T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

KIZILÇAM (*Pinus brutia* TEN.) AĞAÇ TÜRÜNÜN ANATOMİK VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİNE FARKLI YETİŞME KOŞULLARININ ETKİSİ

SILA ÇALIK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOÇ. DR. SERAY ÖZDEN KELEŞ

TEMMUZ - 2026
KASTAMONU

TEZ ONAYI

Sıla ÇALIK tarafından hazırlanan "**KIZILÇAM (*Pinus brutia* TEN.) AĞAÇ TÜRÜNÜN ANATOMİK VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİNE FARKLI YETİŞME KOŞULLARININ ETKİSİ**" adlı tez çalışmasının savunma sınavı **03.07.2026** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Doç. Dr. Seray ÖZDEN KELEŞ Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Ferhat KARA Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Nagihan SEKİ Karabük Üniversitesi	.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü Prof. Dr. Selahattin KAYMAKCI .....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Sıla ÇALIK

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KIZILÇAM (*PINUS BRUTIA* TEN.) AĞAÇ TÜRÜNÜN ANATOMİK VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİNE FARKLI YETİŞME KOŞULLARININ ETKİSİ

SILA ÇALIK

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
DANIŞMAN: DOÇ. DR. SERAY ÖZDEN KELEŞ

Pinus brutia Ten. (Kızılçam), Türkiye'de doğal olarak yayılış gösteren asli iğne yapraklı ağaç türleri arasında en geniş coğrafi alana sahip olanların başında gelmektedir. Akdeniz ve Ege bölgelerinin yanı sıra güney Marmara ile Karadeniz ardı alanlarda saf meşcereler oluşturan kızılçam ormanları, ülke ormanlarının yaklaşık %27'sini ve iğne yapraklı (Gymnospermae) ormanların ise %41,3'ünü kapsamaktadır. Kızılçam; gençlik döneminde sergilediği hızlı büyüme, kurak koşullara karşı gösterdiği dayanım ve yangın rejimine olan uyumu gibi ekolojik özellikleriyle olduğu kadar, odun ve kereste kalitesi bakımından da taşıdığı ekonomik değerle Türkiye ormancılığının en kritik türleri arasında konumlanmaktadır. Bu bağlamda planlanan araştırma, birbirinden farklı biyoiklim koşullarını temsil eden iki ayrı yörede yetişen kızılçamların morfolojik ve anatomik özellikleri arasındaki farklılıkları ortaya koymayı hedeflemektedir. Çalışma alanları olarak Kastamonu ve Antalya yöreleri seçilmiş olup bu seçimle sırasıyla Karadeniz ve Akdeniz ekolojik bölgeleri temsil edilmektedir. Araştırmanın temel amacı; söz konusu ekolojik bölgelerin her birinde benzer yaş, kapalılık ve bakı koşullarında büyüyen kızılçam bireylerini karşılaştırmalı olarak incelemek ve çevresel etmenlerin bu bireyler üzerinde bıraktığı izi morfolojik (boy, çap, ibre boyu, kozalak boyu vb.) ve anatomik (yıllık halka büyümesi, traheid ve özışın karakteristik özellikleri) boyutlarda belgelemektir. Bugüne kadar yürütülen çalışmalar değerlendirildiğinde, kızılçamın farklı biyoiklim bölgelerindeki morfo-anatomik özelliklerine ilişkin kapsamlı ve karşılaştırmalı verilerin literatürde yeterince yer bulmadığı görülmektedir. Bu araştırma, söz konusu boşluğu doldurmayı amaçlamakta ve ekolojik koşulların mekanik dirençler üzerindeki etkisini merkeze alan özgün bir perspektif sunmaktadır. Elde edilecek bulguların hem Türkiye ormancılığına hem de orman ürünleri endüstrisine ekolojik ve ekonomik açıdan değerli bir bilgi tabanı kazandırması beklenmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Ağaçta Mekanik Direnç, Bitki Anatomisi, Büyüme, Kambiyal Hücre Büyümesi, Kızılçam, Kızılçam Morfolojisi.

Temmuz 2026, 57 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

THE EFFECT OF DIFFERENT GROWING CONDITIONS ON THE ANATOMICAL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF TURKISH PINE (*PINUS BRUTIA* TEN.)

SILA ÇALIK

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF FOREST ENGINEERING
SUPERVISOR:ASSOC. PROF. DR. SERAY ÖZDEN KELEŞ

Pinus brutia Ten. (Turkish red pine) ranks among the most widely distributed native conifer species in Türkiye. Forming pure stands not only across the Mediterranean and Aegean regions but also in southern Marmara and the transitional zones bordering the Black Sea, red pine forests account for approximately 27% of the country's total forest cover and 41.3% of its coniferous (Gymnospermae) forests. The species occupies a central place in Turkish forestry, owing both to its ecological attributes rapid early growth, tolerance of drought conditions, and adaptation to fire regimes and to its considerable economic value in terms of timber and wood quality. Against this backdrop, the present study aims to document the morphological and anatomical differences observed among *Pinus brutia* individuals growing under contrasting bioclimatic conditions in two distinct regions. Kastamonu and Antalya were selected as study sites, representing the Black Sea and Mediterranean ecological zones, respectively. The main objective was to conduct a comparative analysis of Turkish red pine individuals developing under similar age, stand density, and aspect conditions within each ecological zone, and to characterize the imprint of environmental factors on these individuals across morphological (height, diameter, needle length, cone length, etc.) and anatomical dimensions (annual ring growth, tracheid and ray characteristics). A review of the existing literature reveals that comprehensive, comparative data on the morpho-anatomical properties of *Pinus brutia* across different bioclimatic zones remain scarce. This study seeks to address that gap by offering an original perspective centered on the influence of ecological conditions on wood structural traits. The findings are expected to generate ecologically and economically valuable data for both Turkish forestry practice and the forest products industry.

KEYWORDS: Cambial Cell Growth, Growth, Mechanical Resistance in Trees, Plant Anatomy, Turkish Red Pine, Turkish Red Pine Morphology.

July 2026, 57 Page

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam boyunca bilgi, deneyim ve akademik rehberliğiyle bana her zaman yol gösteren danışman hocam Doç. Dr. Seray ÖZDEN KELEŞ'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Çalışmanın planlanması, yürütülmesi ve sonuçlandırılması sürecindeki değerli katkıları ve yol gösterici önerileri bu tezin şekillenmesinde büyük önem taşımıştır. Akademik birikimi, özverili yaklaşımı ve her aşamada sunduğu destek sayesinde araştırma sürecini daha bilinçli ve verimli bir şekilde yürütme fırsatı buldum. Kendisine, akademik gelişimime sağladığı katkılar ve kazandırdığı bilimsel bakış açısı için şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmamın arazi ve uygulama aşamalarında sağladıkları desteklerden dolayı Antalya Orman Bölge Müdürlüğü ve Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü teşkilatlarına; başta Bölge Müdürleri olmak üzere İşletme Müdürlerine, İşletme Şeflerine ve Orman Muhafaza Memurlarına içten teşekkürlerimi sunarım. Çalışma süresince bilgi, deneyim ve desteklerini benimle paylaşarak araştırmama katkı sağlayan Orman Mühendisi Şeref BAĞDATLI'ya teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, çalışmalarımı yürütmem konusunda sağladığı anlayış ve destekten dolayı Gökçebey Orman Fidanlık Müdürü Sayın Selim Alkın ÇETİNTAŞ'a teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde olduğu gibi yüksek lisans eğitimim boyunca da maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, sabırları, sevgileri ve fedakârlıklarıyla her zaman yanımda olan, yoluma ışık tutan değerli aileme sonsuz teşekkür ve minnetlerimi sunarım. Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince anlayışı, sabrı, sevgisi ve manevi desteğiyle her zaman yanımda olan, en zor anlarımda bana güç veren değerli nişanlıma en içten teşekkür ve minnetlerimi sunarım.

Tez çalışmasının yürütülmesi sürecinde yanımda olarak çalışmalarıma katkı sağlayan, desteğiyle her daim yanımda olduğunu hissettiren, saha çalışmalarında birlikte görev aldığım arkadaşım Zeynep KARADERE'ye sonsuz minnet ve teşekkürlerimi iletiyorum. Değerli katkılarıyla her zaman yanımda olan arkadaşlarım Gizem AZBOY ve Melih ÖZSAN'a teşekkür ederim. Tez çalışmam boyunca desteklerini ve anlayışlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarıma, mesai arkadaşıma ve tüm yakınlarıma da en içten teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, tez jürisine teşekkür etmek istiyorum. Değerli zamanlarını ayırarak çalışmamı değerlendirdiğiniz için sizlere minnettarım.

SILA ÇALIK

Kastamonu, 2026

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI ..... **ii**
TAAHHÜTNAME ..... **iii**
ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
TEŞEKKÜR ..... **vi**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **viii**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **x**
1. GİRİŞ **1**
2. LİTERATÜR **7**
2.1 Kızılçamın Genel Botanik Özellikleri 7
2.2 Kızılçamın Türkiye'deki Genel Yayılışı 12
2.3 Literatür Özeti 14
2.4 Tezin Amacı 17
3. MATERYAL VE YÖNTEM **19**
3.1 Materyal 19
3.2 Yöntem 21
3.2.1 Morfolojik Ölçümler 21
3.2.2 Anatomik Ölçümler 24
4. BULGULAR **27**
4.1 Morfolojik Ölçüm Sonuçları 27
4.1.1 Kastamonu Yöresinde Kuzey ve Güney Bakıdaki Kızılçam Bireylerinin Morfolojik Özelliklerinin İstatiksel Karşılaştırılması 33
4.1.2 Antalya Yöresinde Kuzey ve Güney Bakıdaki Kızılçam Bireylerinin Morfolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması 34
4.2 Odun Anatomisi Ölçüm Sonuçları 35
4.2.1 Kastamonu Yöresinde Kuzey ve Güney Bakıdaki Kızılçam Bireylerinin Yıllık Halka Genişlik ve Anatomik Özelliklerinin Karşılaştırılması 36
4.2.2 Antalya Yöresinde Kuzey ve Güney Bakıdaki Kızılçam Bireylerinin Yıllık Halka Genişlik ve Anatomik Özelliklerinin Karşılaştırılması 37
4.3 Kastamonu ve Antalya Kızılçam Ağaçlarının Ortalama Morfolojik ve Anatomik Özelliklerinin Genel İstatistiksel Değerlendirilmesi 39
4.4 Ortalama Sıcaklık-Yağış Sonuçları 43
5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER **46**
6. SONUÇLAR **49**
KAYNAKLAR **52**
ÖZGEÇMİŞ **57**

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1 Türkiye'nin bitki coğrafyası bölgeleri 1
Şekil 1.2 Dünya üzerindeki 42 fitocoğrafik bölgeler. (3- Avrupa-Sibirya fitocoğrafik bölgesi, 5- Akdeniz fitocoğrafik bölgesi, 7- İran-Turan fitocoğrafik bölgesi) 2
Şekil 1.3 Türkiye orman varlığı haritası 4
Şekil 2.1 Kızılçamın genel görünümü 8
Şekil 2.2 Kızılçamın gövdesinin genel kabuk yapısı 9
Şekil 2.3 Kızılçam sürgünlerinin genel görünümü. (a) genç sürgünler, (b) sürgünler 10
Şekil 2.4 Kızılçam kozalağının genel görünümü 11
Şekil 2.5 Kızılçamın Türkiye'de genel yayılış haritası 12
Şekil 3.1 Kastamonu ilinde arazi çalışmalarının yapıldığı örnek alanlar haritası 19
Şekil 3.2 Antalya ilinde arazi çalışmalarının yapıldığı örnek alanlar haritası 19
Şekil 3.3 Kastamonu ili arazi çalışmalarına ait fotoğraflar 22
Şekil 3.4 Antalya ili arazi çalışmalarına ait fotoğraflar 23
Şekil 3.5 Örnek alanlarda ağaçlardan alınan disklere ait fotoğraflar 24
Şekil 3.6 Laboratuvarda ibre ölçümlerine ait fotoğraflar 25
Şekil 4.1 Kızılçamın Kastamonu ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama ibre boyu değerleri 27
Şekil 4.2 Kızılçamın Antalya ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama ibre boyu değerleri 28
Şekil 4.3 Kızılçamın Kastamonu ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama ibre eni değerleri 28
Şekil 4.4 Kızılçamın Antalya ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama ibre eni değerleri 29
Şekil 4.5 Kızılçamın Kastamonu ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama kozalak boyu değerleri 29
Şekil 4.6 Kızılçamın Antalya ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama kozalak boyu değerleri 30
Şekil 4.7 Kızılçamın Kastamonu ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama kozalak eni değerleri 30
Şekil 4.8 Kızılçamın Antalya ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama kozalak eni değerleri 31
Şekil 4.9 Kızılçamın Kastamonu ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama gövde boyu değerleri 31
Şekil 4.10 Kızılçamın Antalya ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama gövde boyu değerleri 32
Şekil 4.11 Kızılçamın Kastamonu ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama göğüs yüksekliği çapı değerleri 32
Şekil 4.12 Kızılçamın Antalya ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama göğüs yüksekliği çapı değerleri 33
Şekil 4.13 Kastamonu iline ait Walter-Lieth iklim diyagramı (1930-2025 uzun yıllar ortalamaları) (Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) uzun yıllar iklim verileri kullanılarak hazırlanmıştır) 45

Şekil 4.14 Antalya iline ait Walter-Lieth iklim diyagramı (1930-2025 uzun yıllar ortalamaları) (Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) uzun yıllar iklim verileri kullanılarak hazırlanmıştır)..... 45

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 4.1 Kastamonu'da yetişen kızılçam ağaçlarının kuzey ve güney bakıya bağlı morfolojik özelliklerinin Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları 34
Tablo 4.2 Antalya'da yetişen kızılçam ağaçlarının kuzey ve güney bakıya bağlı morfolojik özelliklerinin Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları 35
Tablo 4.3 Kızılçamın Antalya ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama yıllık halka genişlikleri ve odun anatomik özellikleri..... 35
Tablo 4.4 Kastamonu'da yetişen kızılçam ağaçlarının kuzey ve güney bakıya bağlı e anatomik özelliklerinin Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları 37
Tablo 4.5 Antalya'da yetişen kızılçam ağaçlarının kuzey ve güney bakıya bağlı anatomik özelliklerinin Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları..... 39
Tablo 4.6 Kastamonu ve Antalya kızılçam ağaçlarına ait morfolojik ve anatomik özelliklerin ortalama değerleri ve Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları 40

1. GİRİŞ

Türkiye, Asya ile Avrupa kıtaları arasında köprü konumunda yer alan ve eşsiz coğrafi konumuyla hem biyolojik hem de ekolojik açıdan son derece stratejik bir ülkedir. Ilıman kuşakta yer almasına karşın yüksek dağlar, geniş platolar, derin vadiler ve farklı iklim tipleriyle şekillenen mozaik bir coğrafyaya sahip olan Türkiye, doğal kaynak zenginliği bakımından dünyada sayılı ülkeler arasında gösterilmektedir. Bu zenginliğin en somut yansımalarından birini orman varlığı ve bitki örtüsü çeşitliliği oluşturmaktadır.

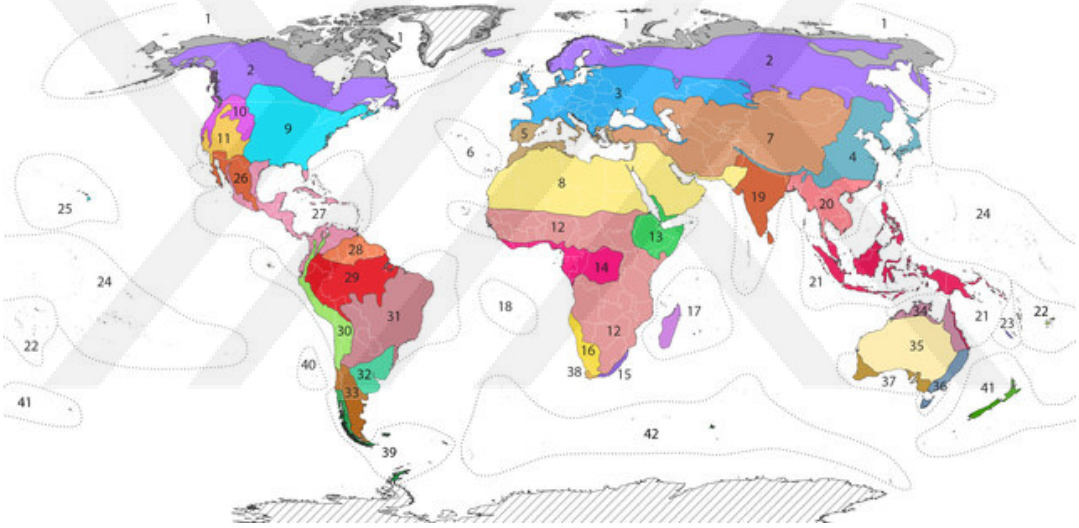
Türkiye, sahip olduğu bitki çeşitliliği bakımından dünyada önemli bir konuma sahiptir (Yıldız vd., 2000). Dünya üzerinde tanımlanan fitocoğrafik bölgelerden üçünün Avrupa-Sibirya, Akdeniz ve İran-Turan eş zamanlı Türkiye toprakları üzerinde kesişmesi, ülkenin floristik açıdan bu denli zengin olmasının temel nedenlerinden birini oluşturmaktadır (Güvenç vd., 2020; Yıldız vd., 2000). Kendine özgü vejetasyon yapılarıyla birbirinden ayrılan bu üç bölge, Türkiye genelinde farklı coğrafi alanlarda yayılış sergilemektedir (Güvenç vd., 2020).



Şekil 1.1 Türkiye'nin bitki coğrafyası bölgeleri (Avcı, 1993)

Türkiye'nin bitki tür zenginliği ve endemizm düzeyi, Avrupa'daki pek çok ülkenin belirgin biçimde üzerindedir. Bu durumun ardında yatan başlıca etkenler tarihsel ve coğrafi izolasyon süreçleridir. Jeolojik süreçlerde gerçekleşen dağ oluşumları, deniz engelleri, iklimsel dalgalanmalar ve çeşitli fiziksel bariyerler, belirli bölgelerdeki canlı topluluklarının komşu alanlarla genetik alışverişini kısıtlamış; bu durum endemik

takson oluşumunu desteklemiştir (Şekil 1.1) (Avcı, 2018; Birand, 1952; Efe ve Kaya, 2010; Güner vd., 2012; Vural, 2009). Ayrıca Anadolu Diyagonali, Türkiye'nin doğu ve batı floraları arasında belirleyici bir sınır işlevi görmekte; pek çok taksonun yayılış alanını bu hat üzerinde sona erdirmektedir. Good (1964) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre dünyada 42 fitocoğrafik bölge bulunmakta olup Türkiye, bu bölgelerden üçünün kesişim noktasında yer almasıyla eşsiz bir biyocoğrafik konuma sahiptir (Avcı, 2018; Güner vd., 2012) (Şekil 1.2). Ayrıca, Türkiye etrafının denizlerle kuşatılmış olması, topoğrafik yapısının, jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerinin ve toprak çeşitliliğinin son derece zengin bir mozaik sergilemesi ve tatlı ile tuzlu su ekosistemlerini kapsayan çok sayıda farklı sulak alan tipini bünyesinde barındırması, 0-5000 metre arasında değişen geniş yükselti aralığına sahip olması ve derin kanyonlar gibi farklı arazi şekillerini içermesi sebebiyle biyolojik çeşitlilik açısından dünyanın en dikkat çekici ülkeleri arasında yer almaktadır.

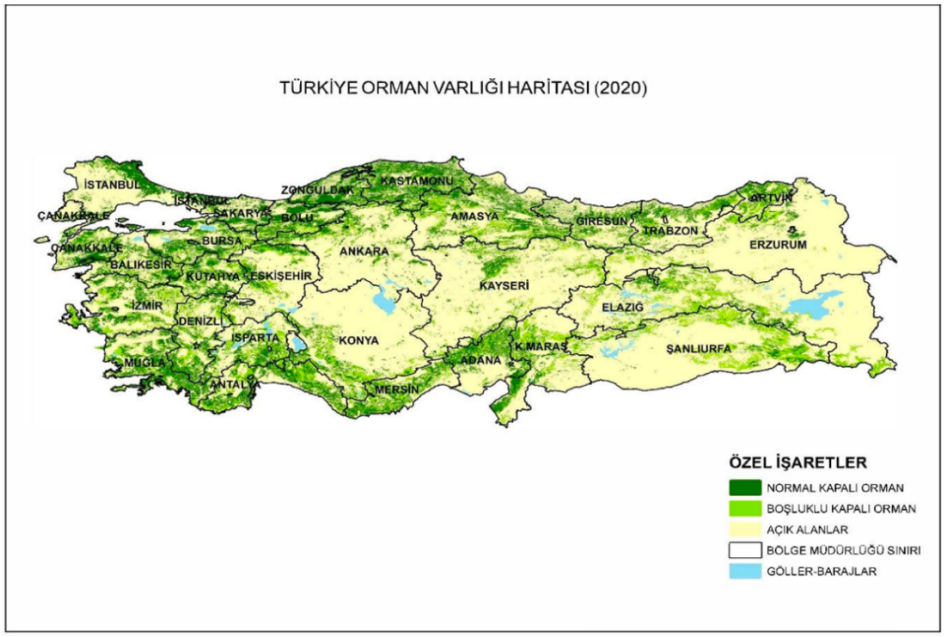


Şekil 1.2 Dünya üzerindeki 42 fitocoğrafik bölgeler. (3- Avrupa-Sibirya fitocoğrafik bölgesi, 5- Akdeniz fitocoğrafik bölgesi, 7- İran-Turan fitocoğrafik bölgesi) (Loidi ve Vynokurov, 2024)

Söz konusu flora zenginliğinin en önemli bileşenlerinden birini ormanlar oluşturmaktadır. Orman, geniş alanlarda kendine özgü bir mikroklima oluşturabilen, belirli bir yükseklik, yapı ve kapalılığa sahip ağaçlar ile birlikte ağaççıklar, çalılar ve otsu bitkilerden oluşan; ayrıca yosunlar, eğreltiler ve mantarlar gibi alt tabaka bitkileri ile toprak üstü ve toprak altındaki mikroorganizmalar, böcekler ve diğer hayvan topluluklarını da kapsayan bütüncül bir yaşam sistemidir (Aytuğ, 1976).

Orman yapısı; gıda, barınma, yakıt, temiz hava ve su temini, ilaç üretimi, gelir ve istihdam sağlama, rekreasyon ve peyzaj gibi çok yönlü ekonomik, ekolojik ve sosyokültürel katkılar sunan temel doğal kaynaklardır. Ekosistem niteliği taşıyan ormanlar ise, belirli bir kapalılık oluşturan ağaçlar ile birlikte diğer bitki ve hayvan topluluklarının, ayrıca toprakta bulunan mikroskobik organizmaların, cansız çevre unsurlarıyla karşılıklı etkileşim içinde bulunduğu dinamik ve dengeli bir yaşam sistemidir (Aytuğ, 1976; Lund, 2014).

Ormanlık alan ise üzerinde orman ağaçlarının bulunduğu sahaların, hektar (ha) birimi esas alınarak ifade edilen yüzölçümünü tanımlamaktadır (ORMANSU, 2010). Orman Genel Müdürlüğü (OGM) 2020 verilerine göre Türkiye'nin toplam orman varlığı 22.933.000 hektara ulaşmış olup bu rakam, ülke yüzölçümünün yaklaşık yüzde yirmi sekizine karşılık gelmektedir (OGM, 2020) (Şekil 1.3). Orman alanının yaklaşık %32'sini yapraklı ormanlar (Meşe (*Quercus* spp.), Kayın (*Fagus orientalis*), Kızılağaç (*Alnus glutinosa*), Kestane (*Castanea sativa*), Gürgen (*Carpinus betulus*). vb.), %48'ini iğne yapraklı (ibreli) ormanlar (Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), Karaçam (*Pinus nigra* J.F.Arnold), Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Göknar (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmuelleriana* Mattf.), Ladin (*Picea orientalis* (L.) Peterm.), Sedir (*Cedrus libani* A.Rich.) vb.), %20'sini ise iğne yapraklı ve yapraklı türlerin birlikte bulunduğu karışık ormanlar oluşturmaktadır. Tür dağılımı açısından değerlendirildiğinde, en geniş yayılış alanına sahip türün meşe olduğu (yaklaşık 6,7 milyon ha) görülmektedir. Meşeyi sırasıyla kızılçam, karaçam, kayın, ardıç, sarıçam, göknar, sedir, ladin, fıstıkçamı, kızılağaç, kestane, gürgen, sahil çamı, kavak, fındık, defne ve dişbudak türleri takip etmektedir (OGM, 2020).



Şekil 1.3 Türkiye orman varlığı haritası (OGM, 2020)

Bu ormanların önemli bir bölümü verimli nitelikte iken geri kalanı bozuk ve degredasyon sürecine girmiş alanları kapsamaktadır. Karadeniz kıyı şeridi boyunca yayılan gür nemli ormanlardan, İç Anadolu'nun serin step geçiş zonlarına, Akdeniz havzasının maki ve kızılçam formasyonlarından Akdeniz Bölgesi'nin sedir (*Cedrus libani* bulunmaktadır.) ormanlarından Doğu Anadolu'nun sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ormanlarına kadar uzanan geniş bir ekolojik yelpazede farklı orman tipleri bulunmaktadır. Bu çeşitlilik, Türkiye ormanlarını hem biyolojik hem de ekosistem hizmetleri açısından kıta ölçeğinde değerli kılmaktadır.

Ormanlar, yalnızca biyolojik çeşitliliğin barınağı olmakla kalmayıp aynı zamanda insanlığın yaşam kalitesini doğrudan etkileyen ekosistem hizmetlerinin de temel kaynağını oluşturmaktadır. Karbon tutma ve iklim düzenleme işlevleri sayesinde ormanlar, küresel ısınma ve iklim değişikliğiyle mücadelede kritik bir rol üstlenmektedir (FAO, 2020). Su havzalarının korunması, toprak erozyonunun engellenmesi, su döngüsünün sürdürülmesi ve hava kalitesinin iyileştirilmesi gibi yaşamsal işlevler de büyük ölçüde sağlıklı orman ekosistemlerinin varlığına bağlıdır. Buna ek olarak ormanlar; odun ve odun dışı ürünler aracılığıyla kırsal toplulukların geçim kaynaklarına, turizm ve rekreasyon faaliyetleri yoluyla da ülke ekonomisine önemli katkılar sunmaktadır (Cepel, 2013). Tüm bu işlevlerin sürdürülebilir biçimde

devam edebilmesi, ormanların bilimsel veriler ışığında etkin bir şekilde yönetilmesine ve izlenmesine doğrudan bağlıdır.

Türkiye ormanlarının taşıdığı biyolojik çeşitlilik potansiyeli, ülkenin floristik zenginliğiyle doğrudan ilişkilidir. Yalnızca damarlı bitkiler bakımından değerlendirildiğinde dahi Türkiye florası, yaklaşık 12.000'i aşkın takson barındırmakta ve bu taksonların üçte birinden fazlasını endemik türler oluşturmaktadır (Güner vd., 2012). Ormanlık habitatlar bu endemik türlerin büyük çoğunluğuna ev sahipliği yaparak genetik kaynakların korunmasında vazgeçilmez bir işlev görmektedir. Başta meşe, kayın, göknar, ladin, sarıçam, karaçam ve kızılçam gibi baskın ağaç türleri etrafında şekillenen orman toplulukları hem yapısal hem de işlevsel biyolojik çeşitlilik açısından Avrupa-Akdeniz havzasının en değerli ekosistemlerinden birini temsil etmektedir (Boydak ve Çalıkoğlu, 2008).

Buna karşın Türkiye ormanları, birbiriyle bağlantılı pek çok baskı ve tehdit unsuru altında bulunmaktadır. Hızlı kentleşme, orman alanlarının tarım ve yapılaşmaya açılması, artan yangın sıklığı ve şiddeti, iklim değişikliğinin yarattığı kuraklık stresine bağlı böcek zararları ile kaçak kesim bu tehditlerin başında gelmektedir (OGM, 2020; Türkes, 2012). Küresel iklim projeksiyonları, Akdeniz havzası için belirgin bir sıcaklık artışı ve yağış azalması öngörmekte; bu senaryolar Türkiye'nin güney ve iç kesimlerindeki ormanları özellikle olumsuz etkileyecek nitelik taşımaktadır. Yangın riski ve tür dağılımlarındaki kaymalar, orman ekosistemlerinin yapısını ve uzun vadeli stabilitesini tehdit eden başlıca faktörler arasında yer almaktadır. Tüm bu olumsuz gelişmelerin önüne geçilebilmesi, ekolojik temelli bir orman yönetim anlayışının hayata geçirilmesini kaçınılmaz kılmaktadır.

Bu bağlamda Türkiye ormanlarının floristik yapısına, vejetasyon dinamiklerine ve ekosistem işlevlerine yönelik bilimsel araştırmalar hem ulusal ormancılık politikaları hem de uluslararası biyolojik çeşitlilik sözleşmeleri açısından hayati bir değer taşımaktadır. Nitekim Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi (CBD) ve Avrupa Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi gibi uluslararası çerçeveler, doğal habitatların bilimsel yöntemlerle haritalanmasını, izlenmesini ve korunmasını öncelikli hedef olarak benimsemiştir. Türkiye'nin bu uluslararası yükümlülükleri karşılayabilmesi ve orman kaynaklarını

gelecek kuşaklara aktarabilmesi; doğru, güncel ve kapsamlı floristik verilerin üretilmesine, bu verilerin arazi yönetimiyle bütünleştirilmesine ve koruma planlamasına altlık oluşturmasına bağlıdır.

Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), Türkiye'nin en geniş yayılış gösteren asli orman ağaç türlerinden biri olup, sahip olduğu yüksek fenotipik plastisite sayesinde farklı iklim ve yetişme ortamı koşullarına uyum sağlayabilmektedir. Bununla birlikte, türün farklı biyoklimatik bölgelerde yetişen bireylerinin morfolojik ve anatomik özelliklerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirildiği çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu araştırma, Batı Karadeniz Bölgesi'ni temsil eden Kastamonu ile Akdeniz Bölgesi'ni temsil eden Antalya'da yetişen saf kızılçam meşcerelerinde kuzey ve güney bakılarda gelişen bireylerin morfolojik ve anatomik özelliklerini karşılaştırmalı olarak incelemesi bakımından özgün bir nitelik taşımaktadır. Çalışmada benzer yaş ve kapalılık özelliklerine sahip meşcerelerde çevresel değişkenlerin etkisi değerlendirilerek yetişme ortamının kızılçamın büyüme ve gelişme özellikleri üzerindeki etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Elde edilen bulguların, kızılçamın farklı çevresel koşullara gösterdiği adaptasyon mekanizmalarının daha iyi anlaşılmasına, iklim değişikliğine uyum çalışmalarına, silvikültürel uygulamalara ve gelecekte yürütülecek ıslah, koruma ve sürdürülebilir orman yönetimi çalışmalarına bilimsel katkı sağlaması beklenmektedir.

2. LİTERATÜR

2.1 Kızılçamın Genel Botanik Özellikleri

Türkiye'nin orman varlığına ilişkin veriler incelendiğinde, doğal yayılış alanı bakımından ülke genelinde ikinci sırada yer alan türün kızılçam olduğu görülmektedir (OGM, 2020). Kızılçam ormanları yaklaşık 5.610.215 hektarlık bir alan kaplamakta olup, bu değer ülke toplam orman alanının yaklaşık %25,11'ine karşılık gelmektedir (OGM, 2020).

Kızılçam, Türkiye'nin başlıca asli ağaç türlerinden biri olarak büyük önem arz etmektedir. Kızılçamın oluşturduğu ormanlar, tarihsel süreç boyunca toplumsal ve kültürel faydalar sağlamanın yanı sıra, odununun işlenmiş veya işlenmemiş halde kullanımıyla odun kökenli sanayinin pek çok alanında değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, uzun yıllardır kızılçamın saf ve karışık meşcerelerinde gerçekleştirilen planlı ya da plansız yoğun müdahaleler, bu ormanların çeşitli bölümlerinde söz konusu faydaların yeterince elde edilememesine yol açmıştır (Yücedağ, 2005).

İçinde bulunduğumuz çağda ekonomik, teknolojik, kültürel ve sosyal dönüşümlerin son derece hızlı bir seyir izlediği görülmektedir. Bu dinamik süreçte ormanlar, yalnızca ağaç topluluklarından oluşan bir mekân olmanın çok ötesinde, odun hammaddesi başta olmak üzere çeşitli ürün ve hizmetler sunarak toplumsal refaha katkı sağlayan, kendi içinde karmaşık dengeler barındıran, canlı ve dinamik yapılarıyla karasal ekosistemler arasında en geniş paya sahip çok işlevli bir sistem olma niteliği taşımaktadır. Yenilenebilir bir doğal kaynak olan ormanların en temel özellikleri arasında devamlılık ve süreklilik ilkesi öne çıkmaktadır.

Kızılçam, bitkiler aleminin Spermatophyta bölümü, Gymnospermae alt bölümü Coniferae sınıfı Pinaceae familyasının *Pinus* cinsi içinde yer almaktadır (Anşin ve Özkan, 1997). Türkiye'de en çok alan kaplayan ve geniş bir alanda doğal yayılış yapabilen bir çam türüdür (OGM, 2020). Pinaceae familyası bünyesinde sınıflandırılır, olgun bireylerde 20-25 metreye varan boy ve 60 santimetreye kadar ulaşabilen gövde çapıyla dikkat çeken, dış görünüşü bakımından Halep çamıyla (*Pinus halepensis* Mill.)

belirgin benzerlikler taşıyan, iri ve kuvvetli dallara sahip olmakla birlikte gövde biçimi çoğunlukla düzensiz seyreden, silvikültürel değeri yüksek bir iğne yapraklı ağaç türüdür (Şekil 2.1). Fakat, doğal yayılış alanı içinde yer yer boylu, düzgün ve sağlıklı gövde yapısıyla öne çıkan kızılçam meşcerelerine de rastlamak mümkündür.



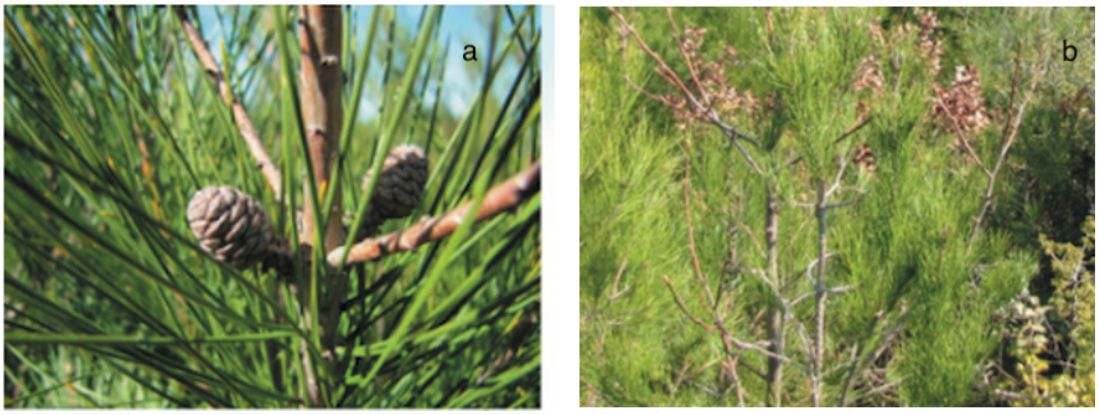
Şekil 2.1 Kızılçamın genel görünümü

Genç bireylerde kabuk genellikle düzgün yüzeyli ve boz renkli iken, ileri yaşlara ulaşmış ağaçlarda kabuk kalınlaşmakta (Şekil 2.2); grimsi kızıl kahverengi tonlara dönüşerek derin çatlaklı bir yapı kazanmaktadır. Tür monoik karakterlidir (Mamıkoğlu, 2008).



Şekil 2.2 Kızılçamın gövdesinin genel kabuk yapısı

Genç sürgünler, tüyden yoksun düzgün bir yüzey yapısıyla karakterize edilmekte; erken gelişim döneminde belirgin kırmızımsı bir ton taşıyan bu sürgünler, olgunlaşma sürecinde yeşilimsi kahverengi bir görünüme bürünmekte, ender durumlarda ise kurşuni boz bir renk almaktadır (Şekil 2.3). Taze sürgünlerin bu ayırt edici kırmızı tonu, türün genel adlandırmasının da kaynağını oluşturmaktadır (Anşin ve Özkan, 1997; Boydak, 2006; Sarıbaş, 2011). Genç bireyler sivri tepeli ve boz renkli, pürüzsüz kabuklu bir görünüm sergilerken, ileri yaşlarda bu form köklü biçimde değişmekte; tepe geniş ve seyrek bir yapı kazanmakta, kabuk ise derin çatlaklar, kalın bir doku ve koyu kırmızımsı-esmer renkle tanımlanan olgun bir görünüme dönüşmektedir. Ana gövdeden dik bir açıyla çıkan dallar belirgin bir düzgünlük sergilemekte ve uç kısımlarında tipik olarak kısa sürgünler taşımaktadır. Tomurcuklar yumurtamsı bir form gösterip 15-20 mm aralığında boyutlara sahip olmakla birlikte, pulları geriye doğru kıvrık ve kirpikli kenarlı bir yapıyla tanımlanmaktadır.



Şekil 2.3 Kızılçam sürgünlerinin genel görünümü. (a) genç sürgünler, (b) sürgünler (Baysal ve Dinç Durmaz, 2012)

İğne yapraklar 10-18 cm ile daha fazlasına ulaşan uzunlukları, yumuşak dokuları, açık yeşil tonları ve ince dişli kenarlarıyla kolaylıkla tanınmaktadır. Kısa saplı ve kahverengi renkli kozalaklar ince ve uzun bir geometriye sahip olup genellikle ikili ya da daha kalabalık gruplar halinde bir arada bulunmaktadır. Bu kozalaklar dal üzerinde dik ya da yatık konumlanabilmekte; ancak sürgüne eğik açıyla oturma durumu hiçbir koşulda gözlemlenmemektedir. Yumuk biçimli kalkanı küt göbekli ve basık olan kozalaklar, boz rengiyle de dikkat çekmektedir. Tohumlar yaklaşık 7 mm boyutlarında, koyu esmer renkli ve uçuşu sağlayan belirgin bir kanat yapısına sahiptir (Anşin ve Özkan, 1997; Boydak, 2006).

Sapsız ya da oldukça kısa bir sap yapısına sahip olan kozalaklar, topaç formunda şekillenmekte ve sürgünler üzerinde dik ya da yatık bir konumda yer almaktadır (Yaltırık, 1988; Yücel, 2005). Gelişiminin erken evrelerinde yeşil bir görünüm sergileyen kozalaklar, fizyolojik olgunluğa eriştikçe kızıl-kahverengi bir renk kazanmaktadır. Enine kesit çapları 4 ila 8 cm arasında değişen bu yapıların olgunlaşma evresi, yaklaşık iki yıllık bir süreyi kapsamaktadır (Mamıkoğlu, 2008). Tam gelişimini tamamlamış bireylerde boy 6-11 cm düzeyine ulaşabilmekte; olgunlaşmanın ardından kozalaklar, döküme uğramaksızın 4-6 yıl gibi uzun bir süre ağaç üzerinde tutunmaya devam edebilmektedir. Kanatlı bir yapıya sahip olan tohumlar, belirgin biçimde koyu siyah bir renk taşımaktadır (Yaltırık, 1988; Yücel, 2005).



Şekil 2.4 Kızılçam kozalağının genel görünümü (URL-1, 2026)

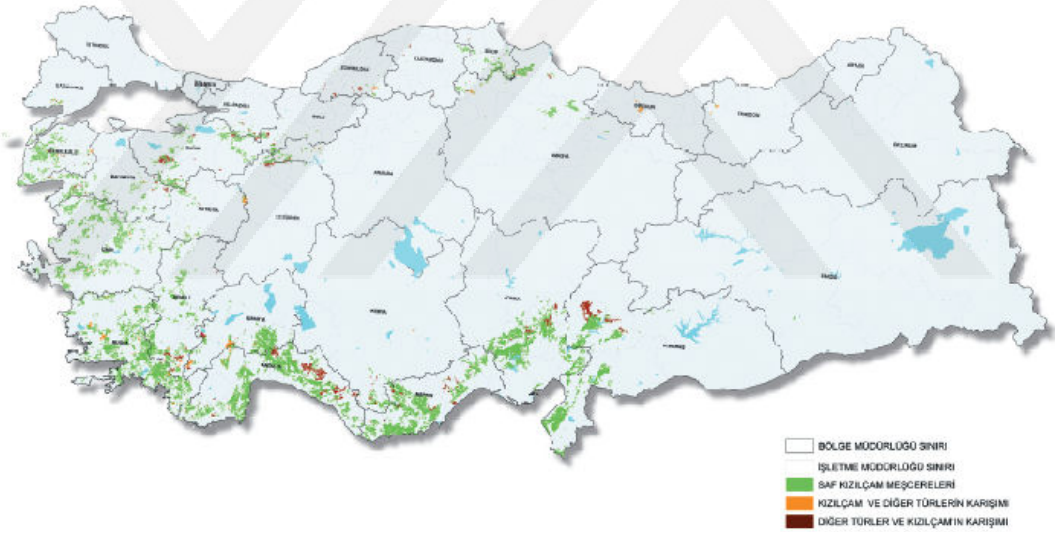
Morfolojik özellikleri bakımından Halep çamına benzerlik göstermekte olup, çoğunlukla kalın dallı ve düzensiz gövdeli bireyler oluşturmaktadır. Bununla birlikte, elverişli yetişme ortamı koşullarında daha uzun boylu ve düzgün gövdeli bireylerden oluşan kızılçam meşcerelerine de rastlanabilmektedir. Kızılçamın gövde formu genellikle düzgün olmayıp, yükselti arttıkça daha düz formda oluşmaktadır (Yaltırık, 1988). Daha erken yaşlarda sivri bir görünüm sergileyen tepe tacı, yaşın ilerlemesiyle birlikte giderek genişleyerek daha seyrek ve yayvan bir form kazanmaktadır (Sarıbaş, 2011). Türün tepe çapı ise genellikle 8-10 m arasında değişmektedir (Güngör vd., 2002). Kızılçamın ışık isteği yaşla birlikte artan ve bu nedenle ışık ağacı karakteri gösteren bir yapıya sahiptir (Güngör vd., 2002).

Kızılçam kazık kök sistemi geliştirmektedir. Fidanlık döneminde kök sistemi oldukça hızlı bir gelişim göstererek gövde boyunun yaklaşık 12 katına kadar derinliğe ulaşabilmektedir (Güngör vd., 2002).

Kızılçam, Akdeniz ikliminin karakteristik ağaç türlerinden biri olup, yangın rejimine uyum sağlayan ekolojik özellikleri sayesinde yangın sonrası doğal yenilenme gösterebilen bir tür olup, şiddetli rüzgârların etkisiyle bireylerde gövde deformasyonları ortaya çıkabilmektedir. Kızılçam, yerli çam türleri arasında en hızlı büyüme gösteren türlerden biri olarak bilinmektedir (Güngör vd., 2002).

2.2 Kızılçamın Türkiye'deki Genel Yayılışı

Yaklaşık 5.215.292 hektarlık yayılış alanıyla kızılçam, Türkiye'de en geniş doğal dağılıma sahip ağaç türü olma özelliğini korumaktadır. Tür, başta Batı Anadolu ve Akdeniz bölgesi olmak üzere geniş bir coğrafi kuşağa yayılmakta; bunların dışında Akdeniz ikliminin belirgin biçimde hissedildiği mikroklima alanlarında ise küçük ve dağınık topluluklar oluşturmaktadır. Küresel ölçekte değerlendirildiğinde, kuzey yarıkürede 15-45° doğu boylamları ile 32-45° kuzey enlemleri arasında kalan kuşakta doğal olarak yayılış göstermektedir (Selik, 1963). Bu yayılış alanının batı ucunu İtalya'daki Kalabriya Yarımadası, doğu ucunu ise Irak'ın kuzeyinde konumlanan Zavita-Atrush Bölgesi oluşturmaktadır. Türün kuzey sınırı Kırım'a dek uzanırken güney sınırı Lübnan ve Filistin topraklarına kadar inmektedir. Kızılçamın en yoğun ve sürekli yayılışını Doğu Akdeniz havzasında, özellikle de Anadolu'da gerçekleştirmesi, türün Doğu Akdeniz kökenli olarak tanımlanmasına temel oluşturmaktadır (Boydak, 2006).



Şekil 2.5 Kızılçamın Türkiye'de genel yayılış haritası (OGM, 2020)

Akdeniz, Ege ve Marmara Bölgeleri'nin denize yönelik yamaçlarında homojen ve geniş kapsamlı meşcereler tesis eden Kızılçam, Batı Karadeniz Bölgesi'nin Akdeniz iklimine özgü koşulların egemen olduğu mikroklima alanlarında ise daha mütevazı topluluklar halinde kendiliğinden yayılış göstermektedir (Şekil 2.5) (Akıncı, 1963). Tipik Akdeniz iklim rejiminin simge türü olan kızılçam; yalnızca Akdeniz Bölgesi'yle sınırlı kalmayıp Marmara, Ege ve kısmen İç Anadolu ile Güneydoğu Anadolu'nun

benzer iklim koşullarının hakim olduğu yörelerinde de doğal popülasyonlar oluşturabilmektedir (Saatçioğlu, 1976).

Türkiye'de toplam kızılçam orman varlığının neredeyse yarısı (%47) Akdeniz Bölgesi'nde bulunmakta; bu durum söz konusu bölgeyi Türkiye'nin en geniş kızılçam rezervi olarak öne çıkarmaktadır (Kantarcı, 1984). Yalnızca bu bölgede 1.469.209 hektar yayılışa sahiptir ve Toros Dağları'nın denizle yüz yüze gelen yamaçlarında kümelenmektedir. Kısa yatay mesafelerde sarp yükselti farklarına ulaşan Toros silsilesi, türün kıyı kesimlerinden iç bölgelere doğru genişlemesini doğal bir bariyer işleviyle engellemektedir. Bununla birlikte, okyanus kökenli nemin akarsu vadileri aracılığıyla iç alanlara kadar taşınabildiği Aksu, Seyhan ve Ceyhan havzalarında türün yayılış sınırı belirgin biçimde içerilere kaymaktadır. Bu bağlamda en çarpıcı örnek, kızılçamın Ceyhan Nehri vadisi boyunca kıyıdan 200 km uzakta, Malatya yakınlarına dek varlığını sürdürebilmesidir (Kantarcı, 1982; Saatçioğlu, 1976).

Karadeniz Bölgesi'nde türün yayılışı daha parçalı ve seyrek bir karakter taşımaktadır. Batı kıyı şeridinde çoğunlukla tekil bireyler ya da küçük gruplar hâlinde rastlanan Kızılçam, kıyı vejetasyonu içinde yer alabildiği gibi vadi güzergahlarını izleyerek iç kesimlere de sızabilmektedir. Ayancık dolaylarında dar alanlar oluşturduğu, Kızılırmak ile Devrez, Gökırmak kollarının vadilerinde ise dağınık orman kalıntıları ya da münferit ağaçlar biçiminde tutunduğu bilinmektedir (Akıncı, 1963; Davis, 1965; Gökmen, 1970). Zonguldak ve Yenice yörelerinde zaman zaman kapalı meşcere niteliği kazanabildiği de kayıtlara geçmiştir (Davis, 1965).

Dikey dağılım açısından ele alındığında kızılçam, deniz kıyısından başlayarak Akdeniz Bölgesi'nde 1300 m yükseltilere (meşcere olarak), saf olarak ise 1500 m'ye kadar yükselebilmektedir. Kuzey enleme doğru ilerledikçe bu üst sınır giderek alçalmakta; Ege Bölgesi'nde yükselti olarak 800-900 m'lere değin Marmara Bölgesi'nde e 600-700 m yükseltilere inmektedir (Saatçioğlu, 1976). Marmara ve Karadeniz kesimlerinde türün ulaşabildiği en yüksek nokta Osmancık yöresiyle özdeşleşmekte ve yaklaşık 700 m olarak kayıt altına alınmaktadır. Öte yandan Ege Bölgesi'nde Uşak çevresinde kızılçamın 1100-1150 m yükseltiye dek tırmanabildiği saptanmıştır (Atalay, 1983).

2.3 Literatür Özeti

Literatürde bugüne kadar kızılçam türü ile ilgili birçok çalışma yürütülmüştür. Çalışmalar çoğunlukla kızılçamın yangında biyolojisini anlamaya yönelik, fidan morfolojik özelliklerini belirlemeye yönelik, ya da hasılat yönünden değerlendirilmesi ile ilgili olmuştur. Bu bölümde, kızılçam ile ilgili yapılmış olan bazı bilimsel çalışmalar değerlendirilmiş ve altta kısa kısa olmak üzere özetlenmiştir.

Dirik vd. (1999), ekim öncesi uygulanan ozmotik stres koşullandırmasının kızılçam tohumlarının çimlenme performansı üzerindeki etkilerini deneysel bir kurgu çerçevesinde incelemiştir. Çalışmada tohumlar, iki temel işlem grubuna ayrılmış, ardından farklı düzeylerindeki ozmotik stres durumlarında 5 ve 10 günlük sürelerle işleme tabi tutulmuştur. İşlem görmüş tohumların çimlenme kapasitesi +15°C ve +25°C sıcaklık ortamlarında test edilmiştir. Bu çalışmada, ozmotik stres koşullandırmasının çimlenme oranları ve çimlenme sonuçlarını olumlu yönde etkilediğini ortaya çıkarmıştır. Ancak tohumlardaki iç dormansi engelinin aşılması bakımından denenen koşullandırma uygulamalarının, geleneksel katlama yönteminin gerisinde kaldığı belirlenmiştir. Bu bulgular, ozmotik koşullandırmanın çimlenmeyi destekleyici bir ön işlem olarak değer taşıdığını, bununla birlikte dormansi kırımındaki etkinliğinin klasik yöntemlerle kıyaslandığında sınırlı düzeyde kaldığını göstermektedir.

Dirik (2000), farklı iklim tiplerini temsil eden farklı kızılçam orijinlerinden gelen sürgünlerin kurak dönem su potansiyellerini analiz etmiştir. Bulgular, şiddetli yaz kuraklığıyla karakterize edilen iklim tiplerinden gelen kızılçam orijinlerinin en düşük ozmotik potansiyel değerlerine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuç, söz konusu orijinlerin uzun süreli su stresi koşullarına karşı görece daha yüksek bir fizyolojik tolerans kapasitesi geliştirdiğine işaret etmekte ve kızılçamın kuraklık direncinin coğrafi köken ile yakından ilişkili olduğunu gözler önüne sermektedir.

Özbayram vd. (2015), orman ekosistemi verimliliğinin ve çatı dinamiğinin temel göstergelerinden biri olan yaprak alanı indeksinin (YAİ) meşcere parametreleriyle olan ilişkisini, Denizli'deki kızılçam ve karaçam örnek alanları üzerinden incelemiştir.

Regresyon analizleri, YAİ ile farklı morfolojik karakterlerin arasındaki ilişkilerin türe göre belirgin farklılıklar sergilediğini açıkça belirlemiştir. Kızılçam meşcerelerinde söz konusu parametrelerin büyük çoğunluğu YAİ ile pozitif yönlü anlamlı ilişki gösterirken karaçamda yaş ve gövde orta çapı arasında negatif yönlü bir eğilim saptanmıştır. Ölü örtü kalınlığı ise kızılçam ve karaçamda YAİ ile aynı yönde bir ilişki sergilemiştir. Araştırmacılar, aynı yetişme ortamında bir arada bulunan farklı türlerin meşcere tipine bağlı olarak YAİ davranışının değişkenlik gösterdiği sonucuna ulaşmış; amenajman planlamasında rutin olarak toplanan yaş, çap, boy ve göğüs yüzeyi verilerinden yararlanılarak YAİ'nin belirli bir doğrulukla kestirilebileceğini vurgulamıştır. Bununla birlikte, geliştirilen regresyon denklemlerinin farklı yapı ve yetişme ortamı koşullarına sahip meşcerelerde yeniden test edilmesinin ve uydu görüntüsü kaynaklı YAİ değerleriyle yersel ölçümler arasındaki uyumun araştırılmasının bilimsel açıdan büyük önem taşıdığı da ifade edilmiştir.

Dutkuner ve Koparan (2016), Isparta-Sütçüler yöresindeki kızılçam ve karaçam ormanlarında yürüttükleri çalışmada her iki türe ait ağaçların kabuk miktarlarını ve bu kabukların potansiyel kullanım olanaklarını araştırmıştır. Her türden 10'ar örnek ağaç üzerinde gerçekleştirilen ölçümler; boy, göğüs çapı, yaş, kabuk kalınlığı ve toplam kabuk miktarı parametrelerini kapsamaktadır. Elde edilen verilere göre kızılçam bireylerinin ortalama boyu 21,5 m, göğüs çapı 52,7 cm, yaşı 81,2 yıl ve kabuk kalınlığı 3,3 cm olarak belirlenmiş; bu ağaçlardan toplam 922,9 kg kabuk elde edilmiştir. Karaçam bireylerinde ise ortalama boy 18,2 m, göğüs çapı 62,2 cm, yaş 173,8 yıl ve kabuk kalınlığı 3,14 cm olarak saptanmış; toplam kabuk miktarı 997,40 kg olarak kaydedilmiştir. Serme alanı açısından değerlendirildiğinde kızılçam kabukları 105 m², karaçam kabukları ise 115 m²'lik bir yüzeyi örtebilecek hacme ulaşmıştır. Bu bulgular, her iki türe ait kabukların örtü malzemesi başta olmak üzere çeşitli endüstriyel ve pratik kullanım alanlarında değerlendirilebileceğine işaret etmektedir.

Öztürk ve Deligöz (2018), tohum kaynağının kızılçam fidanlarının gelişim özellikleri üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla Denizli Orman Fidanlığı koşullarında farklı tohum bahçelerinden temin edilen tohumlardan üretilen 1+0 yaşlı fidanlar, büyüme dönemi tamamlandıktan sonra çok boyutlu bir yaklaşımla değerlendirilmiştir. Morfolojik ölçümler, fizyolojik testler ve biyokimyasal analizleri kapsayan bu

değerlendirme sonucunda temel büyüme göstergelerinde tohum bahçeleri arasında belirgin farklılıklar ortaya çıkmıştır. Boy gelişimi en yüksek düzeyde Tavas-Kale menşeli fidanlarda gerçekleşirken en düşük değerler Yılanlı-Boyalı menşeli bireylerde kaydedilmiştir. Kök gelişme kapasitesi bakımından da Tavas-Kale kökenli fidanlar diğerlerinin önüne geçmiş; Muğla-Kıyra kökenli bireyler ise gövde kalınlığı, toplam biyokütle ve genel fidan kalitesi açısından üstün bir performans göstermiştir. Çalışma, fidan kalitesinin herhangi bir tek parametre üzerinden yargılanamayacağını, morfolojik verilerin fizyolojik ve biyokimyasal bulgularla bütünleşik biçimde yorumlanması ve tüm bu sonuçların arazi tutma başarısıyla birlikte ele alınması gerektiğini açıkça ortaya koymuştur. Ayrıca fizyolojik kalite konusunda daha ayrıntılı ve geniş kapsamlı çalışmalara duyulan ihtiyaç da vurgulanmıştır.

Bilir (2019), Antalya Orman Fidanlığında yetiştirilen kızılçam fidanlarının morfolojik kalite özelliklerini iki farklı yaş grubu ve yetiştirme tekniği bağlamında karşılaştırmalı olarak değerlendirmiştir. Araştırmada 1+0 yaşlı çıplak köklü fidanların ortalama boyu ve kök boğazı çapı sırasıyla 8,2 cm ve 3,9 mm olarak ölçülürken, 1+1 yaşlı tüplü fidanlarda bu değerlerin 16,5 cm ve 5,8 mm düzeyine yükseldiği belirlenmiştir. Türk Standartları Enstitüsü kalite ölçütleri çerçevesinde yapılan sınıflandırmada, 1+0 yaşlı fidanların yaklaşık dörtte üçünün (%74) dikime hazır nitelik taşımadığı; 1+1 yaşlı fidanlarda ise bu oranın %32,5'e gerilediği görülmüştür. Bununla birlikte kök boğazı çapı bakımından her iki yaş grubundaki tüm bireylerin kalite eşiğini karşıladığı saptanmıştır. Araştırmacı, elde edilen sonuçların kızılçam fidanlarının dikime uygunluğunun ve genel kalite düzeyinin belirlenmesinde güvenilir bir başvuru kaynağı işlevi görebileceğini vurgularken bulguların arazi koşullarında sınanarak desteklenmesinin de zorunlu olduğunu ifade etmiştir.

Keten ve Gülsoy (2020), Düzlerçamı (Antalya) yöresinde doğal yayılış gösteren kızılçam meşcerelerinin verimlilik düzeyi ile çevresel faktörler arasındaki ilişkileri 51 örnek alan üzerinde yürütülen kapsamlı bir envanter çalışmasıyla araştırmıştır. Her örnek alanda rakım, sıcaklık, toprak dokusu ve fizyografik özellikler belirlenmiş; 75 yaş bazında hesaplanan bonitet endeks değerleri türün verimlilik göstergesi olarak kullanılmıştır. Korelasyon analizleri, kızılçam verimliliğinin başta yükseklik ve sıcaklık olmak üzere toprağın kum ve kil içerikleriyle anlamlı düzeyde ilişkili

olduğunu ortaya koymuştur. Farkı regresyon yöntemlerinin birlikte uygulandığı modelleme sürecinde topraktaki kum ve iskelet oranları, çakıl taşı ana kayası, alt yamaç konumu ve düz arazi koşullarının bonitet üzerinde belirleyici değişkenler olduğu saptanmıştır. Özellikle düz topoğrafyaya sahip alanlarda ve 0-30 cm toprak derinliğinde kum oranı %40'ın altında kalan yetişme ortamlarında bonitet değerlerinin belirgin biçimde yükseldiği gözlemlenmiştir. Elde edilen bulgular, verimli sahaların öncelikli olarak korunması ve potansiyel yüksek verimlilik gösteren alanlarda hedefe yönelik silvikültürel stratejilerin hayata geçirilmesi bakımından orman yöneticilerine önemli bir karar destek zemini sunmaktadır.

2.4 Tezin Amacı

Mevcut literatür bir bütün olarak ele alındığında, kızılçamın gerek ekolojik işlevleri gerekse ekonomik potansiyeli bakımından ormancılık bilimi açısından stratejik öneme sahip bir tür olduğu açıkça ortaya çıkmaktadır. Yangın sonrası biyokütlenin endüstriyel süreçlerde değerlendirilebilmesi, türün geniş ekolojik tolerans aralığı ve hızlı büyüme kapasitesi, kızılçamı silvikültürel uygulamalarda vazgeçilmez bir kaynak konumuna taşımaktadır. Bununla birlikte, odun teknolojisi, biyosorpsiyon, fidan kalitesi ve verimlilik ilişkileri gibi farklı alanlarda yürütülen araştırmalar, türün kullanım yelpazesinin giderek genişlediğini ve gelecekte daha da stratejik bir değer kazanacağını göstermektedir.

Uzun ömürlü canlı organizmalar olan ağaçlar, maruz kaldıkları iklim ve çevre koşullarına bağlı olarak boy, göğüs çapı, ibre ve yaprak boyutları, kozalak özellikleri, kabuk kalınlığı, fotosentez kapasitesi, yıllık halka genişliği ile traheid boyutları, çeper kalınlıkları, lümen genişlikleri, lif özellikleri ve öz ışını gibi anatomik karakterler bakımından birbirinden farklı özellikler sergilemektedir. Sıcaklık, yağış rejimi ve topografik yapıdaki bölgesel farklılıklar, kızılçam bireylerinde de kendine özgü adaptasyon örüntüleri ve farklılaşmış morfolojik ve anatomik özellikler ortaya çıkarmaktadır.

Kızılçam üzerine gerçekleştirilen çalışmalar büyüme ve gelişme süreçlerini çeşitli boyutlarıyla ele almış olmakla birlikte, Karadeniz, Akdeniz ve Ege bölgelerindeki

popülasyonlara ait anatomik ve morfolojik özelliklerin karşılaştırmalı olarak değerlendirildiği kapsamlı bir araştırmanın literatürde henüz yer almadığı görülmektedir. Kızılçamın biyolojisine odaklanan pek çok araştırma bugüne dek literatüre kazandırılmış olmakla birlikte (Boydak vd., 2006; Çalıkoğlu vd., 2022; Çerçioğlu ve Çetinkaya, 2021; Karatepe vd., 2014; Keten ve Gülsoy, 2020; Özel vd., 2018), benzer yaş grubundaki kızılçam bireylerinin Batı Karadeniz, Akdeniz ve Ege Bölgeleri gibi farklı yetişme ortamında morfolojik, anatomik ve fizyolojik açıdan karşılaştırmalı olarak ele alındığı bir çalışmaya rastlanmamaktadır.

Bu boşluktan yola çıkılarak hazırlanan çalışma; ülkemizin iğne yapraklı ormanları içinde en geniş doğal yayılış alanına sahip olan kızılçamın farklı yetişme koşullarında sergilediği morfolojik, anatomik ve fizyolojik farklılıkları ortaya koymayı hedeflemektedir. Söz konusu farklılıkların belirlenmesi, türlerin çevresel koşullara adaptasyon mekanizmalarının ve büyüme süreçlerinin daha iyi anlaşılmasına doğrudan katkı sağlamaktadır. İklim krizinin giderek derinleşen etkilerinin hissedildiği günümüzde, türlerin hem ideal hem de ideal dışı yetişme ortamlarındaki büyüme potansiyellerinin ortaya konulması ormancılık bilimi açısından büyük bir önem taşımaktadır. Bu çalışma farklı coğrafi bölgelerde yetişen kızılçam bireylerinin anatomik ve morfolojik varyasyonlarını ayrıntılı biçimde ortaya koymayı, bölgesel iklim koşullarının tür üzerindeki yapısal etkilerini belirlemeyi ve kızılçamın farklı çevresel koşullara adaptasyon mekanizmalarını anlamayı temel amaç olarak benimsemektedir. Elde edilecek bulguların, türün biyolojik çeşitliliği ve ekolojik rolüne ilişkin mevcut bilgi birikimine özgün bir katkı sunması ve gelecekte yürütülecek bölgesel ormancılık çalışmalarına bilimsel bir referans zemini oluşturması beklenmektedir. Elde edilen veriler ulusal ve uluslararası literatüre özgün katkılar sunacak; ayrıca kızılçamın Akdeniz Bölgesi dışındaki morfo-anatomik ve fizyolojik özelliklerinin belirlenmesinin, bu türe ait ormanların korunması, geliştirilmesi ve uzun vadeli sürdürülebilirliğinin sağlanması bakımından Türkiye ormancılığına değerli bir referans kaynağı oluşturması beklenmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu tez çalışmada, çalışmalar iki şekilde gerçekleştirilmiştir: arazi çalışmaları ve laboratuvar analizleri. Araştırma, iki farklı coğrafi bölgede yürütülmüştür. Çalışma Kastamonu ili, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları ve Antalya ili Antalya Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içinde yetişen saf kızılçam ormanlarında gerçekleştirilmiştir. Kastamonu çalışma alanı: Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içinde (Şekil 3.1) yer alan ve iç Karadeniz iklim özelliklerini yansıtan kızılçam meşcereleri araştırmanın Batı Karadeniz alanını temsil etmektedir. Bu alan, Kastamonu ilinin orman işletme sınırları dahilinde, görece yüksek nem ve düşük sıcaklık rejimiyle karakterize edilen bir yetişme ortamı sunmaktadır. Antalya çalışma alanı: Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Aksu ilçesi Aksu Orman İşletme Şefliği sınırları içinde (Şekil 3.2) yer alan kızılçam meşcereleri ise araştırmanın Akdeniz alanını temsil etmektedir. Kızılçamın doğal yayılışının yoğunlaştığı bu alan, türün klimatik optimum koşullarını barındırmaktadır.



Şekil 3.1 Kastamonu ilinde arazi çalışmalarının yapıldığı örnek alanlar haritası



Şekil 3.2 Antalya ilinde arazi çalışmalarının yapıldığı örnek alanlar haritası

Araştırmada örnek alanlarının belirlenmesi aşamasında topografik haritalar, yol şebeke planı haritaları ve meşcere tipleri haritalarından yararlanılmıştır. Haritaların değerlendirilmesi ve mekânsal analizlerin gerçekleştirilmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı ArcGIS 9.3 yazılımı kullanılmıştır. Çalışma kapsamında Sayısal Arazi Modeli (SAM), eğim ve bakı haritaları oluşturularak araştırmada kullanılacak örnek alanlar belirlenmiştir. Hedeflenen kızılçam meşcerelerinde çevresel değişkenlerin etkisini en aza indirmek amacıyla kapalılık (3 kapalı), yaş sınıfı (20-40 yaş) ve bakı (kuzey ve güney) gibi değişkenler sabit tutulmuş, örnekleme noktaları ile çalışma alanlarının sınırları bu kriterlere göre belirlenmiştir. Her iki çalışma alanında da araştırmalar saf kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcerelerinde yürütülmüştür.

Kastamonu ve Antalya bölgelerinde yetişen saf kızılçam meşcerelerinde gerçekleştirilen arazi çalışmalarında, her biri 20 × 20 m büyüklüğünde örnek alanlar oluşturulmuştur. Örnek alan içerisine giren tüm kızılçam bireyleri saat ibresi yönünde numaralandırılmış ve örnek alandaki toplam 100 adet kızılçam ağacında ölçüm yapılmıştır. Her bir ağacın öncelikle kök boğazı çapı, ardından yerden 1,30 m yükseklikte göğüs yüksekliği çapı (DBH) çap ölçer yardımıyla birbirine dik iki yönde ölçülmüştür. Ayrıca her ağacın boyu lazer metre kullanılarak belirlenmiştir.

Morfolojik ve anatomik incelemeler için her iki ilde yürütülen örnek alan çalışmalarında, kuzey bakıdan 20**,** güney bakıdan 20 olmak üzere toplam 40 örnek ağaç seçilmiştir. Seçilen her örnek ağaçtan anatomik incelemelerde kullanılmak üzere örnek diskler alınmış, ayrıca ağaç tacının üst kısmında bulunan ve güneş ışığını doğrudan alan dallardan bir, iki ve üç yaşlı ibre örnekleri ile kozalak örnekleri toplanmıştır.

Her bir örnek ağaçtan ortalama 30 adet ibre ve bulunabildiği ölçüde 5-6 adet kozalak alınmıştır. Buna göre her il için yaklaşık 1.200 adet ibre ve 200-240 adet kozalak, iki il birlikte değerlendirildiğinde ise toplam yaklaşık 2.400 adet ibre ve 400-480 adet kozalak örneği laboratuvar analizlerinde kullanılmıştır.

Laboratuvara getirilen örneklerde ibrelerin boyu ve eni ile kozalakların boy ve en ölçümleri gerçekleştirilmiştir. İbre ve kozalak boyları cetvel yardımıyla, genişlik ve kalınlık ölçümleri ise dijital çap ölçer (kumpas) kullanılarak hassas bir şekilde

belirlenmiştir. Elde edilen tüm ölçüm verileri kayıt altına alınmış ve istatistiksel analizlerde değerlendirilmiştir.

3.2 Yöntem

3.2.1 Morfolojik Ölçümler

Kastamonu ili İğdir-Samatlar Orman İşletme Şefliği ile Antalya ili Aksu Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan saf kızılçam meşcerelerinde yürütülen arazi çalışmalarında, her biri 20 × 20 m büyüklüğünde toplam 4 adet örnek alan oluşturulmuştur. Örnek alanlar içerisine giren tüm kızılçam bireyleri saat ibresi yönünde numaralandırılmış, örnek alan içerisindeki tüm ağaçların öncelikle kök boğazı çapları, daha sonra yerden 1,30 m yükseklikteki göğüs yüksekliği çapları (DBH) çap ölçer yardımıyla (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4) birbirine dik iki yönde ölçülmüştür. Her bir kızılçam ağacının yerden yüksekliği lazer metre yardımı ile ölçülmüştür (Şekil 3.3). İğne yaprak boyutlarını ölçmek için belirlenen ağaçlardan, ağaç tacının en üst kısımlarından (belirlenen örnekler kesilip yere alındığında yapılan ölçüm) ve ışığı gören dallarından bir, iki ve üç yaşlı ibre (yaprak) örnekleri 2 farklı ilden ve iki farklı bakıdan olmak üzere alınmıştır. Alınan örnekler daha sonra laboratuvar ortamına getirilerek ibrelerin boyu ve eni, kozalakların boyları ve enleri ölçülmüştür. İbrelerin ve kozalakların boyları cetvel yardımıyla, kalınlıkları ise çap ölçer yardımıyla ölçülmüştür.



Şekil 3.3 Kastamonu ili arazi çalışmalarına ait fotoğraflar



Şekil 3.4 Antalya ili arazi çalışmalarına ait fotoğraflar



Şekil 3.5 Örnek alanlarda ağaçlardan alınan disklere ait fotoğraflar

3.2.2 Anatomik Ölçümler

Öncelikle ağaçların yaşlarının belirlenebilmesi amacıyla Kastamonu ve Antalya illerindeki örnek alanlardan seçilen örnek ağaçların her birinden kök boğazına yakın kısımdan enine kesit (disk) alınmıştır (Şekil 3.5). Her iki ilde kuzey bakıdan 20 ve

güney bakıdan 20 olmak üzere toplam 40 örnek ağaçtan disk örneği elde edilmiş, böylece iki çalışma alanı birlikte değerlendirildiğinde toplam 80 adet disk örneği laboratuvar analizlerinde kullanılmıştır. Kesilen enine diskler numaralandırılarak laboratuvar poşetlerine yerleştirilmiş ve yaş tayini işlemleri için laboratuvara taşınmıştır.

Diskler üzerindeki yıllık halkaların daha belirgin hale getirilmesi amacıyla yüzeyleri farklı incelikte zımpara kâğıtları kullanılarak yıllık halkalar net bir şekilde görülebilinceye kadar zımparalanmıştır (Şekil 3.6). Daha sonra her bir disk üzerinde yıllık halka sayımları yapılarak ağaç yaşları belirlenmiştir. Bu kapsamda laboratuvarda toplam 80 disk örneğinde yaş tayini ölçümü gerçekleştirilmiş ve elde edilen yaş verileri morfolojik ölçümler ile birlikte istatistiksel analizlerde değerlendirilmiştir.



Şekil 3.6 Laboratuvarda ibre ölçümlerine ait fotoğraflar

Anatomik ölçümler için deneme alanlarında ağaçlardan kesilen disklerden ortalama küçük boyutlu odun parçaları (1,5 x 1,5 x 1,5 cm) hazırlanarak bu parçalardan enine, teğet ve radyal kesitler hazırlanmıştır. Kesitleri hazırlayabilmek kesilen küçük parçalar yumuşamaları ve içlerindeki havanın çıkartılması amacı ile saf su içerisinde dibe çökünceye kadar kaynatılmış kaynatılan örnekler kesit alınıncaya kadar eşit ölçüde alkol-gliserin-damıtık su içerisinde bekletilmiştir (Gerçek, 1997; Merev, 1998b).

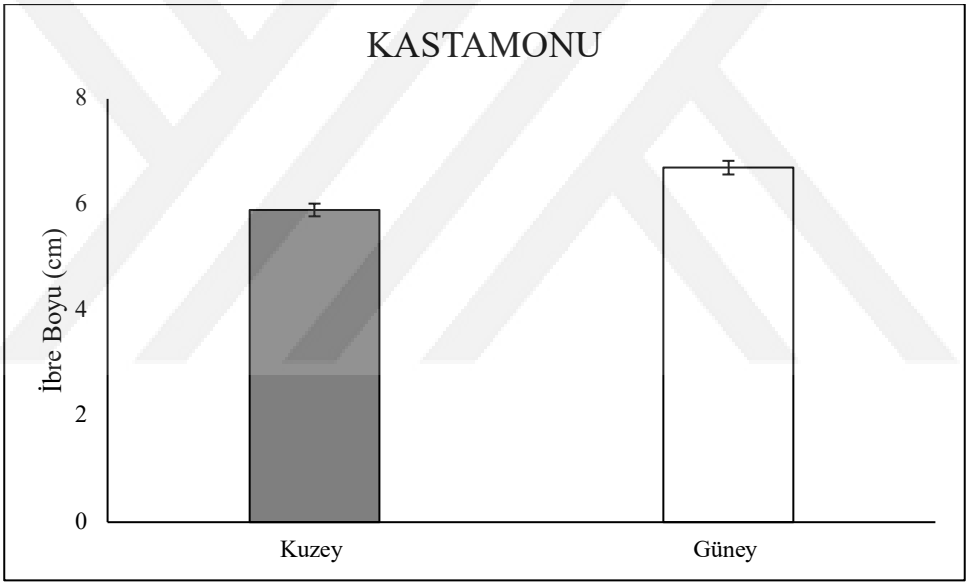
Böylelikle, kesit almaya uygun hale getirilen odun örneklerinden kızaklı mikrotom yardımıyla kesitler alınmıştır. Kesitler, enine ve boyuna yönde yaklaşık 15-20 mikron kalınlığında hazırlanmıştır. Kesitlerin kalıcı örnekler haline getirilebilmesi için ortalama 30 dakika olmak üzere sodyum hipoklorit içerisinde saydamlaştırılması sağlanmış ve daha sonrasında saf su ile durulanmıştır. Sonrasında küçük parçalar 2 dakika olmak suretiyle asetik asit kullanılarak nötralize edilmiş sonrasında yeniden saf su ile yıkanmıştır ve nihayetinde safranin boyar maddesi ile boyanmıştır. Boyama işleminden sonra doku içinde ölçülmeyen traheid hücre boyutlarını (uzunluk ve genişlik, lümen genişliği ve çeper kalınlığı) ölçebilmek için odun elemanlarının serbest hale getirilmesi için 'Franklin' maserasyon yöntemi (1:1 hacimde Glasiyel Asetik Asit-Hidrojen Peroksit Çözeltisi) kullanılmıştır. Bu yöntem için, örnekler masere edilmeden önce kibrit çöpü büyüklüğünde parçalara kesilmiştir ve daha sonra 1:1 hacimde asetik asit ve hidroklorik asit ile bir şişede ısıtılarak maserasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Serbest hale getirilen odun elemanları saf su ile yıkanmış bir filtre kağıdı içerisinden süzülerek alkolle durulanmıştır. Süzme işlemi tamamlandıktan sonra elde edilen odun elemanları küçük beherlerde gliserin ile muamele edildikten sonra safranin boyar maddesi ile boyanmış daha sonrasında ölçümler için preparatlar hazırlanmıştır. Traheid ve özışın hücre boyutlarının belirlenebilmesi için Leica DM750 ışık mikroskobundan ve Leica Application Suite (LAS EZ) görüntü analiz programından yararlanılmıştır. Odun hücre ölçümlerinden traheid hücre uzunlukları/genişlikleri, traheid lümen genişliği, traheid hücre çeper kalınlığı ve öz ışın yüksekliği/genişliği hesaplanmıştır.

4. BULGULAR

Bu tez çalışmasında sonuçlar morfolojik ölçüm ve anatomik ölçüm sonuçları olarak ikiye ayrılmaktadır. Arazi çalışmaları örnek alanlarda morfolojik ölçüm çalışmalarını, laboratuvar çalışmaları ise anatomik hücre analizleri, yıllık halka analizleri ve araziden alınan ibre ve kozalaklar üzerinde yapılan ölçümleri içermektedir.

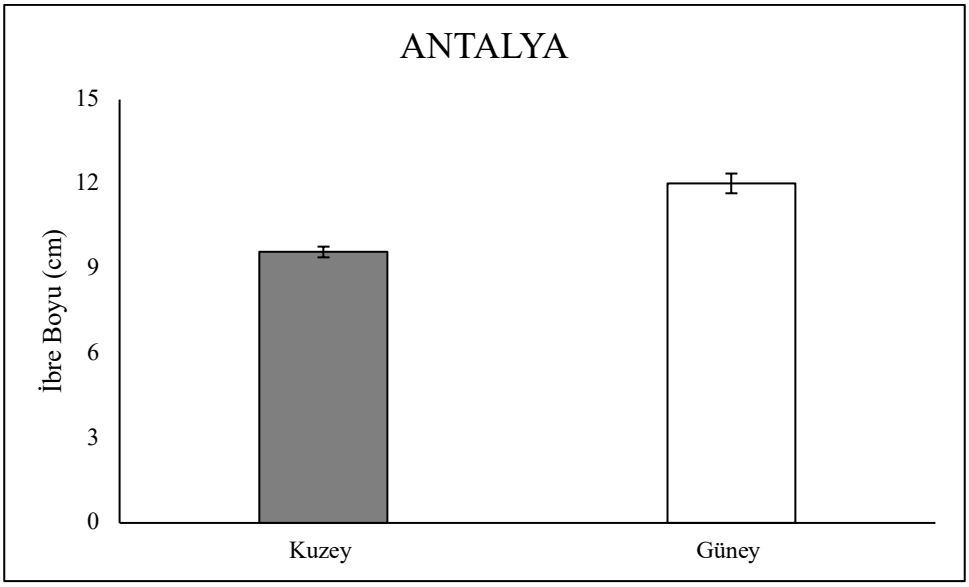
4.1 Morfolojik Ölçüm Sonuçları

Morfolojik ölçümler hem Kastamonu hem Antalya'da gerçekleştirilmiş olup ölçümler hem kuzey hem de güney bakılar için ayrı ayrı yapılmıştır. Kastamonu'da yetişen kızılçamların kuzey bakılarda ortalama ibre boyları 5,9 cm, güney bakılarda ortalama ibre boyları 6,7 cm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.1).



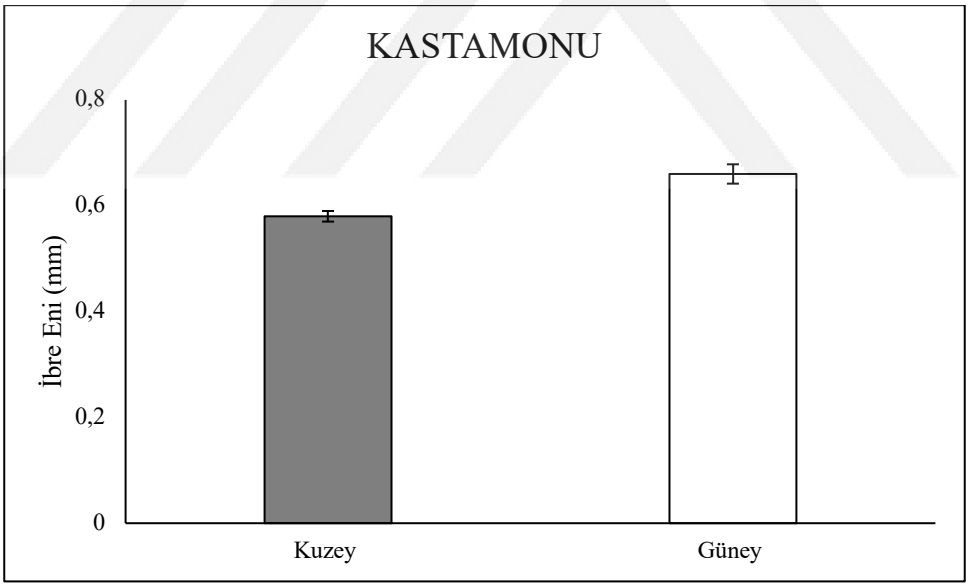
Şekil 4.1 Kızılçamın Kastamonu ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama ibre boyu değerleri

Antalya'da yetişen kızılçamların kuzey bakılarda ortalama ibre boyları 9,6 cm, güney bakılarda ortalama ibre boyları 12,03 cm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.2).

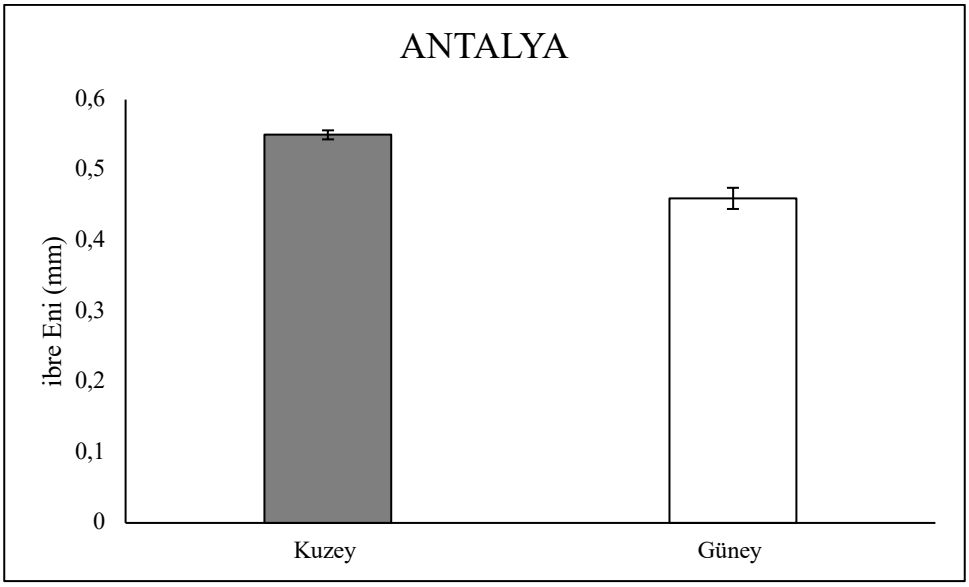


Şekil 4.2 Kızılçamın Antalya ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama ibre boyu değerleri

Kastamonu'da yetişen kızılçamların kuzey bakılarda ortalama ibre enleri 0,5 mm, güney bakılarda ortalama ibre enleri 0,6 mm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.3). Antalya'da yetişen kızılçamların kuzey bakılarda ortalama ibre enleri 0,5 mm, güney bakılarda ortalama ibre enleri 0,4 mm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.4).

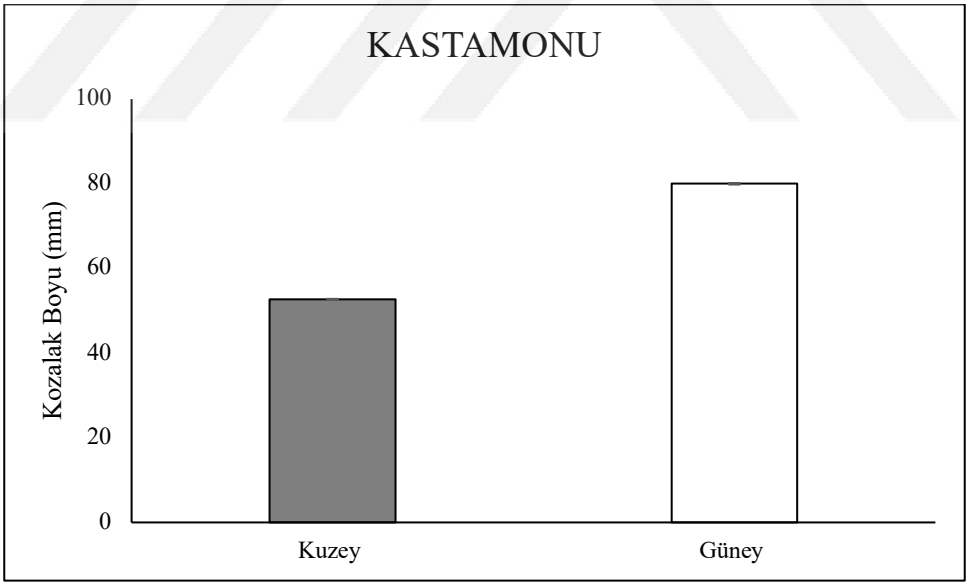


Şekil 4.3 Kızılçamın Kastamonu ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama ibre eni değerleri

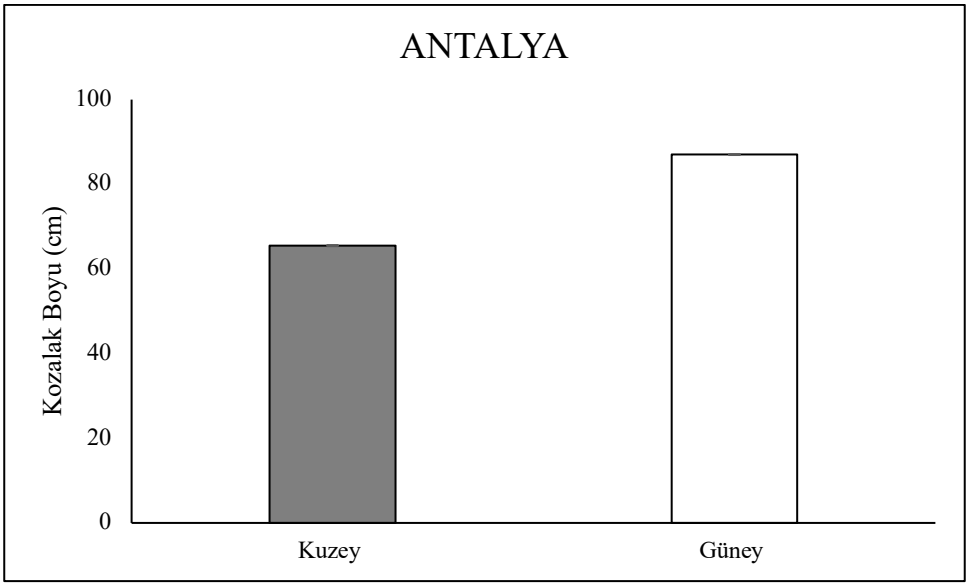


Şekil 4.4 Kızılçamın Antalya ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama ibre eni değerleri

Kastamonu'da yetişen kızılçamların kuzey bakılarda ortalama kozalak boyları 52,7 cm, güney bakılarda ortalama kozalak boyları 80 cm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.5). Antalya'da yetişen kızılçamların kuzey bakılarda ortalama kozalak boyları 65,5 cm, güney bakılarda ortalama kozalak boyları 87 cm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.6).

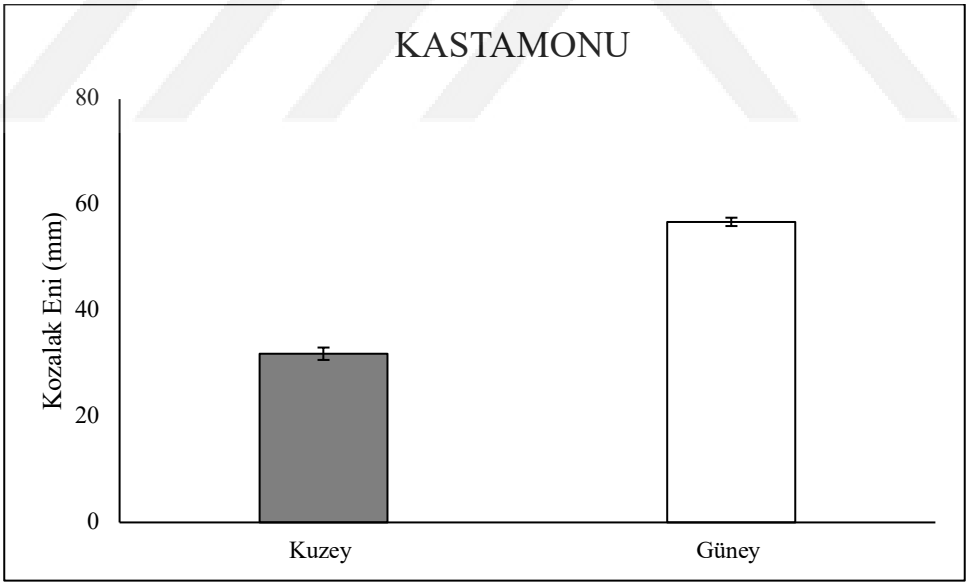


Şekil 4.5 Kızılçamın Kastamonu ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama kozalak boyu değerleri

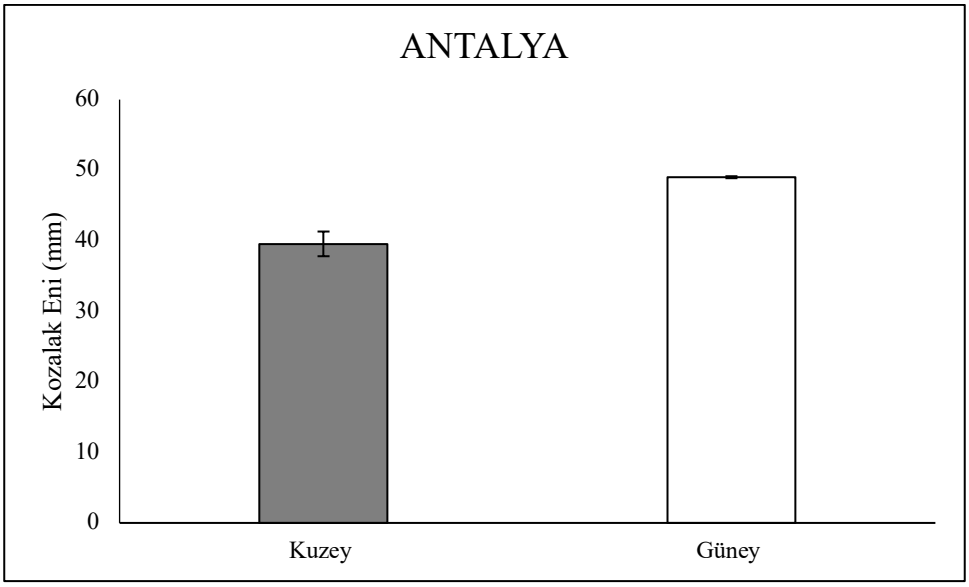


Şekil 4.6 Kızılçamın Antalya ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama kozalak boyu değerleri

Kastamonu'da yetişen kızılçamların kuzey bakılarda ortalama kozalak enleri 31,88 mm, güney bakılarda ortalama kozalak enleri 56,8 mm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.7). Antalya'da yetişen kızılçamların kuzey bakılarda ortalama kozalak enleri 39,5 mm, güney bakılarda ortalama kozalak enleri 49 mm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.8).

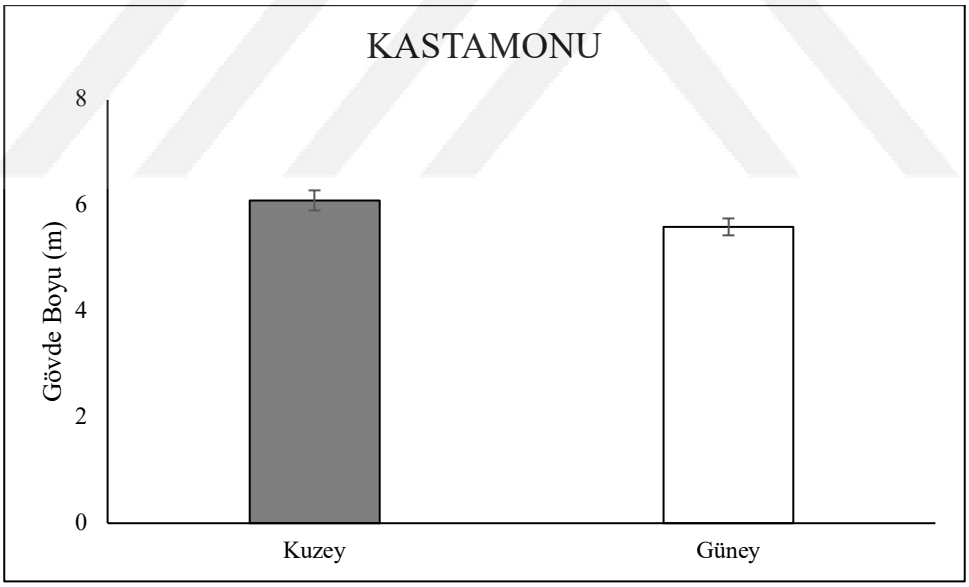


Şekil 4.7 Kızılçamın Kastamonu ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama kozalak eni değerleri

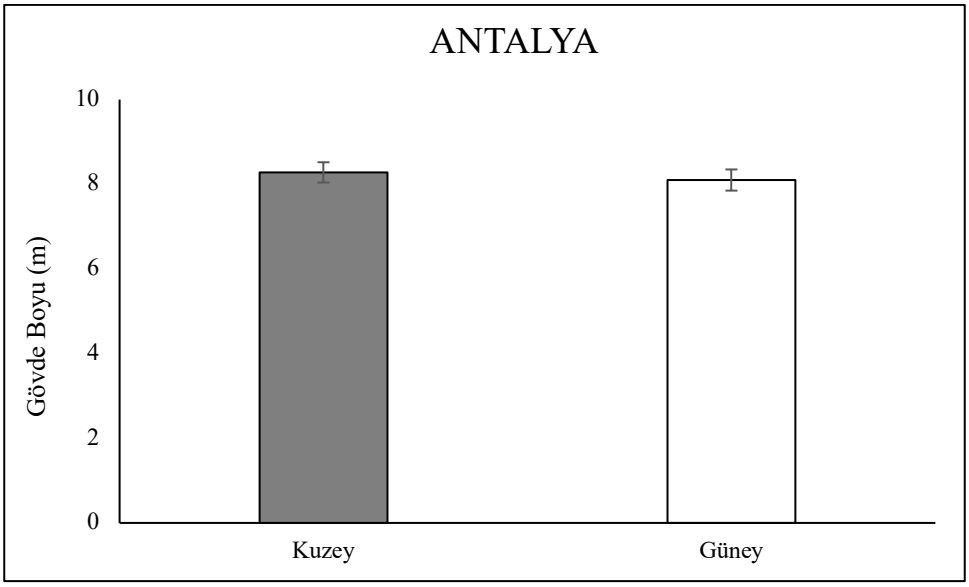


Şekil 4.8 Kızılçamın Antalya ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama kozalak eni değerleri

Kastamonu'da yetişen kızılçamların kuzey bakılarda ortalama gövde boyları 6,1 m, güney bakılarda ortalama gövde boyları 5,6 m olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.9). Antalya'da yetişen kızılçamların kuzey bakılarda ortalama gövde boyları 8,28 m, güney bakılarda ortalama gövde boyları 8,1 m olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.10).

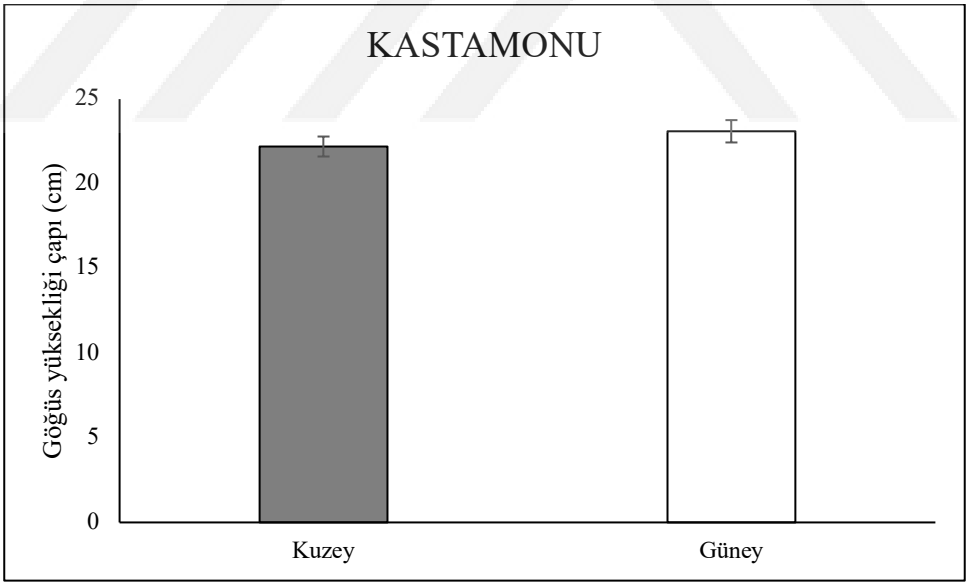


Şekil 4.9 Kızılçamın Kastamonu ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama gövde boyu değerleri

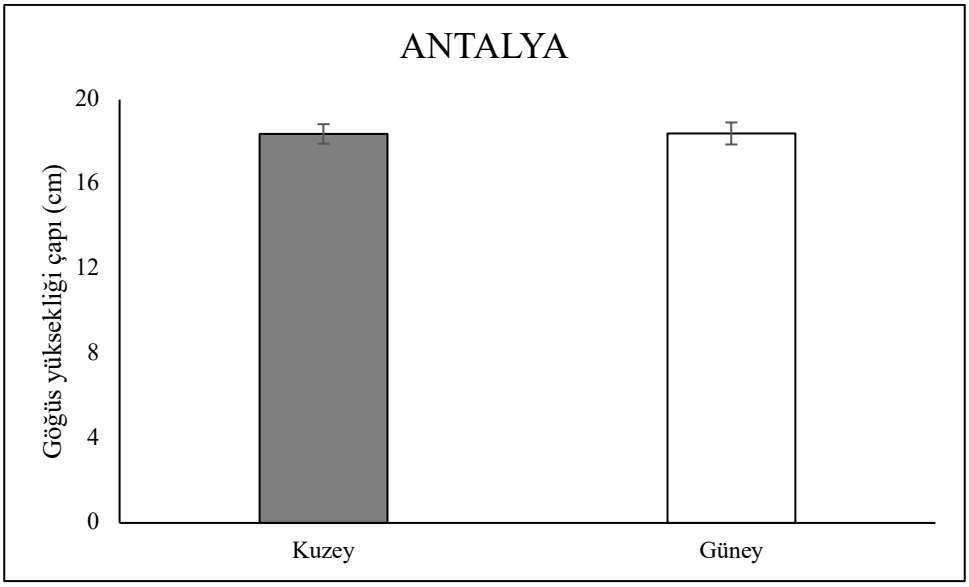


Şekil 4.10 Kızılçamın Antalya ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama gövde boyu değerleri

Kızılçam bireylerinin ortalama göğüs yüksekliği çapı Kastamonu'da kuzey ve güney bakılarda sırasıyla 22,2 cm ve 23,1 cm olarak belirlenirken, Antalya'da aynı değerler sırasıyla 18,3 cm ve 18,4 cm'e şeklinde belirlenmiştir (Şekil 4.11- 4.12). Bu sonuçlar, Kastamonu'daki bireylerin her iki bakıda da Antalya'daki bireylere göre daha yüksek çap değerlerine sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.11 Kızılçamın Kastamonu ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama göğüs yüksekliği çapı değerleri



Şekil 4.12 Kızılçamın Antalya ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama göğüs yüksekliği çapı değerleri

4.1.1 Kastamonu Yöresinde Kuzey ve Güney Bakıdaki Kızılçam Bireylerinin Morfolojik Özelliklerinin İstatiksel Karşılaştırılması

Kastamonu yöresinde kuzey ve güney bakılarda yetişen kızılçam bireylerinin morfolojik özellikleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre incelenen on iki karakterin altısında istatistiksel olarak anlamlı farklılık belirlenirken ($p<0,05$), diğer altı karakter bakımından gruplar arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir. Morfolojik özellikler incelendiğinde, ibre boyu kuzey bakıda yetişen bireylerde (7,15±1,61 cm), güney bakıdaki bireylere (6,09±1,05 cm) göre anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur ($F = 30,272$; $p < 0,001$). Buna karşılık ibre eni bakımından kuzey (0,54 ± 0,13 mm) ve güney (0,52 ± 0,13 mm) bakılar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir ($F=1,103$; $p=0,295$). Kozalak özellikleri değerlendirildiğinde, kozalak boyu güney bakıda (5,94 ± 1,25 cm), kuzey bakıya (5,56 ± 0,91 cm) göre daha yüksek bulunmuş ve bu farklılık anlamlı olarak belirlenmiştir ($F = 5,968$; $p = 0,015$). Buna karşın kozalak eni bakımından kuzey (38,02 ± 9,54 mm) ve güney (35,98 ± 10,2 mm) bakılar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($F=2,140$; $p = 0,145$).

Tablo 4.1 Kastamonu'da yetişen kızılçam ağaçlarının kuzey ve güney bakıya bağlı morfolojik özelliklerinin Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları

Morfolojik Parametreler	**F**	***p***	**Değerlendirme**
İbre boyu	30,272	<0,001	Kuzey > Güney
Kozalak boyu	5,968	0,015	Güney > Kuzey

4.1.2 Antalya Yöresinde Kuzey ve Güney Bakıdaki Kızılçam Bireylerinin Morfolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması

Antalya yöresinde kuzey ve güney bakılarda yetişen kızılçam bireylerinin morfolojik ve anatomik özellikleri tek yönlü varyans analizi ile karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre incelenen on iki karakterin dokuzunda istatistiksel olarak anlamlı farklılık belirlenirken ($p<0,05$), üç karakterde (özışını yüksekliği, özışını genişliği, boy ve çap dikkate alındığında aslında dört karakter) bakılar arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır. Morfolojik özellikler incelendiğinde, ibre boyu güney bakıda yetişen bireylerde (12,03±1,79 cm), kuzey bakıya (11,06±2,63 cm) göre anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur ($F=9,307$; $p=0,003$). Benzer şekilde kozalak boyuda güney bakıda (7,45±1,66 cm), kuzey bakıya (6,13±0,81 cm) göre daha yüksek olup bu farklılık oldukça anlamlıdır ($F=50,307$; $p<0,001$).

İbre eni bakımından ise kuzey bakı bireyleri (0,577±0,057 mm), güney bakı bireylerinden (0,493±0,094 mm) daha yüksek ortalama değere sahip olup bu farklılık istatistiksel olarak oldukça anlamlı bulunmuştur ($F=58,160$; $p<0,001$). Kozalak eni bakımından iki bakı arasında çalışmadaki en belirgin farklılık belirlenmiştir. Kuzey bakıda ortalama kozalak eni 42,51±9,32 mm iken güney bakıda 4,52±0,93 mm olarak hesaplanmış ve farklılık oldukça yüksek düzeyde anlamlı bulunmuştur ($F=1646,847$; $p<0,001$). Bununla birlikte güney bakısı için hesaplanan ortalama değerin diğer morfolojik ölçümlerle uyumsuz derecede düşük olması, ham verilerin veya ölçüm birimlerinin yeniden kontrol edilmesini gerektirmektedir.

Tablo 4.2 Antalya'da yetişen kızılçam ağaçlarının kuzey ve güney bakıya bağlı morfolojik özelliklerinin Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları

Morfolojik ve Anatomik Parametreler	F	*p*	Değerlendirme
İbre Boyu	9,307	0,003	Güney > Kuzey
İbre Eni	58,160	<0,001	Kuzey > Güney
Kozalak Boyu	50,307	<0,001	Güney > Kuzey
Kozalak Eni	1646,847	<0,001	Kuzey > Güney

4.2 Odun Anatomisi Ölçüm Sonuçları

Kastamonu ve Antalya'da yetişen kızılçamların yıllık halka genişlikleri ve odun anatomik özellikleri bakımından önemli farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Yıllık halka genişliği Kastamonu'da kuzey ve güney bakılarda sırasıyla 2,24 mm ve 2,49 mm olarak ölçülürken, Antalya'da aynı değerler sırasıyla 1,56 mm ve 1,70 mm olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Kastamonu'daki kızılçamların Antalya'daki kızılçamlara göre daha yüksek radyal büyüme ortaya çıkardığını göstermektedir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3 Kızılçamın Antalya ilinde ve iki farklı bakıda (Kuzey - Güney) ortalama yıllık halka genişlikleri ve odun anatomik özellikleri

Yıllık Halka Genişlikleri ve Anatomik Parametreler	**KASTAMONU**		**ANTALYA**	
	Kuzey	**Güney**	**Kuzey**	**Güney**
Yıllık Halka Genişliği (mm)	2,24	2,49	1,56	1,70
Traheid Uzunluğu (µm)	1665	1278,3	1000,2	1391,2
Traheid Genişliği (µm)	24,3	23,7	38,5	21,2
Traheid Lümen Genişliği (µm)	3,24	2,58	3,11	3,46
Traheid Hücre Çeper Kalınlığı (µm)	2,05	2,13	2,12	1,89
Özışın Yüksekliği (µm)	253,7	127,4	278,5	267,6
Özışın Genişliği (µm)	44,1	23,4	42,6	51,8

Traheid uzunluğu bakımından en yüksek değer Kastamonu kuzey bakıda 1665 µm olarak belirlenirken, en düşük değer Antalya kuzey bakıda 1000,2 µm olarak ölçülmüştür. Güney bakılarda ise Antalya'da (1391,2 µm) traheid uzunluğunun Kastamonu'ya (1278,3 µm) göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.3).

Traheid genişliği Antalya kuzey bakıda 38,5 µm ile en yüksek değeri gösterirken, en düşük değer Antalya güney bakıda 21,2 µm olarak tespit edilmiştir. Kastamonu'da ise

kuzey ve güney bakılar arasında benzer değerler elde edilmiş olup sırasıyla 24,3 µm ve 23,7 µm olarak ölçülmüştür (Tablo 4.3).

Traheid lümen genişliği bakımından en yüksek değer Antalya güney bakıda 3,46 µm olarak belirlenirken, en düşük değer Kastamonu güney bakıda 2,58 µm olarak tespit edilmiştir. Traheid hücre çeper kalınlığı değerleri ise tüm çalışma alanlarında birbirine yakın olup 1,89-2,13 µm arasında değişmiştir.

Özışın yüksekliği incelendiğinde en yüksek değer Antalya kuzey bakıda 278,5 µm, en düşük değer ise Kastamonu güney bakıda 127,4 µm olarak belirlenmiştir. Özışın genişliği bakımından ise en yüksek değer Antalya güney bakıda 51,8 µm olarak ölçülürken, en düşük değer Kastamonu güney bakıda 23,4 µm olarak tespit edilmiştir.

4.2.1 Kastamonu Yöresinde Kuzey ve Güney Bakıdaki Kızılçam Bireylerinin Yıllık Halka Genişlik ve Anatomik Özelliklerinin Karşılaştırılması

Yıllık halka genişliği kuzey bakıda ortalama 2,59 ± 1,14 mm, güney bakıda ise 2,82 ± 1,49 mm olarak belirlenmiş olmasına rağmen bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F = 1,568$; $p = 0,212$). Benzer şekilde ağaç boyu ($F = 3,256$; $p = 0,073$) ve göğüs çapı ($F = 1,056$; $p = 0,305$) bakımından da bakılar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır.

Anatomik özellikler incelendiğinde ise belirgin farklılıklar ortaya çıkmıştır. Traheid uzunluğu kuzey bakıda (1666 ± 164,78 µm), güney bakıya (1278,01 ± 218,8 µm) göre önemli derecede daha yüksek bulunmuştur. Bu farklılık çalışmada elde edilen en güçlü sonuçlardan biri olup oldukça yüksek düzeyde anlamlıdır ($F = 200,558$; $p < 0,001$). Traheid genişliği bakımından kuzey (24,32 ± 4,18 µm) ve güney (23,63 ± 4,04 µm) bakılar arasında anlamlı farklılık belirlenmemiştir ($F = 1,415$; $p = 0,236$). Buna karşılık traheid lümen genişliği kuzey bakıda (3,22 ± 0,55 µm), güney bakıya (2,58 ± 0,45 µm) göre belirgin şekilde daha yüksek bulunmuş ve gruplar arasındaki farklılık oldukça anlamlıdır ($F = 82,683$; $p < 0,001$). Traheid çeper kalınlığı ise güney bakıda (2,13 ± 0,25 µm), kuzey bakıya (2,05 ± 0,28 µm) göre daha yüksek bulunmuş ve bu farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($F = 4,118$; $p = 0,044$).

Özışını özellikleri bakımından da önemli farklılıklar belirlenmiştir. Özışını yüksekliği kuzey bakıda yetişen bireylerde (256,69±96,18 µm), güney bakıdaki bireylere (126,03±54,05 µm) göre yaklaşık iki kat daha yüksek bulunmuştur (F=140,250; p<0,001). Benzer şekilde özışını genişliği kuzey bakıda ortalama 43,92±9,31 µm iken güney bakıda 23,35±4,81 µm olarak belirlenmiş ve bu farklılık çalışmanın en güçlü anatomik sonuçlarından biri olarak istatistiksel açıdan oldukça anlamlı bulunmuştur (F=384,847; p<0,001). Genel olarak değerlendirildiğinde, kuzey bakıda yetişen kızılçam bireyleri daha uzun ibreler, daha uzun traheidler, daha geniş traheid lümenleri ve daha büyük özışınları ile karakterize olurken; güney bakıda yetişen bireylerde kozalak boyu ve traheid çeper kalınlığı daha yüksek bulunmuştur. Buna karşılık ibre eni, kozalak eni, yıllık halka genişliği, traheid genişliği, ağaç boyu ve göğüs çapı bakımından bakılar arasında anlamlı farklılık belirlenmemiştir. Bu sonuçlar, bakı faktörünün özellikle odun anatomik özellikleri üzerinde morfolojik özelliklere kıyasla daha belirgin etkiler oluşturduğunu göstermektedir (Tablo 4.4)

Tablo 4.4 Kastamonu'da yetişen kızılçam ağaçlarının kuzey ve güney bakıya bağlı e anatomik özelliklerinin Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları

Morfolojik ve Anatomik Parametreler	**F**	***p***	**Değerlendirme**
Traheid lümen genişliği	82,683	<0,001	Kuzey > Güney
Traheid çeper kalınlığı	4,118	0,044	Güney > Kuzey
Özışını yüksekliği	140,250	<0,001	Kuzey > Güney

Genel olarak değerlendirildiğinde Kastamonu'daki kızılçamlar daha geniş yıllık halkalar ve daha uzun traheidlere sahip olurken, Antalya'daki kızılçamlar özellikle özışın boyutları ve bazı traheid özellikleri bakımından daha yüksek değerler göstermiştir. Bu farklılıkların yükselti, iklim koşulları, su mevcudiyeti ve bakı etkilerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

4.2.2 Antalya Yöresinde Kuzey ve Güney Bakıdaki Kızılçam Bireylerinin Yıllık Halka Genişlik ve Anatomik Özelliklerinin Karşılaştırılması

Yıllık halka genişliği güney bakıda (1,87±0,75 mm), kuzey bakıya (1,36±0,58 mm) göre anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur (F=28,636; p<0,001). Buna karşılık

ağaç boyu (F=0,016; p=0,898) ve göğüs çapı (F=2,021; p=0,157) bakımından kuzey ve güney bakılar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık belirlenmemiştir.

Anatomik özellikler değerlendirildiğinde, traheid uzunluğu kuzey bakıda (1449,94±722,20 µm), güney bakıya (1188,20±508,38 µm) göre daha yüksek bulunmuş ve bu farklılık anlamlıdır (F=8,783; p=0,003). Buna karşılık traheid genişliği güney bakıda (38,06±12,04 µm), kuzey bakıya (21,57±5,18 µm) göre oldukça yüksek olup farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır (F=158,330; p<0,001). Traheid lümen genişliği (TLW) kuzey bakıda (3,50±0,73 µm), güney bakıda (3,14±0,51 µm) daha yüksek bulunmuş ve gruplar arasındaki farklılık anlamlıdır (F=15,715; p<0,001). Traheid çeper kalınlığı (TWT) ise güney bakıda (2,12±0,36 µm), kuzey bakıya (1,90±0,26 µm) göre daha yüksek olup bu farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır (F=24,622; p<0,001).

Özışını özellikleri bakımından ise kuzey ve güney bakılar arasında anlamlı farklılık belirlenmemiştir. Özışını yüksekliği kuzey bakıda 269,22±126,53 µm, güney bakıda ise 274,47±103,53 µm olarak hesaplanmış olup farklılık istatistiksel açıdan önemsizdir (F=0,103; p=0,748). Benzer şekilde özışını genişliği bakımından da kuzey (47,31±51,29 µm) ve güney (42,66±11,50 µm) bakılar arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır (F=0,784; p=0,377).

Genel olarak değerlendirildiğinde, Antalya yöresinde güney bakıda yetişen kızılçam bireyleri daha uzun ibreler, daha uzun kozalaklar, daha geniş yıllık halkalar, daha geniş traheidler ve daha kalın hücre çeperleri oluştururken; kuzey bakıda yetişen bireyler daha geniş ibrelere, daha uzun traheidlere ve daha geniş traheid lümenlerine sahip olmuştur. Buna karşılık özışını özellikleri, ağaç boyu ve göğüs çapı bakımından bakının belirgin bir etkisi bulunmamıştır. Bu sonuçlar, Antalya'nın Akdeniz iklim koşullarında bakının özellikle iletim elemanlarının boyutları ve morfolojik organ gelişimi üzerinde belirgin etkiler oluşturduğunu göstermektedir.

Tablo 4.5 Antalya'da yetişen kızılçam ağaçlarının kuzey ve güney bakıya bağlı anatomik özelliklerinin Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları

Morfolojik ve Anatomik Parametreler	F	*p*	Değerlendirme
Yıllık Halka Genişliği	28,636	<0,001	Güney > Kuzey
Traheid Uzunluğu	8,783	0,003	Kuzey > Güney
Traheid Genişliği	158,330	<0,001	Güney > Kuzey
Traheid Lümen Genişliği	15,715	<0,001	Kuzey > Güney
Traheid Hücre Çeper Kalınlığı	24,622	<0,001	Güney > Kuzey

4.3 Kastamonu ve Antalya Kızılçam Ağaçlarının Ortalama Morfolojik ve Anatomik Özelliklerinin Genel İstatistiksel Değerlendirilmesi

Kastamonu popülasyonunda bakı etkisi özellikle odun anatomik özellikleri üzerinde belirgin olmuştur. Traheid uzunluğu (F=200,558; p<0,001), traheid lümen genişliği (F=82,683; p<0,001), özışını yüksekliği (F=140,250; p<0,001) ve özışını genişliği (F=384,847; p<0,001) kuzey bakıda anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur. Buna karşılık traheid çeper kalınlığı (F=4,118; p=0,044) ve kozalak boyu (F=5,968; p=0,015) güney bakıda daha yüksek değer göstermiştir. İbre eni, kozalak eni, yıllık halka genişliği, traheid genişliği, boy ve çap bakımından ise bakının anlamlı bir etkisi belirlenmemiştir (p>0,05). Antalya popülasyonunda ise bakının etkisi hem morfolojik hem de anatomik karakterlerde daha belirgin ortaya çıkmıştır. Güney bakıda ibre boyu (F=9,307; p=0,003), kozalak boyu (F=50,307; p<0,001), yıllık halka genişliği (F=28,636; p<0,001), traheid genişliği (F=158,330; p<0,001) ve traheid çeper kalınlığı (F=24,622; p<0,001) anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur. Buna karşılık kuzey bakıda ibre eni (F=58,160; p<0,001), traheid uzunluğu (F=8,783; p=0,003) ve traheid lümen genişliği (F=15,715; p<0,001) daha yüksek değer göstermiştir. Özışını yüksekliği, özışını genişliği, boy ve çap bakımından ise bakının anlamlı etkisi bulunmamıştır (p>0,05) (Tablo 4.5)

İki bölge birlikte değerlendirildiğinde dikkat çekici benzerlikler ortaya çıkmaktadır. Her iki ilde de kuzey bakıda traheid uzunluğu ve traheid lümen genişliği daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, kuzey bakıların daha serin ve daha nemli mikroklimatik koşulları sayesinde hücre uzamasını desteklediğini göstermektedir. Benzer şekilde her iki ilde de güney bakıda traheid çeper kalınlığı daha yüksek bulunmuştur. Daha yüksek

güneşlenme ve su stresi altında gelişen bireylerde daha kalın hücre çeperlerinin oluşması, mekanik dayanıklılığı ve hidrolik güvenliği artıran bir adaptasyon olarak değerlendirilebilir (Tablo 4.6).

Ancak iki il arasında belirgin farklılıklar da bulunmaktadır. Kastamonu'da kuzey bakının en belirgin etkisi özışını özelliklerinde ortaya çıkarken, Antalya'da özışını yüksekliği ve genişliği bakıya bağlı olarak değişmemiştir. Buna karşılık Antalya'da yıllık halka genişliği ve traheid genişliği güney bakıda önemli ölçüde artarken, Kastamonu'da bu özelliklerde bakıya bağlı anlamlı farklılık belirlenmemiştir. Ayrıca Antalya'da ibre boyu güney bakıda daha uzun olurken, Kastamonu'da kuzey bakıda daha uzun bulunmuştur. Bu durum, bakının etkisinin yalnızca güneşlenme ile açıklanamayacağını; bölgesel iklim, sıcaklık rejimi, toprak nemi ve yetişme ortamı özellikleriyle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Tablo 4.6 Kastamonu ve Antalya kızılçam ağaçlarına ait morfolojik ve anatomik özelliklerin ortalama değerleri ve Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları

Morfolojik ve Anatomik Parametreler	**Bölge**	**Ort. ± SS**	**Min.**	**Max.**	**F**	***p***	**Değerlendirme**
Ağacın Boyu (m)	Kastamonu	6,62 ± 1,46	3,5	12,5	656,543	<0,001*	Antalya > Kastamonu
	Antalya	11,55 ± 2,30	5,6	17,7			
Göğüs Çapı (cm)	Kastamonu	22,72 ± 6,33	7	45	245,872	<0,001*	Kastamonu > Antalya
	Antalya	14,05 ± 4,59	5	26			
İbre Boyu (cm)	Kastamonu	6,62 ± 1,46	3,5	12,5	656,543	<0,001*	Antalya > Kastamonu
	Antalya	11,55 ± 2,30	5,6	17,7			
İbre Eni (mm)	Kastamonu	0,54 ± 0,13	0,11	0,86	0,997	0,319	Önemsiz
	Antalya	0,83 ± 4,21	0,34	0,71			
Kozalak Boyu (cm)	Kastamonu	5,75 ± 1,10	3,5	9,20	64,039	<0,001*	Antalya > Kastamonu
	Antalya	6,79 ± 1,46	4,5	10,4			
Kozalak Eni (mm)	Kastamonu	37,00 ± 9,90	25,44	60,8	72,100	<0,001*	Kastamonu > Antalya
	Antalya	23,51 ± 20,16	32,20	56,4			
Yıllık Halka Genişliği (cm)	Kastamonu	2,70 ± 1,33	0,8	4,79	104,558	<0,001*	Kastamonu > Antalya
	Antalya	1,61 ± 0,72	0,49	4,68			
Traheid Uzunluğu (µm)	Kastamonu	1472,01 ± 274,16	827	2000	9,737	<0,05*	Kastamonu > Antalya
	Antalya	1319,07 ± 636,60	380	2300			

Tablo 4.6'nın devamı

Morfolojik ve Anatomik Parametreler	Bölge	Ort. ± SS	Min.	Max.	F	*p*	Değerlendirme
Traheid Genişliği (µm)	Kastamonu	23,98 ± 4,12	15,10	36,9	39,958	<0,001*	Antalya > Kastamonu
	Antalya	29,81 ± 12,40	11,5	56,6			
Traheid Lümen Genişliği (µm)	Kastamonu	2,90 ± 0,59	1,68	4,23	45,038	<0,001*	Antalya > Kastamonu
	Antalya	3,32 ± 0,65	1,96	4,53			
Traheid Hücre Çeper Kalınlığı (µm)	Kastamonu	2,09 ± 0,27	1,5	2,86	7,913	<0,05*	Kastamonu > Antalya
	Antalya	2,01 ± 0,33	1,4	2,74			
Özışın Yüksekliği (µm)	Kastamonu	191,36 ± 101,71	54,3	493	54,782	<0,001*	Antalya > Kastamonu
	Antalya	271,85 ± 115,34	100	633			
Özışın Genişliği (µm)	Kastamonu	33,63 ± 12,69	17,4	66,4	16,723	<0,001*	Antalya > Kastamonu
	Antalya	46,78 ± 44,83	21	70,3			

Not: Ort.= Ortalama, SS= Standart sapma. * p<0,05, ** p<0,01, *** p<0,001.

Kastamonu ve Antalya yörelerinde yetişen kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ağaçlarına ait morfolojik ve anatomik özelliklerin karşılaştırılması amacıyla uygulanan tek yönlü varyans analizi sonuçları, incelenen karakterlerin büyük çoğunluğunun yetişme ortamına bağlı olarak önemli düzeyde farklılaştığını göstermektedir. Analiz edilen toplam on iki özelliğin on birinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık belirlenirken ($p < 0,05$), yalnızca ibre eni bakımından iki yöre arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($F = 0,997$; $p = 0,319$) (Tablo 4.6).

Morfolojik özellikler incelendiğinde, ibre boyunun Antalya'da yetişen kızılçamlarda (11,55 ± 2,30 cm), Kastamonu'da yetişen kızılçamlara (6,62 ± 1,46 cm) göre yaklaşık %75 daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu farklılık oldukça yüksek düzeyde anlamlı bulunmuş ($F = 656,543$; $p < 0,001$) olup çalışmada elde edilen en güçlü istatistiksel sonuçlardan biridir. Buna karşın ibre eni bakımından Antalya örneklerinde ortalama değer daha yüksek görünmesine rağmen, gruplar arasındaki varyasyonun fazla olması nedeniyle istatistiksel olarak anlamlı farklılık belirlenmemiştir.

Kozalak özellikleri bakımından Antalya'da yetişen kızılçamlarda kozalak boyu (6,79 ± 1,46 cm), Kastamonu popülasyonundan (5,75 ± 1,10 cm) anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur ($F = 64,039$; $p < 0,001$). Buna karşılık kozalak eni Kastamonu örneklerinde (37 ± 9,90 mm), Antalya örneklerine (23,51 ± 20,16 mm) göre daha yüksek olup bu farklılık da istatistiksel olarak oldukça anlamlıdır ($F = 72,100$; $p < 0,001$). Sonuçlar, iki popülasyonda kozalak morfolojisinin farklı yönlerde değişim gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Boy gelişimi açısından Antalya'da yetişen kızılçamlarda ortalama 10,5 ± 3,31 m ile Kastamonu'da yetişen kızılçamlardan (5,86±1,85 m) önemli ölçüde daha yüksek değer göstermiştir. Bu farklılık yüksek düzeyde anlamlıdır ($F = 299,961$; $p < 0,001$). Buna karşılık göğüs çapı bakımından Kastamonu'da yetişen kızılçamlar (22,72 ± 6,33 cm), Antalya'da yetişen kızılçamlardan (14,05 ± 4,59 cm) anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur ($F = 245,872$; $p < 0,001$). Boy ve çap değişkenlerinin ters yönlü değişim göstermesi, iki popülasyonun farklı büyüme stratejileri geliştirdiğini düşündürmektedir.

Yıllık halka genişliği Kastamonu örneklerinde ortalama 2,7 ± 1,33 mm, Antalya örneklerinde ise 1,61 ± 0,72 mm olarak belirlenmiştir. Gruplar arasındaki farklılık oldukça anlamlıdır ($F = 104,558$; $p < 0,001$). Kastamonu popülasyonunda daha geniş yıllık halkaların oluşması, radyal büyümenin Antalya popülasyonuna göre daha yüksek gerçekleştiğini göstermektedir.

Odun anatomik özellikleri değerlendirildiğinde, traheid uzunluğu Kastamonu'da yetişen kızılçamlarda (1472,01 ± 274,16 µm), Antalya'da yetişen kızılçamlardan (1319,07 ± 636,60 µm) anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur ($F = 9,737$; $p = 0,002$). Buna karşılık traheid genişliği Antalya'da yetişen kızılçamlarda (29,81 ± 12,40 µm), Kastamonu'da yetişen kızılçamlardan (23,98 ± 4,12 µm) daha yüksek olup farklılık oldukça anlamlıdır ($F = 39,958$; $p < 0,001$).

Benzer şekilde traheid lümen genişliği Antalya örneklerinde (3,32 ± 0,65 µm), Kastamonu örneklerinden (2,90 ± 0,59 µm) daha yüksek bulunmuş ve gruplar arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($F = 45,038$; $p < 0,001$). Buna karşılık

traheid çeper kalınlığı Kastamonu'da yetişen kızılçamlarda (2,09±0,27 µm), Antalya'da yetişen kızılçamlardan (2,01±0,33 µm) daha yüksek olup farklılık anlamlı bulunmuştur (F = 7,913; p = 0,005).

Özışını özellikleri bakımından Antalya'da yetişen kızılçamlar hem özışını yüksekliği (271,85 ± 115,34 µm) hem de özışını genişliği (46,78 ± 44,83 µm) açısından Kastamonu'da yetişen kızılçamlardan (sırasıyla ortalama 191,36 ± 101,71 µm ve 33,63 ± 12,69 µm) daha yüksek değerler göstermiştir. Her iki özellik bakımından belirlenen farklılıklar istatistiksel olarak anlamlıdır (öz ışını yüksekliği F=54,782; p < 0,001; öz ışını genişliği F = 15,933; p < 0,001).

Genel olarak değerlendirildiğinde, Antalya'da yetişen kızılçamlar ibre boyu, kozalak boyu, boy gelişimi, traheid genişliği, traheid lümen genişliği, özışını yüksekliği ve özışını genişliği bakımından daha yüksek ortalama değerlere sahipken; Kastamonu'da yetişen kızılçamlar kozalak eni, yıllık halka genişliği, göğüs çapı, traheid uzunluğu ve traheid çeper kalınlığı bakımından daha yüksek değerler göstermiştir. Bu sonuçlar, iki farklı iklim bölgesinde yetişen kızılçamların hem morfolojik hem de odun anatomik özellikler açısından önemli ölçüde farklılaştığını ve çevresel koşullara bağlı farklı adaptasyon stratejileri geliştirdiğini ortaya koymaktadır.

4.4 Ortalama Sıcaklık-Yağış Sonuçları

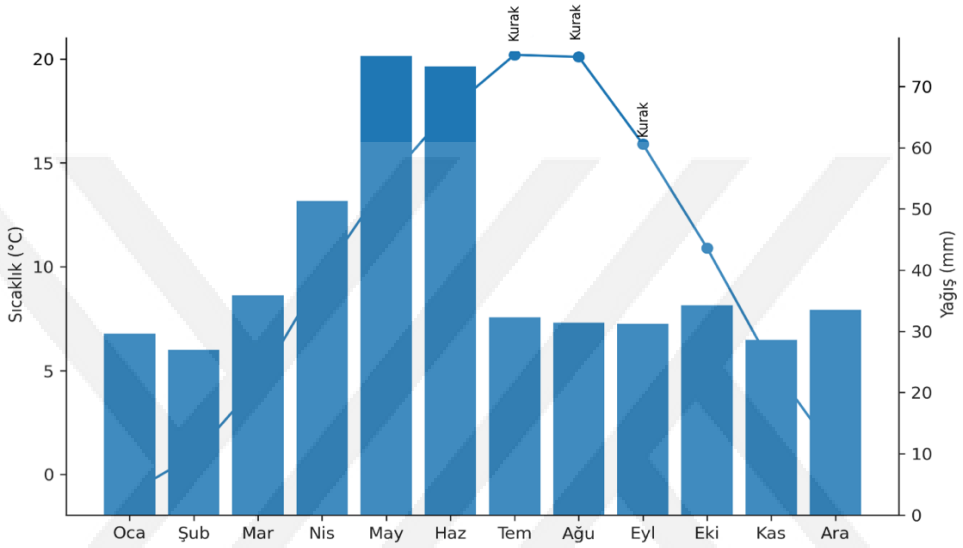
Walter-Lieth iklim diyagramları ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün uzun yıllar iklim verileri, çalışmanın yürütüldüğü Antalya ve Kastamonu illerinin belirgin şekilde farklı iklim koşullarına sahip olduğunu göstermektedir. Antalya, yıllık ortalama 18,9°C sıcaklık ve 1031,8 mm yağış ile tipik Akdeniz iklimini temsil ederken, Kastamonu 9,9°C yıllık ortalama sıcaklık ve 483,4 mm yağış ile Karadeniz-karasal geçiş ikliminin özelliklerini yansıtmaktadır. Bununla birlikte, iki bölge arasındaki temel fark yalnızca yıllık yağış miktarından değil, yağışın yıl içerisindeki dağılımından kaynaklanmaktadır. Antalya'da yağışların büyük bölümü kış aylarında gerçekleşirken, Mayıs-Eylül dönemini kapsayan yaklaşık beş aylık belirgin bir kurak dönem bulunmaktadır. Kastamonu'da ise yağış yıl içerisine daha dengeli dağılmakta ve büyüme sezonunda belirgin bir su açığı oluşmamaktadır. Dendroekolojik açıdan

değerlendirildiğinde, bu farklı iklim rejimleri kızılçamın kambiyal aktivitesini, radyal büyümesini ve odun anatomik yapısını doğrudan etkileyen temel çevresel faktörlerdir. Antalya'da ilkbahar yağışlarıyla başlayan kambiyal faaliyet, yaz aylarında sıcaklığın yükselmesi ve toprak neminin hızla azalmasıyla önemli ölçüde yavaşlamaktadır. Bu nedenle büyüme dönemi daha kısa sürmekte ve yıllık halka oluşumu büyük ölçüde ilkbahar koşullarına bağımlı hale gelmektedir. Buna karşılık Kastamonu'da ilkbahar ve yaz aylarında devam eden yağışlar ile daha düşük sıcaklıklar, kambiyal aktivitenin daha uzun süre devam etmesine olanak sağlamakta ve radyal büyümenin daha dengeli gerçekleşmesini desteklemektedir. İklim koşullarındaki bu farklılıkların morfolojik karakterler üzerinde de belirleyici olduğu bilinmektedir. Kurak ve sıcak çevre koşullarında gelişen kızılçam bireyleri, transpirasyonu sınırlandırmaya yönelik adaptasyonlar geliştirirken; daha serin ve nemli koşullarda yetişen bireylerde büyüme yatırımı ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle iki bölge arasında belirlenen ibre uzunluğu, kozalak özellikleri ve yıllık halka genişliği gibi morfolojik farklılıklar, genetik farklılıktan ziyade çevresel koşulların oluşturduğu fenotipik plastisiteyi yansıtmaktadır.

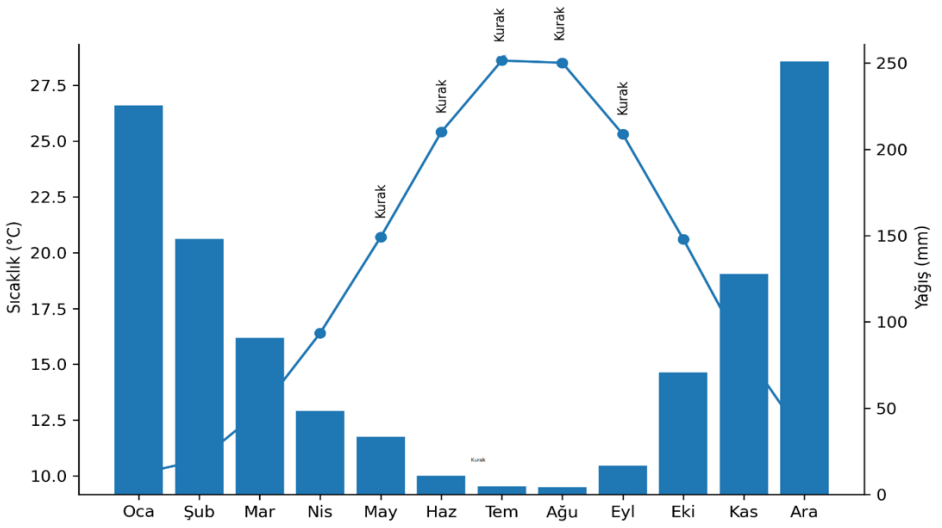
Benzer şekilde odun anatomik özellikleri de iklim değişkenlerine duyarlı bir tepki göstermektedir. Antalya'da yaz kuraklığının oluşturduğu yüksek su stresi, iletim sisteminde hidrolik güvenliği artırmaya yönelik anatomik düzenlemeleri teşvik ederken, Kastamonu'nun daha nemli büyüme ortamı hidrolik iletim kapasitesini artıran anatomik yapıların gelişmesine olanak sağlamaktadır. Bu durum, traheid boyutları, traheid çapı, hücre çeper kalınlığı, ışın hücresi özellikleri ve yıllık halka genişliği gibi anatomik karakterlerde gözlenen değişimlerin iklim koşullarıyla yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Özellikle Antalya'da büyümenin su mevcudiyeti tarafından sınırlandırılması nedeniyle odun anatomisinde kuraklığa dayanıklılığı artıran özelliklerin daha belirgin olması beklenirken, Kastamonu'da daha uzun büyüme sezonu nedeniyle büyüme performansını artıran anatomik özelliklerin gelişmesi beklenmektedir.

Bu çalışma kapsamında belirlenen morfolojik ve anatomik farklılıklar, Walter-Lieth iklim diyagramlarında ortaya konulan sıcaklık ve yağış rejimiyle uyumlu olup, kızılçamın farklı iklim koşullarına karşı yüksek düzeyde ekolojik plastisite

gösterdiğini ortaya koymaktadır. Antalya'daki uzun süreli yaz kuraklığı ile Kastamonu'daki serin ve nemli büyüme sezonu, türün büyüme stratejisini ve ksilem yapısını farklı yönlerde şekillendiren başlıca çevresel etmenlerdir. Dolayısıyla Walter–Lieth diyagramları yalnızca çalışma alanlarının iklimsel karakterini tanımlamakla kalmayıp, morfolojik ve anatomik farklılıkların ekolojik nedenlerini açıklayan önemli bir bilimsel dayanak oluşturmaktadır. Bu yaklaşım, kızılçamın iklim değişikliğine karşı göstereceği büyüme ve odun oluşumu tepkilerinin değerlendirilmesi açısından da önemli bilgiler sunmaktadır.



Şekil 4.13 Kastamonu iline ait Walter-Lieth iklim diyagramı (1930-2025 uzun yıllar ortalamaları) (Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) uzun yıllar iklim verileri kullanılarak hazırlanmıştır)



Şekil 4.14 Antalya iline ait Walter-Lieth iklim diyagramı (1930-2025 uzun yıllar ortalamaları) (Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) uzun yıllar iklim verileri kullanılarak hazırlanmıştır)

5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Kastamonu ve Antalya'da farklı bakılarda yetişen kızılçamların morfolojik ve anatomik özelliklerinde önemli farklılıklar belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, kızılçamın yetişme ortamı koşullarına karşı yüksek düzeyde fenotipik esneklik gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Kızılçamın morfolojik ve anatomik özelliklerinin iklim, yükselti, bakı ve su mevcudiyetine bağlı olarak değişebildiği daha önce gerçekleştirilen birçok çalışmada da belirtilmiştir. İbre özellikleri bakımından Antalya'da yetişen kızılçamların Kastamonu'daki kızılçamlara göre daha uzun ibrelere sahip olduğu belirlenmiştir. İbre boyu bakımından Antalya örneklerinin Kastamonu örneklerine göre daha yüksek değerlere sahip olması, Akdeniz iklim koşullarının ve daha uzun vejetasyon döneminin ibre gelişimini desteklediğini düşündürmektedir. Kızılçamın doğal yayılış alanlarında yapılan araştırmalarda da sıcaklık ve büyüme sezonu uzunluğunun ibre gelişimini etkileyen temel çevresel faktörler arasında yer aldığı bildirilmektedir. Ayrıca Türkiye'deki kızılçamların morfolojik varyasyonun yükselti ve iklim faktörleriyle yakından ilişkili olduğu ifade edilmektedir. Benzer şekilde Girit Adası'nda doğal yayılış gösteren kızılçam popülasyonlarında gerçekleştirilen çalışmalarda ibre ve kozalak özelliklerinin yükselti ve coğrafi konuma bağlı olarak önemli düzeyde değişim gösterdiği belirtilmiştir. Bu durum, Antalya'da belirlenen yüksek ibre boyu değerlerinin Akdeniz havzasındaki kızılçam popülasyonlarının gösterdiği morfolojik varyasyon ile uyumlu olduğunu göstermektedir (Boydak, 2004; Panetsos vd., 1997).

Kozalak boyu ve eni bakımından Antalya ve Kastamonu'nun güney bakılarında daha yüksek değerlerin elde edilmesi, güneşlenme süresinin ve sıcaklık koşullarının generatif büyümeyi desteklediğini göstermektedir. Akdeniz havzasında gerçekleştirilen çalışmalarda sıcaklık ve ışık miktarındaki artışın kozalak gelişimi ve tohum üretimi üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu bildirilmiştir. Bu nedenle Antalya ve Kastamonu'nun güney bakılarında elde edilen yüksek kozalak değerlerinin çevresel koşullarla ilişkili olduğu düşünülmektedir (Semerci vd., 2019; Quézel, 2000).

Bu çalışmada, gövde boyu sonuçları incelendiğinde Antalya'daki kızılçamların Kastamonu'daki kızılçamlara göre daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Buna karşın göğüs yüksekliği çapı değerleri Kastamonu'da daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar kızılçamların farklı çevresel koşullarda farklı büyüme stratejileri geliştirebildiğini göstermektedir. Antalya'daki kızılçamların daha fazla boy büyümesine yönelmesine karşılık, Kastamonu'daki kızılçamların daha fazla boy büyümesi gerçekleştirdiği anlaşılmaktadır. Benzer şekilde Carus (2004), kızılçamın büyüme performansının çevresel stres faktörlerine bağlı olarak değişebildiğini ve özellikle büyüme koşullarındaki farklılıkların çap ve boy gelişimini farklı şekillerde etkileyebildiğini bildirmiştir. Yıllık halka genişliği bakımından Kastamonu örneklerinin Antalya örneklerinden daha yüksek değerlere sahip olması, nemli Karadeniz iklim koşullarının radyal büyümeyi desteklediğini göstermektedir. Akdeniz havzasında gerçekleştirilen dendroekolojik çalışmalarda kızılçamın büyümesinin özellikle ilkbahar yağışlarına duyarlı olduğu ve kuraklık şiddetinin artmasıyla yıllık halka genişliklerinde önemli azalmalar meydana geldiği belirtilmiştir. Bu nedenle Antalya'da belirlenen düşük yıllık halka genişliği değerleri yaz kuraklığının etkisiyle açıklanabilir (Etöz vd., 2025; Griggs vd., 2014; Touchan vd., 2014).

Traheid uzunluğu bakımından Kastamonu kuzey bakıda belirlenen yüksek değerler, uygun nem koşullarının hücre uzamasını teşvik ettiğini göstermektedir. Akdeniz çamları üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarda kuraklık stresinin hücre uzaması üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu ve traheid uzunluğunda azalmaya neden olduğu bildirilmiştir. Antalya örneklerinde belirlenen düşük traheid uzunluğu değerleri de bu bulgularla uyumludur. Traheid genişliği ve lümen genişliği bakımından Antalya örneklerinde daha yüksek değerlerin elde edilmesi, su iletim kapasitesini artırmaya yönelik anatomik bir adaptasyon olarak değerlendirilebilir. Akdeniz iklim koşullarında yetişen çam türlerinde geniş lümenli traheidlerin iletim etkinliğini artırdığı ancak emboli riskini de yükselttiği bilinmektedir. Bu nedenle Antalya örneklerinde gözlenen yüksek lümen değerleri kuraklık koşullarına karşı geliştirilen anatomik bir denge mekanizmasını yansıtabilir (Fonti vd., 2010; Pacheco vd., 2020).

Özışın yüksekliği ve genişliği değerlerinin Antalya örneklerinde daha yüksek olması, karbon depolama ve radyal taşınım faaliyetlerinin daha gelişmiş olabileceğini

düşündürmektedir. Kurak bölgelerde yetişen iğne yapraklı türlerde özışın sisteminin stres koşullarına uyumda önemli rol oynadığı ve karbon rezervlerinin korunmasına katkı sağladığı bildirilmektedir (Morris vd., 2016; Plavcova vd., 2016).

Genel olarak değerlendirildiğinde, Kastamonu örneklerinin daha yüksek radyal büyüme ve daha uzun traheidler göstermesi, Antalya örneklerinin ise daha uzun ibreler ve daha gelişmiş özışın sistemine sahip olması, kızılçamın farklı çevresel koşullara karşı yüksek düzeyde fenotipik esneklik gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Benzer sonuçlar Akdeniz havzasında gerçekleştirilen birçok çalışmada da rapor edilmiş olup türün iklim değişikliğine karşı uyum kapasitesinin yüksek olduğunu göstermektedir (Boydak, 2004; Chambel vd., 2013; Sarris ve Mazza, 2021).

6. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, Türkiye'nin iki farklı iklim bölgesini temsil eden Kastamonu ve Antalya illerinde yetişen kızılçamların farklı bakılardaki morfolojik ve anatomik yapıları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen arazi ve laboratuvar analizleri sonucunda, kızılçamın yetişme ortamı koşullarına bağlı olarak hem morfolojik hem de anatomik düzeyde önemli değişimler gösterdiği belirlenmiştir.

Morfolojik ölçümler değerlendirildiğinde Antalya'da yetişen bireylerin ibre boyu, kozalak boyu ve gövde boyu bakımından genel olarak Kastamonu'daki bireylerden daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Özellikle Antalya güney bakıda ölçülen ibre ve kozalak boyları, Akdeniz ikliminin uzun ve sıcak vejetasyon dönemi koşullarında generatif ve vejetatif gelişimin desteklendiğini göstermektedir. Buna karşılık Kastamonu'da yetişen bireylerde göğüs yüksekliği çapının daha yüksek olması, bireylerin mevcut kaynaklarını boy büyümesinden ziyade çap artımına yönlendirdiğini ortaya koymaktadır. Bu durum Karadeniz ikliminin sağladığı daha yüksek nem koşullarının kambiyal aktiviteyi desteklemesiyle ilişkilendirilebilir.

Bakı faktörü değerlendirildiğinde hem Kastamonu hem de Antalya'da kuzey ve güney bakılar arasında belirli farklılıkların oluştuğu görülmüştür. Güney bakılarda özellikle ibre ve kozalak özelliklerinin daha yüksek değerlere ulaşması, güneşlenme süresi ve sıcaklık artışının büyüme üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte bazı özelliklerde kuzey bakılarda daha yüksek değerlerin elde edilmesi, bakının tek başına belirleyici olmadığını; sıcaklık, nem, toprak özellikleri ve su mevcudiyeti gibi çevresel faktörlerle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Odun anatomisi sonuçları çalışmanın en dikkat çekici bulgularını oluşturmaktadır. Kastamonu'da yetişen kızılçam bireylerinde yıllık halka genişliklerinin Antalya örneklerinden belirgin şekilde yüksek olması, Karadeniz Bölgesi'nin daha nemli ve daha elverişli büyüme koşullarına sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle Kastamonu güney bakıda ölçülen yıllık halka genişliği değerleri, çalışma alanları içerisinde en yüksek radyal büyümenin gerçekleştiğini ortaya koymuştur. Bu sonuçlar,

büyüme sezonunda yeterli su mevcudiyetinin kambiyal aktiviteyi doğrudan etkilediğini göstermektedir.

Traheid özellikleri incelendiğinde Kastamonu örneklerinin daha uzun traheidlere sahip olduğu belirlenmiştir. Özellikle Kastamonu kuzey bakıda ölçülen traheid uzunlukları çalışma alanları içerisindeki en yüksek değerleri oluşturmuştur. Uzun traheidler su iletim etkinliğinin artması ve büyüme performansının yükselmesi açısından önemli anatomik göstergelerdir. Buna karşılık Antalya örneklerinde traheid genişliği ve lümen genişliğinin daha yüksek olması, su iletim kapasitesini artırmaya yönelik anatomik bir uyum stratejisini işaret etmektedir. Akdeniz ikliminin karakteristik özelliği olan yaz kuraklığı ve yüksek sıcaklıklar altında ağaçların hidrolik iletim sistemlerinde farklı adaptasyon mekanizmaları geliştirdiği bilinmektedir. Bu çalışmada elde edilen bulgular da bu görüşü desteklemektedir.

Özışın özellikleri bakımından Antalya örneklerinin daha yüksek değerlere sahip olması, radyal taşınım ve karbon depolama süreçlerinin çevresel stres koşullarına bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir. Özışın yüksekliği ve genişliğinde gözlenen artışlar, kuraklık koşullarına karşı geliştirilen anatomik uyum mekanizmalarının bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Böylece Antalya'da yetişen bireylerin yalnızca morfolojik değil, aynı zamanda hücresel düzeyde de çevresel koşullara yanıt verdiği ortaya konulmuştur.

Çalışmanın genel sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, Kastamonu'da yetişen kızılçam bireylerinin daha yüksek çap artımı, daha geniş yıllık halkalar ve daha uzun traheidler oluşturduğu, Antalya'da yetişen bireylerin ise daha uzun ibreler, daha büyük kozalaklar, daha yüksek boy gelişimi ve daha gelişmiş özışın özellikleri gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum kızılçamın farklı iklim ve yetişme ortamı koşullarına karşı yüksek düzeyde fenotipik plastisite sergileyebildiğini açıkça ortaya koymaktadır.

Elde edilen bulgular, iklim krizi etkilerinin git gide daha belirgin hale geldiği günümüzde kızılçamın farklı çevresel koşullara verdiği tepkilerin anlaşılması açısından önemli bilgiler sunmaktadır. Özellikle odun anatomisinde belirlenen değişimler, türün gelecekte karşılaşabileceği kuraklık ve sıcaklık streslerine karşı

geliştirebileceği adaptasyon mekanizmalarının değerlendirilmesine katkı sağlayacaktır. Ayrıca çalışma sonucunda elde edilen veriler, kızılçamın gelecekteki yayılış alanlarının belirlenmesi, ağaçlandırma çalışmalarında uygun tohum kaynaklarının seçimi, iklim değişikliğine uyum stratejilerinin geliştirilmesi ve sürdürülebilir orman yönetimi uygulamalarının planlanması açısından önemli bir bilimsel altlık oluşturmaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma, kızılçamın farklı iklim bölgelerinde yetişen bireylerinin yalnızca büyüme performansı açısından değil, odun anatomisi bakımından da önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuş olup yetişme ortamı koşullarının türün morfolojik ve anatomik karakterleri üzerinde belirleyici rol oynadığını göstermiştir. Bu yönüyle çalışma, Türkiye'de kızılçamın ekolojik adaptasyonu ve odun anatomisi üzerine gerçekleştirilen araştırmalara katkı sağlayan özgün bir çalışma niteliği taşımaktadır.

KAYNAKLAR

Akıncı, M. Y. (1963). Kızılçam ormanlarının Doğu Karadeniz mıntıkasındaki dağılışı ve yayılışı. *Orman Mühendisliği Dergisi*, (5), 28–35.

Anşin, R., & Özkan Z. (1997). *Tohumlu bitkiler (Spermatophyta): Odunsu taksonlar* (2. baskı). Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları (Genel Yayın No. 167, Fakülte Yayın No. 19).

Atalay, İ. (1983). *Türkiye vejetasyon coğrafyasına giriş*. Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları (Yayın No: 19).

Atalay, İ., Sezer, L.İ., & Çukur, H. (1998). *Kızılçam* (*Pinus brutia* Ten*.) ormanlarının ekolojik özellikleri ve tohum nakli açısından bölgelere ayrılması*. Ege Üniversitesi Basımevi.

Avcı, M. (1993). Türkiye'nin flora bölgeleri ve Anadolu Diagonali'ne coğrafi bir yaklaşım. *Türk Coğrafya Dergisi*, 28, 225–248.

Avcı, M. (2018). Türkiye'nin bitki çeşitliliği ve coğrafi açıdan değerlendirmesi. Ü. Akkemik, (Ed.), *Türkiye'nin doğal-ekzotik ağaç ve çalıları* içinde (ss. 30-32). Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.

Aytuğ, B. (1976). Orman tanımlaması ve bu tanımlamada yer alan ağaç, ağaççık ve çalı kavramları. *I. Orman Kadastro Semineri Bildirileri* (Orman Genel Müdürlüğü Yayın No. 607, Seri No. 13, ss. 43–53). Orman Genel Müdürlüğü.

Barbéro, M., Loisel, R., & Quézel, P. (1998). Pines of the mediterranean basin. In D. M. Richardson (Ed.), *Ecology And Biogeography Of Pinus* (pp. 153–170). Cambridge University Press.

Bechara, A., Damasio, H., & Damasio, A. R. (2000). Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cerebral Cortex*, *10*(3), 295-307.

Bernstein, M. (2002 August 16). *10 tips on writing the living Web*. *A List Apart*. https://alistapart.com/article/writeliving/, Erişim Tarihi: 11.05.2025.

Bilgici, G. (2007). Ayrışımların kongruans özellikleri. Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Ankara.

Bilir, N. (2019). Kızılçam'da (*Pinus brutia* Ten.) fidan kalitesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10*(1), 95-101.

Biswas, S. (2008). *Dopamine D3 Receptor: A Neuroprotective Treatment Target İn Parkinson's Disease*. Proquest Digital Dissertations. (Aat 3295214) Http://Gradworks.Umi.Com/32/95/3295214.Html, Erişim Tarihi: 11/11/2024.

Boydak, M. (2004). Silvicultural characteristics and natural regeneration of *Pinus* brutia Ten.- a review. *Plant Ecology, 171*(1), 153-163.

Boydak, M., & Çalıkoğlu, M. (2008). *Toros Sedirinin (Cedrus libani A. Rich.) biyolojisi ve silvikültürü.* Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.

Brownlie, D. (2007). Toward Effective Poster Presentations: An Annotated Bibliography. *European Journal Of Marketing, 41*(11/12), 1245-1283. Doi:10.1108/03090560710821161.

Cepel, Z. U. (2013). Türkiye'de sivil toplum, Avrupalılaşma ve demokrasinin güçlenmesi: Müsiad'in değişen rolü. Doktora Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*. İzmir.

Chambel, M. R., Climent, J., Pichot, C., & Ducci, F. (2013). Mediterranean Pines (*Pinus halepensis* Mill. and *brutia* Ten.). In *Forest Tree Breeding İn Europe: Current State-Of-The-Art And Perspectives* (pp. 229-265). Springer Netherlands.

Çağlar, Y. (1998). Sürdürülebilirlik ve Türkiye ormancılığı. *Sürdürülebilir Kalkınmanın Uygulanması Tartışma Toplantısı* (11–12 Aralık 1997). Türkiye Çevre Vakfı Yayını.

Daşdemir, İ. (2011). *Orman mühendisliğine giriş*. Bartın Üniversitesi.

Davıs, P. H. (1965). *Flora of Turkey and east aegean ıslands* (Vol. 1). University Of Edinburgh Press.

Deligöz, A., & Öztürk, N. (2018). Farklı tohum bahçelerine ait kızılçam (*Pinus brutia*) fidanlarının bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerinin araştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22*(2), 924-931.

Deniz, F., & Karaman, Ş. (2014). *Pinus brutia* Ten. (Kızılçam) Kozalak ve Yaprak Biyomasıven Boya Biyosorpsiyon/Desorpsiyon Potansiyeli. *Ksü Doğa Bilimleri Dergisi, 17*(3), 19-25.

Dirik, H. (2000). Farklı Biyoiklim Kuşaklarını Temsil Eden Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Orjinlerinin Kurak Dönemdeki Su Potansiyellerinin Basınç-Hacim (Pv) Eğrisi Yöntemi ile Analizi. *Journal Of The Faculty Of Forestry Istanbul University, 50*(2), 93-104.

Dirik, H., Çalıkoğlu, M., & Tilki, F. (1999). Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Tohumlarında Ozmotik Stres ile Koşullandırmanın Çimlenme Üzerine Etkileri. *Journal Of The Faculty Of Forestry Istanbul University*, *49*(2), 75-90.

Dutkuner, İ., & Koparan, İ. (2016, Temmuz). Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve karaçam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana*) kabuk miktarı ve kullanım olanakları. İçinde *International Multidisciplinary Congress of Eurasia Proceedings Book* (ss. 692–703).

Erik, S., & Tarıkahya, B. (2004). Türkiye florası üzerine. *Kebikeç*, 17, 139-163.

Etöz, M., Şen, O. F., Bora, E., Yüceerim, G., & Akkemik, Ü. (2025). Tree-ring responses of *Pinus brutia* and *Olea europaea* from İzmir (Türkiye) to changing climate. *Forestist, 75*(1), 1–10. https://doi.org/10.5152/forestist.2025.24070

Fonti, P., Von Arx, G., García-González, I., Eilmann, B., Sass-Klaassen, U., Gärtner, H., & Eckstein, D. (2010). Studying global change through investigation of the plastic responses of xylem anatomy in tree rings. *New Phytologist*, *185*(1), 42-53.

Gökmen, H. (1970). *Açıktohumlular (Gymnospermae).* Orman Genel Müdürlüğü Yayınları. (Yayın No: 523/49).

Griggs, C., Pearson, C., Manning, S. W., & Lorentzen, B. (2014). A 250-year annual precipitation reconstruction and drought assessment for cyprus from *Pinus brutia* Ten. Tree-Rings. *International Journal Of Climatology*, *34*(8), 2702-2714.

Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., & Babaç, M.T. (Ed.) (2012). *Türkiye bitkileri listesi damarlı bitkiler.* Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmalı Derneği Yayını.

Güngör, İ., Atatoprak, A., Özer, F., Akdağ, N., & Kandemir, N. İ. (2002). *Bitkilerin Dünyası: Bitki tanıtımı detayları ile fidan yetiştirme esasları*. Lazer Ofset Matbaa Tesisleri Ltd. Şti.

Güvenç, Ş., John, V., & Özdemir Türk, A. (2020). Phytogeographical analysis of the lichens and lichenicolous fungi of Turkey. *Borziana*, 1, 89-110.

Kantarcı, M. D. (1984). Türkiye'nin Batı Akdeniz Bölümündeki Kızılçam Ağaçlandırmalarında Ekolojik Değerlendirmeler. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, 2, 81–100.

Kayacık, H. (1980). *Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği I: Gymnospermae*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Keten, İ., & Gülsoy, S. (2020). Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Ormanlarında Verimlilik İlişkileri. *Bilge International Journal Of Science And Technology Research, 4*(2), 88-102.

Köksal, S. E., & Pekgözlü, A. K. (2016). Sarıçam (*Pinus sylvetris* L), Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Ve Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Basınç Odununun Mikroskobik Yapısı. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi, 12*(1), 72-82.

Lee-Chai, A. Y., Bargh, J. A., & Bargh, J. (Eds.). (2001). *The Use And Abuse Of Power: Multiple Perspectives On The Causes Of Corruption*. Psychology Press.

Liu, K., Yu, R., Shui, Z., Li, X., Ling, X., He, W., ... & Wu, S. (2019). Effects of pumice-based porous material on hydration characteristics and persistent shrinkage of ultra-high performance concrete (UHPC). *Materials, 12*(1), Article 11. https://doi.org/10.3390/ma12010011.

Loidi, J., & Vynokurov, D. (2024). The Biogeographical Kingdoms And Regions Of The World, *Mediterranean Botany*, *45*(2), E92333.

Lund, H. G. (2014). Orman Nedir? Tanımlar Farklı Sonuçlar Doğurur Türkiye Örneği. *Avrasya Terim Dergisi*, *2*(1), 9-16.

Mamıkoğlu, N. G. (2008). *Türkiye'nin Ağaçları ve Çalıları*. NTV Yayınları.

Morris, H., Plavcová, L., Cvecko, P., Fichtler, E., Gillingham, M. A., Martínez-Cabrera, H. I., ... & Jansen, S. (2016). A Global Analysis Of Parenchyma Tissue Fractions İn Secondary Xylem Of Seed Plants. *New Phytologist*, *209*(4), 1553-1565

OGM (2015). *Türkiye Orman Varlığı*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü.

OGM (2020). *Türkiye Orman Varlığı*. Orman Genel Müdürlüğü.

ORMANSU (2010). *Ormancılık İstatistikleri 2010*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.

Özbayram, A. K., Çiçek, E., & Yılmaz, F. (2015). Kızılçam ve Karaçam Meşcerelerinde Yaprak Alanı İndeksi (Yai) ile Bazı Meşcere Özellikleri Arasındaki İlişkiler. *Kastamonu University Journal Of Forestry Faculty, 15*(1), 78-85.

Pacheco, A., Camarero, J. J., Pompa-García, M., Battipaglia, G., Voltas, J., & Carrer, M. (2020). Growth, Wood Anatomy And Stable İsotopes Show Species-Specific Couplings İn Three Mexican Conifers İnhabiting Drought-Prone Areas. *Science Of The Total Environment*, *698*, 134055.

Panetsos, K., Scaltsoyiannes, A., Aravanopoulos, F. A., Dounavi, K., & Demetrakopoulos, A. (1997). Identification of *Pinus brutia* Ten., *P. Halepensis* Mill. And Their Putative Hybrids. *Silvae Genetica, 46*(5), 253-257.

Plavcová, L., Hoch, G., Morris, H., Ghiasi, S., & Jansen, S. (2016). The Amount Of Parenchyma And Living Fibers Affects Storage of Nonstructural Carbohydrates İn Young Stems And Roots of Temperate Trees. *American Journal Of Botany, 103*(4), 603-612.

Quézel, P. (2000). Taxonomy and biogeography of Mediterranean pines (*Pinus halepensis* and *P. brutia*). In G. Ne'eman & L. Trabaud (Eds.), *Ecology, biogeography and management of Pinus halepensis and P. brutia forest ecosystems in the Mediterranean Basin* (pp. 1–12). Backhuys Publishers.

Saatçıoğlu, F. (1976). *Silvikültür I: Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri*. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları.

Sarıbaş, M. (2011). *Dendroloji I: Gymnospermae*. (2. Baskı). Dönmez Ofset.

Sarris, D., & Mazza, G. (2021). Mediterranean pine root systems under drought. In G. Mazza & D. Sarris (Eds.), *Pines and their mixed forest ecosystems in the*

Mediterranean Basin (pp. 129–140). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-63602-8_9

Selik, M. (1963). *Kızılçam (Pinus brutia* Ten*.)'In Botanik Özellikleri Üzerine Araştırmalar ve Bunların Halepçamı (*Pinus halepensis *Mill.) Vasıfları ile Mukayesesi.* Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.

Semerci, H., Semerci, A., İmal, B., & Arıcı, Y. K. (2019). Ankara ve Antalya Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Orijin Deneme Sahalarında Bazı Orijinlerin Dona Dayanıklılıklarının Belirlenmesi. *Turkish Journal Of Forestry, 20*(4), 290-296.

Touchan, R., Anchukaitis, K. J., Shishov, V. V., Sivrikaya, F., Attieh, J., Ketmen, M., ... & Meko, D. M. (2014). Spatial Patterns Of Eastern Mediterranean Climate İnfluence On Tree Growth. *The Holocene*, *24*(4), 381-392.

Tutuş, A., Çiçekler, M., & Deniz, İ. (2012). Yanmış Kızılçam Odunlarının Kağıt Hamuru ve Kağıt Üretiminde Kullanılması. *Ksü Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Özel Sayı, 90-95.

Türkes, M. (2012). Türkiye'de Gözlenen ve Öngörülen İklim Değişikliği, Kuraklık ve Çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, 4*(2), 1-32.

URL-1 (2026) https://www.euforgen.org/species/pinus-brutia. Erişim Tarihi: 01.06.2026.

Yaltırık, F. (1988). *Dendroloji*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Yıldız, K., Sipahioğlu, Ş., & Yılmaz, M. (2000). *Çevre Bilimi*. Gündüz Eğitim ve Yayıncılık.

Yücedağ, C. (2005). Göller Bölgesi'nde Tescilli Bazı Kızılçam Tohum Meşcerelerinin Fidecik ve 1+0 Yaşlı Fidanlarının Morfo-Genetik Özellikleri Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.

Yücel, E. (2005). *Ağaçlar ve Çalılar I*. Uğurer Tarım Kitapları.