına göre, ölçülen 6 ağacın 1 tanesinin sağlık durumunun iyi olduğu, 3 tanesinin içinde kısmen kovuk ve çürümenin olduğu, 2 tanesinin içi ise tamamen kovuk olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre Akustik Tomografi yönteminin tabiat anıtı ağaçlarının sağlık durumlarının belirlenmesinde etkili bir araç olduğu ortaya koyulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Arborsonic 3D, Akustik Tomografi, Tabiat Anıtı, Çürüme, Sağlık Durumu

SUMMARY

DETERMINING OF THE HEALTH STATUS OF NATURAL MONUMENT TREES BY TOMOGRAPHY PROCESS IN THE 12TH REGIONAL DIRECTORATE OF THE GENERAL DIRECTORATE OF NATURE CONSERVATION AND NATIONAL PARKS.

Areas with natural beauty and rich in biodiversity have had a different significance for people since ancient times. With the latest developments in industry, technology and urbanization, the demand for natural areas has increased considerably. Accordingly, the need to protect such private areas has become even more important. In order to protect areas with such natural characteristics effective and effectively, problems and threat factors must be correctly revealed. For this purpose; A study was conducted to determine the health status of some trees which are natural monuments in the Eastern Black Sea Region of Turkey with acoustic tomography method. Both direct observations and measurements (done by Arbor Sonic 3D Acoustic Tomography device) were made on 6 trees in the study area. In the study, according to the results of the observation of the trunk, branch and leaf structure of the nature monument trees, it was determined that the trunk of 1 tree has hollow and the general condition of the other 5 trees observed as good. According to the results of the Tomography, it was determined that 1 of the 6 trees measured was in good health, 3 of them had partial hollows and decay, and 2 of them were completely hollow. According to the data obtained, it has been revealed that the Acoustic Tomography method is an effective tool in determining the health status of nature monument trees.

Keywords: Arborsonic 3D, Akustic Tomographi, Monument Tree, Rot, Health Status

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1: Türkiye'de Bulunan Tabiat Anıtları	4
Tablo 2: 12. Bölge Müdürlüğü Sınırlarında Bulunan Tabiat Anıtları	6
Tablo 3. Çalışma Alanında Ölçümü Yapılan Tabiat Anıt Ağaçları	15
Tablo 4. Tabiat Anıtları Envanter Karnesi	23
Tablo 5. Tabiat Anıtları Tomografi Sonuçları.....	24
Tablo 6. Melodere Doğu Ladini Tabiat Anıtı Envanter Karnesi.....	26
Tablo 7. Melodere Doğu Ladini Tabiat Anıtı Tomografi Sonuçları (30 cm).....	27
Tablo 8. Melodere Doğu Ladini Tabiat Anıtı Tomografi Sonuçları (50 cm).....	28
Tablo 9. Melodere Doğu Ladini Tabiat Anıtı Tomografi Sonuçları (80 cm).....	29
Tablo 10. Kamilet Doğu Kayını Tabiat Anıtı Envanter Karnesi.....	32
Tablo 11. Kamilet Doğu Kayını Tabiat Anıtı Tomografi Sonuçları	33
Tablo 12. Ali Ağanın Kavağı Tabiat Anıtı Envanter Karnesi	36
Tablo 13. Ali Ağanın Kavağı Tabiat Anıtı Tomografi Sonuçları	37
Tablo 14. Kirani Evliya Ardıcı Tabiat Anıtı Envanter Karnesi.....	40
Tablo 15. Kirani Evliya Ardıcı Tabiat Anıtı Tomografi Sonuçları (60 cm)	41
Tablo 16. Kirani Evliya Ardıcı Tabiat Anıtı Tomografi Sonuçları (90 cm)	42
Tablo 17. Örumcek Ormanı Göknarı 1 Tabiat Anıtı Envanter Karnesi	44
Tablo 18. Örumcek Ormanı Göknarı 1 Tabiat Anıtı Tomografi Sonuçları (100 cm)	45
Tablo 19. Örumcek Ormanı Göknarı 1 Tabiat Anıtı Tomografi Sonuçları (130 cm)	46
Tablo 20. Örumcek Ormanı Göknarı 2 Tabiat Anıtı Envanter Karnesi	48
Tablo 21. Örumcek Ormanı Göknarı 2 Tabiat Anıtı Tomografi Sonuçları (80 cm)	49
Tablo 22. Örumcek Ormanı Göknarı 2 Tabiat Anıtı Tomografi Sonuçları (110 cm)	50

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1: 12. Bölge Müdürlüğü Sınırlarında Ölçümü Yapılan Tabiat Anıtı Ağaçları.....	13
Şekil 2. Gümüşhane’de Bulunan Tabiat Anıtları Haritası.....	14
Şekil 3. Artvin’de Bulunan Tabiat Anıtları Haritası	15
Şekil 4. Akustik Tomografi Cihazı Görseli.....	16
Şekil 5. Akustik Tomografi Cihazı Ekipmanları.....	16
Şekil 6. Arazi Öncesi Deneme Çalışmaları	17
Şekil 7. Arazi Öncesi Deneme Çalışmaları Tomografi Sonuçları.....	17
Şekil 8. Sensörlerin Birleri ve Ağaçla Bağlantısı.....	18
Şekil 9. Tomografi Cihazının Bilgisayar Bağlantısı	18
Şekil 10. Bilgisayar Programına Ağaç Hakkında Bilgi Girişi.....	19
Şekil 11. Bilgisayar Programına Ağaç Ölçüleri Bilgi Girişi ve Bilgisayar Bağlantısı	20
Şekil 12. Çekip Darbelerinin Ardından Sensörlerden Alınan Değerler	21
Şekil 13. Ölçümlerin Ardından Elde Edilen Ses Dalgaları Görüntüsü	22
Şekil 14. Ölçümlerin Ardından Elde Edilen Tomografi Görüntüsü.....	22
Şekil 15. Arazi Çalışmalarından Görseller.....	25
Şekil 16. Melodere Doğu Ladini Tabiat Anıtı Görseli-1.....	30
Şekil 17. Melodere Doğu Ladini Tabiat Anıtı Görseli-2.....	31
Şekil 18. Kamilet Doğu Kayını Tabiat Anıtı Görseli-1.....	34
Şekil 19. Kamilet Doğu Kayını Tabiat Anıtı Görseli-2.....	35
Şekil 20. Ali Ağanın Kavağı Tabiat Anıtı Görseli-1.....	38
Şekil 21. Ali Ağanın Kavağı Tabiat Anıtı Görseli-2.....	39
Şekil 22. Kirani Evliya Ardıcı Tabiat Anıtı Görseli-1	43
Şekil 23. Kirani Evliya Ardıcı Tabiat Anıtı Görseli-2	43
Şekil 24. Örumce Ormanı Göknarı-1 Tabiat Anıtı Görseli-1.....	47
Şekil 25. Örumce Ormanı Göknarı-1 Tabiat Anıtı Görseli-2.....	47
Şekil 26. Örumce Ormanı Göknarı-2 Tabiat Anıtı Görseli-1.....	51
Şekil 27. Örumce Ormanı Göknarı-2 Tabiat Anıtı Görseli-2.....	51
Şekil 28. Tabiat Anıtları Yaş Grafiği	52
Şekil 29. Tabiat Anıtları Çap Grafiği	52
Şekil 30. Tabiat Anıtları Boy Grafiği.....	53
Şekil 31. Tabiat Anıtları Yükseklik (Rakım) Grafiği.....	53

1. GİRİŞ

Dünyamızda yaşamın sürdürülebilmesi doğal kaynakların korunmasına ve sürdürülebilirliğine bağlıdır. Bulduğumuz zamanda bütün ülkelerin alınan kararlar ve çalışmalar ile aynı amaç için yol almaya başladığı görülmektedir (Sezen, 2017).

İnsanların doğal kaynakları hatalı aşırı kullanmasına bağlı olarak doğal denge bozulmakta ve insan sağlığını olumsuz olarak etkilemektedir. Buna bağlı olarak doğa ve çevrenin önemi anlaşılacak doğa korumanın önemi artmıştır (Yücel ve Babuş, 2005). Günümüzde artan nüfusa ve doğal kaynakların aşırı kullanımına bağlı olarak doğal kaynakların denetimi ve sürdürülebilirliği önem kazanmıştır. Doğal kaynakların kullanımında duyarlı olmak gerekmektedir (Beyza, 2002). Şehirleşme ve sanayinin gelişmesiyle doğaya ister istemez zarar verilmekte ve bu da insanları olumsuz yönde etkilemektedir. Doğal çevrenin korunarak insanlığa ve geleceğe kazandırılması önemlidir (Altunöz, 2014).

Doğa korumayı, doğada bulunan hayvan ve bitkilerin habitatları ile birlikte korumak olarak özetlenebilir. Amacı ise hayvan türlerinin, bitki türlerinin ve yaşam alanlarının korunarak sürekliliğinin sağlanmasıdır (Çolak, 2001). Doğa koruma, doğayı ve doğadaki tüm canlıları yaşam alanları ile birlikte bazı kriterlere göre korumaya değer özellikteki doğal parçalarını korumaktır (Yücel, 2005, Atik ve ark., 2006). Doğa koruma, doğada yaşayan tüm canlıların ve yaşam alanlarının korunması için yapılan tüm faaliyetleri kapsamaktadır (Erz, 1980). Doğa koruma tür çeşitliliği ve tüm canlı popülasyonlarının sürekliliği ile doğal ekosistemlerin korunarak genetik çeşitliliğin gelişmesine yardımcı olmaktadır (Yücel ve Babuş, 2005). Doğa koruma; tüm canlı popülasyonları için tür çeşitliliği, uygun yoğunluk ve genetik çeşitlilik, dengeli ekosistemler, doğal koşulların korunması gibi uzun vadeli hedefleri içermektedir (Mortan, 1991).

Doğa koruma günümüzde yeni bir kavram olsa da çok eski zamanlara uzanan bir tarihi vardır. Eskiden yaşamış insanlar tarafından doğal ve özel önem taşıyan alanları korumak için uğraş verilen pek çok örnek mevcuttur (Kurdoğlu, 2007). Eski zamanlardan beri doğa koruma teknikleri ve yöntemleri farklı olsa da amaç hep aynıdır. Ana amaç, dünyada bulunan ve tüm canlıların kullandığı doğal kaynakların korunarak gelecek nesillere aktarılmasıdır (Sezer, 2015).

Daha önce yalnızca bilimsel çalışmalara konu olan doğa koruma çalışmaları dünya genelindeki ekolojik problemlere bağlı olarak son zamanlarda küresel boyutta önemli hale gelmiştir. Buna bağlı olarak doğa koruma alanındaki çalışmalar yeni bakış açıları ile değerlendirilerek bölgesel ve ülke çapında geniş içerikli planlanarak küresel boyutta ele alınmaktadır (Dirik, 2005). Doğal kaynakları koruyarak yararlanma insani bir değerdir. Gençlere ve çocuklara eğitim hayatı boyunca doğa koruma ile ilgili konuların doğru öğretilmesi ve bu konuda duyarlı olmanın sağlanması büyük önem taşımaktadır (Özhancı ve Yılmaz, 2015).

Doğal kaynaklar üzerinde bulunan baskılan artması ve buna bağlı olarak doğal kaynakların varlığını tehdit etmesinin nedeni dünya üzerinde kentleşme, sanayideki gelişme, hızlı nüfus artışı ve kontrolsüz aşırı tüketim isteğidir. Doğal kaynaklar üzerindeki baskıların artmasıyla çözüm üretmek için dünya ülkeleri bir araya gelme ihtiyacı doğmuş ve problemler yerelden bölgele hatta küresel bir düzeye taşınmıştır. Doğal kaynakların yanlış ve aşırı kullanımının önlenmesi, bilimsel kurallara göre kullanılması ve etkili bir koruma sağlamak için ulusal ve uluslararası düzeyde özel alanların pek çok ülkede "korunan alan" statüsü kazandırılmasına çalışılmaktadır (Kuvan, 1991).

Bölgesel, ulusal ve uluslararası düzeyde sözleşme, çalışmalara ve faaliyetlere ülkelerin katılımıyla, doğal kaynakların koruma-kullanma dengesine göre gelecek nesillere aktarılması hedeflenmiştir (Alptekin ve ark., 2010). Biyoçeşitliliği ve doğal kaynakları koruma çalışmaları dünyanın birçok ülkesinde korunan alanların kurulmasını sağlamıştır. Korunan alanların kurulması, biyoçeşitliliğin korunarak sürekliliğinin sağlanmasında önemli bir rol oynamıştır (Putz ve ark., 2001). Ülkelerin kendine özel doğa koruma standartları bulunsa da korunan alanlar hakkındaki stratejiler uluslararası düzeyde belirlenerek, pek çok ülkenin taraf olduğu sözleşmelerle koruma hedefleri geliştirilmiştir (Çalık ve Barış, 2019).

Doğal ve biyolojik çeşitlilik açısından önemli alanları korumadaki amaç bilimsel-akademik çalışmaların yapılması, çevre etkenlerinin düzeltilmesi, genetik ve tür çeşitliliğinin korunması, önemli kültürel ve doğal alanların olumsuz etkenlerden korunması, eğitim olanağı sunması, rekreasyon ve turizm amacıyla kullanma olanağı sunması, doğal kaynakları kullanırken sürdürülebilirliğinin sağlanması, geleneksel ve kültürel izlerin devam etmesi şeklinde açıklanabilir (Gül, 2005).

Doğal kaynakları ve doğal alanları koruma fikri son zamanlarda bütün dünyada hızla etkili olmaktadır. Buna bağlı olarak bazı orman alanlarının koruma altına alınmasıyla ormandan farklı

bir faydalanma anlayışının oluşması sağlanarak ormancılığa değişik bir boyut kazandırılmıştır. Ülkemizde 1983'te uygulanmaya başlanan kanun ile Milli Park, Tabiat Parkı, Tabiatı Koruma Alanı ve Tabiat Anıtı şeklinde korunan alan tanımları belirlenmiştir (İnanç, 2005). Milli parklar, tabiat parkları, tabiatı koruma alanları, tabiat anıtları, tescilli sulak alanlar, sit alanları ve bunlar gibi koruma statülü alanlar “korunan alan” olarak tanımlanmaktadır (Sezen, 2017).

Doğanın en güzel örneklerini bulunduran korunan alanlar ulusal ve uluslararası düzeyde nadir kültürel ve doğal özellikleriyle turizm ve rekreasyon bakımından en önemli alanları oluşturmaktadır (Öztürk ve Aydoğdu, 2012). Korunan alanların kendine özel biyolojik zenginliği barındırması yönüyle son yıllarda daha da fark edilmeye ve önem kazanmaya başlamıştır. Önemli ve özel olan alanların tarihi, kültürel ve doğal özelliklerini devam ettirebilmesi için koruma statüsü kazandırılarak korunması büyük önem taşımaktadır (Koday ve ark., 2018).

Ülkemizde koruma statülerinden biri de tabiat anıtıdır. Tabiat anıtı ağaçlar, çapı, boyu ve yaşı açısından benzer ağaçların normal boyutlarından daha fazla olan, bölgenin tarih ve kültür özelliklerini barındıran, geçmişle günümüz arasında hatta gelecekle bağ oluşturan doğal canlılardır (Asan, 1987).

Tabiat anıtı 2873 sayılı Milli Parklar Kanununun 2. Maddesinin (c) bendinde açıklandığı üzere; tabiat ve tabiat olaylarının meydana getirdiği özelliklere ve bilimsel değere sahip ve milli park esasları dahilinde korunan tabiat parçalarını ifade etmektedir (T.C. Resmi Gazete, 1983.). Tabiat anıtları kültürel ve doğal değerlerin canlı temsilcileridir ve bu alanların tespit edilmesi, statü kazandırılması ve korunarak gelecek nesillere bırakılması büyük önem taşımaktadır (Uslu, 2022).

Türkiye genelinde toplam 113 adet tabiat anıtı bulunmaktadır (URL-1). Bu Tabiat Anıtlarının 90 adedi ağaç, 23 adedi ise alan olarak tescil edilmiştir. Türkiye genelinde Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü bünyesinde 15 Bölge Müdürlüğü bulunmakta olup Bölge Müdürlüklerine bağlı tabiat anıtlarını gösterir tablo aşağıda yer almaktadır (Tablo 1.).

Tablo 1: Türkiye'de Bulunan Tabiat Anıtları

Sıra No	Adı	Böl. Md.	İli	İlan Tarihi	Formu Ağaç/Alan
1	Subaşı Havuzlar	1	İstanbul	07.02.1995	Ağaç
2	Karagöl Yaylası Sarıçamı	1	Sakarya	16.12.2015	Ağaç
3	Doğançay Şelalesi	1	Sakarya	13.05.2013	Alan
4	Anadolu kestanesi	4	İzmir	27.09.1994	Ağaç
5	Kunduracı Çınarı	4	İzmir	29.09.1994	Ağaç
6	Taşdede Pırnal Meşesi	4	İzmir	29.09.1994	Ağaç
7	Teos Menengici	4	İzmir	09.11.1994	Ağaç
8	Ovacık Köyü Anadolu Kestanesi	4	İzmir	21.02.1995	Ağaç
9	Yarendere Fıstıkçamı	4	İzmir	25.07.1995	Ağaç
10	Yemişçi Çınarı	4	İzmir	25.07.1995	Ağaç
11	Yemişçi Fıstıkçamı	4	İzmir	25.07.1995	Ağaç
12	Kadınlar Kuyusu Koca Menengici	4	İzmir	31.10.1995	Ağaç
13	Dede Menengici	4	İzmir	06.05.2003	Ağaç
14	Kula Peribacaları	4	Manisa	21.12.2012	Alan
15	Yelimera Kanyonu	4	Manisa	07.05.2021	Alan
16	Bayır Çınarı	4	Muğla	21.02.1995	Ağaç
17	Bayır Servi Ağacı	4	Muğla	21.02.1995	Ağaç
18	Söğüt Köyü Çınarı	4	Muğla	21.02.1995	Ağaç
19	Ulumeşe	4	Muğla	21.02.1995	Ağaç
20	Bitez Yalısı Zeytin Ağacı	4	Muğla	29.09.1995	Ağaç
21	Koruluk Kermes Meşesi I	5	Afyonkarahisar	06.09.2002	Ağaç
22	Koruluk Kermes Meşesi II	5	Afyonkarahisar	06.09.2002	Ağaç
23	Koruluk Kermes Meşesi III	5	Afyonkarahisar	06.09.2002	Ağaç
24	Karageyikli Türk Fındığı	5	Eskişehir	06.05.2003	Ağaç
25	Kayı Ardıcı	5	Eskişehir	06.05.2003	Ağaç
26	Kepez Saçlı Meşesi	5	Eskişehir	06.05.2003	Ağaç
27	Keramet Dutu	5	Eskişehir	06.05.2003	Ağaç
28	Kokulu Ardıç I	5	Eskişehir	06.05.2003	Ağaç
29	Kokulu Ardıç III	5	Eskişehir	06.05.2003	Ağaç
30	Kokulu Ardıç III	5	Eskişehir	06.05.2003	Ağaç
31	Piribaba Meşesi	5	Eskişehir	06.05.2003	Ağaç
32	Geyikalanı	5	Eskişehir	03.11.2000	Alan
33	Beldeğirmeni Köyü Çınarı	5	Kastamonu	21.04.1995	Ağaç
34	Erenler Çamı	5	Kastamonu	21.04.1995	Ağaç
35	Mızıkçam	5	Kütahya	12.07.1993	Ağaç
36	Kocakatran Lübnan sediri	6	Antalya	21.02.1995	Ağaç
37	Koç Sedir	6	Antalya	21.02.1995	Ağaç
38	Şah Ardıç	6	Antalya	21.02.1995	Ağaç
39	Aslan Ardıcı	6	Antalya	21.04.1995	Ağaç
40	Karamık Köyü Sediri	6	Antalya	21.04.1995	Ağaç
41	Dibek Sedir Ağacı	6	Antalya	13.09.2002	Ağaç
42	Koca Sedir Ağacı	6	Antalya	13.09.2002	Ağaç
43	Gedelma Çınarı	6	Antalya	06.05.2003	Ağaç
44	Zeytintaşı Mağarası	6	Antalya	27.06.2013	Alan
45	Kocain Mağarası	6	Antalya	16.08.2013	Alan

46	Çatal Sedir	6	Burdur	29.09.1994	Ağaç
47	Ballık Köyü Sediri	6	Burdur	06.09.2002	Ağaç
48	Evciler Köyü Sedir Ağacı	6	Burdur	06.09.2002	Ağaç
49	Kocapınar Toros Sediri	6	Burdur	06.09.2002	Ağaç
50	Barla Sedir Ağacı	6	Isparta	29.09.1994	Ağaç
51	Söğüt Yaylası Ulu Ardıç	6	Isparta	29.09.1994	Ağaç
52	Çatalçam	6	Isparta	21.04.1995	Ağaç
53	Kapıderesi Toros Sediri II	6	Isparta	06.09.2002	Ağaç
54	Kapıderesi Toros Sediri III	6	Isparta	06.09.2002	Ağaç
55	Kırıntı Köyü Çınar Ağacı	6	Isparta	06.09.2002	Ağaç
56	Kırıntı Köyü Doğu Çınarı	6	Isparta	06.09.2002	Ağaç
57	Küçükkapı Sedir Ağacı	6	Isparta	06.09.2002	Ağaç
58	Tota Dağı Anadolu Kestanesi	6	Isparta	06.09.2002	Ağaç
59	Tota Dağı Ardıç Ağacı	6	Isparta	06.09.2002	Ağaç
60	Yalnız Ardıç	6	Isparta	06.09.2002	Ağaç
61	Yaz İhlamur Ağacı	6	Isparta	06.09.2002	Ağaç
62	Acıkise Ardıç Ağacı	7	Adana	13.09.2002	Ağaç
63	Acıkise Doğu Çınarı	7	Adana	13.09.2002	Ağaç
64	Kandildere Ardıç Ağacı	7	Adana	16.10.2002	Ağaç
65	Bıgıbıg Orman Sarmaşığı	7	Adana	06.06.1994	Ağaç
66	Hassa Lav Tüpü Mağaraları	7	Hatay	26.09.2019	Alan
67	Kocakatran	7	Mersin	27.09.1994	Ağaç
68	Ana Ardıç	7	Mersin	29.09.1994	Ağaç
69	Altıkardeşler	8	Karaman	16.10.2002	Ağaç
70	Dedeardıç	8	Karaman	16.10.2002	Ağaç
71	Titrek Kavak	8	Konya	26.09.1994	Ağaç
72	Fosil Ardıç	8	Konya	27.09.1994	Ağaç
73	Ağılı Ardıç	8	Konya	16.10.2002	Ağaç
74	Meke Gölü	8	Konya	03.08.1998	Alan
75	Kabaardıç	9	Ankara	23.10.2000	Ağaç
76	Asarlık Tepeler	9	Ankara	22.08.1994	Alan
77	Kız Tepesi	9	Ankara	13.10.2019	Alan
78	Dokuzkardeşler Çamı	9	Çankırı	29.09.1994	Ağaç
79	Türbeçamı	9	Çankırı	16.07.2006	Ağaç
80	Kayadibi Posuk Ağacı	9	Düzce	06.09.2002	Ağaç
81	Sırıkyayla Göknarı	9	Düzce	06.09.2002	Ağaç
82	Samandere Şelalesi	9	Düzce	19.12.1988	Alan
83	Ulukavak	9	Yozgat	09.11.1994	Ağaç
84	Güzelcehisar Bazalt Sütunları	10	Bartın	14.08.2017	Alan
85	Eskipazar Türbeçamı	10	Karabük	27.09.1994	Ağaç
86	Araç Türbe Çamı	10	Kastamonu	27.09.1994	Ağaç
87	Kızılca Elmalı Meşesi	10	Sinop	29.09.1994	Ağaç
88	Görkemli Meşe	10	Sinop	09.11.1994	Ağaç
89	Bazalt Kayalıkları	10	Sinop	03.01.2011	Alan
90	Sorkun Şelaleleri	10	Sinop	07.08.2017	Alan
91	Gümeli	10	Zonguldak	11.03.2008	Alan
92	Çalkaya Takım Şelaleleri	11	Samsun	28.10.2021	Alan
93	Kamilet Doğu Kayını	12	Artvin	06.09.2002	Ağaç

94	Melodere Doğu Ladini	12	Artvin	06.09.2002	Ağaç
95	Yenice Şelaleri	12	Giresun	21.04.2019	Alan
96	Aliağanın Kavağı	12	Gümüşhane	26.06.1995	Ağaç
97	Kirani Evliya Ardıcı	12	Gümüşhane	26.06.1995	Ağaç
98	Örümcek Ormanı Göknarı I	12	Gümüşhane	11.10.1995	Ağaç
99	Örümcek Ormanı Göknarı II	12	Gümüşhane	11.10.1995	Ağaç
100	Örümcek Ormanı Göknarı III	12	Gümüşhane	11.10.1995	Ağaç
101	Örümcek Ormanı Göknarı IV	12	Gümüşhane	11.10.1995	Ağaç
102	Örümcek Ormanı Ladini I	12	Gümüşhane	11.10.1995	Ağaç
103	Örümcek Ormanı Ladini II	12	Gümüşhane	11.10.1995	Ağaç
104	Örümcek Ormanı Ladini III	12	Gümüşhane	11.10.1995	Ağaç
105	Örümcek Ormanı Ladini IV	12	Gümüşhane	11.10.1995	Ağaç
106	Tar Deresi Bulut Şelalesi	12	Rize	02.11.2015	Alan
107	İkizdere Manle Şelalesi	12	Rize	24.09.2020	Alan
108	Gindeş Şelalesi	12	Rize	28.10.2021	Alan
109	Alanın Ardıcı	13	Erzincan	06.09.2002	Ağaç
110	Narman Peri Bacaları	13	Erzurum	24.05.2018	Alan
111	Nemrut Kalderası	14	Bitlis	31.10.2003	Alan
112	Doğanlı Çınarı	15	Adıyaman	27.11.2006	Ağaç
113	Yüzen Adalar	15	Bingöl	05.08.2003	Alan

12. Bölge Müdürlüğü'ne bağlı 5 ilde toplam 16 adet tabiat anıtı bulunmakta olup bu tabiat anıtlarından 10 tanesi Gümüşhane'de, 2 tanesi Artvin'de, 1 tanesi Giresun'da ve 3 tanesi de Rize'de yer almaktadır. Rize'de ve Giresun'da bulunan tabiat anıtları Şelale olmakla birlikte Artvin ve Gümüşhane'de bulunan tabiat anıtlarının tamamı ağaç olarak tescil edilen tabiat anıtlarıdır.

Tablo 2: 12. Bölge Müdürlüğü Sınırlarında Bulunan Tabiat Anıtları

Sıra No	Adı	Böl. Md.	İli	İlan Tarihi	Formu Ağaç/Alan
1	Melodere Doğu Ladini	12	Artvin	06.09.2002	Ağaç
2	Kamilet Doğu Kayını	12	Artvin	06.09.2002	Ağaç
3	Kirani Evliya Ardıcı	12	Gümüşhane	26.06.1995	Ağaç
4	Aliağanın Kavağı	12	Gümüşhane	26.06.1995	Ağaç
5	Örümcek Ormanı Göknarı I	12	Gümüşhane	11.10.1995	Ağaç
6	Örümcek Ormanı Göknarı II	12	Gümüşhane	11.10.1995	Ağaç
7	Örümcek Ormanı Göknarı III	12	Gümüşhane	11.10.1995	Ağaç
8	Örümcek Ormanı Göknarı IV	12	Gümüşhane	11.10.1995	Ağaç
9	Örümcek Ormanı Ladini I	12	Gümüşhane	11.10.1995	Ağaç
10	Örümcek Ormanı Ladini II	12	Gümüşhane	11.10.1995	Ağaç
11	Örümcek Ormanı Ladini III	12	Gümüşhane	11.10.1995	Ağaç
12	Örümcek Ormanı Ladini IV	12	Gümüşhane	11.10.1995	Ağaç
13	Yenice Şelaleri	12	Giresun	21.04.2019	Alan
14	Tar Deresi Bulut Şelalesi	12	Rize	02.11.2015	Alan
15	İkizdere Manle Şelalesi	12	Rize	24.09.2020	Alan
16	Gindeş Şelalesi	12	Rize	28.10.2021	Alan

Ülkemizdeki tabiat anıtı ağaçları kaçak kesim, doğal afetler, böcek zararları çeşitli hastalıklar ve kısmen yaban hayatı gibi tehdit unsuru faktörler bulunmaktadır. İnsanlar tarafından bu tür tehditlere karşı gerekli önlemler alınmaya çalışılsa da yine de en büyük tehdit unsuru insandır.

Yüksek öneme sahip olup statü kazandırılarak koruma altına alınmış olan bu ağaçların gerçek anlamda korunarak gelecek nesillere aktarılabilmesi için sağlık durumlarının tespit edilmesi ve düzenli olarak izlenmesi gerekmektedir. Tabiat anıtı ağaçlarının sağlık durumlarının tespit edilebilmesinde dışardan gözlem tekniklerinin büyük önemi olsa da ağacın içinde meydana gelen çürüme veya bozulma çoğunlukla ağacın dışına yansımazabilir.

Ağaçtaki mevcut hasarlar; köklerin açığa çıkması, sapların çürümesi ve kırık dallar olarak kendini gösterebilir. Ağaç kusurları, ağaçların düşmesine neden olabilir ve bu da etraflarındaki insanlar için çok tehlikelidir. Turistik alanlarda da düşmeye meyilli ağaçlar hem ziyaretçiler hem de çalışanlar için çok tehlikelidir (Hanum ve ark., 2020). Düşen ağaçların neden olduğu birçok doğal afet ölüme neden olabilir. Bu nedenle, benzer felaketlerin meydana gelmesini önlemek için erken müdahale etmek gereklidir (Karlinasari, 2018).

Ormandaki ağaçların büyük bir bölümü, ekonomik değerlerini önemli ölçüde azaltan iç çürümeyi sürdürmektedir. Ağaçlarda iç çürümenin erken tespiti, kaynakları en iyi şekilde kullanmak açısından önemli bir fayda sağlayabilir (Liang ve ark., 2008). İç çürüme ağaçlar için önemli bir ölüm sebebidir çünkü iç çürüme ile yapısal olarak zayıflamış ağaçlar, şiddetli rüzgarlarda kırılma ve düşmeye karşı daha hassastır (Putz ve ark., 1983). Bu tür bir iç çürümenin tespit edilmesi zordur ve kent ormanlarındaki insanları tehdit etmektedir (Gilbert ve ark., 2016). Ağaçlardaki odun çürümesi, insan güvenliği ile ilgili olarak ta büyük bir endişe kaynağıdır. Odun çürümesi genellikle ağaç saplarını, dallarını veya köklerini zayıflatır, böylece ahşabın çürüme mantarları tarafından enfekte edilmesinden sonra mekanik arıza şansı katlanarak artmaktadır (Blanchette ve ark., 1985, Rayner ve Boddy, 1988, Kucera ve Niemz, 1998, Schwarze, 2000).

Şehirde bulunan ağaçlar günlük yaşamımızda önemli bir rol oynamakta ve sağlıklı bir çevre için değerli varlıklardır. Ağaçlardaki hem dış hem de iç kusurlar, bir ağacın herhangi bir yaşam evresinde gelişebilir. Ağaç gövdelerinde gizlenen iç kusurları tespit etmek ağaç uzmanları ve yöneticiler için bir hayli zordur. Hem kamu güvenliği hem de ağaçların korunmasıyla ilgili endişeler, ağaçlardaki çürümeyi ve diğer yapısal kusurları tespit etmek için daha hızlı ve hassas teşhis araçları geliştirmeyi ve uygulamaya olan ilgiyi desteklemektedir (Allison ve ark., 2008). Şehir alanlarındaki sorunlu ağaçlar, yaşamları etkileyebilir ve altyapıya zarar verebilir. Bir ağacın

dayanıklılığını belirleyen ana hususlar; gövde çapı, ağırlık ve rüzgar etkisi, gövde ahşabının mukavemeti, kök tutunması, mantar çürümesinin veya bir iç boşluğun yeri ve geometrisidir. Bir ağacın iç kısmının değerlendirilmesi güvenilir test yöntemleri gerektirir (Schubert ve ark., 2009).

Ormancılar, ağaç uzmanları, fizyologlar, bitki patoloğları ve ekolojistler uzun zamandır canlı ağaçlardaki iç çürümeyi tespit etmek, ölçmek ve görselleştirmek için güvenilir, taşınabilir ve zarar verici olmayan yöntemler aramışlardır (Johnstone, Moore, ve ark., 2010). Ahşabın fiziksel özelliklerinin tahribatsız değerlendirilmesi için ölçüm tekniklerinin geliştirilmesi, incelenen nesnenin bütünlüğünü tahrip etmeden problemleri pratik çözme gerekliliğinden kaynaklanmaktadır. Ahşabın tahribatsız değerlendirilmesi için çok sayıda yöntem, birçok bilimsel ve mühendislik dalının ortak hareket etmesini gerektirir (Bucur, 2003).

Çürüme odun yoğunluğunda veya kütlesinde bir azalmaya neden olur (Beall ve Wilcox, 1987). İç çürüme genellikle ağaçları kestikten sonra belirlenir (Heineman ve ark., 2015). Ancak ağaç büyümesi etkileyen odun çürümesinin dinamiklerini ve eylemini anlamak, ağaçlara zarar vermeyen yöntemler gerektirir (Gilbert ve ark., 2016, Ganthaler ve ark., 2019). Ağaçtaki risk durumu yalnızca bir gövde, dal veya kök sisteminde meydana gelen kusurlar bilindiğinde tahmin edilebilir. Bu da, çürümüş veya arızalı bir gövdenin veya dalın kalan yük taşıma kapasitesinin, beklenen yüke göre (çoğunlukla rüzgarla) yeterli olmasını gerektirir. Bu nedenle, 1986'dan başlayarak bir kök veya dal kesitinin iç durumunu değerlendirmek için teknik tanı yöntemleri geliştirilmiştir (Rinn, 2017).

Canlı ağaçlar söz konusu olduğunda tahribatsız değerlendirme tekniklerinin önemi tartışılmazdır. Hem teknik hem de biyolojik nedenlerle ilgili olarak, orman yönetimi ve ahşap endüstrisinde önemli olan canlı ağaçların durumunun değerlendirilmesine özel önem verilmektedir. Mevcut ölçüm teknikleri göz önüne alındığında, tahribatsız veya zararlı olmayan yöntemler özellikle önemlidir (Nicolotti ve ark., 2003). Tehlikeli ağaçları tanımlamak ve ağaçlardaki bozulmayı tespit etmek için çeşitli tahribatsız yöntemler geliştirilmiş ve kullanılmaktadır (Lin ve ark., 2011).

Ağaç gövdelerindeki etkili bir iç çürüme, endüstriyel, çevresel ve kamu güvenliği nedenleriyle çok önemli olabilir (Gilbert ve ark., 2016). Bu amaçla, tahribatsız yöntemler, ağaçların yapısal durumu hakkında minimum müdahaleyle bilgi verebilir (Alani ve ark., 2020). Uzun yıllardan beri bir dizi tahribatsız teknik geliştirilmiş ve daha sonra yerinde tanı, sağlık durumunun değerlendirilmesi amaçları için geliştirilmiştir. Ahşap yapı elemanlarının araştırılması ve

değerlendirilmesi için tahribatsız tekniklerin yerinde uygulanması, olası çürüme alanlarının yeri ve kapsamı için çok uygundur (Colla, 2016).

Ortotropik materyallerde dalga yayılımı çalışması, 1880'de Christoffel denkleminin geliştirilmesiyle başladı (Bucur ve Archer, 1984). Christoffel'in çalışması, ahşap özelliklerini tahmin etmek için akustik dalga yayılımı tekniğinin algılanmasına katkıda bulunmuştur (Alves ve ark., 2015).

Ahşabın optimal değerlendirmesi için gerekli bilgiyi sağlayan araştırma alanlarından biri de kaliteli ahşap özelliklerinin tespitidir. En son teknolojiler, üç boyutlu bilgisayarlı tomografinin geliştirilmesi ve uygulanmasıdır (Gergel ve ark., 2019).

Ağaçlardaki iç kusurları teşhis etme yöntemleri genel olarak iki sınıfa ayrılabilir. Bunlardan biri artımlı deliciler veya direnç mikro delme gibi yıkıcı yöntemler diğeri ise akustik dalgalar veya elektromanyetik dalgalar kullanan tahribatsız yöntemlerdir. Yaşlı ağaçlar ve özellikle kültürel varlıklar veya korunan ağaçlar olarak belirlenenler için, ağaçlara fiziksel zararı en aza indirmek için tahribatsız teşhis yöntemleri kullanılmalıdır. Çeşitli tahribatsız yöntemler arasında, sonik tomografi bir ağacın tüm kesiti hakkında bilgi sağlayabilir ve yaşlı ağaçlara zarar vermeden uygulanabilir (Son ve ark., 2021).

Ağaçlarda ahşap çürümesini ölçmek için kullanılan en yaygın cihazlar çoklu akustik stres dalgalarının iletim zamanını kaydeden cihazlardır (Johnstone, Tausz, ve ark., 2010). Ağaçların tahribatsız muayenesi için sonik tomografi şu anda dünyada son teknoloji olarak uygulanmakta olup genellikle sonuçlar doğru ve yorumlanması kolaydır (Göcke ve ark., 2007).

Son yıllarda hesaplama tekniklerinin gelişimindeki ilerlemelerle birlikte, sonsuz ağaç özelliğinin yüksek çözünürlüklü tomogramını yeniden yapılandırmak için çok çeşitli tomografik yöntemler geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Geleneksel yöntemler arasında, X-ışını bilgisayarlı tomografi, iç durum değerlendirmesi için ağaç gövdelerinin ve ahşap yapıların test edilmesinde çok yüksek fayda sağlamıştır (Okochi ve ark., 2007, Longuetaud ve ark., 2012, Pereira ve ark., 2017). Ancak ağaç izlemede X-ışını veya Gama ışınının kullanımı saha değerlendirmesinde taşınabilir olmadığından pratik değildir. Daha da önemlisi, yöntem kullanıcılara karşı radyasyon tehlikesi oluşturmaktadır (Wang ve ark., 2004, Büyüköztürk ve Yu, 2009, Yu ve ark., 2013). Bu yöntemler arasında sonik tomografi, ağaçların veya odun kütüklerinin iç boşluklarını ve çürümelerini tespit etmek için en etkili yöntemlerden biri olarak kabul edilir ve saha ölçümlerinde yaygın olarak benimsenmiştir (Chuang ve Wang, 2001, Gilbert ve Smiley, 2004, Brazee ve ark., 2011, Li ve

ark., 2012, Guntekin ve ark., 2013, , Pereira-Rollo ve ark., 2014, Gilbert ve ark., 2016, Chen ve Guo, 2017, Espinosa ve ark., 2017, Liao ve ark., 2017).

Zaman içerisinde yapılan araştırmalar ahşapta ultrasonik dalga iletim sürelerinin ahşap yapısal elemanlarında bozulmayı tespit etmek için etkili parametreler olduğu kanıtlanmıştır (Hoyle ve Pellerin, 1978, Mattheck ve Bethge, 1993, Ross ve Pellerin, 1994, Schad ve ark., 1996, Yamamoto ve ark., 1998, Lin ve ark., 2000).

Jeofizik metroloji pratiğinin dalı olan ve en geniş yayınlanmış literatüre sahip olan akustik sismik araştırma yöntemleri, uzun yıllardır canlı ağaçların değerlendirilmesinde benimsenmiştir. Bu yöntem, ağaçtan geçen akustik dalganın hızına göre ağaç yapısını haritalandırarak canlı ağaçların zararlı olmayan değerlendirmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Vizvari ve ark., 2019).

Ses dalgası hızı ağacın yoğunluğu ile bağlantılı olduğundan, hızın azalması ahşap bozulmasının teşhisi olarak değerlendirilebilir (Bucur, 1995). Ahşabın mekanik özellikleri ile ilişkili olan ultrasonik hız, çürüme tespiti için bir teşhis parametresi olarak kullanılabilir. Bu nedenle, hem laboratuvar hem de yerinde ultrasonik ölçümler, sonik tomografinin canlı ağaçlar için bir ölçme aracı olarak kullanılabileceğini göstermiştir (Socco ve ark., 2004).

Sonik tomografi, ses dalgası iletim hızındaki farklılıkları kaydederek bir ağacın iç kesit görüntüsünü üretmek için kullanılan bir tekniktir. Ağacın güvenliği ile ilgili diğer faktörlerle birlikte görsel ağaç değerlendirmesi, doğru bir risk değerlendirmesi yapmak için kullanılabilir (Karlınasari ve ark., 2018).

Akustik tomografi ağaçlardaki hasarlı ahşabı veya çürümeyi ölçmek ve bulmak için kullanılan zararlı olmayan bir yöntemdir. Gövde boyunca ses dalgası iletim hız farkını kaydederek 2 boyutlu ve 3 boyutlu tomografi görüntülerinde ağaç gövdelerinin iç yapısının renkli görüntülerini üretir (Qi ve ark., 2013). Bu teknoloji, kentsel ormancılığı ve ağaç yetiştiriciliği uygulamalarında incelenmiş ve uygulanmış, ağaç iç çürümesinin ve hasarının tanımlanmasında etkili olduğu kanıtlanmıştır (Gilbert ve Smiley, 2004, Göcke ve ark., 2007, Wang ve Allison, 2008, Chomicz, 2013, Lin ve ark., 2013, Gao ve ark., 2014, Merlo ve ark., 2014).

Sonik tomografi, düşük enerji seviyelerinde zararsız ve güvenli olan tahribatsız bir tomografidir. X-ışını bilgisayarlı tomografide olduğu gibi, ultrasonik tomografi, numuneyi farklı yönlerden aydınlatarak toplanan iletim veya yansıma verilerinden bir nesnenin kesit görüntülenmesini ifade eder (Bucur, 2003).

Bir ağaçtan geçerken sesin hızı yaygın bir değerlendirme parametresidir çünkü ses yayılımı ahşap özellikleriyle iyi ilişkilidir (Pellerin ve Ross, 2002). Ağaçları değerlendirmek için, bir dalganın gövdenin çapı boyunca ilerlediği hız (yani radyal ölçüm yönü), gövde içindeki çürüme ve diğer bozulmaların varlığının iyi bir göstergesidir (Ross, 1999).

Akustik tomografi gibi yenilikçi yöntemler, ağaç gövdesinin iç yapısının ağaca zarar vermeden zararsız analizi için kullanılabilir (Tarmu ve ark., 2022). Akustik tomografi, ağaçların risk değerlendirmesinde, orman ekolojisi ve patolojisi araştırmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Akustik tomografiler, çekiç darbeleriyle uyarılan sinyallerin iletim süresini ölçer ve ahşaba sabitlenmiş sensörler tarafından kaydedilir (Rust, 2017)

Sonik tomografi, bir ağaca bağlanan bir dizi sensörden oluşur. Ses dalgaları, her sensöre bir çekiçle dokunarak üretilir. Sistem, her darbeden çekiçle her bir sensöre iletim süresini ölçer. Sensörler arasındaki mesafelerin ölçülmesiyle, ana ses hızları, ahşap yoğunluğunun belirlendiği bir yazılım sistemi tarafından hesaplanır. Elde edilen veriler kullanılarak, kesitin iki boyutlu bir görüntüsü oluşturulur (Gilbert ve Smiley, 2004, Rabe ve ark., 2004). En yüksek hızın tamamen sağlıklı bir ağaca ait olduğu değerlendirilir (Alves ve ark., 2015).

Sonik tomografi daha doğru ahşap kalitesi değerlendirmesi elde etmek için kullanılabilir (Brancheriau ve ark., 2008). Sonik tomografi, parklarda ve halk bahçelerinde bulunan ağaçların çürüme teşhisi (Martinis, 2002), düğümleri, tane sapmasını, çatlakları ve sıkıştırma ahşabını ortaya çıkarmak için daha fazla yapının görüntülenmesi (Neuenschwander ve ark. 1997) ve ahşap kusurlarının görüntülenmesi gibi çok geniş bir uygulama alanına sahiptir (Bucur, 2003).

Sonik tomografinin öncelikle kesitin yük taşıyan kısımlarını ortaya çıkardığını doğrulamaktadır (Rinn, 2014). Ağaç güvenliğini değerlendirmek için gereken en önemli unsurdur. Bu da sonik tomografinin avantajlarından birini göstermektedir (Rinn, 2017). Tomografik tekniklerle ilgili çalışmaların çoğu ahşap ve odunsu yapılar üzerinedir. Sonik tomografi, bazı araştırmacılar tarafından kerestelerin araştırılmasında, bazı araştırmacılar tarafından ise canlı ağaçlar üzerinde uygulanmıştır (Tomikawa ve ark., 1986, Biagi ve ark., 1994, Comino ve ark., 2000)

Sonik tomografi, teknik güvenlik denetimine tabi tutulan ağaç saplarının tüm kesitinin anlaşılması kolay bir temsilini sağlamak için geliştirilmiştir (Rinn, 1999). Sonik tomogram esas olarak incelenen kesitin sağlam ve mekanik olarak birbirine bağlı olan kısımlarını görselleştirir ve böylece yük taşıma kapasitesine katkıda bulunur. Bu bilgi, ağaç güvenliği değerlendirmeleri için kritik öneme sahiptir (Rinn, 2013).

Akustik tomografi, ağaç kusur tespiti alanında birçok araştırmacı tarafından ortaya atılan bir tekniktir. İç yapısal kusurların tespitinde ve parklardaki büyük ağaçların sağlık durumlarının belirlenmesinde başarılı olduğu kanıtlanmıştır. Kentsel ağaç denetiminde akustik tomografi uygulaması artmaktadır (Liang ve ark., 2008). 1999 yılından başlayarak, sonik tomografi gelişmiş teknik ağaç güvenliği denetimi için standart bir araç haline gelmiş olup şu anda dünya çapında binden fazla ağaç uzmanı tarafından uygulanmaktadır (Rinn, 2015)

Akustik tomografide amaç, belirli bir yapıyı (jeolojik oluşum veya mevcut durumda bir ağaç gövdesi) mümkün olduğunca ayrıntılı ve koşulların izin verdiği ölçüde, yapının içine nüfuz etmeden, yani yapıya zarar vermeden haritalamaktır (Vizvari ve ark., 2019). Mevcut ağaç kusurlarının tespiti, sadece ağaçların fiziksel durumunu belirlemek için değil, aynı zamanda kamu güvenliğini artırmak için de kritik öneme sahiptir. Sonik tomografi, iç yapısal kusurların saptanmasında ve ağaç sisteminin bütünlüğünün değerlendirilmesinde etkili, ekonomik ve tahribatsız bir teknik olarak görünmektedir (Qiu ve ark., 2019).

Akustik tomografi yönteminin çeşitli kullanım alanları da bulunmaktadır. Bunlardan biri ağaçlarda Agarwood varlığının tespiti üzerinedir. Bazı yerlerde önemli bir odun dışı orman ürünü olan, özel bir aromaya sahip, *Aquilaria* da dahil olmak üzere *Thymelaeaceae* familyasından çeşitli ağaçlarda mantar enfeksiyonu ve yaralanma sonucu oluşan Agarwood tespitinde de kullanılmaktadır. Tomografi görüntülerinin odun çürümesinin türünü tanımlamadığı ancak ayakta duran ağaçlarda görsel olarak tespit edilemeyen agarwood varlığını tahmin edebildiği belirlenmiştir. Bu da agarwood varlığının tahribatsız ses dalgaları kullanılarak belirlenebileceğini göstermektedir. (Indahsuary ve ark., 2014, Karlinasari ve ark., 2015, Karlinasari ve ark., 2016, Jalil ve ark., 2022). Bunun yanı sıra akustik tomografi yöntemi ağaçlardaki karbon kaybını tahribatsız bir şekilde ölçmede de kullanılmaktadır. Tomografi yönteminin iç bozulma ile ilişkili karbon kaybını tahribatsız bir şekilde ölçmede etkili olduğu belirlenmiştir (Marra ve ark., 2018). Akustik tomografi yöntemi ayrıca tel direklerinde bulunan kusur ve hasarların tespit edilmesinde de kullanılmaktadır (Bakır, 2012).

Bu çalışmada; doğu Karadeniz bölgesindeki tabiat anıtı statüsündeki ağaçların akustik tomografi yöntemiyle sağlık durumlarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 2 tanesi Artvin’de, 4 tanesi Gümüşhane’de olmak üzere 6 adet tabiat anıtı ağacında ölçümler yapılmış olup sağlık durumları belirlenmeye çalışılmıştır.

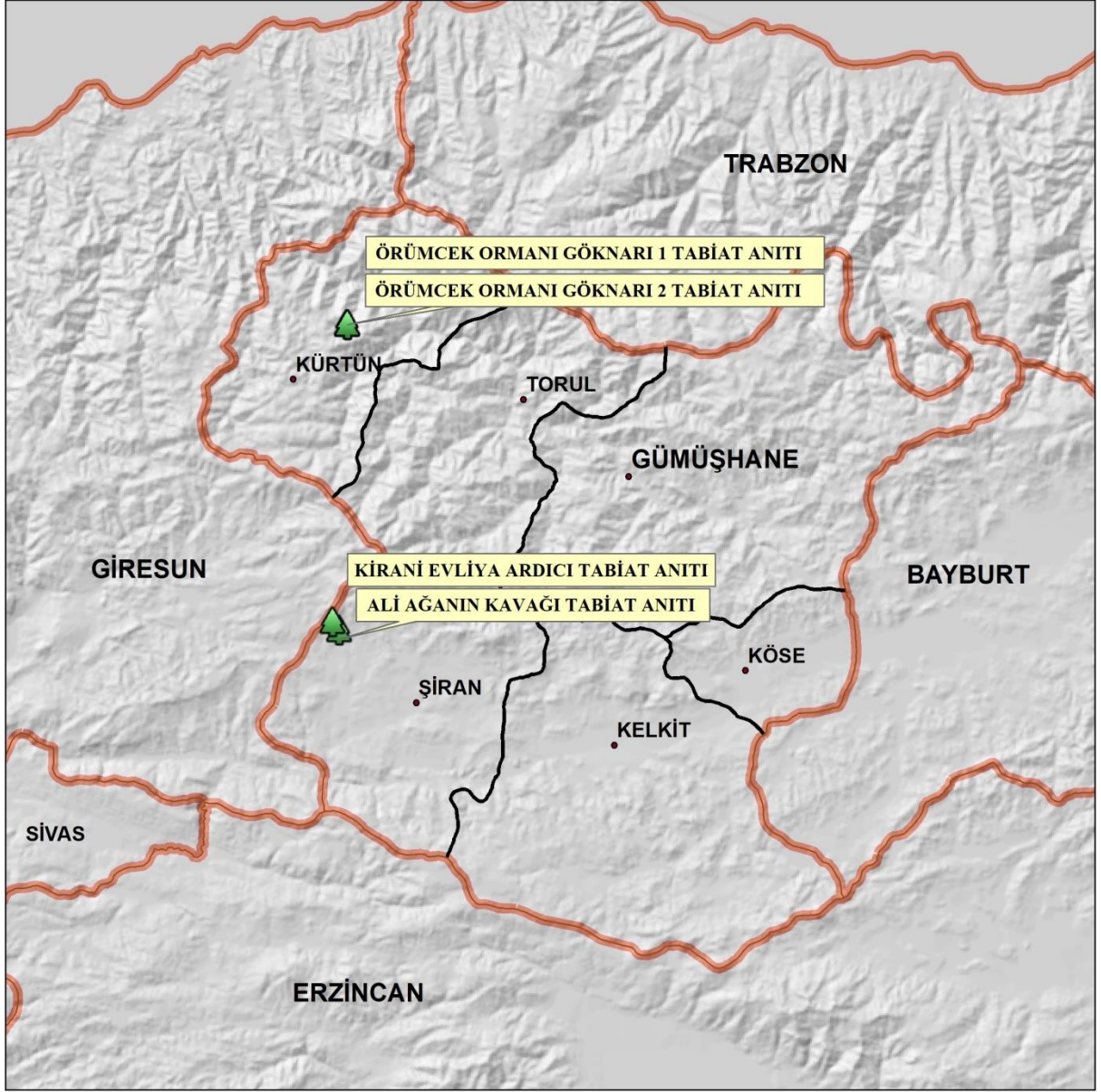
2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışmada 12. Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Gümüşhane ve Artvin illerinde bulunan tabiat anıtı ağaçları üzerinde yapılmıştır. Gümüşhane ilinde 4 adet, Artvin ilinde 2 adet olmak üzere 6 adet tabiat anıtı ağacında çalışma yapılmıştır. Çalışma alanlarından Artvin ilinde 1 adet ladin ve 1 adet kayın bulunmaktadır. Gümüşhane ilinde 2 adet göknar, 1 adet ardıç ve 1 adet kavak bulunmaktadır. Çalışmalar toplamda 1 adet ladin, 2 adet göknar, 1 adet kayın, 1 adet ardıç ve 1 adet kavak üzerinde yürütülmüştür (Şekil 1-2-3, Tablo 3). Çalışmada; Arborsonic 3D akustik tomografi cihazı, bilgisayar, GPS cihazı, şerit metre, ağaç çap ve boy ölçerler kullanılmıştır.



Şekil 1: 12. Bölge Müdürlüğü Sınırlarında Ölçümü Yapılan Tabiat Anıtı Ağaçları



Şekil 2. Gümüşhane’de Bulunan Tabiat Anıtları Haritası

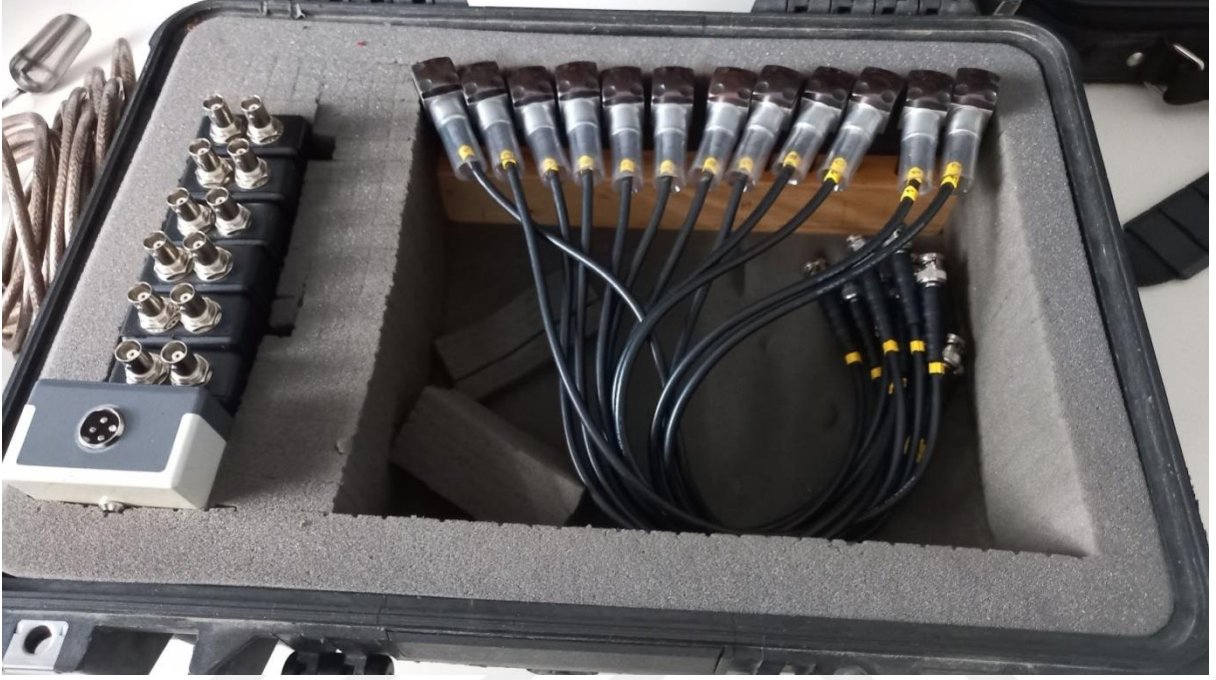


Şekil 3. Artvin’de Bulunan Tabiat Anıtları Haritası

Tablo 3. Çalışma Alanında Ölçümü Yapılan Tabiat Anıt Ağaçları

Sıra No	Adı	Tescil Tarihi	Alanı	Bulunduğu İl
1	Melodere Doğu Ladini	06.09.2002	0,1	Artvin
2	Kamilet Doğu Kayını	06.09.2002	0,1	Artvin
3	Ali Ağanın Kavağı	26.06.1995	0,1	Gümüşhane
4	Kirani Evliya Ağacı	26.06.1995	0,25	Gümüşhane
5	Örümcek Ormanı Göknarı 1	11.10.1995	0,25	Gümüşhane
6	Örümcek Ormanı Göknarı 2	11.10.1995	0,25	Gümüşhane

Arborsonic 3D akustik tomografi cihazı 12 adet sensör, 12 adet sensör bağılandı cihazından, bluetooth bağlantı cihazından ve sensör çıkarma aparatından oluşmaktadır (Şekil 4-5). Ayrıca gerekli bağlantıları yaptıktan sonra ölçümleri yapmak ve alınan değerleri işleyerek tomografi görüntüsü elde etmek için bilgisayar kullanılmıştır.



Şekil 4. Akustik Tomografi Cihazı Görseli



Şekil 5. Akustik Tomografi Cihazı Ekipmanları

2.2. Yöntem

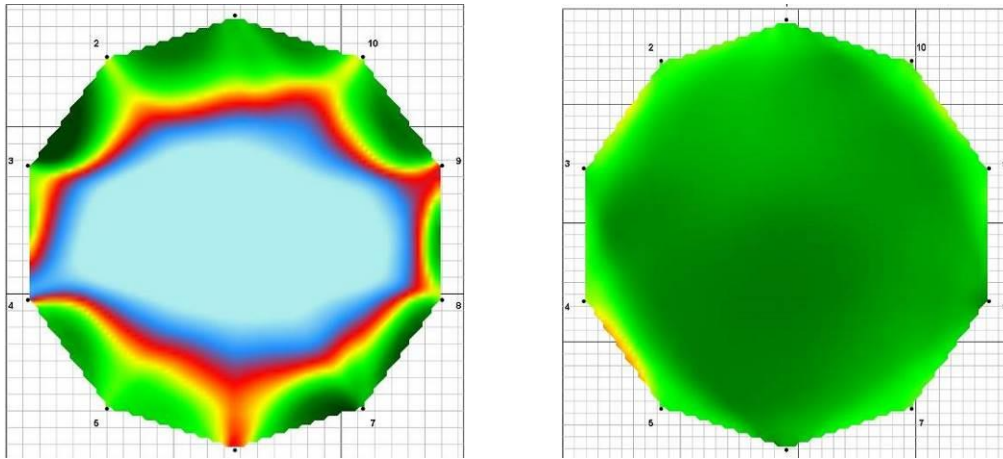
Doğal korunan alanlar ve akustik tomografi uygulaması hakkında dünyada ve ülkemizde yapılan çalışmalar incelenmiştir. Literatür çalışması sonucu elde edilen benzer uygulamalar bu çalışma ile karşılaştırılarak akustik tomografi yönteminin verimliliği sorgulanmıştır.

Ağaçların sağlık durumlarının belirlenmesinde kullanılan Arborsonic 3d akustik tomografi cihazı Artvin Çoruh Üniversitesinde Bilim-Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezine bağlı Mekanik Laboratuvarından temin edilerek kullanılmıştır.

Cihaz arazi ölçümlerinden önce hem cihazın kullanımı hakkında yeterli bilgiye sahip olmak hem de cihazın ölçümlerinin doğruluğunu test etmek amacıyla kesilmiş kütükler ile test ölçümleri yapılmıştır (Şekil 6). Ölçüm sonucunda elde edilen tomografi görüntüsünde yeşil renkli kısımlar ağacın sağlam dokusunu, kırmızı renkli kısımlar ağacın çürümüş dokusunu ve mavi renkli alanlar ise ağacın oyuk ve kovuk kısımlarını ifade etmektedir (Şekil 7).



Şekil 6. Arazi Öncesi Deneme Çalışmaları



Şekil 7. Arazi Öncesi Deneme Çalışmaları Tomografi Sonuçları

Arazide yapılan ölçümlerde öncelikle ağaçların çevre. çap ve boy ölçümleri yapılarak kaydedilmiştir. Bu ölçümler tamamlandığında akustik tomografi cihazı ölçümlerine geçilmiştir.

Akustik tomografi cihazında öncelikler sensörlerin birbirleri ve ağaç ile bağlantısı yapılmıştır. Sensörlerin ağaç bağlantısı yapılırken sensörlerin ağaca eşit aralıklarla bağlanmasına özen gösterilmiştir (Şekil 8).

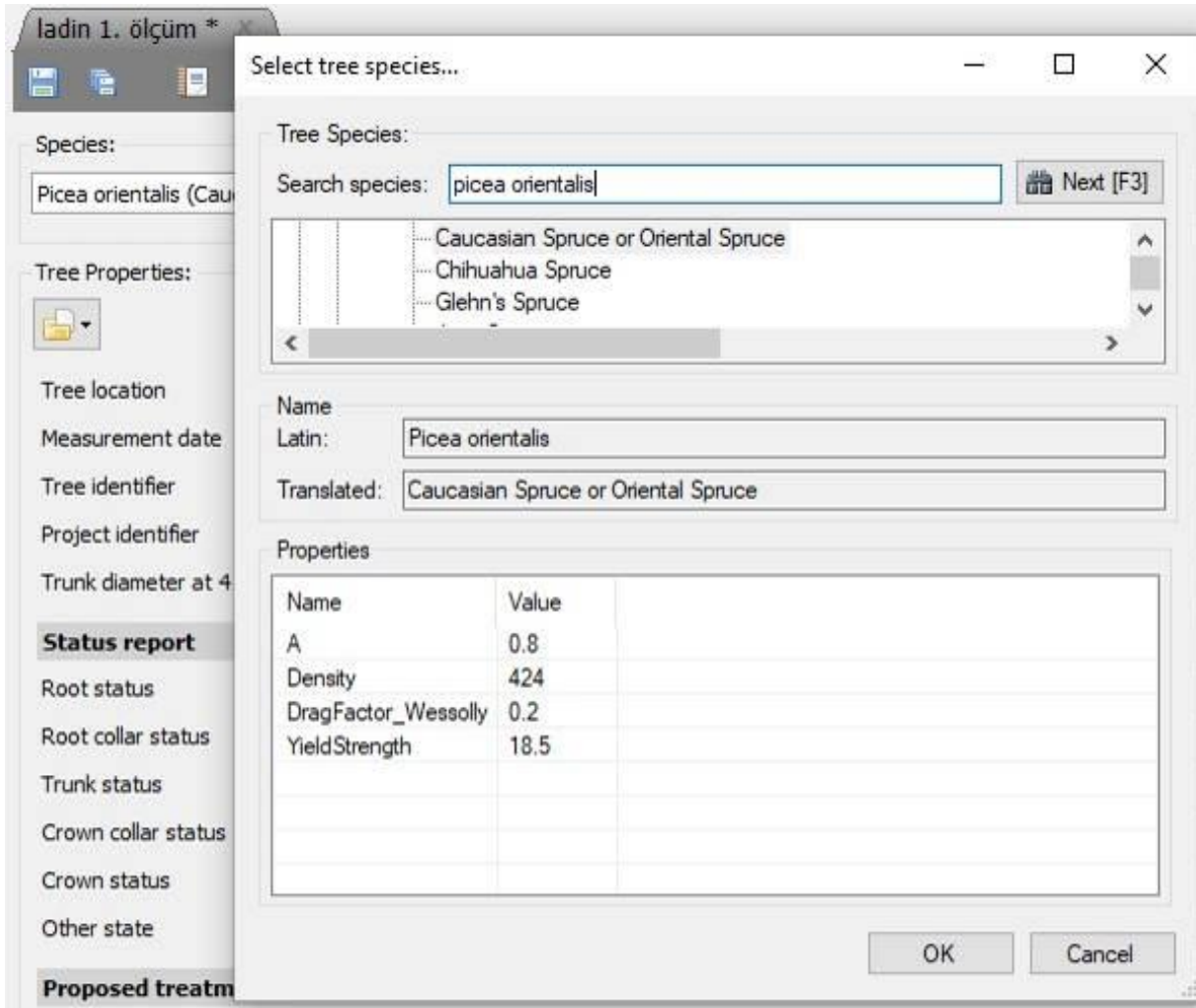


Şekil 8. Sensörlerin Birleri ve Ağaçla Bağlantısı

İkinci aşamada sensörlerin bluetooth bağlantı cihazı ile bilgisayara bağlantısı sağlanmıştır (Şekil 9). Bilgisayar ile bağlantı sağlandığında programda ilk sekmede ölçümü yapılan ağacın genel bilgileri girilmiştir (Şekil 10).

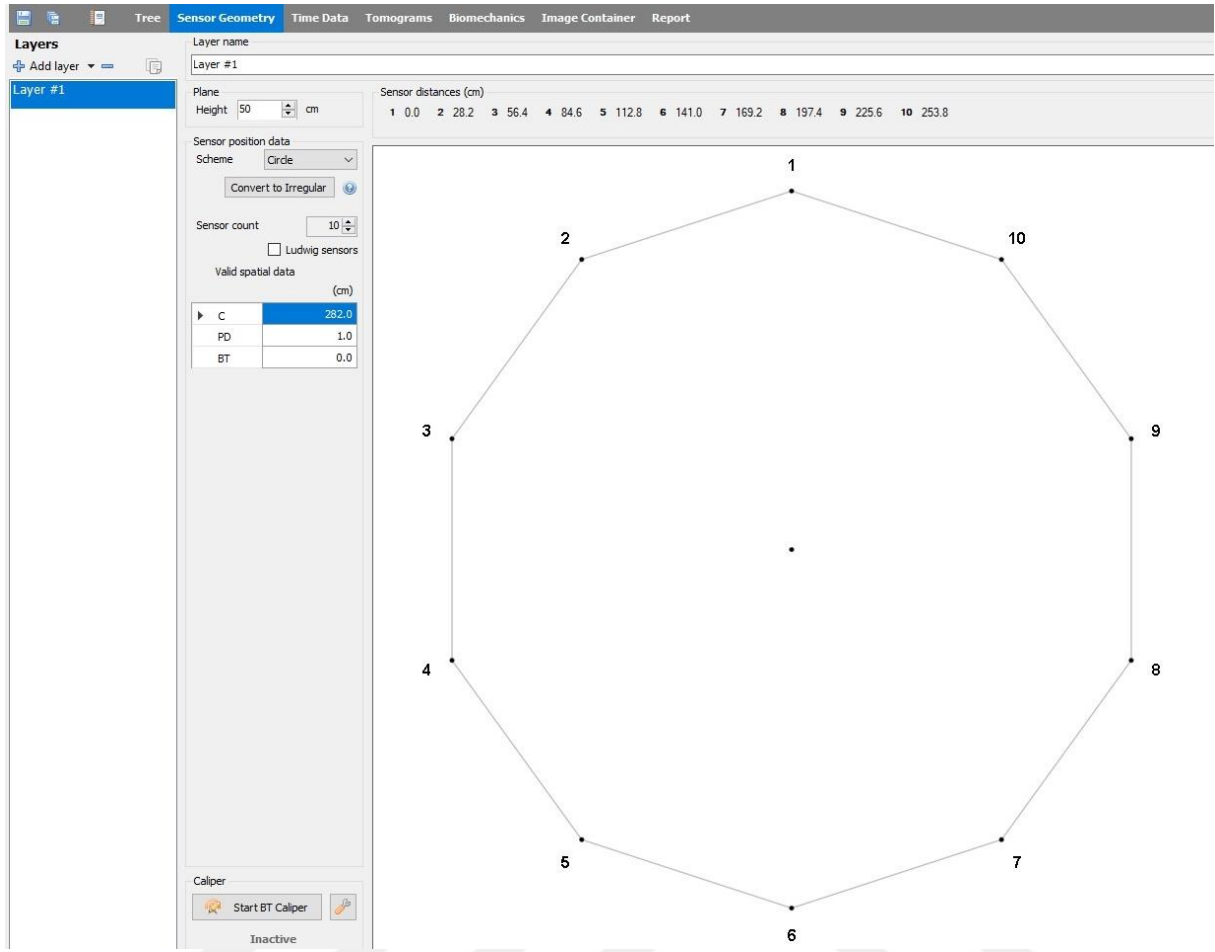


Şekil 9. Tomografi Cihazının Bilgisayar Bağlantısı



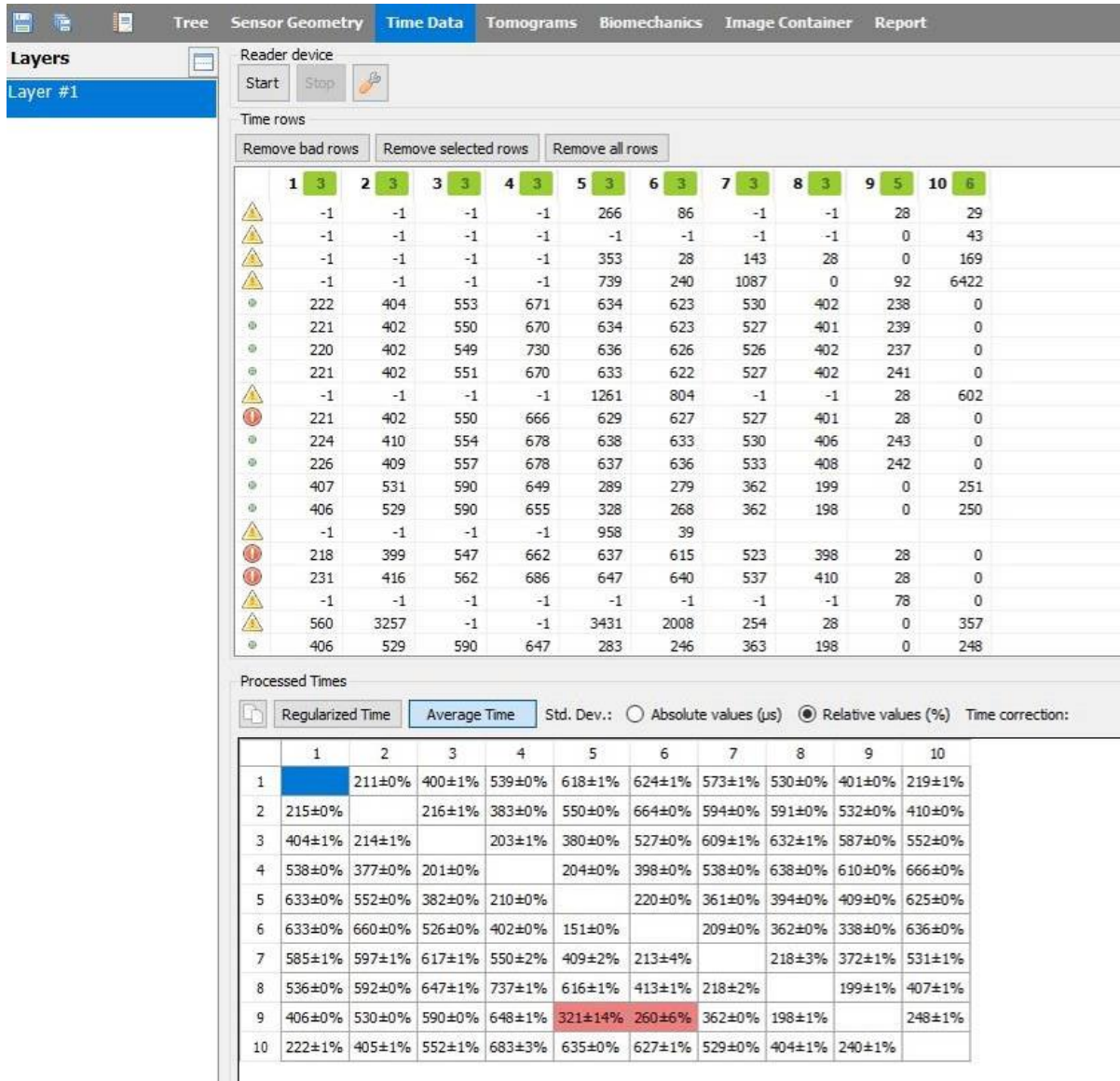
Şekil 10. Bilgisayar Programına Ağaç Hakkında Bilgi Girişi

İkinci sekmede ağacım ölçüm yüksekliği, ağacın geometrik şekli, kurulan sensör sayısı, ağacın ölçüm yapılan yüksekliğindeki çevre uzunluğu, sensör çivilerinin ağaca kaç santim girdiği, ağacın kabuk kalınlığı verileri girilerek programa girilmiştir. Ardından starta basılarak cihazın bilgisayar ile bağlantı onayı alınmıştır (Şekil 11).



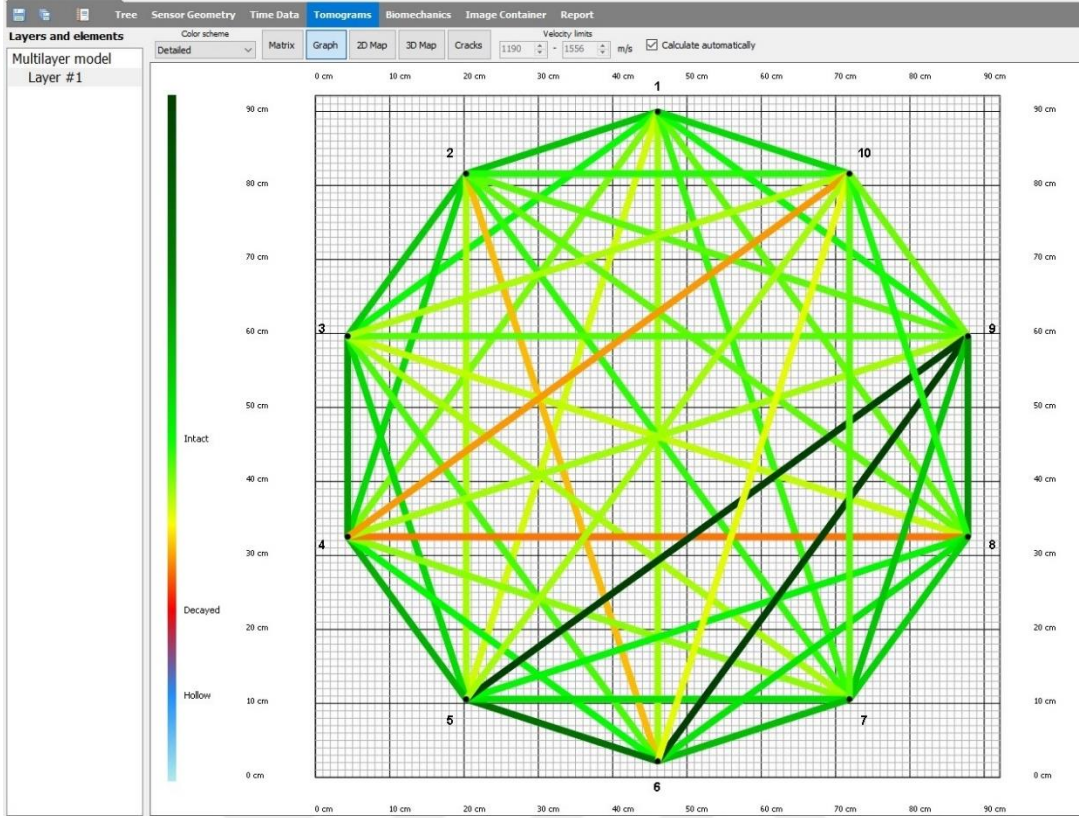
Şekil 11. Bilgisayar Programına Ağaç Ölçüleri Bilgi Girişi ve Bilgisayar Bağlantısı

Bağlantı sağlandığında 3 sekmeye geçilerek sensörlere çekiç ile en az üç sefer (bilgisayar programından onay sesi gelinceye kadar) vurulmuştur. Çekiç darbesinin ardından onay sesi geldiğinde bilgisayar ekranında çekiçle vurulan sensör numarasının yeşil yandığı görülmüştür (Şekil 12).

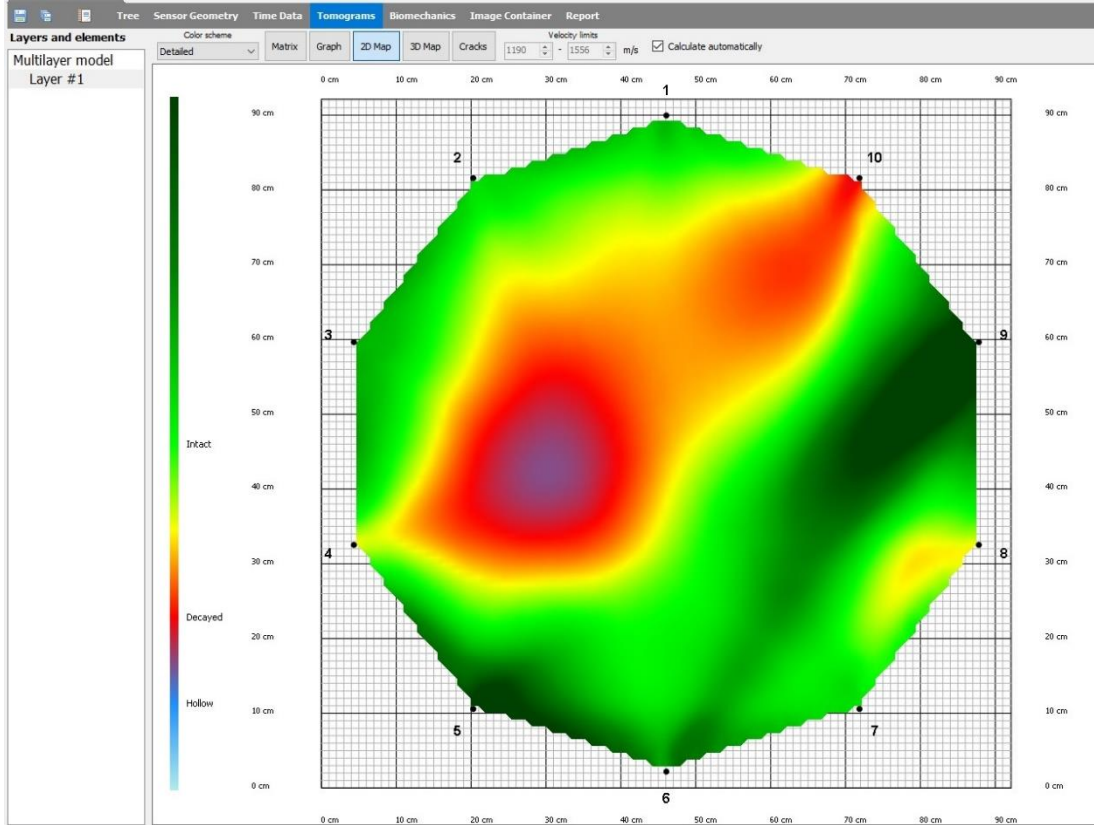


Şekil 12. Çekip Darbelerinin Ardından Sensörlerden Alınan Değerler

Bu şekilde her bir sensörden onay sesi alındıktan sonra ölçüm tamamlanmış ve dördüncü sekmede ölçüm sonuçları elde edilmiştir (Şekil 13-14). Bu şekilde dikili bir ağacı kesmeden ses dalgalarının ağaç gövdesinin sağlam ve çürük kısımlarındaki yayılma hızı farklılığına dayanarak gövde içindeki kovuk ve çürüklükler belirlenmiştir.



Şekil 13. Ölçümlerin Ardından Elde Edilen Ses Dalgaları Görüntüsü



Şekil 14. Ölçümlerin Ardından Elde Edilen Tomografi Görüntüsü

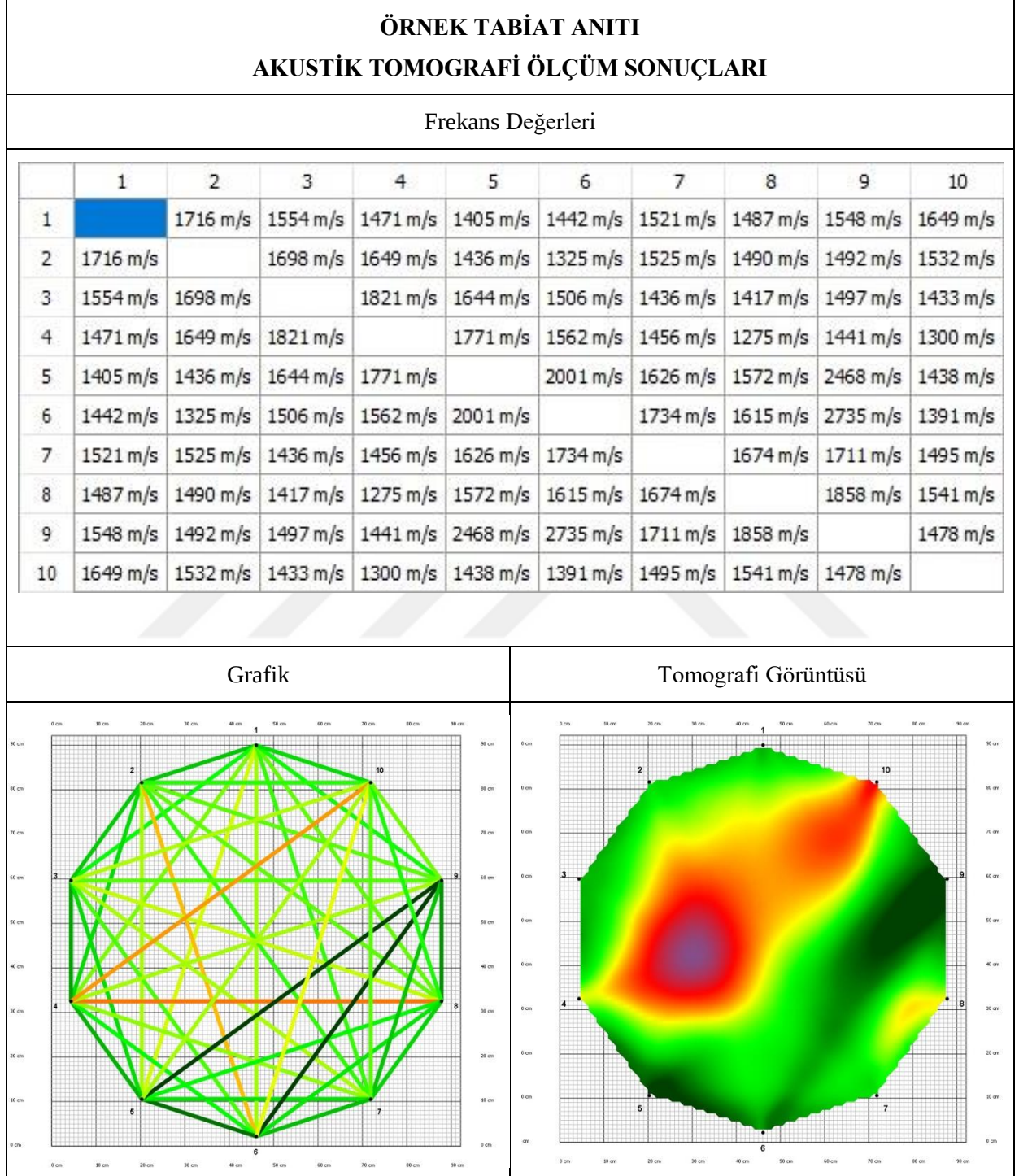
Arazi ölçümlerinin akabinde her bir tabiat anıtının ölçümleri, türlerin Türkçe ve Latince adı, çap, boy, çevre, tepe çapı, yaş, sağlık durumu, tehdit faktörleri, koordinatları, mevkii ve arazi koşulları verileri envanter karnesine işlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Tabiat Anıtları Envanter Karnesi

ÖRNEK TABİAT ANITI ENVANTER KARNESİ			
Fotoğraf		Uydu Görüntüsü	
GENEL BİLGİLER		AĞACIN ÖZELLİKLERİ	
Ağacın Türkçe Adı:		Boy:	
Ağacın Latince Adı:		Tahmini Yaşı:	
İli:		Çapı (Toprak Yüzeyi):	
İlçesi:		Çapı (1.30 m.):	
Köyü:		Çevresi (Toprak Yüzeyi):	
Mevkii:		Çevresi (1.30 m.):	
Bölge Müdürlüğü:		Genel Görünüm:	
İl Şube Müdürlüğü:		Mülkiyet Durumu:	
Şefliği:		Tanıtım/Uyarı Levha:	
Bölmesi:		Eğim:	
Pafta Numarası		Bakı:	
Koordinatları:		Yükseklik	
İklim Özellikleri:		Ölçüm Tarihi:	
Toprak Özellikleri:		Tescil Tarihi	

Her bir ağacın tomografi görüntüleri “Akustik Tomografi Ölçüm Sonuçları” tablosuna girilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Tabiat Anıtları Tomografi Sonuçları





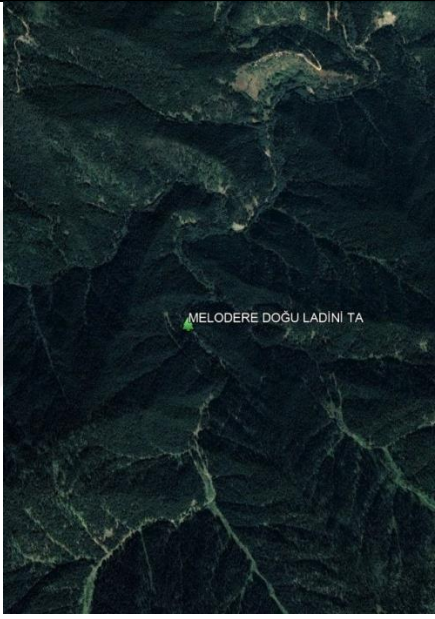
Şekil 15. Arazi Çalışmalarından Görseller

3. BULGULAR

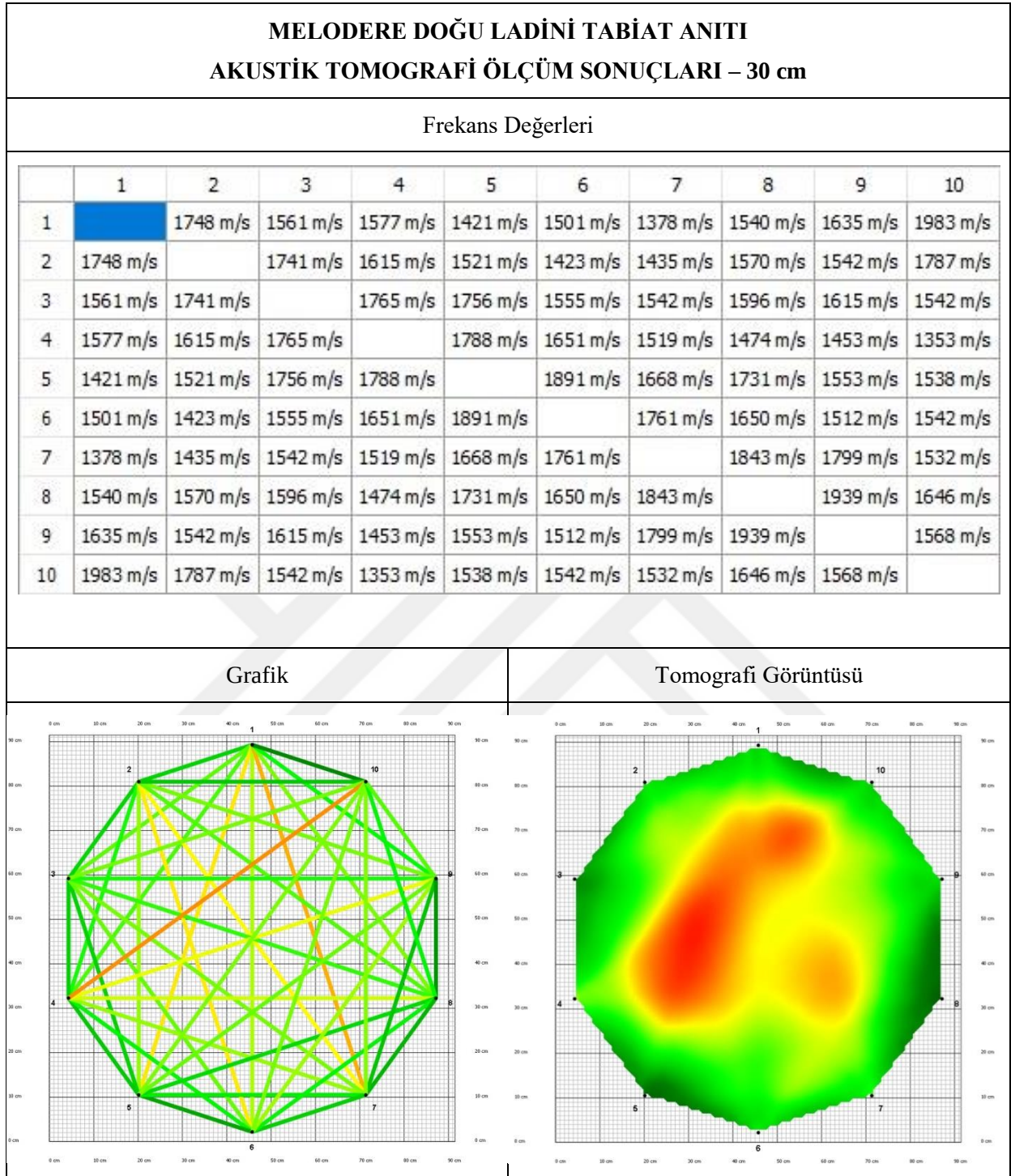
Artvin ve Gümüşhane illeri sınırları içerisinde bulunan toplam 6 adet tabiat anıtı ağaç değerlendirmeye alınarak ölçümleri yapılmış olup “Tabiat Anıtı Envanter Karnelerine” ve “Akustik Tomografi Ölçüm Sonuçları Tablolarına” işlenerek aşağıda verilmiştir.

3.1. Melodere Doğu Ladini Tabiat Anıtı Ölçüm Sonuçları

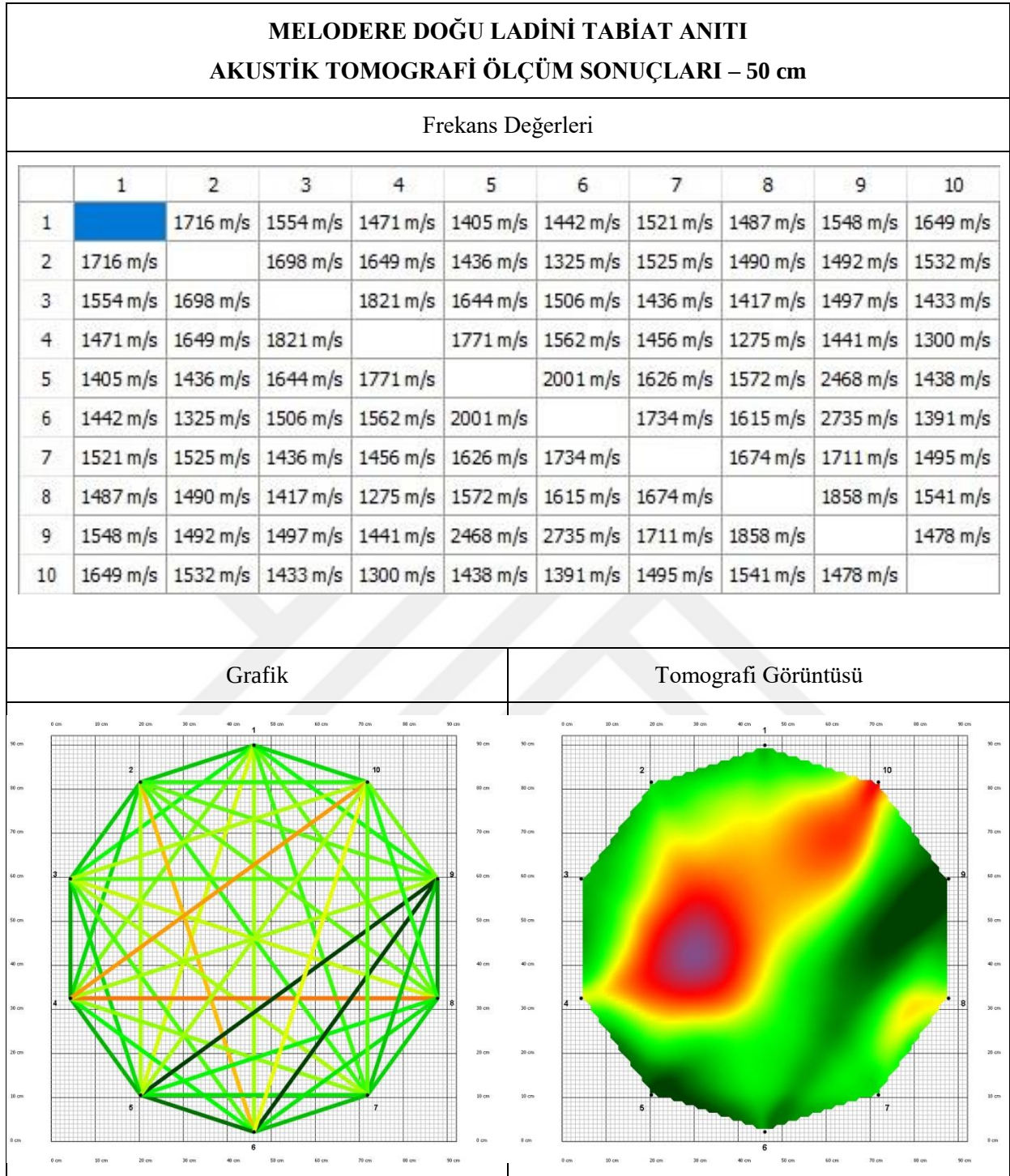
Tablo 6. Melodere Doğu Ladini Tabiat Anıtı Envanter Karnesi

MELODERE DOĞU LADİNİ TABİAT ANITI ENVANTER KARNESİ			
			
GENEL BİLGİLER		AĞACIN ÖZELLİKLERİ	
Ağacın Türkçe Adı:	Doğu Ladini	Boy:	65
Ağacın Latince Adı:	<i>Picea orientalis</i>	Tahmini Yaşı:	150
İli:	Artvin	Çapı (Toprak Yüzeyi):	0,86
İlçesi:	Merkez	Çapı (1.30 m.):	0,78
Köyü:	Taşlıca	Çevresi (Toprak Yüzeyi):	2,70
Mevkii:	Melodere	Çevresi (1.30 m.):	2,50
Bölge Müdürlüğü:	Rize	Genel Görünüm:	Düzgün - Piramidal
İl Şube Müdürlüğü:	Artvin	Mülkiyet Durumu:	Orman
Şefliği:	Hatila Vadisi MP Şefliği	Tanıtm/Uyarı Levha:	Yok
Bölmesi:	137	Eğim:	%70
Pafta Numarası	Artvin – F47d4	Bakı:	Kuzey
Koordinatları:	Enlem: 41,103649° Boylam: 41,624156°	Yükseklik	1465 m
İklim Özellikleri:	Yağışlı - Nemli	Ölçüm Tarihi:	21.09.2021
Toprak Özellikleri:	Nemli Orman Toprağı	Tescil Tarihi	06.09.2002

Tablo 7. Melodere Doğu Ladini Tabiat Anıtı Tomografi Sonuçları (30 cm)



Tablo 8. Melodere Doğu Ladini Tabiat Anıtı Tomografi Sonuçları (50 cm)



Tablo 9. Melodere Doğu Ladini Tabiat Anıtı Tomografi Sonuçları (80 cm)

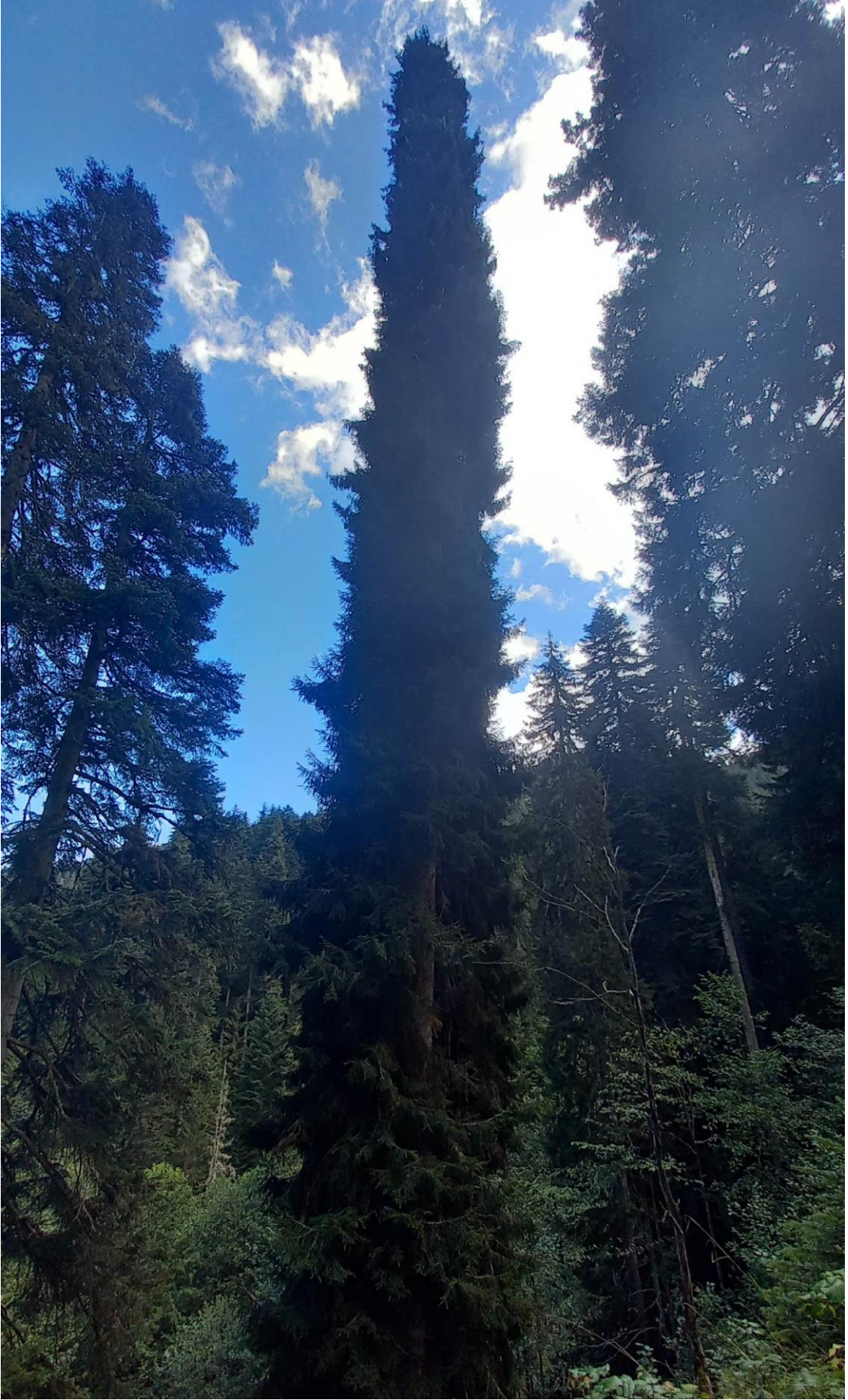
MELODERE DOĞU LADİNİ TABİAT ANITI AKUSTİK TOMOGRAFİ ÖLÇÜM SONUÇLARI – 80 cm										
Frekans Değerleri										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		1038 m/s	906 m/s	722 m/s	663 m/s	688 m/s	846 m/s	914 m/s	933 m/s	1079 m/s
2	1038 m/s		1042 m/s	909 m/s	828 m/s	759 m/s	808 m/s	850 m/s	877 m/s	997 m/s
3	906 m/s	1042 m/s		955 m/s	951 m/s	911 m/s	915 m/s	711 m/s	712 m/s	852 m/s
4	722 m/s	909 m/s	955 m/s		1130 m/s	962 m/s	908 m/s	598 m/s	643 m/s	655 m/s
5	663 m/s	828 m/s	951 m/s	1130 m/s		1072 m/s	953 m/s	722 m/s	724 m/s	757 m/s
6	688 m/s	759 m/s	911 m/s	962 m/s	1072 m/s		986 m/s	925 m/s	844 m/s	848 m/s
7	846 m/s	808 m/s	915 m/s	908 m/s	953 m/s	986 m/s		1036 m/s	1040 m/s	920 m/s
8	914 m/s	850 m/s	711 m/s	598 m/s	722 m/s	925 m/s	1036 m/s		1110 m/s	962 m/s
9	933 m/s	877 m/s	712 m/s	643 m/s	724 m/s	844 m/s	1040 m/s	1110 m/s		928 m/s
10	1079 m/s	997 m/s	852 m/s	655 m/s	757 m/s	848 m/s	920 m/s	962 m/s	928 m/s	

Grafik	Tomografi Görüntüsü

Melodere Doğu Ladini Tabiat Anıtı dışardan gözlemlendiğinde herhangi bir kuruma ve çürüme belirtisi görülmemiştir. Akustik Tomografi görüntülerinde ağacın toprağa yakın kısımlarında (30-50 cm) çürüme ve boşluğun az, daha üst kısımlarında ise (50-80) çürüme ve boşluğun daha fazla olduğu görülmüştür. İlk ölçümde (30 cm) Çürüme Alanı %31, ikinci ölçümde (50 cm) Çürüme Alanı %33 ve üçüncü ölçümde (80 cm) Çürüme Alanı %51 olarak ölçülmüştür.



Şekil 16. Melodere Doğu Ladini Tabiat Anıtı Görseli-1



Şekil 17. Melodere Doğu Ladini Tabiat Anıtı Görseli-2

3.2. Kamilet Doğu Kayını Tabiat Anıtı Ölçüm Sonuçları

Tablo 10. Kamilet Doğu Kayını Tabiat Anıtı Envanter Karnesi

KAMİLET DOĞU KAYINI TABİAT ANITI ENVANTER KARNESİ			
			
GENEL BİLGİLER		AĞACIN ÖZELLİKLERİ	
Ağacın Türkçe Adı:	Doğu Kayını	Boy:	54
Ağacın Latince Adı:	<i>Fagus orientalis</i>	Tahmini Yaşı:	300
İli:	Artvin	Çapı (Toprak Yüzeyi):	3,40
İlçesi:	Murgul	Çapı (1.30 m.):	3,00
Köyü:	Erenköy	Çevresi (Toprak Yüzeyi):	10,50
Mevkii:	Kamilet	Çevresi (1.30 m.):	9,30
Bölge Müdürlüğü:	Rize	Genel Görünüm:	Düzgün
İl Şube Müdürlüğü:	Artvin	Mülkiyet Durumu:	Orman
Şefliği:	Artvin DKMP Şefliği	Tanıtım/Uyarı Levha:	Yok
Bölmesi:	22	Eğim:	%70
Pafta Numarası	Artvin – F47a3	Bakı:	Kuzey
Koordinatları:	Enlem: 41,326923° Boylam: 41,595619°	Yükseklik	1225 m
İklim Özellikleri:	Yağışlı - Nemli	Ölçüm Tarihi:	27.10.2021
Toprak Özellikleri:	Nemli Orman Toprağı	Tescil Tarihi	06.09.2002

Tablo 11. Kamilet Doğu Kayını Tabiat Anıtı Tomografi Sonuçları

KAMİLET DOĞU KAYINI TABİAT ANITI AKUSTİK TOMOGRAFİ ÖLÇÜM SONUÇLARI – 300 cm										
Frekans Değerleri										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		1668 m/s	1877 m/s	1804 m/s	2053 m/s	2168 m/s	2228 m/s	1719 m/s	1568 m/s	926 m/s
2	1668 m/s		2574 m/s	1861 m/s	2153 m/s	2075 m/s	1999 m/s	1775 m/s	1524 m/s	1266 m/s
3	1877 m/s	2574 m/s		2956 m/s	3081 m/s	2080 m/s	1575 m/s	2423 m/s	2088 m/s	1316 m/s
4	1804 m/s	1861 m/s	2956 m/s		2116 m/s	1851 m/s	1504 m/s	2434 m/s	2364 m/s	1592 m/s
5	2053 m/s	2153 m/s	3081 m/s	2116 m/s		1909 m/s	1308 m/s	2964 m/s	2815 m/s	1794 m/s
6	2168 m/s	2075 m/s	2080 m/s	1851 m/s	1909 m/s		969 m/s	1351 m/s	1870 m/s	1963 m/s
7	2228 m/s	1999 m/s	1575 m/s	1504 m/s	1308 m/s	969 m/s		1598 m/s	2603 m/s	3247 m/s
8	1719 m/s	1775 m/s	2423 m/s	2434 m/s	2964 m/s	1351 m/s	1598 m/s		2862 m/s	2543 m/s
9	1568 m/s	1524 m/s	2088 m/s	2364 m/s	2815 m/s	1870 m/s	2603 m/s	2862 m/s		2803 m/s
10	926 m/s	1266 m/s	1316 m/s	1592 m/s	1794 m/s	1963 m/s	3247 m/s	2543 m/s	2803 m/s	

Grafik	Tomografi Görüntüsü

Kamilet Doğu Kayını Tabiat Anıtı dışardan gözlemlendiğinde herhangi bir çürüme, kuruma, hasar veya kusur görülmemiştir. Ağacın göğüs yüksekliğindeki çevresinin çok büyük olması (10 metre) ve boğumlu yapısından dolayı ölçümler 3 metre yükseklikte yapılabilmiştir. Akustik Tomografi görüntülerinde ağacın içerisinde herhangi bir kusur gözlemlenmemiştir. Yapılan ölçümde (300 cm) Çürüme Alanı %27 olarak ölçülmüştür.



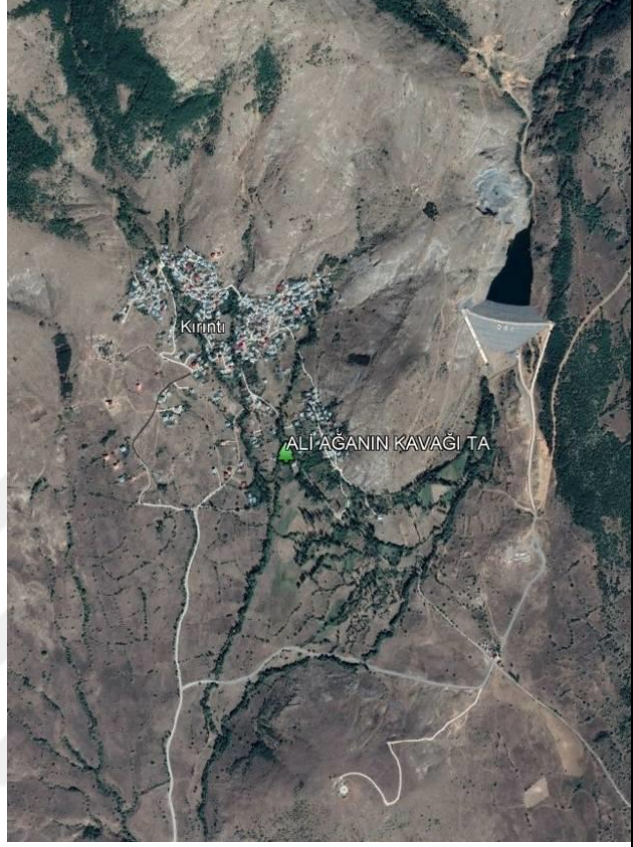
Şekil 18. Kamilet Doğu Kayını Tabiat Anıtı Görseli-1



Şekil 19. Kamilet Doğu Kayını Tabiat Anıtı Görseli-2

3.3. Ali Ağanın Kavağı Tabiat Anıtı Ölçüm Sonuçları

Tablo 12. Ali Ağanın Kavağı Tabiat Anıtı Envanter Karnesi

ALİ AĞANIN KAVAĞI TABİAT ANITI ENVANTER KARNESİ			
			
GENEL BİLGİLER		AĞACIN ÖZELLİKLERİ	
Ağacın Türkçe Adı:	Kara Kavak	Boy:	30
Ağacın Latince Adı:	<i>Populus nigra</i>	Tahmini Yaşı:	500
İli:	Gümüşhane	Çapı (Toprak Yüzeyi):	1,57
İlçesi:	Şiran	Çapı (1.30 m.):	1,25
Köyü:	Kırıntı	Çevresi (Toprak Yüzeyi):	4,85
Mevkii:	Kırıntı	Çevresi (1.30 m.):	3,90
Bölge Müdürlüğü:	Rize	Genel Görünüm:	Gövde içi boş
İl Şube Müdürlüğü:	Gümüşhane	Mülkiyet Durumu:	Şahıs
Şefliği:	Kelkit	Tanıtım/Uyarı Levha:	Var
Bölmesi:	Şiran - Günyüzü - 39	Eğim:	%5
Pafta Numarası	Gümüşhane – H41b3	Bakı:	Batı
Koordinatları:	Enlem: 40.283713° Boylam: 38.997945°	Yükseklik	1730
İklim Özellikleri:	Karasal	Ölçüm Tarihi:	27.10.2021
Toprak Özellikleri:	Kırmızı Orman Top.	Tescil Tarihi	26.06.1995

Tablo 13. Ali Ağının Kavağı Tabiat Anıtı Tomografi Sonuçları

ALİ AĞININ KAVAĞI TABİAT ANITI AKUSTİK TOMOGRAFİ ÖLÇÜM SONUÇLARI – 130 cm										
Frekans Değerleri										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		1143 m/s	1387 m/s	820 m/s	588 m/s	500 m/s	500 m/s	500 m/s	500 m/s	500 m/s
2	1143 m/s		500 m/s	500 m/s	500 m/s	500 m/s	500 m/s	500 m/s	500 m/s	528 m/s
3	1387 m/s	500 m/s		976 m/s	804 m/s	581 m/s	500 m/s	500 m/s	500 m/s	500 m/s
4	820 m/s	500 m/s	976 m/s		820 m/s	696 m/s	533 m/s	500 m/s	500 m/s	500 m/s
5	588 m/s	500 m/s	804 m/s	820 m/s		944 m/s	743 m/s	586 m/s	500 m/s	500 m/s
6	500 m/s	500 m/s	581 m/s	696 m/s	944 m/s		823 m/s	549 m/s	500 m/s	500 m/s
7	500 m/s	500 m/s	500 m/s	533 m/s	743 m/s	823 m/s		978 m/s	800 m/s	658 m/s
8	500 m/s	500 m/s	500 m/s	500 m/s	586 m/s	549 m/s	978 m/s		899 m/s	741 m/s
9	500 m/s	500 m/s	500 m/s	500 m/s	500 m/s	500 m/s	800 m/s	899 m/s		970 m/s
10	500 m/s	528 m/s	500 m/s	500 m/s	500 m/s	500 m/s	658 m/s	741 m/s	970 m/s	

Grafik	Tomografi Görüntüsü

Ali Ağının Kavağı Tabiat Anıtı dışardan incelemesinde sağlıklı görüldüğü ancak gövde yapısı içerisinde büyük çaplı bir boşluk olduğu gözlemlenmiştir. Gerek olmasa bile cihazın güvenilirliğini tekrar test etmek amacıyla akustik tomografi ölçümleri yapılmıştır. Akustik tomografi görüntüleri ağacın içerisinde bulunan boşluğu doğrulamıştır. Yapılan ölçümde (130 cm) Çürüme Alanı %73 olarak ölçülmüştür.



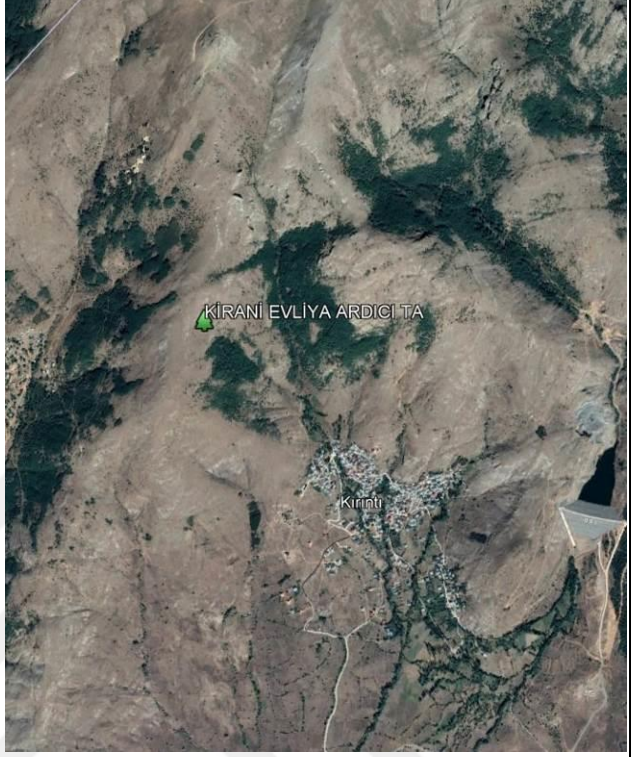
Şekil 20. Ali Ağanın Kavağı Tabiat Anıtı Görseli-1



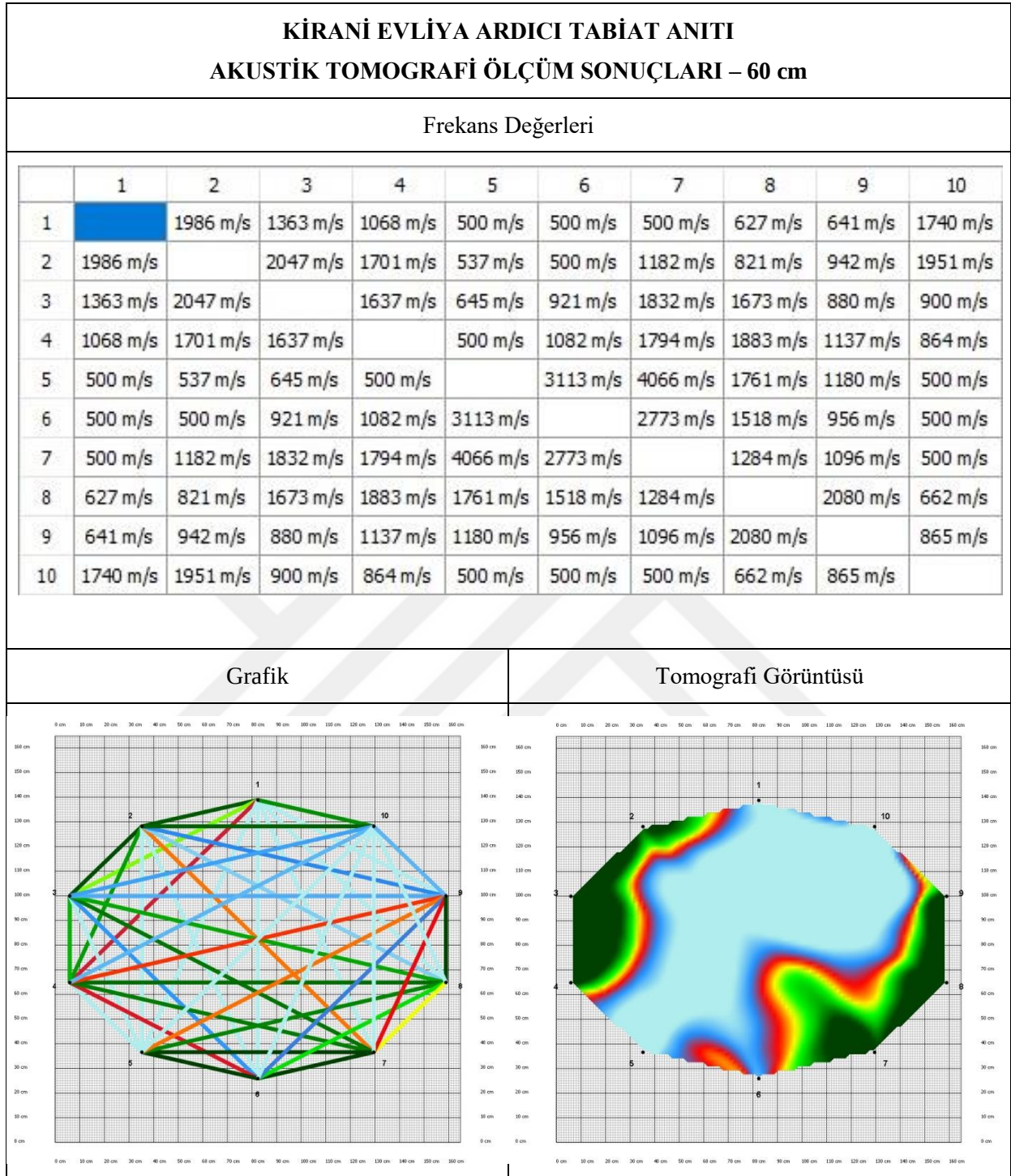
Şekil 21. Ali Ağanın Kavağı Tabiat Anıtı Görseli-2

3.4. Kirani Evliya Ardıcı Tabiat Anıtı Ölçüm Sonuçları

Tablo 14. Kirani Evliya Ardıcı Tabiat Anıtı Envanter Karnesi

KİRANİ EVLİYA ARDICI TABİAT ANITI ENVANTER KARNESİ			
			
GENEL BİLGİLER		AĞACIN ÖZELLİKLERİ	
Ağacın Türkçe Adı:	Ardıç	Boy:	4,53
Ağacın Latince Adı:	<i>Juniperus</i>	Tahmini Yaşı:	717
İli:	Gümüşhane	Çapı (Toprak Yüzeyi):	1,46
İlçesi:	Şiran	Çapı (1.30 m.):	1.40
Köyü:	Kırıntı	Çevresi (Toprak Yüzeyi):	4,60
Mevkii:	Kırıntı	Çevresi (1.30 m.):	4,40
Bölge Müdürlüğü:	Rize	Genel Görünüm:	Düzgün
İl Şube Müdürlüğü:	Gümüşhane	Mülkiyet Durumu:	Devlet
Şefliği:	Kelkit	Tanıtım/Uyarı Levha:	Var
Bölmesi:	Şiran - Günyüzü - 66	Eğim:	%5
Pafta Numarası	Gümüşhane – H41b3	Bakı:	Güneydoğu
Koordinatları:	Enlem: 40.294782° Boylam: 38.987252°	Yükseklik	2070
İklim Özellikleri:	Karasal	Ölçüm Tarihi:	19.09.2021
Toprak Özellikleri:	Kırmızı Orman Top.	Tescil Tarihi	26.06.1995

Tablo 15. Kirani Evliya Ardıcı Tabiat Anıtı Tomografi Sonuçları (60 cm)



Tablo 16. Kirani Evliya Ardıcı Tabiat Anıtı Tomografi Sonuçları (90 cm)

KİRANİ EVLİYA ARDICI TABİAT ANITI AKUSTİK TOMOGRAFİ ÖLÇÜM SONUÇLARI – 90 cm										
Frekans Değerleri										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		1484 m/s	2163 m/s	1893 m/s	500 m/s	500 m/s	594 m/s	708 m/s	915 m/s	1851 m/s
2	1484 m/s		2215 m/s	2144 m/s	779 m/s	864 m/s	1156 m/s	1403 m/s	1097 m/s	1126 m/s
3	2163 m/s	2215 m/s		2088 m/s	768 m/s	1065 m/s	1531 m/s	2222 m/s	1251 m/s	1225 m/s
4	1893 m/s	2144 m/s	2088 m/s		688 m/s	1386 m/s	2318 m/s	2709 m/s	1018 m/s	839 m/s
5	500 m/s	779 m/s	768 m/s	688 m/s		3241 m/s	3934 m/s	1911 m/s	1100 m/s	500 m/s
6	500 m/s	864 m/s	1065 m/s	1386 m/s	3241 m/s		3109 m/s	1631 m/s	1004 m/s	500 m/s
7	594 m/s	1156 m/s	1531 m/s	2318 m/s	3934 m/s	3109 m/s		1211 m/s	722 m/s	500 m/s
8	708 m/s	1403 m/s	2222 m/s	2709 m/s	1911 m/s	1631 m/s	1211 m/s		1340 m/s	775 m/s
9	915 m/s	1097 m/s	1251 m/s	1018 m/s	1100 m/s	1004 m/s	722 m/s	1340 m/s		1037 m/s
10	1851 m/s	1126 m/s	1225 m/s	839 m/s	500 m/s	500 m/s	500 m/s	775 m/s	1037 m/s	

Grafik	Tomografi Görüntüsü

Kirani Evliya Ardıcı Tabiat Anıtı dışardan gözlemlendiğinde herhangi bir çürüme, kuruma, hasar veya kusur görülmemiştir. Akustik Tomografi görüntülerinde ağacın içerisinde büyük bir boşluk tespit edilmiştir. Yapılan ilk ölçümde (60 cm) Çürüme Alanı %72 ve ikinci ölçümde (90 cm) Çürüme Alanı %64 olarak ölçülmüştür.



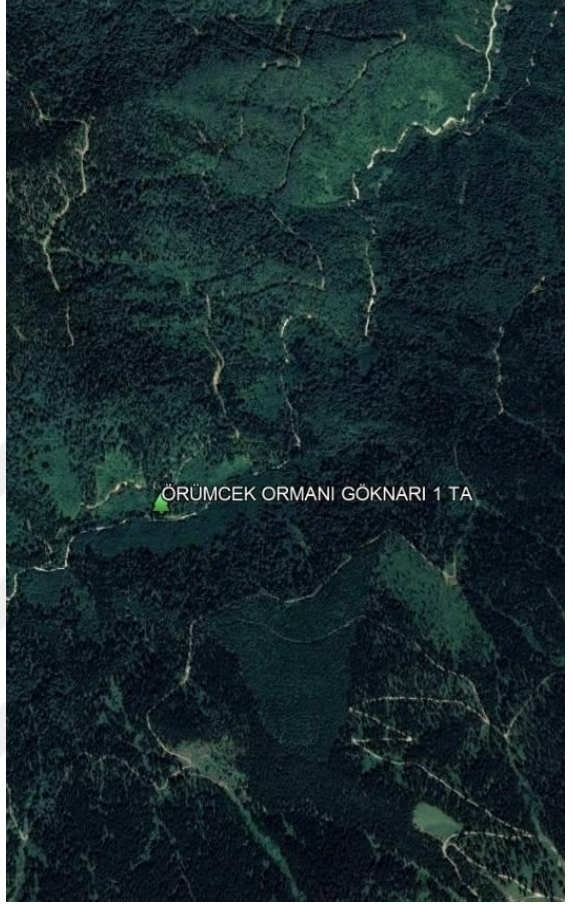
Şekil 22. Kirani Evliya Ardıcı Tabiat Anıtı Görseli-1



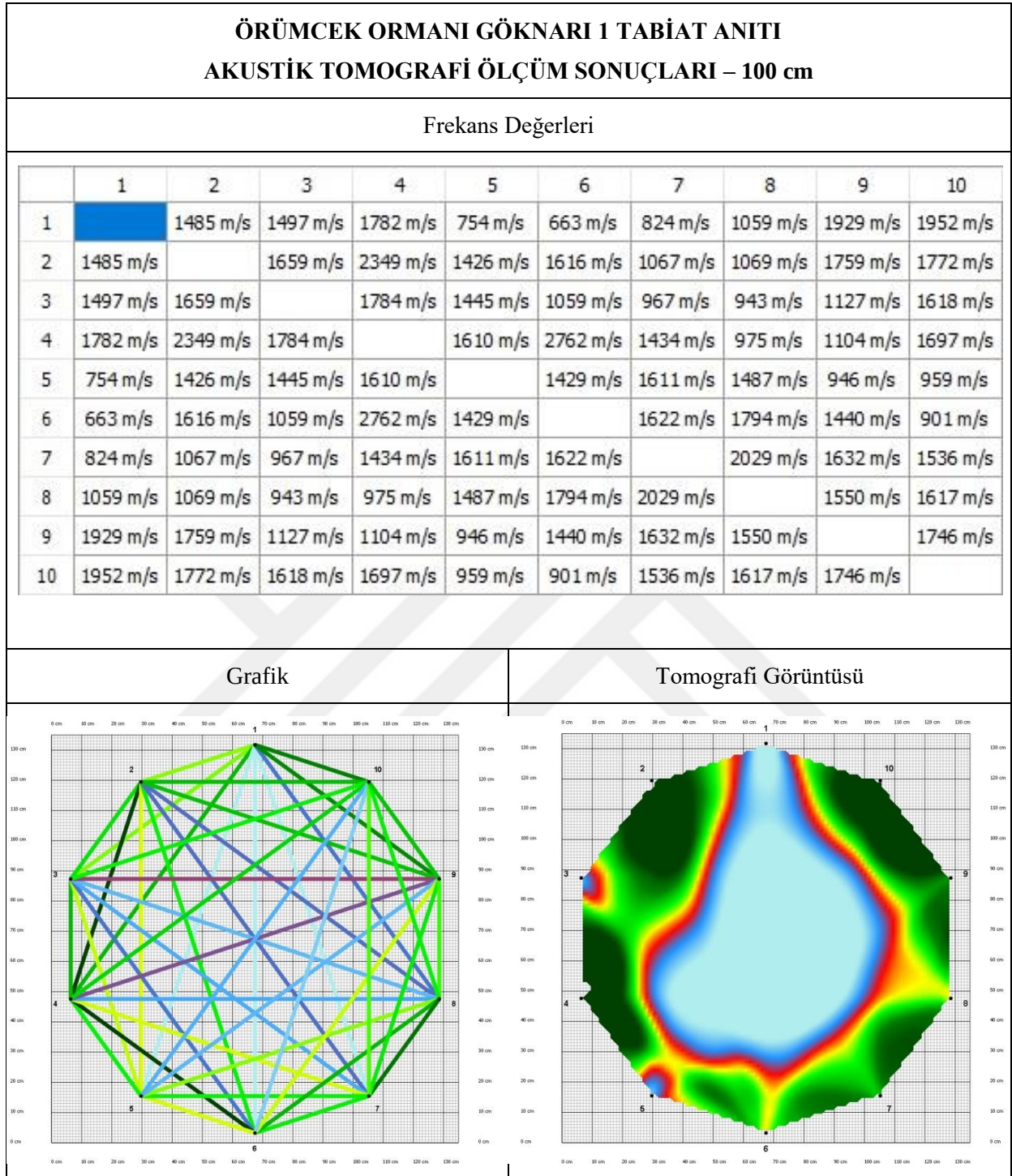
Şekil 23. Kirani Evliya Ardıcı Tabiat Anıtı Görseli-2

3.5. Örümcek Ormanı Göknarı 1 Tabiat Anıtı Ölçüm Sonuçları

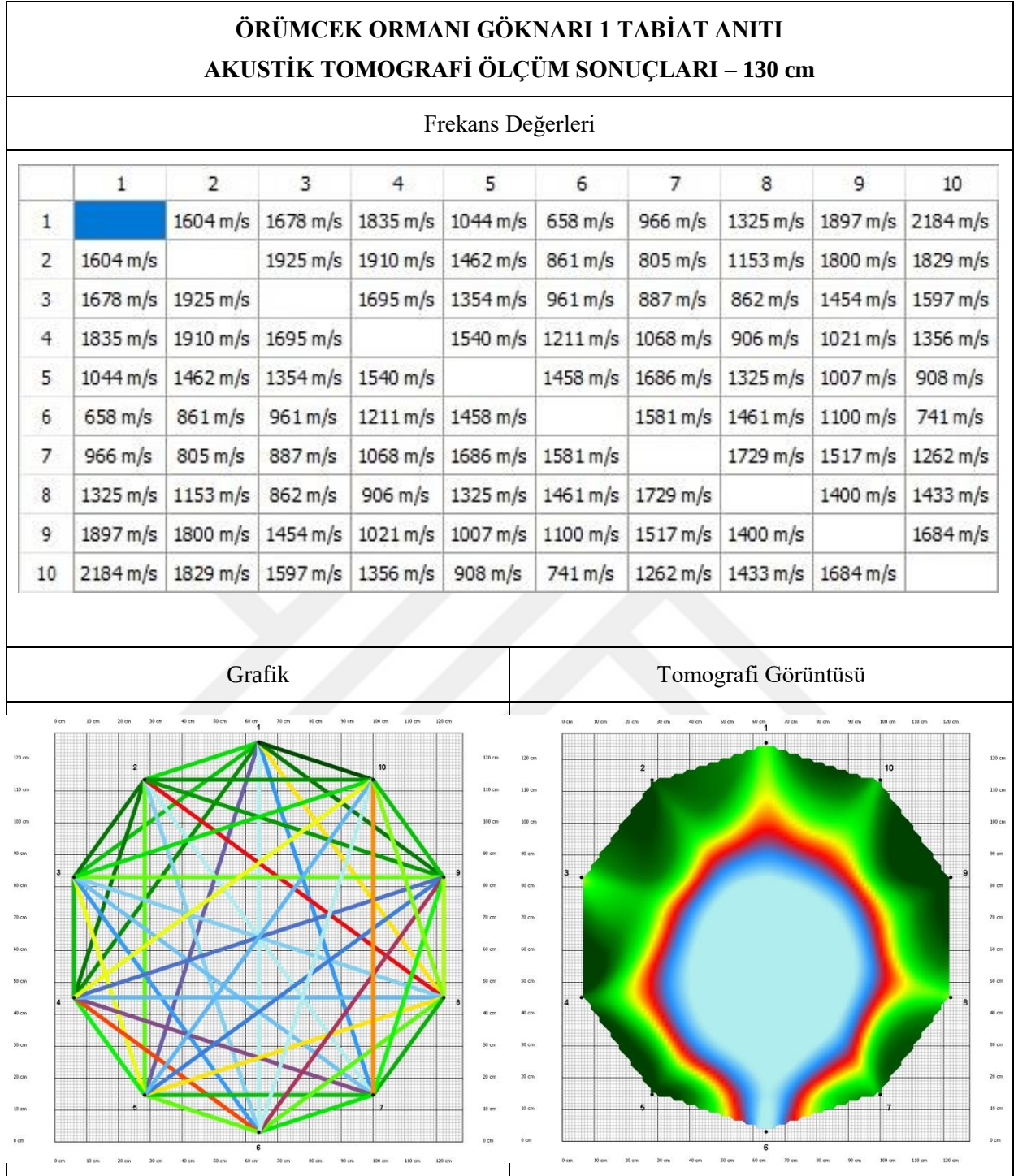
Tablo 17. Örümcek Ormanı Göknarı 1 Tabiat Anıtı Envanter Karnesi

ÖRÜMCEK ORMANI GÖKNARI 1 TABİAT ANITI ENVANTER KARNESİ			
			
GENEL BİLGİLER		AĞACIN ÖZELLİKLERİ	
Ağacın Türkçe Adı:	Doğu Karadeniz Göknarı	Boy:	55
Ağacın Latince Adı:	<i>Abies nordmanniana</i>	Tahmini Yaşı:	425
İli:	Gümüşhane	Çapı (Toprak Yüzeyi):	1.25
İlçesi:	Kürtün	Çapı (1.30 m.):	1.18
Köyü:	Yeşilköy	Çevresi (Toprak Yüzeyi):	4.05
Mevkii:	Örümcek Ormanı TKA	Çevresi (1.30 m.):	3,90
Bölge Müdürlüğü:	Rize	Genel Görünüm:	Düzgün
İl Şube Müdürlüğü:	Gümüşhane	Mülkiyet Durumu:	Devlet
Şefliği:	Merkez	Tanıtım/Uyarı Levha:	Var
Bölmesi:	Örümcek Ormanı - 85	Eğim:	%5
Pafta Numarası	Gümüşhane – G42d1	Bakı:	Kuzeydoğu
Koordinatları:	Enlem: 40.663684° Boylam: 39.033243°	Yükseklik	1295
İklim Özellikleri:	Yağışlı	Ölçüm Tarihi:	18.09.2021
Toprak Özellikleri:	Nemli Orman Toprağı	Tescil Tarihi	11.10.1995

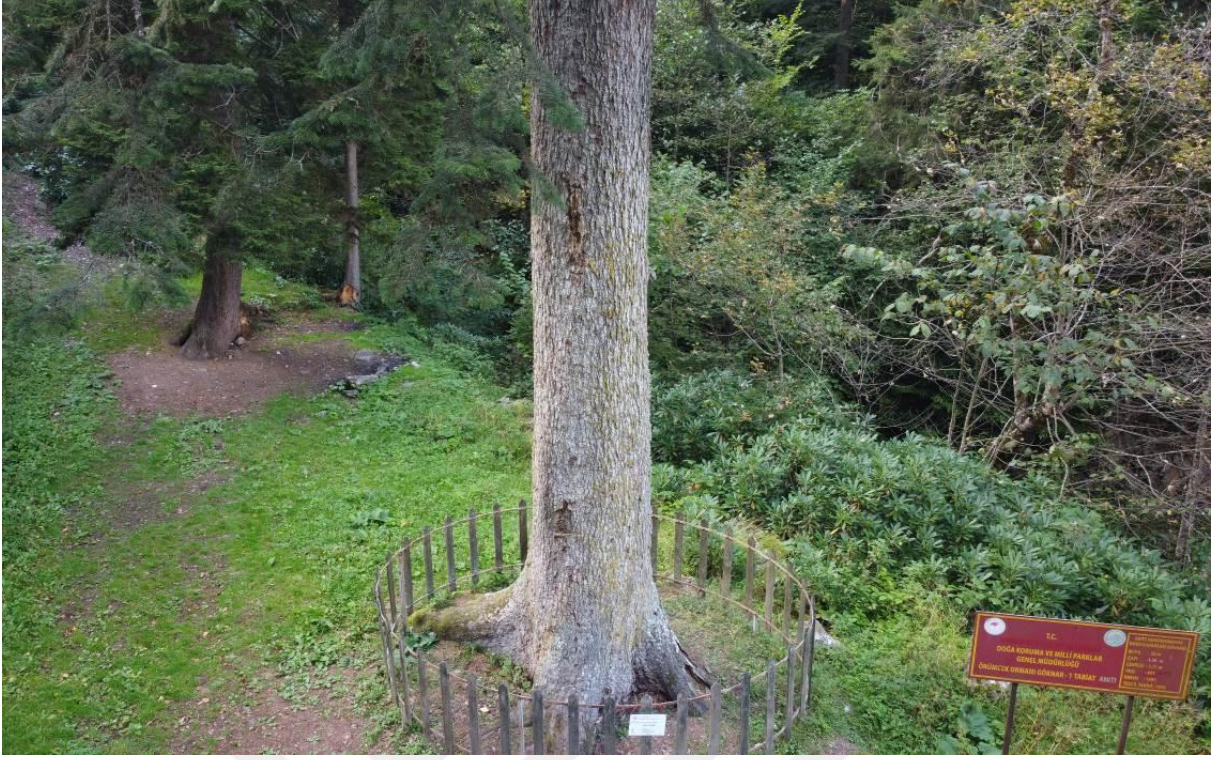
Tablo 18. Örümcek Ormanı Göknarı 1 Tabiat Anıtı Tomografi Sonuçları (100 cm)



Tablo 19. Örümcek Ormanı Göknarı 1 Tabiat Anıtı Tomografi Sonuçları (130 cm)



Örümcek Ormanı Göknarı-1 Tabiat Anıtı dışardan gözlemlendiğinde herhangi bir çürüme, kuruma, hasar veya kusur görülmemiştir. Akustik Tomografi görüntülerinde ağacın içerisinde boşluklar oluşmaya başladığı tespit edilmiştir. İlk ölçümde (100 cm) Çürüme Alanı %54 ve ikinci ölçümde (130 cm) Çürüme Alanı %51 olarak ölçülmüştür.



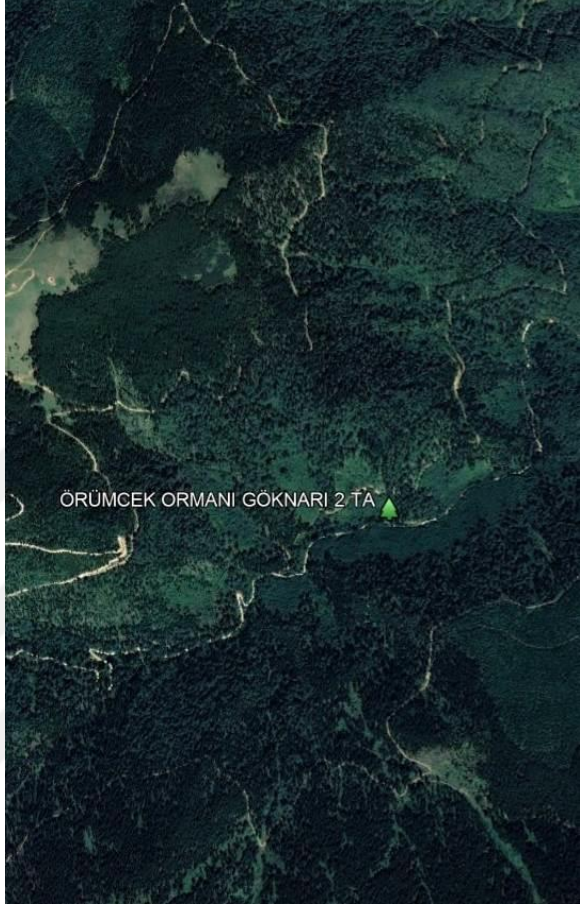
Şekil 24. Örümce Ormanı Göknarı-1 Tabiat Anıtı Görseli-1



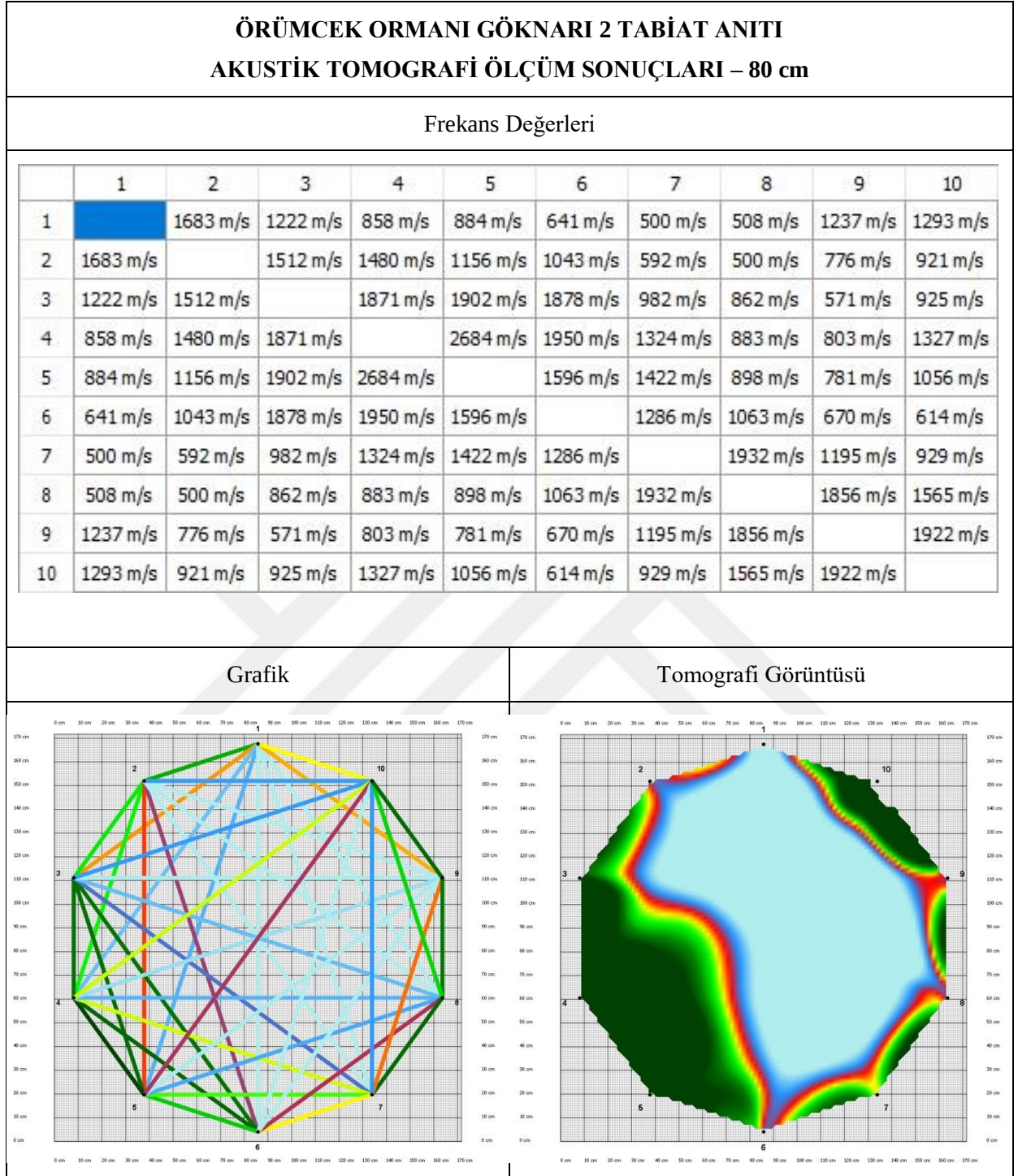
Şekil 25. Örümce Ormanı Göknarı-1 Tabiat Anıtı Görseli-2

3.6. Örümcek Ormanı Göknarı 2 Tabiat Anıtı Ölçüm Sonuçları

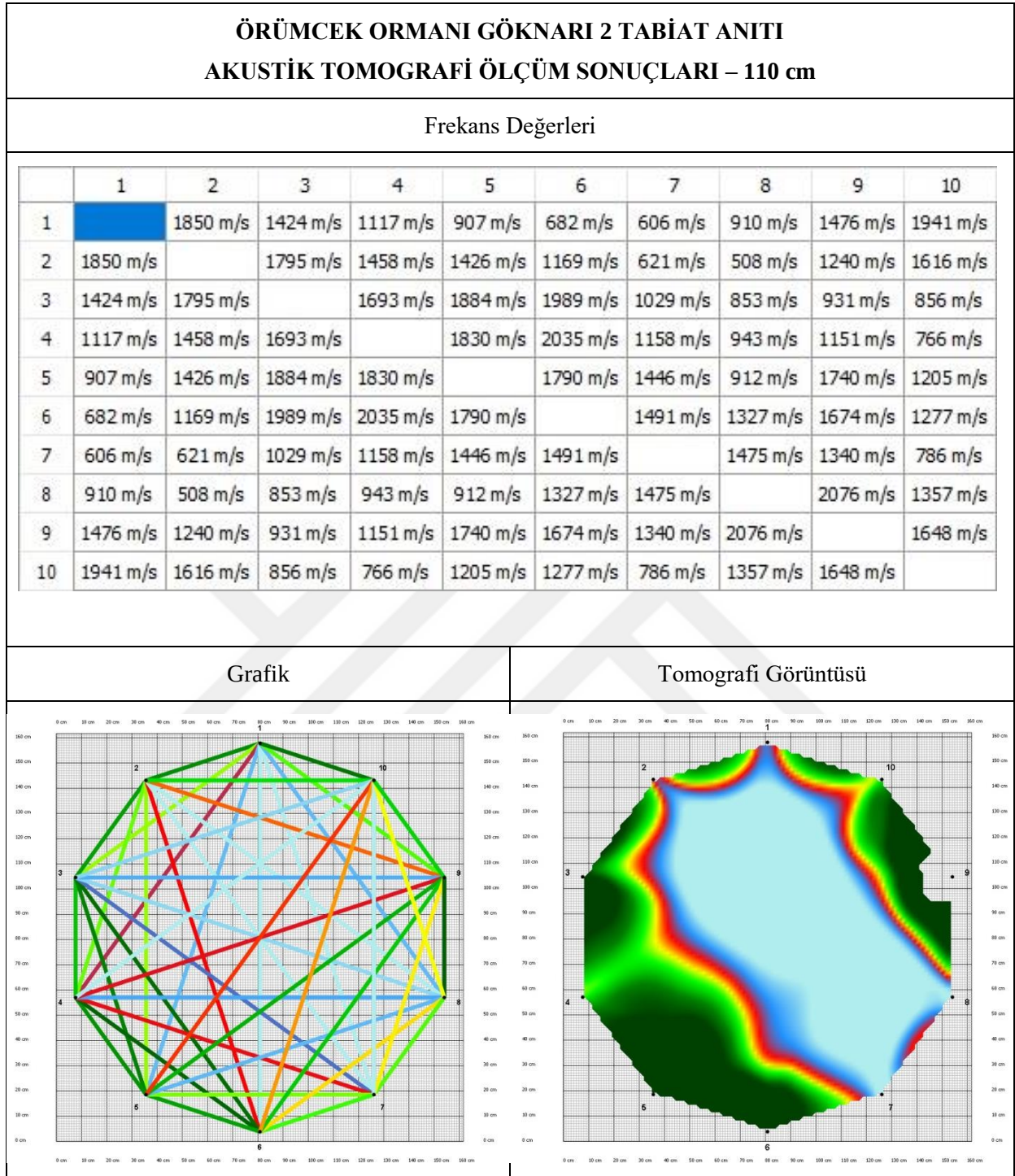
Tablo 20. Örümcek Ormanı Göknarı 2 Tabiat Anıtı Envanter Karnesi

ÖRÜMCEK ORMANI GÖKNARI 2 TABİAT ANITI ENVANTER KARNESİ			
			
GENEL BİLGİLER		AĞACIN ÖZELLİKLERİ	
Ağacın Türkçe Adı:	Doğu Karadeniz Göknarı	Boy:	55
Ağacın Latince Adı:	<i>Abies nordmanniana</i>	Tahmini Yaşı:	425
İli:	Gümüşhane	Çapı (Toprak Yüzeyi):	1,92
İlçesi:	Kürtün	Çapı (1.30 m.):	1,85
Köyü:	Yeşilköy	Çevresi (Toprak Yüzeyi):	5,95
Mevkii:	Örümcek Ormanı TKA	Çevresi (1.30 m.):	4,90
Bölge Müdürlüğü:	Rize	Genel Görünüm:	Düzgün
İl Şube Müdürlüğü:	Gümüşhane	Mülkiyet Durumu:	Devlet
Şefliği:	Merkez	Tanıtım/Uyarı Levha:	Var
Bölmesi:	Örümcek Ormanı - 85	Eğim:	%5
Pafta Numarası	Gümüşhane – G42d1	Bakı:	Kuzeydoğu
Koordinatları:	Enlem: 40.663668 ° Boylam: 39.032689 °	Yükseklik	1300
İklim Özellikleri:	Yağışlı	Ölçüm Tarihi:	18.09.2021
Toprak Özellikleri:	Nemli Orman Toprağı	Tescil Tarihi	11.10.1995

Tablo 21. Örümcek Ormanı Göknarı 2 Tabiat Anıtı Tomografi Sonuçları (80 cm)



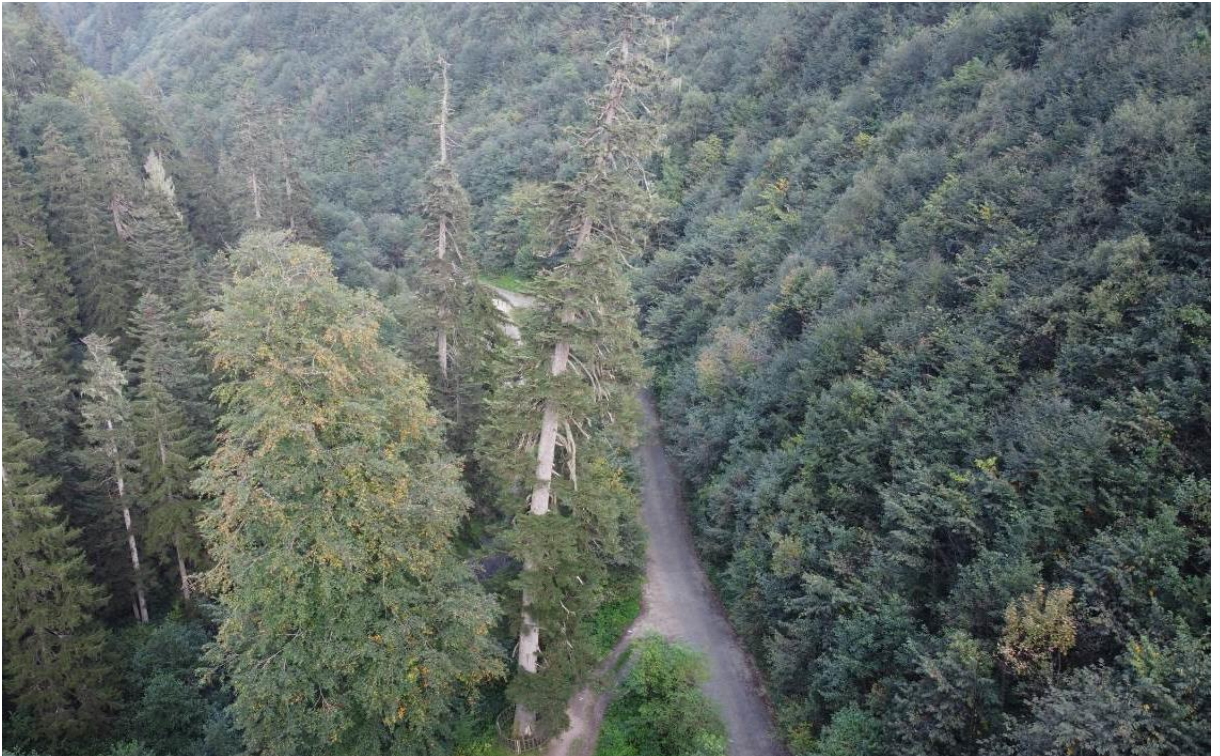
Tablo 22. Örümcek Ormanı Göknarı 2 Tabiat Anıtı Tomografi Sonuçları (110 cm)



Örümcek Ormanı Göknarı-2 Tabiat Anıtı dışardan gözlemlendiğinde ağacın biraz yan durduğu görülmüş ancak herhangi bir çürüme, kuruma, hasar veya kusur görülmemiştir. Akustik Tomografi görüntülerinde ağacın içerisinde geniş boşluklar olduğu tespit edilmiştir. İlk ölçümde (80 cm) Çürüme Alanı %64 ve ikinci ölçümde (110 cm) Çürüme Alanı %60 olarak ölçülmüştür.



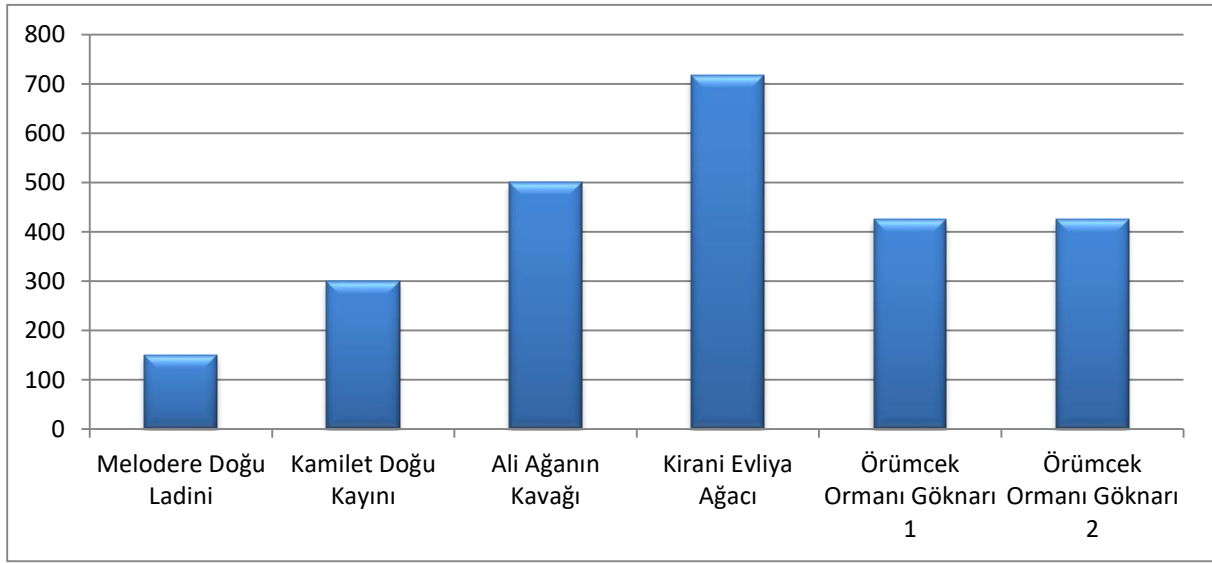
Şekil 26. Örümce Ormanı Göknarı-2 Tabiat Anıtı Görseli-1



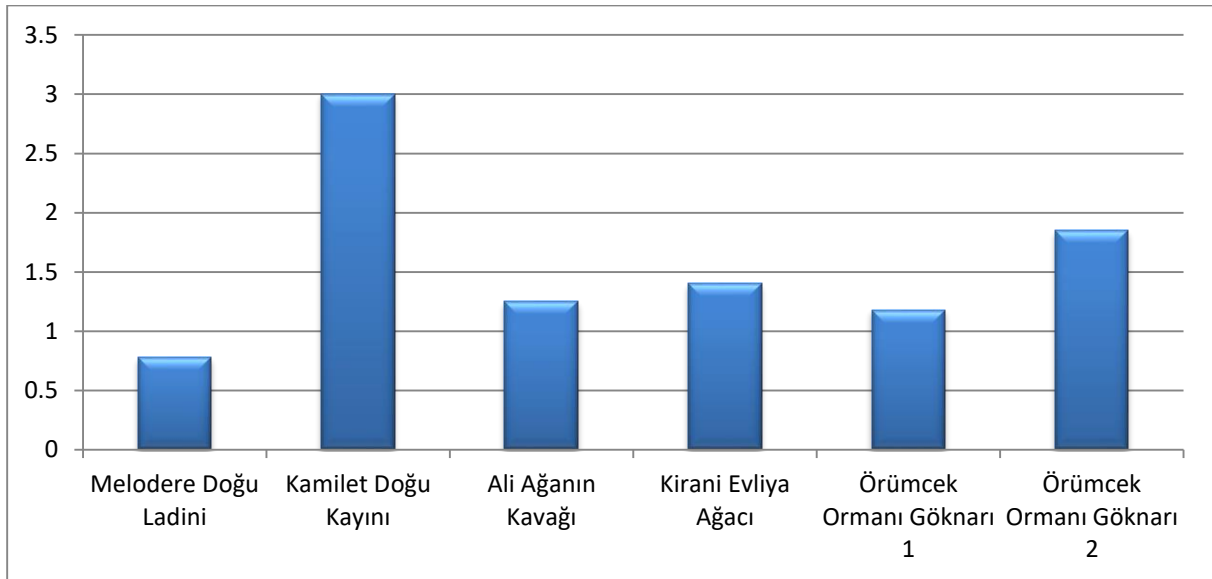
Şekil 27. Örümce Ormanı Göknarı-2 Tabiat Anıtı Görseli-2

3.7. Tabiat Anıtlarına Ait Yaş, Çap, Boy ve Rakım Verileri

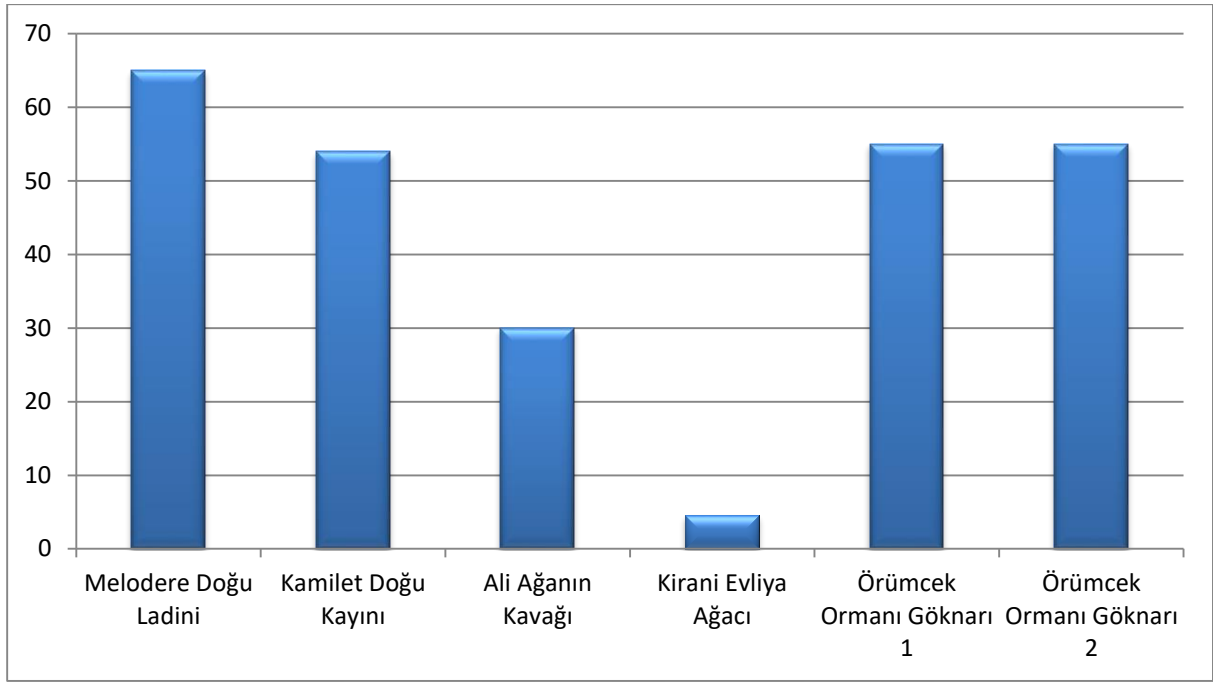
Çalışma alanında elde edilen verilere göre; tabiat anıtlarının en yaşlısı yaklaşık 717 yaşındaki Gümüşhane’de bulunan ardıç ağacı, en genci ise yaklaşık 150 yaşındaki Artvin’de bulunan doğu ladinidir. En kalın çaplısı 3,40 metre çap ile Artvin’de bulunan doğu kayını, en ince çaplısı 0,86 metre çap ile Artvin’de bulunan doğu ladinidir. En uzun boylusu 65 metre boyu ile Artvin’de bulunan doğu ladini, en kısa boylusu 5,53 metre boyu ile Gümüşhane’de bulunan ardıç ağacıdır. En yüksek rakımda bulunan 2070 metre rakım ile Gümüşhane’de bulunan ardıç ağacı, en alçak rakımda bulunan ise 1225 metre rakım ile Artvin’de bulunan doğu kayınıdır (Şekil. 1-2-3-4).



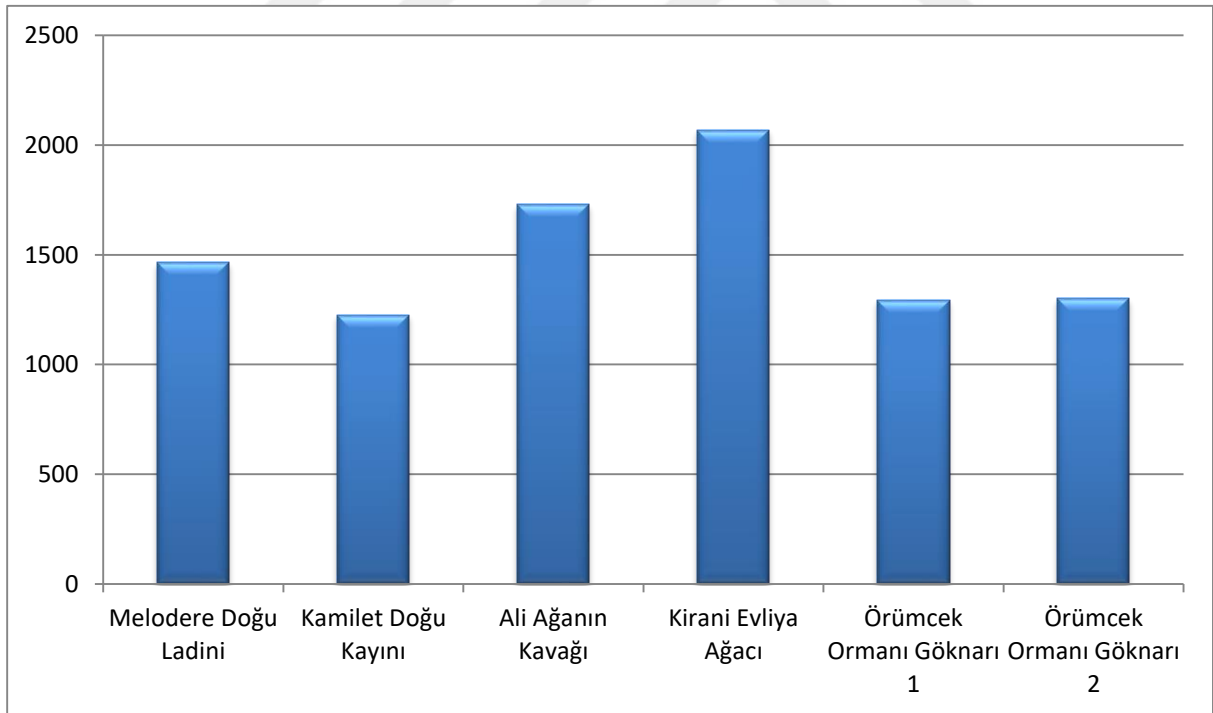
Şekil 28. Tabiat Anıtları Yaş Grafiği



Şekil 29. Tabiat Anıtları Çap Grafiği



Şekil 30. Tabiat Anıtları Boy Grafiği



Şekil 31. Tabiat Anıtları Yükseklik (Rakım) Grafiği

4. TARTIŞMA

Artvin ve Gümüşhane’de bulunan 6 adet tabiat anıtı ağacının önce görsel olarak değerlendirildiği daha sonra akustik tomografi yöntemiyle tomografi görüntülerinin elde edildiği bu çalışmada 6 ağaçtan sadece 1 tanesinin tam olarak sağlıklı olduğu diğer 5 tanesinin ise sağlık sorunları olduğu belirlenmiştir. Akustik tomografi yönteminin kullanıldığı bir başka çalışmada, tomografi sonuçlarına göre ağaçların % 84’ünün sağlıklı durumda, % 12’sinin orta ve % 4’ünün ise sağlıklı durumda olduğu belirlenmiştir (Karlinasari ve ark., 2018). Bir başka çalışmada ise, tomografi sonuçlarında %0 hasarlı 2 ağaç, %1-20 hasarlı 9 ağaç, %21-40 hasarlı 19 ağaç, %41-60 hasarlı 15 ağaç ve %61-100 hasarlı 6 ağaç olduğu ortaya çıkmıştır. (Ishaq ve ark., 2014).

Tabiat anıtı ağaçlarının sağlık durumlarının belirlenmesi amacıyla akustik tomografi yönteminin kullanıldığı bu çalışmada ses dalgalarının ağaç içerisindeki hareket hızı farklılıklarını kullanan Arborsonic 3D Akustik Tomografi Cihazı ile tabiat anıtı ağaçlarındaki iç çürümeler tespit edilmiştir. Cibodas, Bogor ve Lublin'deki Botanik Bahçesinde yapılan bazı çalışmalarda ağaçlarda ölçülen ses dalgası hızının, orta ila şiddetli çürümeyi tespit etmede etkili olduğunu ayrıca botanik bahçesine gelen ziyaretçilerin güvenliğini artırdığını göstermiştir (Helmanto ve ark., 2018, Zuhri ve ark., 2018, Rachmadiyanto ve ark., 2019, Dudkiewicz ve Durlak, 2021).

Arborsonic 3D Akustik Tomografi Cihazı kullanılarak tabiat anıtı ağaçlarının sağlık durumlarının belirlendiği bu çalışma ile akustik tomografi yönteminin ağaçların sağlık durumlarının belirlenmesinde etkili olduğu ortaya konmuştur. Ağaçların sağlık durumlarının belirlenmesinde akustik tomografi yönteminin kullanıldığı bir takım çalışmalar bizim araştırmamız ile ilişkilendirildiğinde bu çalışmayı desteklemektedir. 2008 yılında asırlık kızıl meşe ağaçları üzerinde yapılan araştırma, akustik tomografi tekniğinin yapısal kusurları tespit etmede, kusurların genel yerini ve yaklaşık büyüklüğünü belirlemede başarılı olduğunu göstermiştir (Wang ve Allison, 2008). Ayrıca siyah kiraz (*Prunus serotina*) ağaçları üzerinde yapılan bazı çalışmalarda iç çürüklüğü saptamak için akustik tomografi tekniğinin etkili bir araç olduğu kanıtlanmıştır. Tomogram, iç çürümenin yerini, boyutunu ve şeklini gösterebilmiştir (Liang ve ark., 2008, Li ve ark., 2014). 10 meşe ağacı üzerinde akustik tomografi yöntemiyle tomografi görüntüleri elde edilen bir çalışmada, akustik tomografi yönteminin ağaç gövdelerindeki iç çürümeyi görselleştirmek ve tespit etmek için faydalı bir araç olduğu ve bu yöntemin kentsel ormancılık ağacı bakım uzmanlarına ağaç sağlığı, bakımı ve tehlikeli ağaç değerlendirmesi hakkında doğru kararlar vermede yardımcı olacağı belirtilmiştir (Qi ve ark., 2013). Liu ve Li tarafından Yangzhou Slender West Lake Parkında 3 adet kütük (biri sağlan ikisi

kusurlu) ve 4 adet canlı ağaç üzerinde ses dalga hızı kullanılarak yapılan çalışmada dalga yayılım modelinin doğru akustik tomografik görüntülerin oluşturulmasında etkili olduğu ifade edilmiştir (Liu ve Li, 2018). 2020 yılında yapılan bir çalışmada, akustik tomografinin canlı ağaçların içyapısını değerlendirmedeki yeteneklerini, iç çürüme alanlarının tanımlanmasına özel olarak odaklanarak analiz etmişler ve bu tekniğin çürümeyi tespit etmek için uygulanabilirliğini kanıtlamışlardır (Alani ve ark., 2020).

Gümüşhane'nin Şiran ilçesine bağlı Kırıntı köyünde bulunan kavak ağacı içindeki geniş çaplı kovuk dışardan gözlemlendiğinde de açıkça görülmektedir. Tomografi sonuçları ağacın içindeki boşluğu doğrulamıştır. Bu da bize arazi çalışması öncesi yapılan deneme ölçümlerinde olduğu gibi cihazın güvenilir olduğunu göstermiştir. Ses dalgası hız dağılımı tomografik görüntüsü, araştırılan bölümün mekanik özelliklerinin dağılımı ile iyi bir uyum içindedir ve bu nedenle bu yöntem yaygın olarak kullanılan ölçme yöntemlerinden biridir. Bu yöntem ağaç içerisindeki bozulmaların erken aşamalarında da etkilidir (Wilcox, 1988, Bauer ve ark., 1991).

Daha önce yapılan pek çok çalışma, akustik tomografi yönteminin doğruluğunun ve doğru sonuçların; ağacın boyutuna, sensör sayısına ve ahşabın türüne bağlı olduğunu ortaya koymuştur (Gilbert ve Smiley, 2004, Rabe ve ark., 2004, Wang ve ark., 2007, Liang ve ark., 2008, Wang ve ark., 2009, Lin ve ark., 2011, Li ve ark., 2012, Rollo ve ark., 2013).

Tabiat anıtı ağaçların üzerinde görsel değerlendirme ve akustik tomografi yönteminin birlikte kullanıldığı bu çalışmada ağaçların sağlık durumlarının belirlenmesinde görsel değerlendirmenin tek başına yeterli olmadığı, farklı değerlendirme yöntemlerinin birlikte kullanılmasının daha doğru sonuç vereceği sonucuna varılmıştır. Benzer olarak görsel değerlendirme ve akustik tomografi yönteminin birlikte kullanıldığı bir çalışmada; görsel değerlendirme yöntemine dayanarak, ağaç hasar seviyesi indeksinin ortalama değerinin %4.3 değerinde olduğu, akustik tomografi yönteminde ise ahşaba verilen hasarın ortalama %19.1 değerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu da görsel değerlendirme yönteminin yanı sıra ağaç durumunu değerlendirmek için akustik tomografinin kabul edilebilirliği kanıtlanmıştır (Karlinasari, 2018). Yakın zamanda Tarmu ve arkadaşları tarafından 2022 yılında örnek ağaçlar üzerinde önce görsel değerlendirme sonra akustik tomografi cihazı ile ölçümler ve daha sonra örnek ağaçlarının kesilerek kütük değerlendirmesi yapılan çalışmada; tomografi görüntülerinin ağır çürümüş ağaçları değerlendirirken görsel değerlendirmeden daha doğru olduğu ve çürümeyi değerlendirmek için güvenilir bir yöntem olarak kullanılabileceği ortaya koyulmuştur (Tarmu ve ark., 2022).

Bu çalışmada; ölçümleri yapılan 6 adet tabiat anıtı ağacından 5 tanesi görsel değerlendirmeye göre sağlıklı görünmekte idi. Ancak tomografi sonuçlarına göre 1 tanesinin sağlıklı olduğu diğer 5 tanesinde ise sağlık sorunları olduğu belirlenmiştir. Bali Botanik Bahçesi'nde yapılan bir araştırmada ilk olarak görsel değerlendirmede 497 ağaçtan düşük riskli 170 ağaç ve orta riskli 327 ağaç gözlemlendiği ve bu gözlemde yüksek riskli ağaçlar bulunmadığı, aynı ağaçların ArborSonic 3D akustik tomografi cihazı ile yeniden incelendiği belirtilerek bunun sonucunda 7 ağacın yüksek riskli ağaçlar olarak sınıflandırıldığı ortaya konmuştur. Sonuç olarak kusurlu bir ağacı belirlemede görsel değerlendirmenin yeterli olmadığı ortaya koyulmuştur. (Hanum ve ark., 2020).

Gümüşhane'nin Şiran ilçesine bağlı Kırıntı köyünde bulunan ardıç ağacı gövde, dal ve yaprak durumu dışardan gözlemlendiğinde sağlıklı görünmektedir. Tomografi sonuçlarına göre ağacın içerisinde geniş bir kovuk tespit edilmiştir. Ağaçların sağlık durumlarının belirlenmesinde ve iç çürümenin tespit edilmesinde farklı yöntemlerin kullanıldığı bir çalışmada; elektrikli tomografide gövdede kabaca ortalanmış düşük direnç bölgeleri saptanmış ve kesilen bölümlerle yapılan karşılaştırma, çürümüş alanlara karşılık geldiğini göstermiştir. Akustik tomografi ise iç çürüğün tespitini, kusurların pozisyonunu ve mekanik özellikler açısından boyutlarını, şekillerini tahmin etmede çok etkili bir araç olduğu gösterilmiştir (Nicolotti ve ark., 2003). ABD'de Capitol Parkta iki asırlık kızıl meşe (*Quercus rubra*) ağaçları üzerine yapılan bir araştırmada ise; ağaçlar önce görsel olarak incelenmiş ve daha sonra tek bir stres dalgası zamanlayıcısı, akustik bir tomografi ve bir direnç ölçüm matkabı kullanılarak değerlendirilmiştir. Ağaçlar daha sonra kesilerek her test yerinden bir disk elde edilmiş ve incelenmiştir. Sonuç olarak tomografi yöntemi, test edilen kesitler içindeki kusurun genel yerini ve büyüklüğünü doğru bir şekilde ortaya koymuştur (Wang ve Allison, 2008).

Bu çalışmada tarihi, kültürel ve ekolojik öneme sahip tabiat anıtı ağaçları seçilmiş olup akustik tomografi yönteminin kullanılmasındaki en önemli faktör; tarihi, kültürel ve ekolojik açıdan önemli olan tabiat anıtı ağaçlarının tahribatsız olarak sağlık durumlarının belirlenmesidir. Johnstone ve Moore tarafından 2010 yılında yapılan çalışmada; tomografik teknolojilerin çekirdek örnekleme, tek numune iletkenliği ve tek darbeli sonik cihazlara kıyasla daha doğru bir değerlendirme sağladığı, ayrıca tomografi, daha az yetenekli olmasına rağmen, sürekli besleme matkaplarından ve karot örnekleme cihazlarından daha tahribatsız olduğu ifade edilmiştir (Johnstone, Moore, ve ark., 2010). Güney Kore'de 2021 yılında yapılan bir araştırmada; korunan ağaçlar olarak işaretlenen Makino ağaçları üzerinde tahribatsız akustik tomografi ve tahribatlı

mikro sondaj yöntemleri kullanılmıştır. Yapılan çalışmada; ağaçların %75'inde kusurlar gözlemlenmiştir. Tahribatsız akustik tomografi yönteminde elde edilen sonuçlar ile tahribatlı mikro sondaj yönteminde elde edilen sonuçlar arasındaki önemli bir fark görülmemiştir (Son ve ark., 2021).

Bu çalışmada uygulanan akustik tomografi yönteminde her bir ağaç ölçümü için yaklaşık yarım saat sürmüştür. Bu yöntemin uzun zaman aldığından ormancılık uygulamalarında kullanımının verimli olmayacağı düşünülmektedir. Gergel ve arkadaşlarının 2019 yılında yaptığı çalışmada, Arbotom 3D ve ArboSonic 3D gibi cihazların ölçümleri uzun zaman aldığından dolayı bu yöntemlerin ormancılıkta verimli olmadığını belirten ifade ile bu görüşümüzü desteklemektedirler. (Gergel ve ark., 2019). Akustik tomografi yönteminin kullanıldığı bir başka çalışmada, bu yöntemin ayakta duran ağaçlardaki çürümenin tahmini için kullanılabileceği, belediye meclisleri için önemli ekonomik tasarruflar sağlayabileceği ve ağaç tehlikesinin tespiti için çok değerli olduğunu ortaya koymuştur (Deflorio ve ark., 2008).

Akustik tomografi yönteminde cihaz bağlantısının uzun zaman alması, bilgisayar bağlantısında sorunlar yaşanabilmesi, pil ve şarj eksikliği gibi sorunlarla karşılaşılabilmesi, bazı ağaçların kalın çaplı olmasından dolayı ölçümlerinin zor olması, arazi şartlarının aşırı zor olması gibi olumsuzluklar ölçümlerin aksamasına ve sürelerinin uzamasına neden olabilmektedir. Şehir ve park ağaçlarının sağlık durumunun tespitinde ölçüm için gereken süreyi değerlendirmek için yapılan akustik tomografi ve elektriksel direnç tomografisi yöntemlerinin kullanıldığı bir çalışma, orta derece zorluktaki bir ağacın 1 kişi ile taranmasının yaklaşık 52 dakika, 2 kişi ile taranmasının yaklaşık 37 dakika sürdüğünü, iki kişilik bir ekipte çalışmanın orta derecede daha verimli olduğunu göstermiştir (Baláš ve ark., 2020).

Tomografi cihazının arazide ağaca bağlanıp uygulama esnasında bir çok kez sorun yaşanmış ve sensörlerden veri alınamamıştır. Bu durumda işlem defalarca tekrarlanmış ve sorun çözülmüştür. Nicolotti ve arkadaşları tarafından 2003 yılında ses dalgası hız ölçümleri ile ilgili olarak sensörlerin kabuğa bağlanması, doğru bir okumayı önleyebilecek bir unsur olduğunu belirtilerek bu yöntemin iç çürüğün tespitinde, anomalilerin pozisyonunu doğru bir şekilde tespit etmede ve mekanik özellikler açısından boyutlarını, şekillerini ve özelliklerini tahmin etmede tahribatsız etkili bir araç olduğu ifade edilmiştir (Nicolotti ve ark., 2003).

Bu çalışmada arazi şartlarında bir takım ekstrem durumlarla da karşılaşmıştır. Gümüşhane'de bulunan Örümcek Ormanı Göknarı ağaçlarının ve Artvin'de bulunan ladin ağacının tomografi

sonuçlarında gövde içerisinde geniş kovuklar tespit edilmiştir. Ölçümde hata olma ihtimali göz önünde bulundurularak farklı zamanda ölçümler tekrarlanmış ve bir önceki tomografiye benzer bir görüntü elde edilmiştir. Ölçümler zaman alıcı ve zor şartlarda olsa bile doğru veri elde etmek için ölçümleri tekrarlamak gerekebileceği kanısına varılmıştır. Rinn 2017 yılında yaptığı çalışmada ağaç riski değerlendirmesi için akustik tomografi kullanımının artmakta olduğunu ancak sonuçların sıklıkla yanlış anlaşıldığı ve yanlış yorumlanabildiği belirtmiştir (Rinn, 2017). Ayrıca Artvin’de bulunan doğu kayını boğumlu gövde yapısı ve 10 metre çevre genişliğine sahip olmasından dolayı göğüs yüksekliğinde cihaz bağlantısı yapılamamıştır. Bu nedenle gerekli güvenlik önlemleri alınarak çevre genişliğinin biraz daha azaldığı 3 metre yükseklikte ölçüm yapılabilmektedir. 2020 yılında yapılan bir çalışmada; çoğu kent ağacının kesitlerinin dairesel olmadığı, aynı kesitte birden fazla tek akustik ölçüm yapmak ve ardından sonuçları tomografi benzeri bir çizimde manuel olarak birleştirmek gerektiği ve bu sürecin her kesit için saatler sürdüğünden ekonomik bir yaklaşım olmadığı belirtilerek bu süreci kolaylaştırmak amacıyla tek adımlı bir tomografik değerlendirme oluşturmak için ağacın çevresine birden fazla sensör zinciri bağlandığı ve bu sayede sağlam sonuçlar alındığı ortaya koyulmuştur. (Rinn, 2020).

Gümüşhane’de Örümcek Ormanında birbirlerine yaklaşık 50 metre mesafede bulunan göknar1 ve göknar2 ağaçlarının tomografi sonuçları birbirlerine benzerlik göstermektedir. İki ağacın da içinde geniş kovuklar tespit edilmiştir. Ancak göknar2’de tespit edilen kovuk göknar1’de tespit edilenden daha büyüktür. Akustik tomografi görüntülerinde içinde geniş kovuk tespit edilen Göknar2 ağacı eğimli durması ve araç yoluna olan yakınlığı ile tehlike oluşturduğu kanaatine varılmıştır. Ülkemizde bu şekilde tehlike oluşturan pek çok ağaç çeşitli kazalara neden olmaktadır. Bunun bir örneği Bursa İznik’te yaşanmıştır. 2022 yılında Bursa İznik’te yaklaşık 300 yaşında bir çınar ağacı yolun diğer tarafında bir iş yerinin çatısına düşmüştür (URL-2). Yine 2022 yılında bir çınar ağacı yola devrilerek o sırada yolda bulunan beş araçta maddi hasara yol açmıştır (URL-3). Ayrıca yine 2022 yılında İstanbul Beşiktaş Çırağan Caddesinde 112 adet çınar ağacı kansere yakalandığı ve devrilme riski taşıdığı için İstanbul Büyükşehir Belediye tarafından kesilmiştir (URL-4).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak bu çalışma; Doğu Karadeniz’de bulunan tabiat anıtı statülü 6 adet ağaç üzerinde yapılmış ve elde edilen sonuçlara göre tabiat anıtı ağaçlarından 1 tanesinin sağlıklı diğer 5 tanesinin ise sağlık durumunun bozuk olduğu belirlenmiştir.

Arazi öncesi kesilmiş tomruklar ile yapılan akustik tomografi denemeleri ve arazide elde edilen akustik tomografi verileri cihazın güvenilir olduğunu ve tabiat anıtı ağaçlarının sağlık durumlarının belirlenmesinde etkili bir araç olduğunu göstermiştir.

Görsel değerlendirme ve akustik tomografi yönteminin birlikte kullanıldığı bu çalışmada araçların sağlık durumlarının belirlenmesinde görsel değerlendirmenin tek başına yeterli olmadığı, farklı değerlendirme yöntemlerinin birlikte uygulanmasının daha etkili olacağı sonucuna varılmıştır.

Arborsonic 3D Akustik Tomografi Cihazı ile akustik tomografi ölçümü her bir ağaç için yaklaşık yarım saat kadar bir zaman aldığından, bu yöntemin ormancılık uygulamalarında kullanımı verimli olmayacaktır. Ancak park ve bahçelerde bulunan veya özel statüye sahip ağaçların sağlık durumlarının belirlenmesinde kullanılmasının daha uygun olacağı belirlenmiştir.

Gümüşhane’de bulunan Gökna1 ağacında tespit edilen boşluk az olmakla birlikte genel sağlık durumu iyi görünmektedir. Gökna1 ağacında 3 boyutlu tomografi taramaları yapılarak boşluğun nereye kadar devam ettiğinin tespit edilmesi uygun olacaktır.

Akustik tomografi görüntülerinde içinde geniş boşluk tespit edilen Gökna2 ağacı eğimli durması ve araç yoluna olan yakınlığı ile tehlike oluşturmaktadır. Bu nedenle gökna2 ağacının çevreye zarar vermeden tabiat anıtı statüsünün iptal edilerek kesilmesi önerilmektedir.

Gümüşhane’nin Şiran ilçesine bağlı Kırıntı köyünde bulunan ve tomografi sonuçlarına göre içerisinde geniş bir kovuk tespit edilen ardıç ağacı için; tespit edilen kovukla ilgili ardıç talaşı ve ardıç katranı karışımı enjekte edilmek suretiyle tedavi yöntemi uygulanabilir ancak ağacın yaşının 700’ün üzerinde olması ve dışardan görünen sağlıklı yapısı göz önünde bulundurularak karar verilmesi önerilmektedir. 3 boyutlu tomografi ölçümlerinin ve türün yapısına göre detaylı taramaların yapılması hangi tür müdahalelerin yapılması gerektiği konusunda fikir verebilir.

Arazi çalışmaları sırasında arazi şartlarının zorluğu, cihazın ağaca bağlanması, bilgisayarın kurulması, cihaz ile bilgisayar arasında bağlantının sağlanması ve ölçümlerin yapılarak

tomografik görüntülerin elde edilmesi süreç olarak her bir ağaç için zor ve zaman alan bir yöntemdir. Bu nedenle arazi ölçümlerinin tek kişi ile değil en az iki kişi ile gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

Bazı tabiat anıtı ağaçlarının çaplarının büyük olmasından dolayı göğüs yüksekliğinde cihaz bağlantısı yapılamamıştır. Ölçümlerde kullanılan sensör sayısı ağaç çapına göre belirlenmeli mümkünse büyük çaplı ağaçlarda başarılı bir ölçüm gerçekleştirmek için her 30 cm de bir sensör kullanılmalıdır.

Bu çalışmada kullandığımız Arborsonic 3d Akustik Tomografi Cihazı ile tabiat anıtı ağaçlarının 2 boyutlu tomografi görüntüleri elde edilmiştir. Elimizdeki sensör sayısı sınırlı olduğundan 3 boyutlu tomografi görüntüleri çıkarılamamıştır. Tabiat anıtı ağaçlarının 3 boyutlu tomografi görüntüleri de elde edilerek ağacın gövdesi boyunca sağlık durumu da belirlenebilir.

Bu çalışmada tabiat anıtı ağaçlarının sağlık durumlarının belirlenmesinde önemli sonuçlara ulaşılmış olup daha sonradan yapılacak bu tür bilimsel çalışmalara ışık tutacaktır.

KAYNAKLAR

- Alani, A. M., Chambers, J., Melarange, P., Lantini, L. ve Tosti, F. 2020. The use of ultrasonic tomography for the non-destructive assessment of tree trunks. *EGU General Assembly, EGU2020-20872*.
- Allison, R. B., Wang, X. ve Ross, R. J. 2008. Visual and nondestructive evaluation of red pines supporting a ropes course in the USFS Nesbit Lake Camp, Sidnaw, Michigan. Proceedings of the 15th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood: Sept. 10-12, 2007. Madison, WI: Forest Products Society, c2008: pages 43-48.,
- Alptekin, C., İmal, B. ve Öner, N. 2010. Ülkemizde doğal korunan alanlar ve milli parklarda alınabilecek silvikültürel önlemler. III. *Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, 3, 915-926.
- Altunöz, Ö. 2014. Hamsilos Tabiat Parkı'nın rekreasyon potansiyelini belirlemeye yönelik bir araştırma. *Journal of Recreation and Tourism Research*, 1(1), 20-38.
- Alves, R. C., Mantilla, J. N. R., Bremer, C. F. ve Carrasco, E. V. M. 2015. Application of acoustic tomography and ultrasonic waves to estimate stiffness constants of muiracatiara Brazilian wood. *Bioresources*, 10(1), 1845-1856.
- Asan, Ü. 1987. Türkiye ormanlarında saptanabilen anıt nitelikli ağaçların dünyadaki benzerleriyle karşılaştırılması. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 37(2).
- Atik, M., Altan, T. ve Artar, M. 2006. Turizm ve doğa koruma "Güney Antalya Bölgesi": gelişmeler ve sonuçları. *Akdeniz üniversitesi ziraat fakültesi dergisi*, 19(2), 165-177.
- Bakır, D. 2012. Artvin yöresindeki tel direklerinde kusur ve hasarların tespiti *Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Baláš, M., Gallo, J. ve Kuneš, I. 2020. Work sampling and work process optimization in sonic and electrical resistance tree tomography. *Journal of Forest Science*, 66(1), 9-21.
- Bauer, C., Kilbertus, G. ve Bucur, V. 1991. Technique ultrasonore de caracterisation du degre d'alteration des bois de hetre et de pin soumis a l'attaque de differents champignons. *Holzforschung*, 45(1), 41-46.
- Beall, F. ve Wilcox, W. 1987. Relationship of acoustic emission during radial compression to mass loss from decay. *Forest products journal*, 37(4), 38-42.
- Beyza, Ş. 2002. Doğa koruma ve çevre eğitimi açısından arboretumların işlevleri ve atatürk arboretumu. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 56(2), 253-270.
- Biagi, E., Gatteschi, G., Masotti, L., Zanini, A., Cerofolini, M. ve Lorenzi, A. 1994. Tomografia ad ultrasuoni per la caratterizzazione difettologica del legno. *Alta frequenza-Rivista di elettronica*, 6(2), 48-57.
- Blanchette, R., Otjen, L., Effland, M. ve Eslyn, W. 1985. Changes in structural and chemical components of wood delignified by fungi. *Wood Science and Technology*, 19(1), 35-46.
- Brancheriau, L., Lasaygues, P., Debieu, E. ve Lefebvre, J. P. 2008. Ultrasonic tomography of green wood using a non-parametric imaging algorithm with reflected waves. *Annals of Forest Science*, 65(7), 1.
- Brazee, N. J., Marra, R. E., Göcke, L. ve Van Wassenaeer, P. 2011. Non-destructive assessment of internal decay in three hardwood species of northeastern North America using sonic and electrical impedance tomography. *Forestry*, 84(1), 33-39.
- Bucur, V. 1995. Acoustics of wood. CRC Publ. Inc., Boca Raton, USA.
- Bucur, V. 2003. Techniques for high resolution imaging of wood structure: a review. *Measurement Science and Technology*, 14(12), R91.
- Bucur, V. ve Archer, R. 1984. Elastic constants for wood by an ultrasonic method. *Wood Science and Technology*, 18(4), 255-265.

- Büyüköztürk, O. ve Yu, T.-Y. 2009. Far-field radar NDT technique for detecting GFRP debonding from concrete. *Construction and Building Materials*, 23(4), 1678-1689.
- Chen, Y. ve Guo, W. 2017. Nondestructive evaluation and reliability analysis for determining the mechanical properties of old wood of ancient timber structure. *Bioresources*, 12(2), 2310-2325.
- Chomicz, E. 2013. Incidence of butt rot in Norway spruce seed stands in Poland's mountain regions assessed with sonic tomography. *Folia Forestalia Polonica*, 55(4), 174-180.
- Chuang, S.-T. ve Wang, S.-Y. 2001. Evaluation of standing tree quality of Japanese cedar grown with different spacing using stress-wave and ultrasonic-wave methods. *Journal of Wood Science*, 47(4), 245-253.
- Colla, C. 2016. Verification of sonic tomography outcome through local testing of mechanical properties in historic timber beam. *Wiadomości Konserwatorskie*(47), 71--79.
- Comino, E., Socco, L., Martinis, R., Nicolotti, G. ve Sambuelli, L. 2000. Ultrasonic tomography for wood decay diagnosis. *Mitteilungen-Biologischen Bundesanstalt Fur Land Und Forstwirtschaft*, 279-279.
- Çalık, İ. ve Barış, P. 2019. Korunan alanların sürdürülebilir turizm kapsamında değerlendirilmesi: Gümüşhane Limni Gölü Tabiat Parkı örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10, 159-169.
- Çolak, A. H. 2001. Ormanda doğa koruma: (kavramlar, prensipler, stratejiler, önlemler). *Milli Parklar ve Av-Yaban Hayatı Genel Müdürlüğü Yayını* 354s.
- Deflorio, G., Fink, S. ve Schwarze, F. W. 2008. Detection of incipient decay in tree stems with sonic tomography after wounding and fungal inoculation. *Wood Science and Technology*, 42(2), 117-132.
- Dirik, H. 2005. Kırsal Peyzaj (Planlama Ve Uygulama İlkeleri) Ders Kitabı. *Ü Yayın*(4559).
- Dudkiewicz, M. ve Durlak, W. 2021. Sonic tomograph as a tool supporting the sustainable management of historical greenery of the umcs botanical garden in Lublin. *Sustainability*, 13(16), 9451.
- Erz, W. 1980. Naturschutz-Grundlagen, Probleme und praxis. *Handbuch für Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt, Bd, 3*, 560-637.
- Espinosa, L., Arciniegas, A., Cortes, Y., Prieto, F. ve Brancheriau, L. 2017. Automatic segmentation of acoustic tomography images for the measurement of wood decay. *Wood Science and Technology*, 51(1), 69-84.
- Ganthaler, A., Sailer, J., Bär, A., Losso, A. ve Mayr, S. 2019. Noninvasive analysis of tree stems by electrical resistivity tomography: unraveling the effects of temperature, water status, and electrode installation. *Frontiers in plant science*, 10, 1455.
- Gao, S., Wang, N., Wang, L. ve Han, J. 2014. Application of an ultrasonic wave propagation field in the quantitative identification of cavity defect of log disc. *Computers and Electronics in Agriculture*, 108, 123-129.
- Gergel', T., Bucha, T., Gejdoš, M. ve Vyhnáliková, Z. 2019. Computed tomography log scanning—high technology for forestry and forest based industry. *Lesnický Casopis*, 65(1), 51-59.
- Gilbert, E. A. ve Smiley, E. T. 2004. Picus sonic tomography for the quantification of decay in white oak (*quercus alba*) and hickory (*carya spp.*). *Journal of arboriculture*, 30(5), 277-281.
- Gilbert, G. S., Ballesteros, J. O., Barrios-Rodriguez, C. A., Bonadies, E. F., Cedeño-Sánchez, M. L., Fossatti-Caballero, N. J., Trejos-Rodríguez, M. M., Pérez-Suñiga, J. M., Holub-Young, K. S. ve Henn, L. A. 2016. Use of sonic tomography to detect and quantify wood decay in living trees. *Applications in plant sciences*, 4(12), 1600060.

- Göcke, L., Rust, S., Weihs, U., Günther, T. ve Rücker, C. 2007. Combining sonic and electrical impedance tomography for the nondestructive testing of trees. *Proceedings of the 15th international symposium on nondestructive testing of wood*, 31-42.
- Guntekin, E., Emiroglu, Z. G. ve Yilmaz, T. 2013. Prediction of bending properties for turkish red Pine (*Pinus brutia* Ten.) lumber using stress wave method. *Bioresources*, 8(1), 231-237.
- Gül, A. 2005. Korunan doğal alanların planlama sorunları ve ekolojik yönetim planı önerisi. *Çevre ve Orman Bakanlığı*, 1, 1421-1429.
- Hanum, S. F., Dharma, I. D. P., Atmaja, M. B. ve Oktavia, G. A. E. 2020. Tree risk assessment with sonic tomograph method at Bali Botanical Garden. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 26(3), 233-233.
- Heineman, K., Russo, S., Baillie, I., Mamit, J., Chai, P.-K., Chai, L., Hindley, E., Lau, B.-T., Tan, S. ve Ashton, P. 2015. Evaluation of stem rot in 339 Bornean tree species: implications of size, taxonomy, and soil-related variation for aboveground biomass estimates. *Biogeosciences*, 12(19), 5735-5751.
- Helmanto, H., Kristiati, E., Wardhani, F., Zulkarnaen, R. ve Rachmadiyanto, A. 2018. Tree health assessment of *Agathis borneensis* Warb. in Bogor Botanical Garden using arborsonic. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 203(1), 012032.
- Hoyle, R. ve Pellerin, R. 1978. Stress wave inspection of a wood structure. *Proceedings, 4th symposium on nondestructive testing of wood*, 28-30,
- İnanç, S. 2005. Türkiye’de doğa koruma ve koruma yapıları. *Korunan Doğal Alanlar Sempozyumu*, 8-10 Eylül 2005.
- Indahsuary, N., Nandika, D., Karlinasari, L. ve Santoso, E. 2014. Reliability of sonic tomography to detect agarwood in *Aquilaria microcarpa* Baill. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, 11(1), 65-71.
- Ishaq, I., Alias, M., Kadir, J. ve Kasawani, I. 2014. Detection of basal stem rot disease at oil palm plantations using sonic tomography. *Journal of Sustainability Science and Management*, 9(2), 52-57.
- Jalil, A.-M., Abdul-Hamid, H., Anwar-Uyup, M.-K., Md-Tahir, P., Mohd-Razali, S., Mohd-Noor, A.-A., Syazwan, S. A., Shamsul-Anuar, A.-S., Mohamad Kasim, M. R. ve Mohamed, J. 2022. Assessment of the effects of artificial fungi inoculations on agarwood formation and sap flow rate of *aquilaria malaccensis* lam. Using sonic tomography (SoT) and sap flow meter (SFM). *Forests*, 13(10), 1731.
- Johnstone, D., Moore, G., Tausz, M. ve Nicolas, M. 2010. The measurement of wood decay in landscape trees. *Arboriculture & Urban Forestry*, 36(3), 121-127.
- Johnstone, D., Tausz, M., Moore, G. ve Nicolas, M. 2010. Quantifying wood decay in Sydney bluegum (*Eucalyptus saligna*) trees. *Journal of arboriculture*, 36(6), 243.
- Karlinasari, L. 2018. The assessment of canary trees in the Bogor Botanic Gardens using forest health monitoring and sonic tomography methods. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 203(1), 012025.
- Karlinasari, L., Indahsuary, N., Kusumo, H., Santoso, E., Turjaman, M. ve Nandika, D. 2015. Sonic and ultrasonic waves in agarwood trees (*Aquilaria microcarpa*) inoculated with *Fusarium solani*. *Journal of Tropical Forest Science*, 351-356.
- Karlinasari, L., Lestari, A., Nababan, M., Siregar, I. ve Nandika, D. 2018. Assessment of urban tree condition using sonic tomography technology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 203(1), 012030.
- Karlinasari, L., Putri, N., Turjaman, M., Wahyudi, I. ve Nandika, D. 2016. Moisture content effect on sound wave velocity and acoustic tomograms in agarwood trees (*Aquilaria malaccensis* Lamk.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40(5), 696-704.

- Koday, S., Kaymaz, H. ve Kaya, G. 2018. Kuzalan Tabiat Parki'nin doğa turizm potansiyeli (Dereli-Giresun). *Marmara Coğrafya Dergisi*(37), 124-143.
- Kucera, L. ve Niemz, P. 1998. Fäule in Bäumen erkennen. *Wald Holz*, 2, 27-30.
- Kurdoğlu, O. 2007. Dünyada doğayı koruma hareketinin tarihsel gelişimi ve güncel boyutu.
- Kuvan, Y. 1991. Avrupa topluluğu tarafından yapılan korunan alan sınıflandırması ve ülkemizdeki korunan alanların bir değerlendirilmesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 41(3-4), 121-128.
- Li, G., Wang, X., Feng, H., Wiedenbeck, J. ve Ross, R. J. 2014. Analysis of wave velocity patterns in black cherry trees and its effect on internal decay detection. *Computers and Electronics in Agriculture*, 104, 32-39.
- Li, L., Wang, X., Wang, L. ve Allison, R. B. 2012. Acoustic tomography in relation to 2D ultrasonic velocity and hardness mappings. *Wood Science and Technology*, 46(1), 551-561.
- Liang, S., Wang, X., Wiedenbeck, J., Cai, Z. ve Fu, F. 2008. Evaluation of acoustic tomography for tree decay detection. In *Proceedings of the 15th International Symposium on Non-destructive Testing of Wood*. Forest Products Society, Duluth., 49-54.
- Liao, C., Zhang, H., Song, X., Chen, T. ve Huang, S. 2017. The screening method of the internal defects in wood members of the ancient architectures by hammering sound. *Bioresources*, 12(2), 2711-2720.
- Lin, C.-J., Chang, T.-T., Juan, M.-Y., Lin, T.-T., Tseng, C.-L., Wang, Y.-N. ve Tsai, M.-J. 2011. Stress wave tomography for the quantification of artificial hole detection in camphor trees (*Cinnamomum camphora*). *Taiwan Journal of Forest Science*, 26(1), 17-32.
- Lin, C., Chiu, C. ve Wang, S. 2000. Application of ultrasound in detecting wood decay in squirrel-damaged standing trees of Luan-ta China fir. *Taiwan Journal of Forest Science*, 15(2), 267-279.
- Lin, C., Chung, C., Wu, M. ve Cho, C. 2013. Detection of *Phellinus noxius* decay in *Sterculia foetida* tree. *Journal of Tropical Forest Science*, 487-496.
- Liu, L. ve Li, G. 2018. Acoustic tomography based on hybrid wave propagation model for tree decay detection. *Computers and Electronics in Agriculture*, 151, 276-285.
- Longuetaud, F., Mothe, F., Kerautret, B., Krähenbühl, A., Hory, L., Leban, J. M. ve Debled-Rennesson, I. 2012. Automatic knot detection and measurements from X-ray CT images of wood: a review and validation of an improved algorithm on softwood samples. *Computers and Electronics in Agriculture*, 85, 77-89.
- Marra, R. E., Brazee, N. J. ve Fraver, S. 2018. Estimating carbon loss due to internal decay in living trees using tomography: implications for forest carbon budgets. *Environmental Research Letters*, 13(10), 105004.
- Martinis, R. 2002. *Nondestructive techniques for decay diagnosis on standing trees* Thesis University of Florence, Italy].
- Mattheck, C. G. ve Bethge, K. A. 1993. Detection of decay in trees with Metriguard stress wave timer. *Journal of arboriculture*, 19, 374-374.
- Merlo, E., Alvarez, J. G., Santaclara, O. ve Riesco, G. 2014. Modelling modulus of elasticity of *Pinus pinaster* Ait. in northwestern Spain with standing tree acoustic measurements, tree, stand and site variables. *Forest systems*, 23(1), 153-166.
- Mortan, M. 1991. Türkiye'de doğa koruma çalışmalarının büyük menderes deltası örneği ile uygulama olanakları ve sınırları üzerinde araştırmalar (*Basılmamış Yüksek Lisans Tezi*), Ege Üniv. Fen Bilimleri Enst., İzmir.
- Nicolotti, G., Socco, L., Martinis, R., Godio, A. ve Sambuelli, L. 2003. Application and comparison of three tomographic techniques for detection of decay in trees. *Journal of arboriculture*, 29(2), 66-78.

- Okochi, T., Hoshino, Y., Fujii, H. ve Mitsutani, T. 2007. Nondestructive tree-ring measurements for Japanese oak and Japanese beech using micro-focus X-ray computed tomography. *Dendrochronologia*, 24(2-3), 155-164.
- Özhancı, E. ve Yılmaz, H. 2015. Doğa sevgisi değeri (doğayı koruma ve doğadan yararlanma) ve peyzaj mimarlığı eğitimi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1), 39-45.
- Öztürk, S. ve Aydoğdu, A. 2012. Ilgaz Dağı Milli Parkı'nın rekreasyonel olanakları, I. *Rekreasyon Araştırmaları Kongresi*, 12-15.
- Pellerin, R. F. ve Ross, R. J. 2002. Nondestructive evaluation of wood. *Forest Products Society*.
- Pereira-Rollo, L. C., Silva Filho, D. F. d., Tomazello Filho, M., Moraes, S. d. O. ve Couto, H. T. Z. d. 2014. Can the impulse propagation speed from cross-section tomography explain the conditioned density of wood? *Wood Science and Technology*, 48(4), 689-701.
- Pereira, L. F. A., Janssens, E., Cavalcanti, G. D., Tsang, R., Van Dael, M., Verboven, P., Nicolai, B. ve Sijbers, J. 2017. Inline discrete tomography system: Application to agricultural product inspection. *Computers and Electronics in Agriculture*, 138, 117-126.
- Putz, F., Blate, G., Redford, K., Fimbel, R. ve Robinson, J. 2001. Tropical forest management and conservation of biodiversity: an overview. *Conservation Biology* 15, 7-20.
- Putz, F. E., Coley, P. D., Lu, K., Montalvo, A. ve Aiello, A. 1983. Uprooting and snapping of trees: structural determinants and ecological consequences. *Canadian Journal of Forest Research*, 13(5), 1011-1020.
- Qi, Y., Foster, B., Ferchaud, V. ve Collins, D. 2013. Detecting internal decay in trees using sonic tomography technology. *Urban Forestry Natural Resources and Environment*, 605, 1-6.
- Qiu, Q., Qin, R., Lam, J. H., Tang, A. M., Leung, M. W. ve Lau, D. 2019. An innovative tomographic technique integrated with acoustic-laser approach for detecting defects in tree trunk. *Computers and Electronics in Agriculture*, 156, 129-137.
- Rabe, C., Ferner, D., Fink, S. ve Schwarze, F. 2004. Detection of decay in trees with stress waves and interpretation of acoustic tomograms. *Arboricultural Journal*, 28(1-2), 3-19.
- Rachmadiyanto, A., Helmanto, H. ve Rinandio, D. 2019. Tree health analyzing of malvaceae collections in Bogor Botanical Gardens. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 298 012017.,
- Rayner, A. D. ve Boddy, L. 1988. Fungal decomposition of wood. Its biology and ecology. *John Wiley & Sons Ltd*.
- Rinn, F. 1999. Device for investigation materials: combined three-dimensional stress-wave and impedance tomography using sensor chains. *PCT/DE00/01467 (1999.05. 11)*.
- Rinn, F. 2013. Shell-wall thickness and breaking safety of mature trees. *West. Arborist*, 3, 40-44.
- Rinn, F. 2014. Central basics of sonic tree tomography. *J Soc Comm Arb*, 19, 8-10.
- Rinn, F. 2015. Central defects in sonic tree tomography. *West Arborist*, 20, 38-41.
- Rinn, F. 2017. Key result of sonic tree tomography. *Western Arborist, Fall, 2017*, 43-47.
- Rinn, F. 2020. How sensor positioning influences sonic tomography results. *West Arborist*, 49-54.
- Rollo, F. M. d. A., Junior, M. A. S., Viana, S. M., Rollo, L. C. P., do Couto, H. T. Z. ve da Silva Filho, D. F. 2013. Comparison between resistography readings and tomographic images for internal assessment in trees trunks. *Cerne*, 19(2), 331-337.
- Ross, R. 1999. Using sound to evaluate standing timber. *International Forestry Review*, 1, 43-44.
- Ross, R. J. ve Pellerin, R. F. 1994. Nondestructive testing for assessing wood members in structures. *United States General Technical Report FPL-GTR-70*.
- Rust, S. 2017. Accuracy and reproducibility of acoustic tomography significantly increase with precision of sensor position. *J For Landscape Res*, 1, 1-6.

- Schad, K. C., Schmoldt, D. L. ve Ross, R. J. 1996. Nondestructive methods for detecting defects in softwood logs. *US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory* (Vol. 546).
- Schubert, S., Gsell, D., Dual, J., Motavalli, M. ve Niemz, P. 2009. Acoustic wood tomography on trees and the challenge of wood heterogeneity. 63(1), 107-112.
- Schwarze, F. 2000. Prognose der Fäuledynamik im lebenden Baum. *Stadt und Grün*, 10, 687-693.
- Sezen, J. 2017. Türkiye ve dünyada korunan alanlara yönelik çevre bilincinin önemi. *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi (IBAD)*, 2(2), 165-177.
- Sezer, İ. 2015. Koç Kayası Tabiat Parkı'nın ekoturizm olanakları açısından değerlendirilmesi. *Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(12), 172-207.
- Socco, L., Sambuelli, L. ve Nicolotti, G. 2004. Ultrasonic tomography for non destructive testing of living trees. *GNGTS-Atti del*, 19.
- Son, J., Kim, S., Shin, J., Lee, G. ve Kim, H. 2021. Reliability of non-destructive sonic tomography for detection of defects in old *Zelkova serrata* (Thunb.) Makino trees. *Forest Science and Technology*, 17(3), 110-118.
- T.C. Resmi Gazete, 1983. *Milli Parklar Kanunu* 11.08.1983, 18132, 14-15.
- Tarmu, T., Kiviste, A., Näkk, A., Sims, A. ve Laarmann, D. 2022. The application of sonic tomography (PiCUS 3 Sonic Tomograph) to detect and quantify hidden wood decay in managed Norway spruce stands. *Forests*, 13(8), 1260.
- Tomikawa, Y., Iwase, Y., Arita, K. ve Yamada, H. 1986. Nondestructive inspection of a wooden pole using ultrasonic computed tomography. *IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control*, 33(4), 354-358.
- URL-1. <https://www.tarimorman.gov.tr/DKMP/Menu/29/Tabiat-Anitlari>
- URL-2. <https://www.aksam.com.tr/guncel/iznikte-300-yillik-cinar-agaci-devrildi/haber-1328294>
- URL-3. <https://medyabar.com/haber/12579961/allahtan-o-araclarda-kimse-yoktu-cinar-agaci-araci-ikiye-boldu>
- URL-4. <https://www.ntv.com.tr/turkiye/ciragan-caddesindeki-112-cinar-agaci-kesildi,FGrL3EasvU6NhUtoVDDT0A>
- Uslu, A. 2022. Fotogrametri tekniği kullanılarak anıt ağaçların dijital belgelenmesi: Mızık Çamı Tabiat Anıtı örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 24(1), 1-12.
- Vizvari, Z., Toth, A., Divos, F., Klincsik, M., Sari, Z. ve Odry, P. 2019. Non-Destructive Assessment of Living Trees by using Electric Resistive Tomography. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 15, 455-462.
- Wang, X. ve Allison, R. B. 2008. Decay detection in red oak trees using a combination of visual inspection, acoustic testing, and resistance microdrilling. *Arboriculture & urban forestry*. Vol. 34, no. 1 (Jan. 2008): Pages 1-4.
- Wang, X., Allison, R. B., Wang, L. ve Ross, R. J. 2007. Acoustic tomography for decay detection in red oak trees. *Research Paper FPL-RP-642*. Madison, WI: *US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory*. 7 pages., 642.
- Wang, X., Divos, F., Pilon, C., Brashaw, B. K., Ross, R. J. ve Pellerin, R. F. 2004. Assessment of decay in standing timber using stress wave timing nondestructive evaluation tools: a guide for use and interpretation. *Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-147*. Madison, WI: *US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory*, 2004. 12 pages, 147.
- Wang, X., Wiedenbeck, J. ve Liang, S. 2009. Acoustic tomography for decay detection in black cherry trees. *Wood and fiber science* 2009 41(2), 127-137.
- Wilcox, W. W. 1988. Detection of early stages of wood decay with ultrasonic pulse velocity. *Forest products journal*, 38(5), 68-73.

- Yamamoto, K., Sulaiman, O. ve Hashim, R. 1998. Nondestructive detection of heart rot of *Acacia mangium* trees in Malaysia. *Forest products journal*, 48(3), 83.
- Yu, T.-Y., Boyaci, B. ve Wu, H. F. 2013. Simulated transient electromagnetic response for the inspection of GFRP-wrapped concrete cylinders using radar NDE. *Research in Nondestructive Evaluation*, 24(3), 125-153.
- Yücel, M. 2005. *Doğa koruma*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayını: 85, Ders Kitabı: 2.
- Yücel, M. ve Babuş, D. 2005. Doğa korumanin tarihçesi ve Türkiye'deki gelişmeler. *Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü DOA Dergisi*, 11, 151-175.
- Zuhri, M., Sunandar, D., Rustandi, U., Nadhifah, A., Kurniawati, F. ve Iskandar, E. 2018. The detection of wood decay of trees collection *Agathis borneensis* and *Castanopsis argentea* at the public area in Cibodas Botanical Garden. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,



	LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ Özgeçmiş	Doküman No	LEE-FR-0085
		İlk Yayın Tarihi	01.04.2022
		Revizyon Tarihi	-
		Revizyon No	00
		Sayfa	1/1

Adı Soyadı:	Sedat KARA			
Öğrenim Durumu				
Derece	Okulun Adı	Program	Yer	Yıl
İlköğretim	Dr. Hasan Akgün İlköğretim Okulu	8 Yıllık (5+3)	Büyükçekmece/ İstanbul	1998
Ortaöğretim				
Lise	Büyükçekmece Lisesi	3 Yıllık	Büyükçekmece/ İstanbul	2001
Lisans	Kafkas Üniversitesi	Artvin Orman Fakültesi – Orman Mühendisliği Böl.	Artvin	2007
Yüksek Lisans	Artvin Çoruh Üniversitesi	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü – Tezli Yüksek Lisans	Artvin	2023
İş Deneyimi:	2008-2010 Yılları Mülga Batman İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2010-2011 Yılları Mülga Artvin İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2011-2018 Yılları Mülga Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Artvin İl Şube Müdürlüğü, 2018-..... Tarım ve Orman Bakanlığı, Artvin İl Şube Müdürlüğü,			
Yayımlarım:				

Hazırlayan	Sistem Onayı	Yürürlük Onayı
Bilal ATİLLA	Prof. Dr. Murat KİBAR	Prof. Dr. Mustafa Sıtkı BİLGİN