

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



AĞAÇ TÜR ÇEŞİTLİLİĞİ VE İŞLETME ŞEKLİNİN KAZDAĞI
GÖKNARININ (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) ÇAP
BÜYÜMESİNE ETKİSİ

GÖKHAN ÖZÇELİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOÇ. DR. FERHAT KARA

OCAK - 2023

KASTAMONU

TEZ ONAYI

GÖKHAN ÖZÇELİK tarafından hazırlanan “AĞAÇ TÜR ÇEŞİTLİLİĞİ VE İŞLETME ŞEKLİNİN KAZDAĞI GÖKNARININ (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) ÇAP BÜYÜMESİNE ETKİSİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **03.01.2023** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Doç. Dr. Ferhat KARA Kastamonu Üniversitesi
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL Bartın Üniversitesi
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Seray ÖZDEN KELEŞ Kastamonu Üniversitesi

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

Enstitü Müdürü V. Doç. Dr. Osman ÇİÇEK

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.



Gökhan ÖZÇELİK

İmza

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AĞAÇ TÜR ÇEŞİTLİLİĞİ VE İŞLETME ŞEKLİNİN KAZDAĞI GÖKNARININ (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) ÇAP BÜYÜMESİNE ETKİSİ

GÖKHAN ÖZÇELİK

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN: DOÇ. DR. FERHAT KARA

Ağaç türü zenginliği meşcere verimliliği üzerinde genel olarak olumlu etkilere sahip, meşcere sıklığı ise genellikle olumsuz etkilere sahip olsa da, çeşitli çalışmalar meşcerelerde zenginlik-verimlilik ilişkilerine dair mevcut bilgilerimizin farklı ağaç türünden oluşan ormanlar için yetersiz olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada, Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) ormanlarında doğu kayınının (*Fagus orientalis* L.) karışıma katılması durumunda ağaç türü çeşitliliğinin ve meşcere tipinin meşcere verimliliğini etkileyip etkilemediği gözlemlenmiştir. Bu amaç doğrultusunda dört farklı meşcere seçilmiştir; a) göknar seçme ormanı, b) göknar aynı yaşlı ormanı, c) karışık göknar-kayın seçme ormanı, ve d) aynı yaşlı karışık göknar-kayın ormanıdır. Bu dört farklı meşcere tipinde çap artımının değişimi incelenmiştir. Bu tez çalışması Sinop Orman Bölge Müdürlüğü Ayancık Orman İşletme Müdürlüğü Akgöl Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma yapılan dört farklı meşcerenin her birinden 15'er adet 20x20 m büyüklüğünde deneme alanları alınmıştır. Ağaç tür çeşitliliğinin ve meşcere sıklığının 5-yıllık çap artımı üzerine olan etkilerinin tespit edilmesi amacıyla "Rastgele Etkiler Modeli" (Random Effects Model) regresyon analizi kullanılmıştır. "Tür Çeşitliliği" ve meşcere sıklığının 5-yıllık çap artımı üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Tür çeşitliliği ile çap artımı arasında ters bir ilişki söz konusudur. Meşcere sıklığı ile çap artımı arasında da ters bir ilişki söz konusudur. Meşcere sıklığının artması 5-yıllık çap artımının azalmasına sebep olmuştur. Meşcere tipinin 5-yıllık çap artımı üzerindeki etkileri karşılaştırıldığında, meşcere tipinin 5-yıllık çap artımı üzerinden anlamlı bir etkisi olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bu çalışmanın bulgular, göknar ve kayın ağaçlarından oluşan meşcerelerdeki tür çeşitliliği kontrollerine ilişkin anlayışımızı geliştirecektir. Fakat, çalışmada elde edilen bulgular saf göknar ormanlarının karışık göknar-kayın ormanlarına tercih edilmesi için kesinlikle bir sebep değildir.

ANAHTAR KELİMELER: Artım, göknar, kayın, tür zenginliği, verimlilik

Ocak 2023, 46 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

THE EFFECTS OF TREE SPECIES RICHNESS AND MANAGEMENT TYPE ON DIAMETER GROWTH OF KAZDAĞI FIR (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*)

GÖKHAN ÖZÇELİK

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. FERHAT KARA

Although tree species richness generally has positive effects on stand productivity and stand density generally has negative effects, various studies show that our current knowledge of stands' richness-productivity relationships is insufficient for forests consisting of different tree species. In this study, it was observed whether tree species diversity and stand type affect stand productivity when Oriental beech (*Fagus orientalis* L.) joins to the mixture in Kazdağı fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) forests. For this purpose, four different stands were selected; a) uneven-aged fir forest, b) fir even-aged forest, c) mixed fir-beech uneven-aged forest, and d) mixed fir-beech even-aged forest. The variation of diameter increment was investigated in these four different stand types. This thesis study was carried out within the boundaries of Sinop Regional Directorate of Forestry, Ayancık Forest Management Directorate, Akgöl Forestry Operation Unit. Fifteen plots of 20x20 m were taken from each of the four different stands studied. "Random Effects Model" regression analysis was used to determine the effects of tree species diversity and stand density on 5-year diameter increase. It has been determined that "Species Diversity" and stand density have a significant effect on 5-year diameter increase. There is an inverse relationship between species diversity and diameter increase. There is also an inverse relationship between stand density and diameter increase. The increase in stand density caused a decrease in the 5-year diameter increase. When the effects of the stand type on the 5-year diameter increase were compared, it was determined that the stand type had a significant effect on the 5-year diameter increase ($p < 0,05$). The findings of this study will improve our understanding of species diversity controls in fir and beech stands.

KEYWORDS: Beech, fir, productivity, richness, yield

January 2023, 46 Page

TEŞEKKÜR

Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Bölümü Lisansüstü Programı kapsamında “AĞAÇ TÜR ÇEŞİTLİLİĞİ VE İŞLETME ŞEKLİNİN KAZDAĞI GÖKNARININ (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) ÇAP BÜYÜMESİNE ETKİSİ” isimli yüksek lisans çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın yürütülmesinde her türlü teknik bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen ve tez danışmanlığımı yapan Sayın Hocam Doç. Dr. Ferhat KARA’ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez jürimle görev alan ve tezimin geliştirilmesinde her türlü desteği veren sayın hocalarım Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL ve Seray ÖZDEN KELEŞ’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Yüksek lisans öğrenimimin başından sonuna kadar bana maddi manevi her türlü desteklerini veren başta ailem olmak üzere, gerek arazi çalışmalarında gerek tez yazımında beni sabırla destekleyen eşim Çiğdem ÖZÇELİK, kızlarım Gökçen ve Umay ÖZÇELİK’e, arazi çalışmalarımın gerçekleştirildiği sahayı sağlayan, arazi çalışmalarımda yardımcı olan ve sonrasında her aşamada destek olan değerli Orman Genel Müdürlüğü Sinop Orman Bölge Müdürlüğü Akgöl Orman İşletme Şefliği’ni devrettiğim Gamze TAVALIOĞLU ve Akgöl Orman İşletme Şefliği Personeline Sinop Üniversitesi Ayancık Meslek Yüksek Okulu Ormancılık Bölümü Öğretim Görevlisi Dr. Hasan AKSOY hocama teşekkür ederim.

GÖKHAN ÖZÇELİK

Kastamonu, 2023

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR	4
2.1 Kazdağı Göknaarı Genel Bilgiler	4
2.2 Kazdağı Göknaarı Yayılışı	5
2.3 Kazdağı Göknaarının Silvikültürel Özellikleri ve Gençleştirilmesi.....	5
2.4 Doğu Kayını Genel Özellikleri	7
2.5 Doğu Kayını Yayılışı	7
2.6 Doğu Kayınının Silvikültürel Özellikleri ve Gençleştirilmesi.....	
2.7 Seçme Ormanları	11
2.7.1 Kazdağı göknaarı ile doğu kayınının seçme ormanları kurması	11
2.8 Aynı Yaşlı Ormanlar	12
2.9 Meşcere Verimliliği ve Artım	13
2.9.1 Meşcere verimliliğini etkileyen başlıca faktörler	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM	16
3.1 Çalışma Alanı.....	16
3.2 Çalışma Deseni	20
3.3 Ölçüm ve Hesaplamalar	21
3.4 İstatistik Analizler	23
4. BULGULAR	24
5. TARTIŞMA	36
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	39
KAYNAKLAR	41
ÖZGEÇMİŞ.....	46

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Kazdağı Göknarının Ülkemizde Yayılış Haritası	5
Şekil 2.2 Doğu Kayınının Ülkemizde Yayılış Haritası.....	8
Şekil 3.1 Sinop ilinin ülkemizdeki lokasyonu	16
Şekil 3.2 Göknar seçme ormanına ait meşcere haritası.....	17
Şekil 3.3 Göknar aynı yaşlı ormanına ait meşcere haritası	18
Şekil 3.4 Göknar-kayın seçme ormanına ait meşcere haritası	19
Şekil 3.5 Göknar-kayın aynı yaşlı ormanına ait meşcere haritası.....	20
Şekil 3.6 Deneme alanlarının seçilen meşcerelerde kurulması.....	21
Şekil 3.7 Örnek alanlarda seçilen ağaçlardan artım kalemlerinin alınması	22
Şekil 3.8 Örnek alanlarda ağaçlardan alınan artım kalemlerinin ölçümü	22
Şekil 4.1 Seçme göknar (S-G) meşceresinde meşcere yapısı grafiği.....	31
Şekil 4.2 Aynı yaşlı göknar (AY-G) meşceresinde meşcere yapısı grafiği	31
Şekil 4.3 Seçme göknar (S-GKn) meşceresinde meşcere yapısı grafiği.....	32
Şekil 4.4 Aynı yaşlı göknar (AY-GKn) meşceresinde meşcere yapısı grafiği	33
Şekil 4.5 İşletme şekillerine göre 5-yıllık ortalama çap artımları.....	33

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 4.1 Meşcerelere ait ortalama istatistiksel bilgiler.	24
Tablo 4.2 Seçme göknar (S-G) işletmesinde ağaçların çap sınıflarına dağılımı.....	25
Tablo 4.3 Aynı yaşlı göknar (AY-G) işletmesinde ağaçların çap sınıflarına dağılımı	26
Tablo 4.4 Seçme göknar-kayın (S-GKn) işletmesinde bulunan göknar ağaçlarının çap sınıflarına dağılımı.....	27
Tablo 4.5 Seçme göknar-kayın (S-GKn) işletmesinde bulunan kayın ağaçlarının çap sınıflarına dağılımı.....	28
Tablo 4.6 Aynı yaşlı göknar-kayın (AY-GKn) işletmesinde bulunan göknar ağaçlarının çap sınıflarına dağılımı.....	29
Tablo 4.7 Aynı yaşlı göknar-kayın (AY-GKn) işletmesinde bulunan kayın ağaçlarının çap sınıflarına dağılımı.....	30
Tablo 4.8 Tür çeşitliliğinin ve meşcere göğüs yüzeyi alanının (GYA) 5 yıllık çap artımı üzerindeki etkileri	34
Tablo 4.9 İşletme şekillerinin 5-yıllık çap artımı üzerindeki etkilerinin karşılaştırılması	35

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

AY-G	: Aynı yaşlı Gökmar İşletmesi
AY-G	: Aynı yaşlı Gökmar-Kayın İşletmesi
GYA	: Göğüs Yüzeyi Alanı
S-G	: Gökmar Seçme İşletmesi
S-GKn	: Gökmar-Kayın karışık Seçme İşletmesi



1. GİRİŞ

Orman ekosistemleri, tüm karasal bitki türlerinin yaklaşık üçte ikisini barındırmaktadır. Küresel karbon döngüsünün ayrılmaz bir bileşeni olan ormanlar, karasal karbonun (C) yaklaşık % 45'ini depolarlar (Bonan, 2008; Pan vd., 2011). Biyolojik çeşitlilik ile ekosistemlerin biyokütlede karbon depolama kapasitesi arasındaki ilişki, son yirmi yıldır temel bir araştırma konusu olmuştur (Mensah vd., 2020). Ağaç tür çeşitliliğinin çeşitli ekosistemlerde biyokütle karbon depolamayı nasıl etkilediğine ilişkin son dönemlerde yapılan çalışmalarda bir artış söz konusudur (Forrester ve Bauhus, 2016; Liu vd., 2018).

Orman meşceresinin yapısı, biyolojik çeşitlilik, meşcere verimliliği ve karbon depolama da dahil olmak üzere orman ekosistemlerinin işlevselliğini etkilemektedir (Lindenmayer vd., 2000; Yoshida vd., 2017). Yapılan bilimsel araştırmalar, ağaç türü açısından daha zengin olan ormanların daha az ağaç türü çeşitliliği içeren ormanlara kıyasla daha verimli ve üretken olduğunu göstermektedir (Liang vd., 2016; Mori, 2018). Meşceredeki tür çeşitliliğinin korunması ve artırılmasının, doğa koruma ve küresel iklimin düzenlenmesinde önemli bir rol oynayabileceği öne sürülse de (Kara, 2022b), birçok araştırmadan elde edilen sonuçlar, ağaç çeşitliliğinin biyokütle ve karbon stokları üzerindeki etkilerinin, özellikle ormanlar gibi karmaşık karasal sistemlerde tahmin edilesinin oldukça zor olduğunu ortaya koymaktadır (Mensah vd., 2020).

Bazı orman ekosistemlerinde ağaç tür zenginliği meşcere stoğunu (sıklığını) pozitif yönde etkileyebilir, ve sonuç olarak bu da toprak üstü karbon miktarını artırır (Kara, 2022a). Bazı orman ekosistemlerinde ise ağaç tür zenginliğinin artması meşcere stoğu üzerinde her hangi bir etki meydana getirmeyebilir (Mensah vd., 2020). Bu sebeple, ağaç tür çeşitliliği ile meşceredeki ağaçlardaki büyüme arasındaki ilişkilerin farklı ağaç türleri ve farklı tür karışımları için ortaya koyulması gerekmektedir (Kara ve Lhotka, 2020a). Son yıllarda yapılan çalışmalar, meşcere yapısı, ağaç türlerinin zenginliği ve meşcere verimliliği arasındaki ilişkilerin farklı ağaç türü ve meşcere

yapısına göre farklı olabileceğini gösterdiğinden bu konudaki yapılacak çalışmalarının daha önemli olduğunu göstermektedir (Bohn ve Huth, 2017).

Ormanların yoğun biçimde işletilmesi ve yönetimi, yalnızca odun üretimine odaklanarak yapıldığında ormanın yapısını, habitat çeşitliliğini ve ağaç boyutundaki heterojenliği yok ettiği için zaman zaman eleştirilmektedir (Dieler vd., 2017; Varol vd., 2022). Mücadele stratejisi olarak, ormanları ağaç türü bakımından zenginleştirmek, esas olarak odun odaklı ormancılığın daha sürdürülebilir orman işletilmesine geçişinde önemli bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır (Zeller vd., 2018). Amaç, riski azaltmaya çalışırken tüm ekosistem mal ve hizmetlerini ideal olarak kapsayan çok işlevli bir ormancılıktır (Lindenmayer vd., 2016). Ancak bu yaklaşımlar, daha geniş bir işlev ve hizmet kapsamına ulaşılmasının ormanın verimliliğinde bir azalmaya yol açıp açmayacağı sorusunu gündeme getirmektedir (Zeller vd., 2018).

Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*), Türkiye'deki başlıca ağaç türlerinden biridir ve ülkenin kuzey kesiminde geniş yayılım yapmaktadır (Kara ve Lhotka, 2020b). Kazdağı göknarı, yüksek kaliteli odun sağlaması ve zengin biyolojik çeşitliliği temsil etmesi nedeniyle Türkiye ormancılığında ekonomik ve ekolojik öneme sahiptir (Sevik, 2012; Kara ve Topaçoğlu, 2018a). Ülkemizde Kazdağı göknarının hem değişik yaşlı seçme ormanları, hem de aynı yaşlı ormanları mevcuttur. Ayrıca, türün bu iki işletme şeklinde hem saf hem de karışık ormanları bulunmaktadır. Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), Kazdağı göknarı ile karışıma giren ağaç türlerinden biridir (Kara, 2022a). Doğu kayını da ülkemizde ekonomik ve ekolojik olarak değerli olan bir ağaç türümüzdür (Atik, 2013). Bu iki ağaç türünün, hem saf hem karışık ormanları ülkemizde geniş alanlar kaplamaktadır.

Ormancılık konusunda araştırma bilgilerini birleştirmek için dünyanın farklı bölgelerinden orman araştırmalarını küreselleştirme ve birbirine bağlama ihtiyacı giderek daha önemli hale gelmektedir (Kara vd., 2021). Ormanları uzun vadede daha verimli, dayanıklı ve sürdürülebilir kılmak için ağaç türleri ve meşcere yapısı açısından ormanları restore eden, stabilize eden ve çeşitlendiren birçok mevcut silvikültür proje ve araştırma bulunmaktadır (Ammer, 2008; Knoke vd., 2008). Bu sebeple,

Ülkemizdeki farklı ağaç türleri ve meşcere tiplerine özgü çalışmaların da yapılması önem arz etmektedir (Kara ve Topaçoğlu, 2018b). Ağaç türü çeşitliliğinin büyüme üzerine etkileri konusunda yapılan çalışmalar global ölçekte oldukça sınırlıdır. Ülkemizdeki ormanlarda da bu konuda daha fazla çalışma yapma gerekliliği oldukça açıktır (Kara vd., 2021). Ülkemizin önemli türlerinden biri olan Kazdağı göknarı ormanlarında büyümenin tür çeşitliliğine göre ne şeklide değiştiği hakkında bir çalışma mevcut değildir (Kara ve Topaçoğlu, 2018b). Ayrıca, tür çeşitliliği-büyüme ilişkilerinin işletme şekline göre ne şekilde değiştiği konusunda da yapılan bir araştırma mevcut değildir. Dolayısıyla bu tez çalışmasının başlıca amaçları aşağıdaki gibidir.

1. Kazdağı göknarının çap büyümesinin saf göknar ormanlarında ve göknar-kayın karışık ormanlarında ne şekilde değiştiğini tespit etmek,
2. Ağaç türü çeşitliliği ile çap büyümesi arasındaki ilişkinin işletme şekline göre, yani seçme ormanlarında ve aynı-yaşlı ormanlarda ne şekilde farklılık oluşturduğunu tespit etmek,
3. Meşcere sıklığının farklı meşcere tiplerinde çap büyümesi ne şekilde etkilediği belirlemektir.

2. LİTERATÜR

2.1 Kazdağı Göknarı Genel Bilgiler

Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*), Türkiye'nin ekolojik açıdan önemli bir ağaç türüdür (Kara ve Topaçoğlu, 2018b). Kazdağı göknarı tarafından kaplanan toplam alan yaklaşık 670.000 ha olup, ülkenin toplam ormanlık alanının yaklaşık %3'üdür (Orman Genel Müdürlüğü, 2014). En tipik özellikleri gölgeye dayanıklı türler arasında bulunmasıdır (Kara ve Topaçoğlu, 2018b). İlk 25 - 30 yıl gölgeye oldukça dayanıklıdırlar. Bu dayanıklılıkları 80 hatta 100 üncü yaşlarına kadar devam edebilir.

Göknarların en önemli silvikültürel niteliklerinden biri de oldukça ileri yaşlarda, gölge baskısı kalktıktan sonra yavaş yavaş normal gelişmeye geçebilmesidir (Saatçioğlu, 1976). Gölgeye dayanıklı olmaları ve gölge baskısından kurtuldukları zaman normal gelişimlerine ulaşabilmeleri nedeni ile sipere dayanıklıdırlar (Genç, 2020). Erken ve geç donlara ve kuvvetli kış donlarına karşı da hassastırlar. Yürek kök yaparlar (Odabaşı vd., 2004). Hava sıcaklığının fazla yüksek olduğu, ve ayrıca kuvvetli rüzgara maruz kalan alanlardan fazla hoşlanmazlar. Derin, nemli ve iyi havalanabilen topraklarda daha iyi gelişim gösterirler (Savacı vd., 2021).

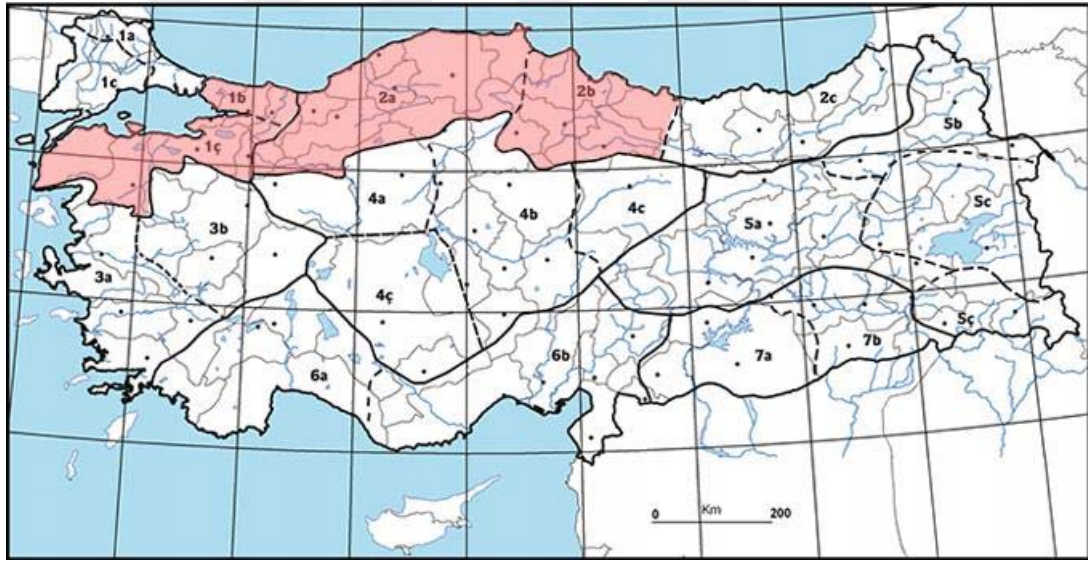
Ülkemizdeki göknar türlerine kıyasla Kazdağı göknarları daha hızlı büyüseler de gençlikte yavaş büyürler (Odabaşı vd., 2004; Kara ve Topaçoğlu, 2018b). Diğer göknar türleri 1. Bonitet alanlarda 8-10 yılda 40-50 cm boya ulaşırken Kazdağı göknarları 5 yılda ortalama 80 cm boy yapmaktadır (Genç, 2020). Sonradan özellikle uygun yetiştirme koşullarında boy ve çap büyümeleri artar (Odabaşı vd., 2004). Göknar yaklaşık olarak 30 cm çapa erişene kadar diğer tüm ana ağaç türlerinden boy bakımından geri kalmakta, 30 cm den sonra Çoruh Meşesini, 35 - 40 cm çaplarda karaçamı, 55 cm'den sonra kayını, 60 cm den fazla çaplarda da sarıçamı geçmektedir (Genç, 2020).

Gençlikte geniş uca doğru sivri bir tepe şekli vardır (Odabaşı vd., 2004). Bu sivri şeklini boy büyümesi sona erene kadar devam ettirir. Boy büyümesinin sona erip çap

büyümesinin ön plana çıktığı dönemde tepe genişlemeye ve yayılmaya başlar. Düz ve dolgun gövdeye sahiptir (Odabaşı vd., 2004). Gençlik dönemlerinde ince, açık gri renginde ve düz olan kabuk, ilerleyen yaşlarda kalınlaşır ve çatlaklı bir yapı halini alır (Genç, 2020). Toprağa yakın kısımlarına kadar inen dallar gövde etrafında çevrel olarak dizilmişlerdir. Koyu yeşil yapraklar sık dizilmişlerdir. İğne yapraklar sürgün üzerinde 7-8 yıl kadar kalabilir.

2.2 Kazdağı Göknaarı Yayılışı

Kazdağı göknaarı ülkemizin kuzeybatı kısımlarında yayılış göstermektedir (Genç, 2020). Kazdağı göknaarının yayılışı ülkemizde dört bölümde belirtilmiştir (Şekil 2.1). Bu bölümler (1b) Çatalca-Kocaeli Kısımı, (1ç) Güney Marmara Kısımı, (2a) Batı Karadeniz Kısımı, (2b) Orta Karadeniz Kısımı şeklinde gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Kazdağı Göknaarının Ülkemizde Yayılış Haritası (Bizimbitkiler, 2013)

2.3 Kazdağı Göknaarının Silvikültürel Özellikleri ve Gençleştirilmesi

Göknaarlarda bol tohum yılları 2-3 yılda bir görülmektedir (Genç, 2020). Göknaar türlerinde tohum tutma 20-30'lu yaşlarda başlar. Fakat tohum veriminin en yüksek olduğu yaşlar ise 60-70 yaş arasındadır. Göknaar kozalakları sonbaharda olgunlaşır. Yağışlarla birlikte Ekim ayı içerisinde Kasım ayı başına kadar kozalaklar açılarak tohumlar dökülür (Genç, 2020). Ağaçlar üzerinde sadece kozalak ekseni kalır. Bu

yüzden kozalaklar ekim ayı öncesinde toplanmamalıdır. Gök nar tohumlarında çimlenme engeli bulunmaktadır. Tohumları kışı kar altında geçirerek çimlenme engelini ortadan kaldırdıktan sonra ilkbaharda çimlenirler (Odabaşı vd., 2004).

Gölgeye dayanıklı olmaları ve gölge baskısından kurtuldukları zaman kendilerini toparlayıp gelişebilmeleri gibi özellikleri ile göknarlar, siper vaziyetini esas alan metodlarla gençleştirilebilen bir ağaç türüdür (Topaçoğlu vd., 2017). Gençliklerinde büyümeleri yavaş olan, donlara ve sıcaklara karşı hassas ve bu durumlardan zarar görebilecek olan göknar gençliğinin, bu etkenlere müsait açık alanlarda elde edilmesi mümkün değildir (Odabaşı vd., 2004). Bu nedenle siper etkisinin olmadığı metotlar göknar gençleştirmesinde söz konusu olamaz (Genç, 2020). Gök nar için uygulanabilecek gençleştirme metotları, siper etkisinin hem üstten ve hem de yanlardan en etkin olduğu seçme işletmesidir.

Meşcerenin kuruluşundan itibaren planlı ve amaçlı silvikültürel müdahalelere maruz kalmadan gençleştirme zamanına ulaşan sık ve normal kapalı meşcerelerde bir-iki kez hazırlama kesimi önerilir (Odabaşı vd., 2004). Yapılacak hazırlama kesimi ile meşcerede kapalılık 0,9 civarına düşürülür. Olası bir tohum kesiminden en az üç-beş yıl önce son bir hazırlama kesimi yapılmalıdır (Genç, 2020). Kazdağı göknarının biyolojisi öteki göknar türlerine kıyasla farklılık göstermektedir. Tohumlama kesimiyle kapalılık yaklaşık olarak 0,5-0,6 derecesine düşürülür (Odabaşı vd., 2004). Tohumlama kesimi tohumlar dökülmeden önce yapılmalı ve kar yağışları başlamadan önce en geç kasım ayı sonunda meşcereden çıkılmalıdır (Genç, 2020).

Kazdağı göknarı 5-6 yaşlarında biyolojik bağımsızlığını kazanmaktadır. Işık sağlamak için yapılan kesimlerinin bir ya da iki defa yapılması genel bir kural değildir (Odabaşı vd., 2004). Şefler meşcerenin gelişme durumu ve ağaçların büyüme ve kalite durumuna göre değerlendirme yapılmalıdır. Tohumlama kesiminden sonra gençliğin ilk sağlandığı tarihten başlayarak bir ışık kesimi yapıp 5-6 yıl sonra fidanların biyolojik bağımsızlıklarını kazanması sonrası sahanın boşaltılmasına geçilebilir (Genç, 2020). Gök nar tabii gençleştirme çalışmalarının başarılı sayılmaları için, altı vejetasyon periyodunu doldurmuş, homojen dağılıfta sağlıklı fidanların bulunması

koşuluyla fidan sayımlarının başarı yüzdesi alt sınırı %80 olmalıdır (Odabaşı vd., 2004).

2.4 Doğu Kayını Genel Özellikleri

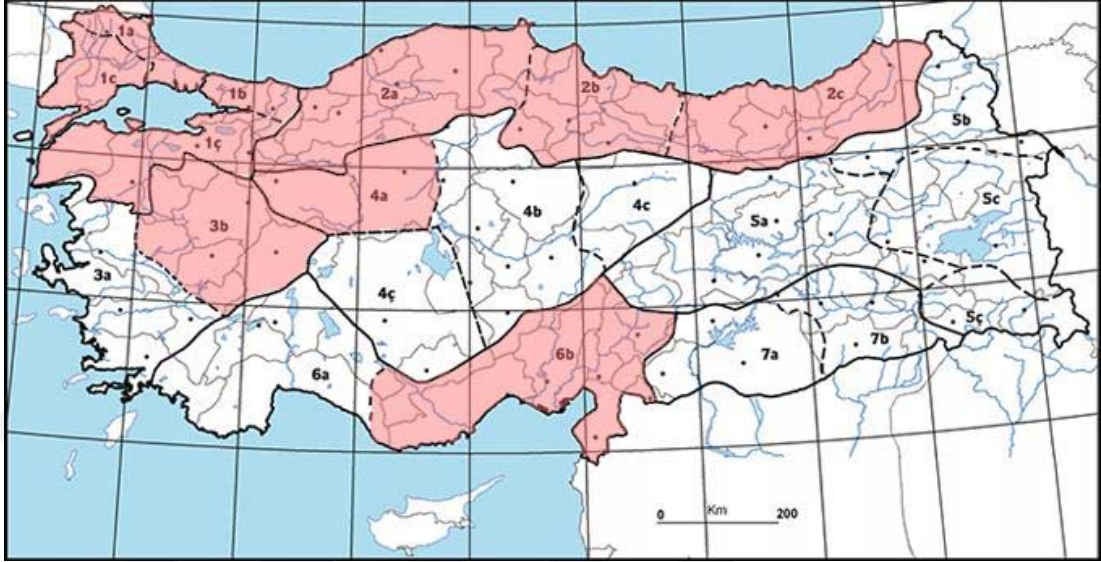
Geniş yapraklı ağaç türlerimiz arasında gölgeye en fazla dayanıklı türlerdendir (Kara, 2018). Doğu kayını gençlikte hızlı büyümektedir, sonrasında büyüme hızı yavaşlamaktadır (Genç, 2020). İki metre çapa ve 30-40 metre arası boylara ulaşabilir. Yayvan geniş bir tepe yapar. Tepe çapı 10 metreye kadar ulaşabilir. Serbest büyüme yaptığı zaman aşırı dallanma ve geniş tepe çatıları yaparken kapalı meşcere içerisinde silindirik düzgün bir gövde yapmaktadır. Yüksek hava nemi olan deniz ikliminden hoşlanır. Gençlikte don zararlarına oldukça duyarlıdır (Genç, 2020). İleri yaşlarda ise donlara karşı toleransı artar. Durgun su yanında kuraklıktan da zarar görür. Bu yüzden sıcak ve kurak yörelerimiz için önerilmez.

En iyi gelişimi kuzey ve doğu bakılarda göstermektedir (Genç, 2020). Kalp kök sistemi geliştirir ve köklerinin oksijen gereksinimi yüksektir. 6-12 cm boya sahip olan yapraklarının uçları sivri dip kısımları yuvarlaktır (Anşın, 1994). Ters yumurtamsı-eliptik ve tam kenarlı bir şekle sahiptir. Üst yüzleri tüysüz, alt yüzlerinde damarlar boyunca beyaz ipeksi tüyleri mevcuttur. 5-15 mm boyunda yaprak saplarına sahiptir. Gövde kabuğu pürüzsüz düzgün ve açık kül renklidir. Kabuk hiç çatlamadan ve dökülmeden uzun yıllar gövde üzerinde kalır. Besin ve bazik oranı yüksek geçirimli tınlı topraklarda, besin ve humusça zengin orta ve derin taze topraklarda optimum gelişme gerçekleştirir (Genç, 2020).

2.5 Doğu Kayını Yayılışı

Batıda Balkanlar'dan başlayıp Anadolu boyunca uzanan Kuzey İran ve Kırım doğu kayının yayılış bölgeleridir. Ülkemizde en çok Karadeniz bölgesinde bulunur, bunu Marmara Bölgesi ve çevresi, daha az oranda da Ege ve Akdeniz bölgeleri izler. Doğu kayınının yayılışı ülkemizde on bölümde belirtilmiştir (Şekil 2.2). Bu bölümler (1a) Istanca Bölümü, (1b) Çatalca-Kocaeli Bölümü, (1c) Ergene Bölümü, (1ç) Güney Marmara Bölümü, (2a) Batı Karadeniz Bölümü, (2b) Orta Karadeniz Bölümü, (2c)

Doğu Karadeniz Bölümü, (3b) İç Batı Anadolu Bölümü, (4a) Yukarı Sakarya Bölümü, (6b) Adana Bölümüdür.



Şekil 2.2 Doğu Kayınının Ülkemizde Yayılış Haritası (Bizimbitkiler, 2013)

2.6 Doğu Kayınının Silvikültürel Özellikleri ve Gençleştirilmesi

Sürgün üretme yeteneği yüksek olan doğu kayınının köklerine ve kütüklerine zarar verme sonrasında sürgün verme gerçekleşir (Odabaşı vd., 2004). Tohumlar, Eylül'den Ekim'e kadar olgunluğa ulaştıktan sonra Ekim ayından itibaren dökülmeye başlar. Dökülme Kasım ayının sonuna kadar sürer. Kanopinin açılması ve ağaç tepelerinin genişlemesi tohum miktarı için çok önemlidir (Kara, 2022a). Her üç ila beş yılda bir doğal olarak gençleştirmek için yeterli tohum üretir (Odabaşı vd., 2004). Bol tohum yılı gençleştirmenin yapılacağı yıl içerisinde belirlenir.

Gözlem yapılan yıl kalın ve şişik çiçek tomurcukları en az %80 civarında ise büyük ihtimal o yıl bol tohum yılı olacaktır. Şiddetli yağmur dolu ve fırtınalar bol tohum yılı verimini olumsuz yönde etkilemektedir (Genç, 2020). Kurak ve sıcak olan yaz döneminde su kıtlığı nedeni ile besin tuzlarının alınması güçleşir ve bu sağlıklı tohum sayısının artmasına neden olur (Odabaşı vd., 2004). Bol tohum senesinde dahi dökülen tohumların yaklaşık %20'si boş olabilir. Dökülen tohumların büyük kısmı çeşitli biyotik etmenlerce tahrip edilir. Filizlenen fideciklerde de değişik etmenlerden dolayı

zarar gören fertler de olabilecektir. Bu nedenle bol tohum yılı iyi tespit edilmeden tohumlama kesimine başlanmamalıdır.

Yeterli miktarda ve sağlıklı olan tohum ağacının tespitinin yapıldığı kayın meşcerelerinde doğal gençleştirme önerilir (Odabaşı vd., 2004). Kayın fidanları geç gerçekleşen donlara ve aşırı sıcaklığa karşı dayanıksızdır. Buna ek olarak kayın tohumları hafif değildir ve uçma yeteneği yoktur. Bu nedenle sadece siper altında gençleştirilebilecektir (Kara, 2022a). Meşcere toprağını tav hale getirmek, ağaçları bol tohum üretmeye hazırlamak amacıyla hazırlama kesimi önerilir. Hazırlama kesimleri altı-on yıl içerisinde üç-dört kere yapılarak meşcere kapalılığı yüzde 70-80'e kadar düşürülür. Eğer meşcere kapalılığı yeteri kadar düşükse hazırlama kesimine ihtiyaç kalmaz (Genç, 2020).

Tohumlama kesiminin zamanı bol tohum yılında tohum döküldükten sonradır ve tek seferde yapılır. Fakat ülkemizde iş kapasitesi ve organizasyonu gibi nedenlerden hızlı bir şekilde yapılarak vaktinde sahadan çıkılmadığı için ağırlıklı olarak tohum dökülmeden önce de yapılmaktadır (Odabaşı vd., 2004). Gençleştirme mutlak suretle bol tohum yılında yapılmalıdır aksi takdirde başarısız olunur. Bu kesimde siper yardımına ihtiyaç olmayan ara ve alt tabakadaki fertler ile üst tabakadaki gaye çapına ulaşmışlar ve kötü kalitedeki bireyler çıkarılarak meşcereye homojen olarak 0,6-0,7 oranında bir kapalılık verilir.

Bu aşamadan sonra ve tohum dökülmeden önce çimlenme yatağının hazırlanması gerekmektedir (Odabaşı vd., 2004). Bunun için sahada varsa diriörtü ve ölü örtü temizlenmeli ve arkasında toprağın işlenmesi yapılmalıdır (Genç, 2020). Eğimli arazilerde hem erozyonun önlenmesi hem de maliyetin düşürülmesi açısından 2-3 metre temizlik ve 1 metre örtü birikimi olmak kaydı ile şeritler halinde yapılması uygun olacaktır. Doğal gençleştirme sahalarında ilk gençlik sayımları, çimlenmelerin gözlemlendiği ilkbahar aylarında yapılır, bu sayım ayrıca sonbaharda tekrarlanıp devam eden senelerde başarının gerçekleşmesine kadar geçen zaman içerisinde yalnızca sonbahar gençlik sayımları yapılır. Doğru kayınında başarının sağlanması için altı vejetasyon periyodunu geçirmiş homojen dağılımda ve her sayım noktasında

minimum iki ve fazlası sağlıklı fert bulunması şartı ile %80 başarının olması gerekmektedir (Genç, 2020).

Kayın ormanlarında tabii gençleştirme çalışmaları sonrası yeterli oranda gençliğin gelmesi halinde ve gençliklerin 35-40 cm boya erişmeleri üzerine ilk ışık kesimleri yapılarak kapalılık 0,50-0,60'a indirilir (Genç, 2020). Bu aşamada kesimlerin kar üzerinde yaptırılması tercih edilmelidir. Yeterli kar yağışının olmaması durumunda devirme ve sürütme zararlarını en aza indirecek önlemler alınması şartıyla kar olması beklenmeksizin 1. ışık kesimi yapılmalıdır (Odabaşı vd., 2004). Gençliğin 60-80 cm boya erişmeleri üzerine 2. ışık kesimleri yapılarak kapalılık 0,40-0,50'lere indirilir. Daha sonra gençlik 10-12 yaşlarına ulaştığında yaşlı generasyonun kapalılığı 0,15-0,25'lere indirilerek en kaliteli, sağlıklı elit fertlerin sahada kalmaları ve değer artımı yapmalarına devam etmeleri sağlanmalıdır. Işık kesimlerinin bir veya iki kere yapılması kural değildir (Genç, 2020). Uygulayıcı meşcerenin gelişme dinamiği ve ağaçların gelişim ve kalite durumu ve piyasa talepleri doğrultusunda değerlendirme yapılmalıdır (Odabaşı vd., 2004). Bazen 1. ışık ve sonra boşaltma olacağı gibi bazen de yeterli miktarda değer ağacı bırakılarak bir seferde saha boşaltılabilir.

Kayın ormanlarında yapılan doğal gençleştirme çalışmalarından sonra yeterli gençleşme olması durumunda ve fidanlar 35-40 cm boya ulaştıklarında ilk ışık kesimi yapılır ve kapalılık 0,5-0,6'a düşürülür (Odabaşı vd., 2004). Bu aşamada kesimlerin kar üzerinde yapılması tercih edilmelidir. Yeterli kar yağışı olmaması durumunda devrilme ve sürtünme hasarlarını en aza indirecek önlemler alınmak kaydıyla karı beklemeden 1. ışık kesim yapılmalıdır. Gençlikler 60-80 cm boya ulaştıklarında ikinci ışık kesimi yapılır ve kapalılık 0,40-0,50'ye düşürülür (Odabaşı vd., 2004). Daha sonra gençlikler 10-12 yaşına geldiğinde ana ağaçların kapalılığı 0,15-0,25'e düşürülmeli ki en kaliteli, sağlıklı elit bireyler sahada kalsın ve değerini artırmaya devam etsin (Genç, 2020). Bir veya iki kez ışık kesimi yapmak kural değildir. Şefler, meşcerenin gelişim dinamikleri, ağaçların gelişimi ve kalitesi ile pazar talepleri doğrultusunda değerlendirme yapılmalıdır. Bazen 1. ışık olur ve sonra boşaltılır, bazen alan bir anda temizlenebilir ve yeterli değer ağacı bırakılır (Odabaşı vd., 2004).

2.7 Seçme Ormanları

Seçme ormanları değişik yaşlı ve düşey kapalı orman kuruluşu gösterirler (Kara, 2021). Optimal kuruluştaki bir seçme ormanında ağaç sayıları ince çap sınıftan kalın çap sınıfına, kısa boydan uzun boya doğru azalan bir yapı gösterir (Kara ve Loewenstein, 2015). Üst tabakada bulunan kalın çaplı bireylerin tepe büyüklüğü ve dal sayısı genellikle alt ve ara tabakadakilere kıyasla daha fazladır. Seçme ormanlarında aktüel meşcere kuruluşu şekilleri birim alandaki aktüel ve optimal birey sayılarının çap sınıflarına dağılımları arasındaki artı ve eksi farklara göre aşağıdaki biçimde ortaya konulur (Genç, 2020).

1) Optimal kuruluşa göre, kalın çap sınıflarında fazla sayıda birey bulunmasına rağmen, orta ve ince çap sınıflarında daha az sayıda ağaç bulunması durumunda “yaşlı seçme meşceresi” olarak isimlendirilir ve (A) ile belirtilir.

2) Optimal kuruluşa göre, ince çap sınıflarında fazla sayıda birey bulunmasına rağmen, orta ve kalın çap sınıflarında daha az sayıda birey bulunması durumunda “genç seçme meşceresi” olarak isimlendirilir ve (B) ile belirtilir.

3) Optimal kuruluşa göre, orta çap sınıflarında fazla sayıda birey bulunmasına rağmen, ince ve kalın çap sınıflarında daha az sayıda birey bulunması durumunda “orta yaşlı seçme meşceresi” olarak isimlendirilir ve (C) ile gösterilir.

4) Bu üç meşcere kuruluş biçiminden farklı ve A, B, C kuruluş biçimlerinden biriyle benzerlik taşımayan veya bunların karışımından meydana gelen meşcere kuruluş durumunda “aktüel seçme ormanı” olarak isimlendirilir ve (D) ile gösterilir.

2.7.1 Kazdağı Göknaarı İle Doğu Kayınının Seçme Ormanları Kurması

Sahada düzensiz bir şekilde dağılmış küme halinde, küçük gruplar ve büyük gruplar dağılımında ağaçlardan oluşan bir kuruluştur. Ağaçların tepeleri veya tepe çatıları yan yana bulunur. Her yaş ve her boydan bireyler barındıran ve bu şekliyle merdiven basamaklarını andıran görüntüye sahip olması sebebiyle, basamaklı kuruluş olarak da adlandırılır. En genç ve en yaşlı bireyler arasındaki yaş farkı, karşılaştırılan yaş

sınıfları aralığından fazla ise, değişik yaşlı meşcere söz konusudur. Seçme kuruluşuna sahip meşcerelerde, bireyler arasındaki yaş farkı çok fazladır. Küçük yaş grubundaki bireylerin sayısı daha fazla olup, genel bireyler arasındaki yaş farkı çoğunlukla 100'ün üstündedir. Tüm silvikültürel uygulamaların kombine olarak gerçekleştirildiği bu tip meşcerelerde, her şey değişik yaşlılığın devamına yöneliktir. Seçme ormanlarda, çap yaşın yerini, çap sınıfı yaş sınıfının yerini ve amaç çapı ise idare süresinin yerini almıştır.

Düşük verimli ortamlarda, ağaç türleri gölgeye dayanıklı olsa bile bu orman yapısını sürdürmek imkansızdır. Orman başlangıçta seçme formuna yakın bir yapıya sahiptir, ancak zaman geçtikçe bu yapı çok tabakalı, daha sonra tek tabakalı hale gelir. Aslında, göknar ve kayınların doğal ormanlardaki ideal büyüme habitatlarından uzaklaştıklarında, aynı-yaşlı, tek tabakalı kuruluşa yönelme eğiliminde oldukları gösterilmiştir. Kazdağı göknarı ve doğu kayının seçme ormanları kurmasında göknar meşcerede asıl ağaç türünü yani kıymet ağacını temsil etmektedir. Kayın ise toprak muhafaza ve meşcerede dolgu görevini görür. Kayının karışıma girdiği seçme ormanları, saf göknar ormanlarına göre optimale daha yakın kuruluşlar göstermektedir. Bu nedenle bu türlerin mutlaka karışımlarda korunması gerekmektedir.

2.8 Aynı Yaşlı Ormanlar

Aynı yaşlı ormanlarda bireylerin yaşları arasında yirmi yaşına kadar farklılıklar normal kabul edilir (Köseoğlu ve Kara, 2019). Yönetim süresi 100 yıldan az olan türlerde en genç ve en yaşlı bireyler arasındaki yaş farkı en fazla 10, yönetim süresi 100 yıl ve daha fazla olan türlerde en az 20 ise bu meşcere türü ne olursa olsun aynı yaşlı kabul edilir. Ülkemizde amenajman planları bu tanım bağlamında hazırlanmakta ve kullanılmaktadır.

Aynı yaşlı meşcereleri ifade ederken kullanılan yaş farkı bir ülkeden diğerine farklılık gösterebilir. Ağaçların yaşları ilerledikçe, bireyler arasındaki yaş farklılıkları belirsiz bir duruma gelir ve bireyler aynı yaştaymişler gibi dururlar. Bu sebepten dolayı, bu orman tipine aynı yaşlı ya da eşit yaşlı ormanlar denilir. Çap sınıflarına göre herktarda bulunan ağaç sayısı genellikle normal bir dağılım gösterir (Kara vd., 2017).

2.9 Meşcere Verimliliği Ve Artım

Ormancılıkta, artım ve ağaçların büyüme durumu ağaç ve meşcere bazında incelenmektedir. Büyüme, her şeyden önce bir canlı hayatı söz konusu olduğu için bir periyot içinde gerçekleşir. Bu sebeple, zaman (ağaçlarda bu konu çap olarak önümüze çıkmaktadır) büyüme hadisesinin önemli bir elemanıdır. Zaman ile birlikte, ağaç türü, meşcere yapısı, büyüme ve gelişme ortamı, önceden yapılmış ve bugün yapılan çeşitli müdahaleler artım ile büyümeyi etkileyen diğer temel faktörlerdir. Orman sahalarını planlamak ve yönetmek, gerekli kararları vermek için, ormanın üretim potansiyelinin, şimdi ve ilerideki ürün miktarının tespiti gerekmektedir. Bunun yanında, ağaç türü, yetişme ortamı ve bakım tedbirleriyle birbiriyle en iyi uyum sağlandığı takdirde birim alandan en fazla düzeyde verim alınabilir.

Artım ve büyüme, çok sayıda ve sürekli olarak değişen karşılıklı bağlantıların sonucudur. Geçmişte kapalılığın bozulmasıyla oluşmuş göknar fidan grupları gözlemlendiğinde bu olay açıkça görülebilir. Fidan gruplarında ışığın göknar için yeterli oranda ulaştığı noktaya kadar gruplar genişlemekte, ışığın yeterli oranda ulaşmadığı yerlerde ise yeni fidanlar oluşmamaktadır.

Kayın Serbest büyüme yaptığı zaman aşırı dallanma ve geniş tepe çatıları yaparken kapalı meşcere içerisinde silindirik düzgün bir gövde yapmaktadır. Yüksek miktarda neme sahip deniz iklimi etkisinden olumlu etkilenir. Durgun su ve kuraklıktan zarar görür. Besin maddesi ve humus oranı yüksek orta ve derin taze topraklarla, besin maddesi ve bazik oranı yüksek, geçirgen balçıklı topraklarda optimum gelişme yapar. Meşcere verimliliğini etkileyen başlıca faktörlerin ağaç türü çeşitliliği, yetişme ortamı koşulları ve silvikültürel müdahaleler olduğu ortaya koyulmuştur.

2.9.1 Meşcere Verimliliğini Etkileyen Başlıca Faktörler

Karışık kuru ormanlarıyla saf ormanların mukayesesinde de seçme meşceresine benzer bir durum gözlemlenmektedir. Ağaç türü çeşitliliğine giren ağaçların kök sistemlerinin değişiklik göstermesi durumunda kazık köklüler ile sığ köklüler toprağın farklı derinliklerinden faydalanacağından birbiriyle aralarında bir toprak altı kaynak rekabeti olamayacak, ayrıca topraktan daha yüksek oranda faydalanılmış olacaktır.

Ayrıca, söz konusu kök sistemindeki bireylerin karışıma girebilmesi için o bölgedeki yağış miktarının buna imkan vermesi gerekmektedir. Az yağış olması durumunda, sathi köklüler faydalanacak, derin köklüler olanlar ise kuraklıkla yüz yüze gelecektir. Karışık ormanlarda diğer bir durum, bu ormanların silvikültürlerinin saf ormanlara kıyasla daha güç olduğudur. Kesim olgunluk yaşında beklenen karışım oranını elde etmek için, başlangıçtan itibaren hangi karışıklık derecesi ve şeklinin oluşturulması ve bu karışıklığın arzulan amaca ulaşacak biçimde kontrol edilmesi oldukça güç ve dikkat isteyen bir iştir.

Orman meşceresinin fiziksel yapısı, biyolojik çeşitlilik, meşcere verimliliği ve karbon depolama da dahil olmak üzere orman ekosistemlerinin işlevselliğini etkilemektedir (Lindenmayer vd., 2000; Yoshida vd., 2017). Geçmişte yapılan bilimsel çalışmalar, ağaç türü zenginliği bakımından daha çeşitli olan meşcerelerin daha az ağaç türü zenginliğine sahip meşcerelere kıyasla daha verimli ve üretken olduğunu göstermektedir (Liang vd., 2016; Mori, 2018). Ormanlardaki ağaç türü çeşitliliğinin korunması ve artırılmasının, doğa koruma ve küresel iklimin düzenlenmesinde önemli bir rol oynayabileceği öne sürülse de (Cavus vd. 2019), birçok çalışmadan elde edilen bulgular, ağaç türü çeşitliliğinin biyokütle ve karbon stokları üzerindeki etkilerinin, özellikle ormanlar gibi karmaşık karasal sistemlerde tahmin edilmesinin oldukça güç olduğunu ortaya koymaktadır (Mensah vd., 2020).

Yapılan bilimsel çalışmalarda, bazı orman ekosistemlerinde ağaç türü çeşitliliğinin meşcere sıklığını olumlu yönde etkilediği, ve sonuç olarak bunun da toprak üstü karbon miktarını arttırdığı tespit edilmiştir (Kara, 2022a). Bazı orman ekosistemlerinde ise ağaç türü çeşitliliğinin artmasının meşcere sıklığı üzerinde herhangi bir etki meydana getirmeyebildiği savunulmuştur (Mensah vd., 2020). Son yıllarda yapılan çalışmalar, meşcere yapısı, ağaç türlerinin çeşitliliği ve meşcere verimliliği arasındaki karşılıklı ilişkilerin farklı ağaç türü ve farklı meşcere yapısına göre farklılık gösterebileceğinden bu konuda yapılacak çalışmalarının daha önemli olduğunu göstermektedir (Bohn ve Huth, 2017).

Ayrıca, daha önce yapılan araştırmalarda, meşceredeki birim alandaki ağaç sayısının, yani sıklığının, meşcerede verimliliği olumsuz veya olumlu yönde etkileyebileceğini

göstermişlerdir (Uhl vd., 2015). Meşcerede sıklık-verimlilik ilişkilerine yönelik birbirinden farklı bulguların, meşcerelerin konumundaki farklılıklardan dolayı ve meşcerelerin bulunduğu yerdeki sıcaklık ve yağış gibi iklim değişkenlerinden kaynaklanıyor olabileceği ifade edilmiştir (Zeller vd., 2018).

Her şeyden önce karışık ormanların bir amacı olmalı ve karışımın oluşumuyla yaşatılması bu amacın gerçekleşmesini sağlamalıdır (Atay vd., 1989). Karışık meşcerelerde, farklı ağaç türlerinin karışıma katılabilmeleri için ekolojik ve ekonomik koşulları yerine getirmesi gerekmektedir (Aktürk vd., 2020). Aynı yaşlı meşcerelerin meşcere kuruluşu saf veya karışık oluşuna göre değişiklik göstermektedir (Kalıpsız, 1988).

Seçme ormanlarında, daha iyi bir düşey kapalılık olması nedeni ile asimilasyona katılan yüzey alanı daha büyüktür ve üst tabakada dalgalı kuruluşa sahip olması gibi nedenlerden dolayı da ışık alan yüzeyi daha fazla olmaktadır. Tüm bunlara bağlı olarak da büyümenin daha yüksek olacağı düşüncesiyle seçme ormanlarında meşcere verimliliğinin daha yüksek olacağı beklenmektedir. Buna karşın seçme ormanında baskı altında kalmaları nedeni ile bazı bireylerin de artımları düşüktür. Bütün bunlara rağmen, aynı yaşlı meşcerelerde kalın ağaçların meşcereye oranı seçme ormanlarına kıyasla daha fazladır. Bu yüzden, aynı yaşlı meşcerelerde yalnız cari artım değil, aynı kesim yaşlıları için genel ortalama artımda seçme ormanlarından daha büyüktür. Bunlara göre, düşey kapalılık artımı azaltıcı bir rol oynamaktadır. Bazı araştırmalara göre, seçme ormanında değer artımının daha yüksek olduğu sonucu ileri sürülmektedir. Fakat, bu sonuç karşılaştırılan meşcerelerin kesim yaşlarının aynı olmamasından ileri geldiği düşünülmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Çalışma Alanı

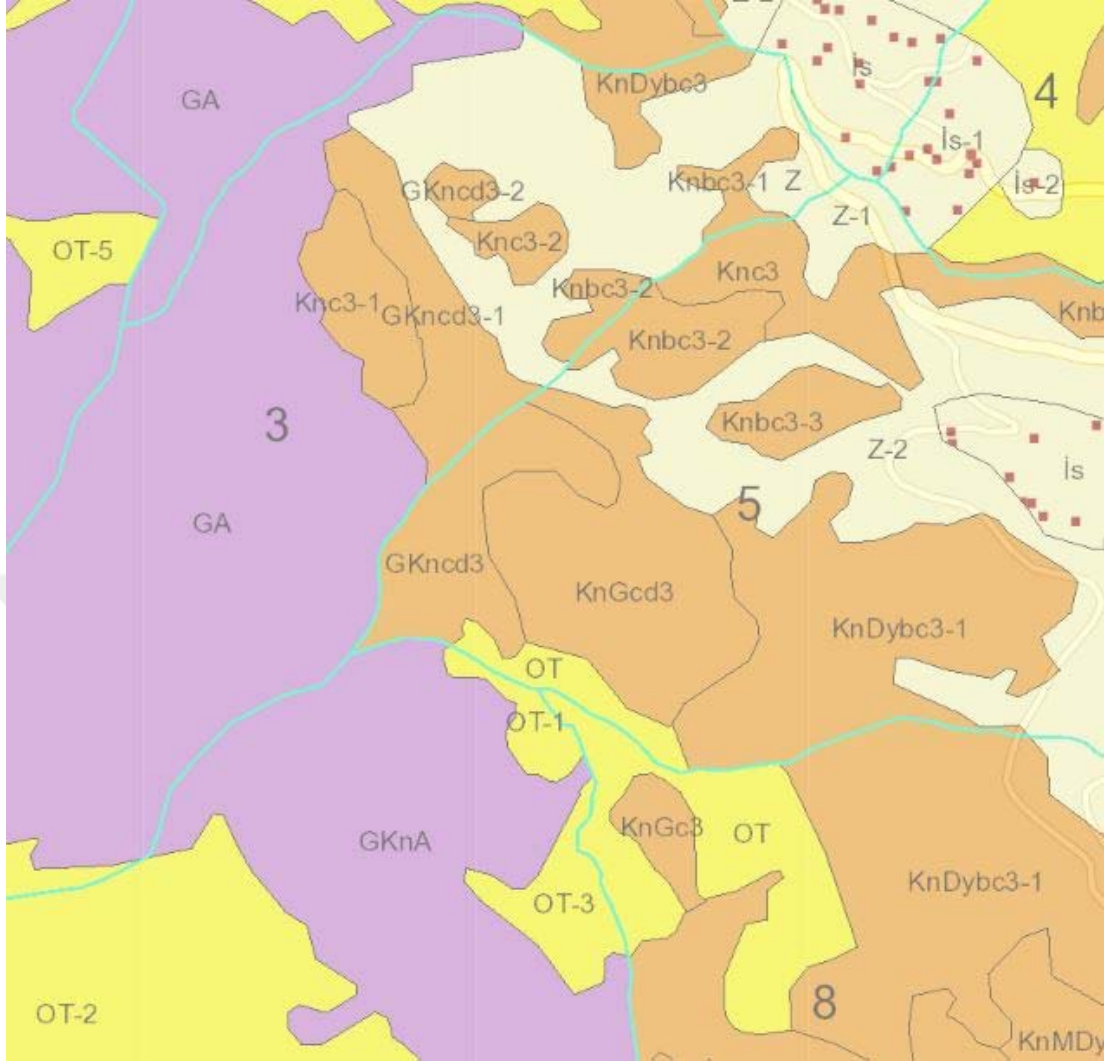
Bu tez çalışması Sinop Orman Bölge Müdürlüğü Ayancık Orman İşletme Müdürlüğü Akgöl Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanının ülkemizin kuzeyinde orta Karadeniz kıyı şeridinde yer almaktadır (Şekil 3.1). Çalışma alanının iklimi tipik Karadeniz iklimidir. Bölgede kış ayları serin ve yağışlı, yazları ise kurak ve nemlidir. Bölgede yıllık ortalama sıcaklık 14,0 C derece' dir. Çalışma alanında yıllık ortalama toplam yağışın ise yaklaşık 700 mm civarında olduğu bilinmektedir. Çalışmanın gerçekleştiği bölgede baskın bitki örtüsü ormandır. Bitki çeşitliliği oldukça zengindir.



Şekil 3.1 Sinop ilinin ülkemizdeki lokasyonu

Bu tez çalışmasında dört farklı meşcere tipi seçilmiştir. Bunlar a) göknar seçme ormanı, b) göknar aynı yaşlı ormanı, c) karışık göknar-kayın seçme ormanı, ve d) aynı yaşlı karışık göknar-kayın ormanlarıdır. Seçilen meşcerelerin özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

Göknar seçme ormanı için 3 Nolu Bölme GA meşceresi 37,2 ha bölmede çalışılmıştır (Şekil 3.2). Deneme alanı alınan bölme 1550-1650 rakım aralığında Kuzey-



Şekil 3.5 Göknaar-kayın aynı yaşlı ormanına ait meşcere haritası

3.2 Çalışma Deseni

Yukarıda da belirtildiği üzere bu tez çalışmasında dört farklı meşcere tipinde meşcere verimliliğinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışma yapılan dört farklı meşcerenin her birinden 15'er adet 20x20 m büyüklüğünde deneme alanları alınmıştır (Şekil 3.6). Deneme alanları seçilen meşcerelerde rastgele olarak yerleştirilmiştir. Deneme alanları belirlenirken bakı, eğim ve yükselteleri benzer özellikte olmalarına özen gösterilerek seçilmiştir. Deneme alanı alınan bölmeler ortalama 1550-1650 rakım aralığında Kuzey-Kuzeydoğu bakıda ortalama %25 eğimde ve 3 kapalılıkta sahalardır. Çünkü çalışmada başlıca amaç tür çeşitliliğinin verimliliğe etkisini belirlemek olduğundan, bakı, eğim, yükselti gibi diğer etkili faktörlerin kontrol edilmesi (yani benzer turulması) oldukça önemlidir.



Şekil 3.6 Deneme alanlarının seçilen meşcerelerde kurulması

3.3 Ölçüm ve Hesaplamalar

Her meşcere tipinde deneme alanlarının her birinde 5 cm ve daha büyük çaptaki tüm bireylerin çapları ölçülerek kayda alınmıştır. Saf meşcereler olan 3 numaralı bölme seçme GA ve yine saf meşcere olan 6 numaralı bölme aynı yaşlı Gcd3 meşcerelerinde tek tür olan göknardan hakim konumda seçilen 3 adet bireylerden artım burgusu yardımı ile artım kalemleri alınmış (Şekil 3.7) ve alınan artım kalemlerinde son 5 yıllık halkalar cetvel yardımı ile ölçülerek not edilmiştir (Şekil 3.8).

Göknar ve kayın karışık meşcereler olan 2 numaralı bölme seçme GKna ve 5 numaralı bölme aynı yaşlı GKncd3 meşcerelerinde her iki türden de hakim konumda 3 er adet seçilen göknar ve kayın türlerinde artım burgusu yardımı ile artım kalemleri alınmış ve alınan bu artım kalemlerinde son 5 yıllık halkaların genişliği cetvel yardımı ile ölçülerek not edilmiştir.



Şekil 3.7 Örnek alanlarda seçilen ağaçlardan artım kalemlerinin alınması



Şekil 3.8 Örnek alanlarda ağaçlardan alınan artım kalemlerinin ölçümü

3.4 İstatistik Analizler

Ağaç tür sayısının ve meşcere sıklığının (GYA) 5-yıllık çap artımı üzerine olan etkilerinin tespit edilmesi amacıyla “Rastgele Etkiler Modeli” (Random Effects Model) regresyon analizi kullanılmıştır. Bu istatistik analizlerde örnek alanlar “rastgele etkiler” (random effect) parametresi olarak seçilmiştir. Bu analizlerde örnek alanlardaki tür çeşitliliği ve GYA bağımsız değişkenler olarak seçilirken, 5-yıllık çap artımı değerleri bağımlı değişken olarak seçilmiştir. Karışım oranı (%) ve hacim de regresyon analizlerinde bağımsız değişken olarak seçilmiştir.

İşletme şeklinin (yani meşcere tipinin) 5-yıllık çap artımı üzerine olan etkisinin tespit edilmesi amacıyla varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Bu analizde işletme biçimi bağımsız değişken olarak seçilirken, 5-yıllık çap artımı değerleri bağımlı değişken olarak seçilmiştir. ANOVA analizi sonrasında grupların kendi aralarında fark olup olmadığını belirlemek amacıyla ise Tukey-HSD testi uygulanmıştır.

Verilerin normal dağılımda ve homojen olup olmadığı “Residual” analizi kullanılarak gözlemlenmiştir. Sonuç olarak bu model varsayımlarından herhangi bir sapma tespit edilmemiştir. Çalışmada yapılan bütün istatistik analizler R-istatistik programı (R Development Core Team, 2010) yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Analizlerde programın “lme” ve “aov” analiz paketleri kullanılmıştır.

4. BULGULAR

Seçilen meşcerelere ait bilgiler Tablo 4.1’ de belirtilmiştir. Tablodaki ilgili parametrelere ait değerler her meşcere tipinde alınan 15 adet örnek alanda yapılan ölçümlerin ortalamalarına göre hesaplanmıştır. Dört meşcere arasında en yüksek ortalama GYA’nın AY-GKn meşceresinde olduğu, en düşük GYA’nın ise S-GKn meşceresinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.1). Yapılan ölçümler sonucunda en yüksek ve en düşük odun hacmine sahip meşcerelerin sırasıyla AY-GKn ve S-GKn meşcereleri olduğu belirlenmiştir. Hektardaki ağaç sayısı bakımından meşcereler arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Meşcerelerin son 5 yıllık süreçte yaptıkları çap artımları kıyaslandığında, en fazla artımın AY-G meşceresinde, en düşük artımın ise AY-GKn meşceresinde gerçekleştiği belirlenmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 Meşcerelere ait ortalama istatistiksel bilgiler

İşletme Şekli	Parametreler	Ortalama	Maksimum	Minimum
Gökmar Seçme (S-G)	GYA (m ² / ha)	73,9	104,9	53,5
	Hacim (m ³)	630	858,9	268,8
	Artım (mm / 5 yıl)	5,98	7,01	4,66
	Ağaç sayısı (ha)	778	1100	600
Gökmar Aynı-Yaşlı (AY-G)	GYA (m ² / ha)	91,4	114,1	55,01
	Hacim (m ³)	644,8	910,5	377,7
	Artım (mm / 5 yıl)	6,17	7,01	5,01
	Ağaç sayısı (ha)	781	1175	650
Gökmar-Kayın Seçme (S-GKn)	GYA (m ² / ha)	57,7	82,9	45,01
	Hacim (m ³)	570,7	877,7	449,1
	Artım (mm / 5 yıl)	4,82	5,66	4
	Ağaç sayısı (ha)	708	875	600
Gökmar-Kayın Aynı-Yaşlı (AY-GKn)	GYA (m ² / ha)	110,4	142,1	67,4
	Hacim (m ³)	867,9	1124,8	536,8
	Artım (mm / 5 yıl)	4,07	6,33	3
	Ağaç sayısı (ha)	990	1400	625

Her işletme tipinde alınan örnek alanlarda ölçülen ağaçların çap sınıflarına dağılımları Tablo 4.2, Tablo 4.3, Tablo 4.4, Tablo 4.5, Tablo 4.6 ve Tablo 4.7'ee gösterilmiştir. Tablolarda belirtilen sayılar ilgili örnek alandaki ilgili çap sınıfında bulunan ağaç sayısını ifade etmektedirler.

Tablo 4.2 Seçme göknar (S-G) işletmesinde ağaçların çap sınıflarına dağılımı

Çap Sınıfı	Örnek Alanlar														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6	5	2			1	2		2	3	3	1	1	2	2	1
8	3		3		1	1	2	1	2	2	1		1		2
10	3	3	1		2	1	2	3	1	3	3		3	3	2
12	2	1	3	1	2	2	1	1			3	2	1	2	3
14	4		3	1		1	2		4	2		1	1	3	
16	1	1	2	2	2		1	1	2	1		1	2	1	1
18	1	2	2			1						2			
20	3	2		2		1		2	2		1		2	2	
22						2		1		2		1			2
24	1		1		1									2	
26	2	1	2	1	1	1		2		1	1		3	1	1
28	1		3			1	1		2	1		1			
30	1		1	2		1		2		1		1	1	3	
32	1		1			1	2		2		2	1			2
34	3		2	1	1	2	2	2	2	1	3		2	1	
36		1	2	2	1								2		
38	1		6	1	1	1		1	2	2		2	1	1	1
40	3	1	4	1		2	2	1	1	2	2		3	2	
42	1	3		2	1	2	2	3	1	3	3	2	3	1	2
44	3	2	2			3	3	2	1	1	4	2	2	4	2
46	2	3	1			4	1	3		1	3	3		3	1
48	2	2		3	1	2		2	2	4	2	1	1	2	3
50		1	1	1	1	2	2	1	1		1	1		2	4
52	1				6						1	2	1	3	
54				1			1								
56				1	1			1			1			1	
58				1							1				
60									1	2			1		
62				2								1			
64					1	1								1	
66				1								1			

Tablo 4.3 Aynı yaşlı göknar (AY-G) işletmesinde ağaçların çap sınıflarına dağılımı

Çap Sınıfı	Örnek Alanlar														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6		2	4	2	5	3	2	3	3	1	3	3	1	1	2
8		2	3	3	3	2	3	1	2	2	2	1	3	2	2
10	1	1	1		4	3	1	2	2	1	3	3	1	2	2
12			1	2	2	1						1		1	
14				2	1	2	1				1	1	1	1	1
16		1			3	2				1		2	2		
18		1		2	3	1								1	1
20		1		1	5	3	2	1				2	1		
22	2					1			2		3				
24				1	1					1					
26	1	1			1		2	2							1
28	1	1	2		1	1					1	1		1	1
30	1	1			1				2					1	
32		2	2			1	2	1				3			1
34	1	1	1		1					1					
36	3	1										1	1	1	
38		2	1	5		3	1	2	2	3			2	1	1
40	3	2	2	2		1	2	1		2		2	1	2	
42	2		1	1	2	2	3	1		2		2		1	1
44		1		1	1			3		1	2		3	2	1
46	1	1	1	1	2		3	4	4	3	2	3	2	1	4
48	5	2	2	2	2	2	3	3	3	2	4	5	3	3	3
50			1	3	1		3	4	4	3	2	3	3	3	2
52	2		1	1	4	2	4	2	3	3	3	3	1	2	2
54	1	1	2								3	1		1	
56			1			1		1	1	1				1	
58	2	1					1		1		2	1	1		
60		2	2						1						
62	2							1					1	1	1
64			1		1										
66	1				1							1			
68		1			1		1							1	
70					1										

Tablo 4.4 Seçme göknar-kayın (S-GKn) işletmesinde bulunan göknar ağaçlarının çap sınıflarına dağılımı

Çap Sınıfı	Örnek Alanlar														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6				2				2	3						
8			1			2			1		2	1	2	2	
10					2		1	1			1		1		2
12	1	1		1				2			1	5			1
14	1				1						1			2	1
16		1	1		2								1		1
18		1	2	1			1		2	2			1		
20	2	2				1				2		1	2		
22	3				2					1		1			
24							3		1	2		1		1	
26				1	1							2		1	
28													1		
30					1				2						
32	1	2		2		2			1			3			
34		2							1	1	2		1	2	1
36	1		2	1	2		2		1	3	3	1	2	1	3
38	3	1	2	2	2	3	2		3	2	3	2	1	1	2
40	2	2	1	3	3	1	3	3	2		1	4	4	1	2
42	2		3	1	1	2	4	1	1	2	2		1	2	
44	1	1		1	2	4	1	2			1		2	2	
46					1	1		1							
48	1	1	1	1	1			1						1	
50		1	2	1	2									2	
52	1	1												1	
54															
56														1	
58															
60															

Tablo 4.5 Seçme göknar-kayın (S-GKn) işletmesinde bulunan kayın ağaçlarının çap sınıflarına dağılımı

Çap Sınıfı	Örnek Alanlar														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6															
8									1			1			2
10										1	1				
12					2			1	2	2			2		1
14	1	2	2	3	1	1	2	2	1	2	1			1	
16	3	1	1	1	1	1		1				1	1	1	
18			2			2					1		1	2	1
20	1	1		1									1	1	1
22	1	1		1			2	1				2			
24												1			
26							1								
28				1											
30	1			1							1			1	
32	4		2	1					2	2	3				
34		2					1	2		1	2	1	2	1	1
36		2	1	1	1	1	2	3	1	2	2	3	2	1	2
38			1	1	2	1	1	1	2	2	1	1	3	3	2
40			1		2	2	1				1		1		1
42			1	1	3				1						1
44	1														
46															

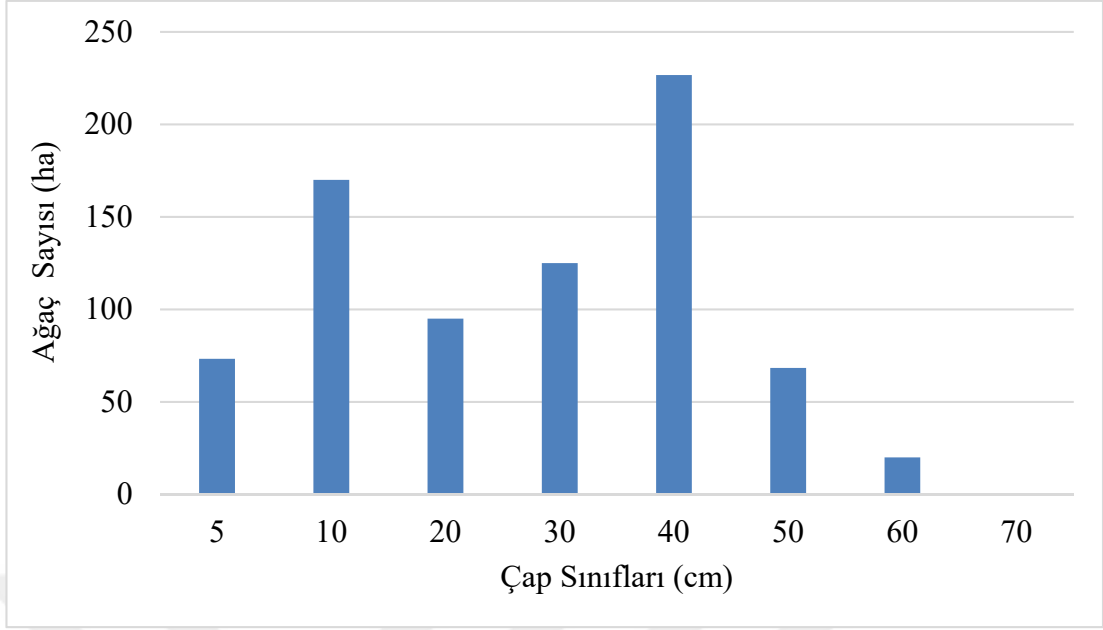
Tablo 4.6 Aynı yaşlı göknar-kayın (AY-GKn) işletmesinde bulunan göknar ağaçlarının çap sınıflarına dağılımı

Çap Sınıfı	Örnek Alanlar														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6	7	3				1	1	4			3		1		
8	2		1	1		3		2		2	1	4	2	3	2
10	3		1		1		2	1	1	1		1	2		1
12	4	3	1		2		1		2	3			2	1	
14	3	1	2	1		1	1		2	3	3		2	2	3
16	2			1					2					2	
18	1		1			2	1	2	1						1
20	2			1	1					2	2				
22	3	1	1		1		1				1		1	1	
24	1	3	4					2	1						2
26		1				1			3	2	1	2			
28			1		1	2	2	1	1					2	2
30	3			2	3	2	2		1	1	1	4			
32				1	1		3		2	4	2	3	1	2	1
34				1		2	2	2	1	2	2	1	2	2	1
36	1	2	1	3	1	2	1	1	2	3	3	1	2	2	2
38	2			3	3	2	3	2	1	1	2	2	1	3	
40	2	3	1	3		3	2	2	2	2	2	2	2	1	1
42	1	1	1	2	3	2	1	3	2	2	1	3	1	3	
44	1	2	1	1	1	1	1	1	1			1	1		3
46		2	1			2		3					1		
48		1	2		1	1	1	1		1			2	1	
50	1			1	1	1									
52	1	1		1								1		1	
54	1			2											1
56				1		1	1	1		2			1		
58	1		1	1								1	1		
60						1			1						
62														1	1
64		1					1			1					
66				1									1		
68															
70															
72															
74												1			
76	1														
78															

Tablo 4.7 Aynı yaşlı göknar-kayın (AY-GKn) işletmesinde bulunan kayın ağaçlarının çap sınıflarına dağılımı

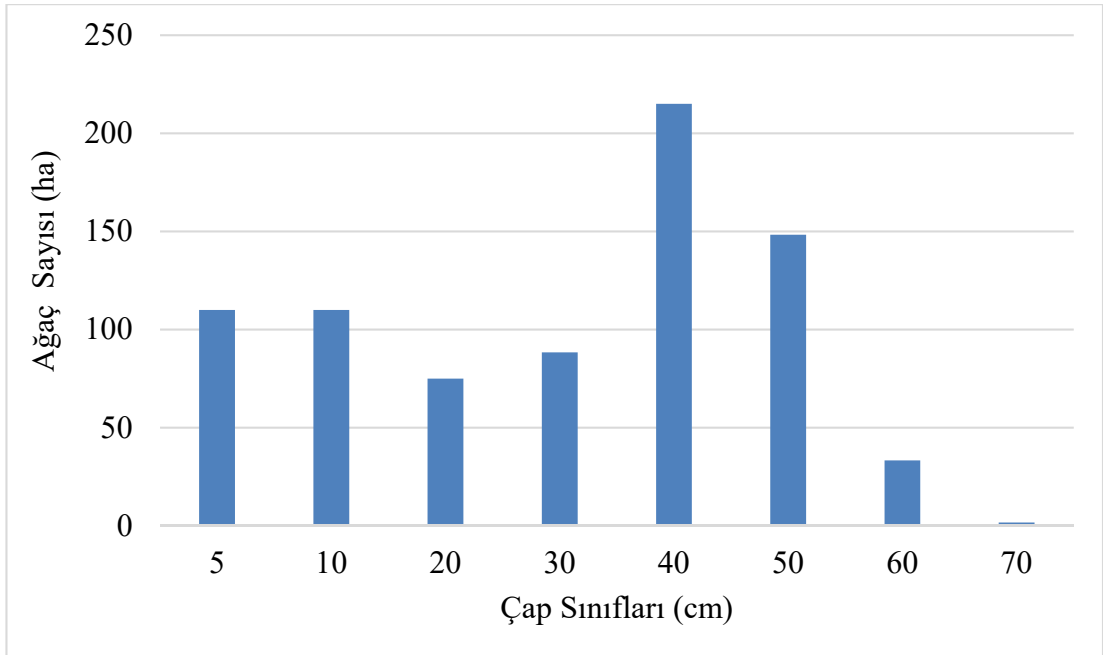
Çap Sınıfı	Örnek Alanlar														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6				1										1	
8		8								1			1		1
10		1	1	1	1			2			3	3	1	1	
12		3		1	2	1	2		1	1	2	2			2
14	1	2						1					2	2	
16					3					2	2				
18	1	1			2			2						3	
20	1	1		1	1				1			2			
22			1	2	1	1	1			1		2	1		
24	2	1		1								1			2
26		1		1	1						2	3	2		2
28	2	2	1		1	1	1	1	1				1	1	3
30	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1		1	2	
32					1	1	2	2	1	1	2		1	2	
34	1		1			2	1	2	2	2			1	3	
36	1	1				1				1	1		2	1	
38						1	2	1		1			2	2	
40	1					1		1			1				
42	1														
44							1	2			1				
46															
48	1														

Çalışmada seçilen meşcerelere ait meşcere yapısı grafikleri Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 de gösterilmiştir. S-G meşceresinde en fazla bireyin 10 ve 40 cm çap sınıfında olduğu görülmektedir (Şekil 4.1). En kalın bireyler 60 cm çap sınıfında bulunmaktadır. Seçme ormanlarının optimal kuruluşunda ağaç sayısının çap sınıflarına dağılımında ters-J eğrisi şeklinde olması beklenir. Diğer bir ifadeyle, ağaç sayıları ince çap sınıflarından kalın çap sınıflarına doğru azalan bir durum göstermektedir. Fakat, çalışmada seçilen seçme ormanında optimal seçme ormanı kuruluş mevcut değildir. Seçilen seçme meşceresi daha çok orta tabakaca zengin (yani C tipi) bir yapı göstermektedir (Şekil 4.1).



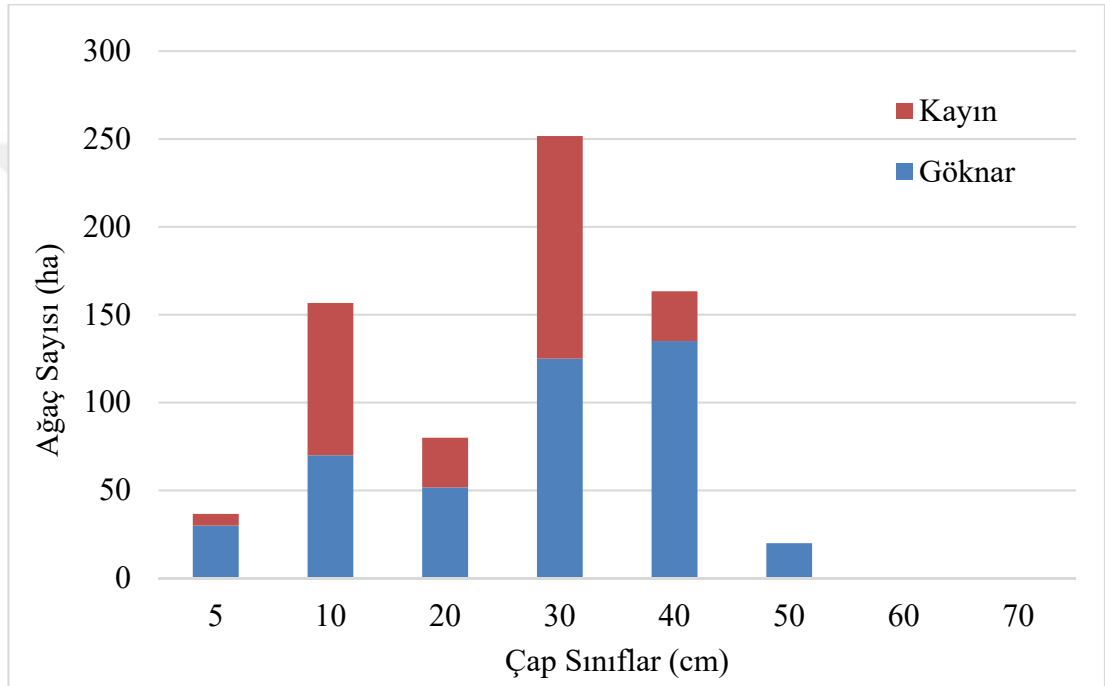
Şekil 4.1 Seçme göknar (S-G) meşçeresinde meşçere yapısı grafiği

Aynı yaşlı işletilen göknar meşçeresinde ağaç yoğunluğunun 40 ve 50 cm çap sınıflarında olduğu görülmektedir (Şekil 4.2). Bu meşçerede ağaçlar 5 ile 70 cm arasındaki tüm çap sınıflarında mevcuttur. İlgili meşçere her ne kadar aynı yaşlı olarak işletilse de meşçerenin çap dağılımı aynı yaşlı meşçerelerde görülen normal dağılım grafiğini pek göstermemektedir. Bu durum bakım müdahalelerinin zamanında yapılmaması sebebiyle gerçekleşmiş olabilir (Şekil 4.2).



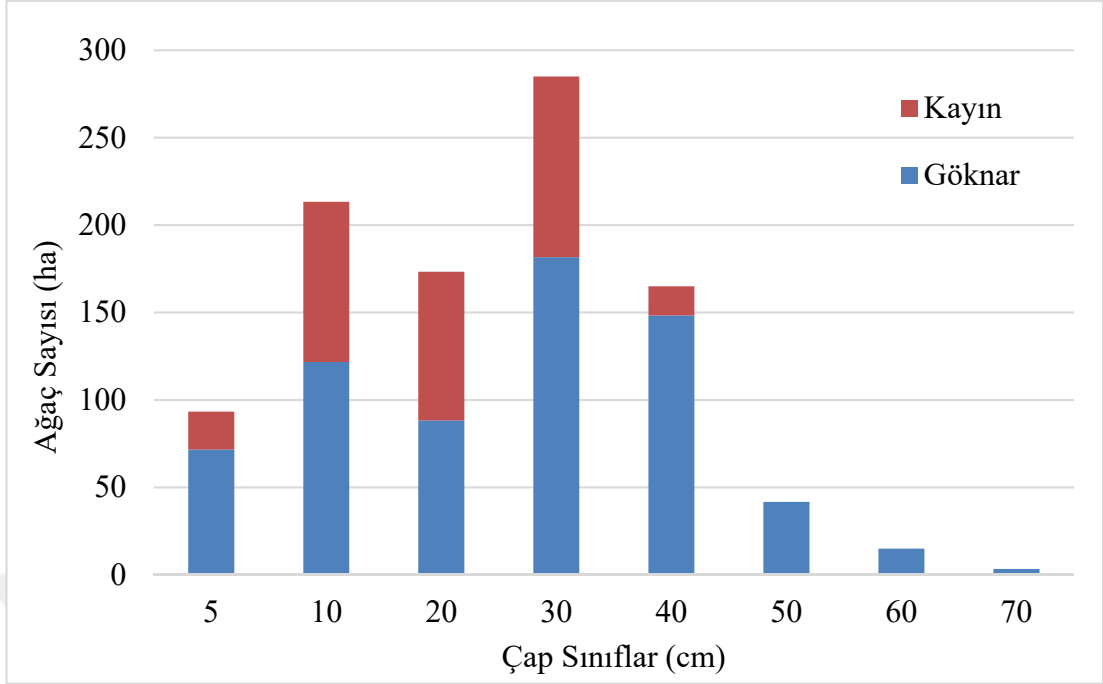
Şekil 4.2 Aynı yaşlı göknar (AY-G) meşçeresinde meşçere yapısı grafiği

Seçme göknar-kayın (S-GKn) işletmesinde meşcere yapısının optimal kuruluştan uzak olduğu görülmektedir (Şekil 4.3). Özellikle ince çap sınıflarında yeterince birey mevcut değildir. Birey sayısı orta çap sınıfları olan 30 ve 40 cm çap sınıflarında yoğunlaşmıştır. Bu meşcerede kalın çap sınıflarında (yani 60 ve 70 cm) birey tespit edilmemiştir. En fazla kayın 30 cm çap sınıfında gözlemlenmiştir. 10 cm altındaki çap sınıfında daha çok göknarlar mevcuttur. Kalın çap sınıflarında (40 ve 50 cm) genellikle göknarların olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.3).



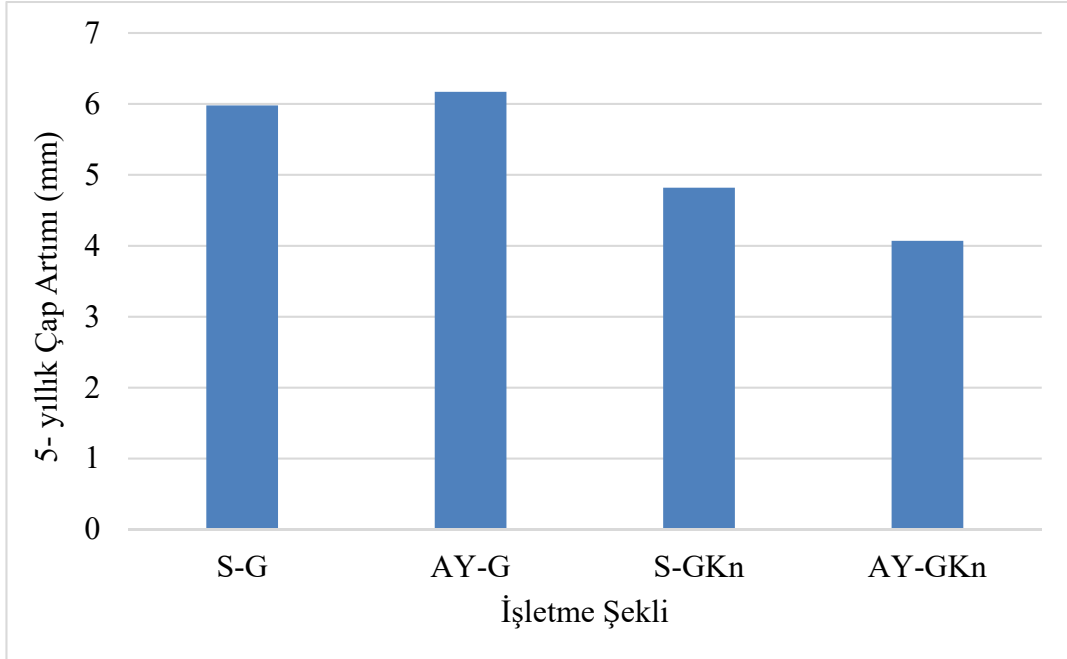
Şekil 4.3 Seçme göknar (S-GKn) meşceresinde meşcere yapısı grafiği

Aynı yaşlı işletilen karışık göknar-kayın meşceresinde ağaç yoğunluğunun orta çap sınıflarında olduğu görülmektedir (Şekil 4.4). Bu meşcerede ağaçlar 5 ile 70 cm arasındaki tüm çap sınıflarında mevcuttur. İlgili meşcere aynı yaşlı olarak işletildiği için aynı yaşlı meşcerelerde genellikle görülen normal dağılım grafiği öne çıkmaktadır (Şekil 4.4). Kayınlar bu meşcerede daha çok 10-30 cm aralığındaki çap sınıflarında karışıma katılmaktadır. Meşcerede kalın çap sınıflarında ise kayın olmadığı gözlenmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Aynı yaşlı gök nar (AY-GKn) meşçeresinde meşçere yapısı grafiği

Şekil 4.5'te 5-yıllık ortalama çap artımı değerlerinin işletme şekillerine göre değişimi görülmektedir. Buna göre en yüksek çap artımı AY-G meşçeresinde tespit edilirken, en düşük artım AY-GKn meşçeresinde hesaplanmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 İşletme şekillerine göre 5-yıllık ortalama çap artımları

Yukarıda belirtildiği üzere alınan deneme alanlarında ağaç sıklığı değişiklik göstermektedir. Ağaç sıklığının da çap artımına etki ettiği bilinmektedir. Dolayısıyla, 5-yıllık çap artımının işletme şekilleri nazarında karşılaştırılması yanltıcı olacaktır. Bu sebeple, meşcere sıklığının da (yani GYA) analizlere dahil edilmesi gerekmektedir. Çalışmada seçilen meşcerelerde yapılan ölçümlerin istatistik analizleri sonrasında karışık-etki regresyon modeline göre “Tür Çeşitliliği” ve meşcere GYA’nın 5-yıllık çap artımı üzerinden anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.8). Tür çeşitliliği ile çap artımı arasında ters bir ilişki söz konusudur. Yani, göknar meşcerelerinde kayının karışıma girerek tür çeşitliliğinin artması 5-yıllık çap artımının azalmasına sebep olmuştur. Diğer bir ifadeyle kayının göknar ormanlarında karışıma girmesi çap artımını olumsuz yönde etkilemiştir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8 Tür çeşitliliğinin ve meşcere göğüs yüzeyi alanının (GYA) 5 yıllık çap artımı üzerindeki etkileri

Değişkenler	Katsayısı	Standart hata	t-değeri	p-değeri
Sabit	6,3028	0,3310	19,0400	<0,0001
Tür çeşitliliği	-0,0124	0,0056	-2,2307	0,0312
GYA	-2,6024	0,5135	-5,0671	<0,0001
Meşcere hacmi	0,0012	0,0007	1,6855	0,0995
Karışım oranı (%)	0,0301	0,0163	1,8436	0,0725

GYA ile çap artımı arasında da ters bir ilişki söz konusudur (Tablo 4.8). GYA’nın (yani meşcere sıklığının) artması 5-yıllık çap artımının azalmasına sebep olmuştur. Bunun en önemli sebebi artan GYA sebebiyle ağaçların yeterli büyüme alanı bulamaması ve ağaçlar arasındaki rekabetin artmasıdır. Karışık-etki regresyon modelindeki diğer parametreler olan meşcere hacminin ve karışım yüzdesinin ise 5-yıllık çap artımı üzerinden anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 4.8). Bunun başlıca sebebi, seçilen meşcereler arasında hacim bakımından büyük farklılıkların olmaması, ve ayrıca karışık meşcerelerde kayın oranlarının (%) çok fazla farklılık göstermemesidir.

İşletme şekillerinin 5-yıllık çap artımı üzerindeki etkileri karşılaştırıldığında, işletme şeklinin 5-yıllık çap artımı üzerinden anlamlı bir etkisi olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.9). S-G meşçeresi ile AY-G meşçeresi arasında çap artımı üzerinde anlamlı bir fark bulunmamıştır. Karışık göknar-kayın meşçereleri kıyaslandığında seçme ormanının çap artımının aynı-yaşlı karışık ormana göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. İşletme şekilleri kendi aralarında kıyaslandığında ise, S-G ile AY-G arasında 5-yıllık çap artımı bakımından anlamlı bir fark olmadığı, diğer karşılaştırma gruplarının ise istatistiksel olarak birbirinden farklı oldukları belirlenmiştir (Tablo 4.9).

Tablo 4.9 İşletme şekillerinin 5-yıllık çap artımı üzerindeki etkilerinin karşılaştırılması

Karşılaştırılan Gruplar	Fark	p-değeri
S-G ile AY-G	-0,2001	0,8315
S-G ile S-GKn	1,1555	0,000052
S-G ile AY-GKn	1,9111	<0,000001
AY-G ile S-GKn	-1,355	0,0000025
AY-G ile AY-GKn	-2,111	<0,000001
S-GKn ile AY-GKn	0,7555	0,011844

5. TARTIŞMA

Ağaç türü zenginliği ve meşcere sıklığı genellikle karbon depolamayı (Mensah vd., 2020), ağaç beslenmesini (Richards vd., 2010), biyolojik çeşitliliği (Pádua ve Chiaravalotti, 2012), ekosistem işleyişini (Huang vd., 2018) ve meşcereyi verimliliğini etkiler (Zhang vd., 2012). Ağaç türü zenginliği ve meşcere sıklığını meşcere verimliliği ile ilişkilendiren nicel yaklaşımlar özellikle önemlidir çünkü bu nicel bilgi, tür çeşitliliği kontrolü anlayışımızı geliştirecektir. Çünkü son zamanlarda yapılan mevcut araştırmalar bu değişkenler arasında tutarsız bulgular elde etmişlerdir (Kessler vd., 2014; Whittaker ve Heegaard 2003).

Daha önce yapılan çalışmalarda ağaç tür çeşitliliğinin verimlilik üzerinde olumlu etkilerinin olduğunu göstermiştir (Liang vd., 2016; Pretzsch vd., 2017; Zhang vd., 2012). Benzer bir çalışmada Zeller vd. (2018), Almanya ve ABD'de ağaç türü zenginliğinin meşcere verimliliği üzerindeki etkilerini incelemiş ve tür zenginliği ile verimlilik arasında pozitif bir ilişki bulmuştur. Gamfeldt vd. (2013), kuzey ve ılıman ormanlarda verimlilik ve ağaç türü zenginliği arasındaki ilişkileri izlemiş, ve verimliliğin artan tür çeşitliliğiyle birlikte arttığını bulmuşlardır.

Değişken gölge toleransına sahip türlerden oluşan karışık ormanlar, esas olarak tabakalı kanopi ve toprak altında da kök tabakalaşması geliştirir (Pretzsch vd., 2017). Bu karışık ormanlardaki ağaç türleri arasındaki tamamlayıcı toprak altı kaynak kullanımı genellikle meşcere düzeyinde daha yüksek bir üretkenliğe yol açar (Kelty, 2006; Oliver and Larson, 1996).

Fakat, bu çalışmada, ağaç türü zenginliğinin meşcere verimliliği üzerinde etkili olmadığı bulunmuştur. Her ne kadar ağaç türü zenginliğinin orman verimliliğini olumlu yönde arttırdığı genellikle elde edilmiş olsa da (Danescu vd., 2016; Liang vd., 2016), bazı araştırmalar ağaç türü çeşitliliğinin meşcere verimliliği üzerinde olumsuz etkileri olabileceğini bulmuştur (Edgar ve Burk, 2001; Wang vd., 2016). Waide vd. (1999) yayımladıkları makalede, tür çeşitliliği ve verimlilik ilişkileri üzerine yapılan 200'e yakın çalışmayı incelemiş, ve bu çalışmaların %12'sinde artan tür çeşitliliğinin verimliliği düşürdüğünü, %32'sinde ise tür çeşitliliği ile verimlilik arasında anlamlı

bir ilişkinin olmadığını tespit etmişlerdir. Long ve Shaw (2009), Amerika Birleşik Devletleri'nin batısındaki Ponderosa çamı (*Pinus ponderosa* C. Lawson) meşcerelerinde orman verimliliği ile tür çeşitliliği arasında bir ilişki olmadığını bulmuşlardır. Bu bulgular bizim bu çalışma da elde ettiğimiz bulgular ile örtüşmektedir.

Waide vd. (1999) yaptıkları çalışmada, tür çeşitliliğinin verimlilik üzerindeki olumsuz etkisinin farklı türler arasındaki rekabetten kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Bu durum verimsiz topraklarda daha çok karşımıza çıkmaktadır. Benze şekilde Coomes and Grubb (1998) tropik ormanlarda toprağın verimsiz olduğu koşullarda tür çeşitliliğinin verimliliği olumsuz yönde etkilediğini tespit etmişlerdir. Artan tür çeşitliliğinin verimlilik üzerinde etkili olmaması ise bir türün bireylerindeki sayısındaki artışın başka türlerin sayısında azalışa sebep olması gösterilebilir (Tilman, 1999).

Önceki araştırmalar, meşcere yapısal karmaşıklığının meşcere verimliliğini etkileyebileceğini ortaya koydu (Bohn ve Huth, 2017; Silva Pedro vd., 2017). Buna karşılık, Bourdier vd. (2016), karışık ormanlarda gölge toleransındaki daha yüksek çeşitliliğin, meşcere verimliliğinde azalmaya neden olabileceğini bulmuştur. Meşcere yapısal karmaşıklığının (yani meşcere tipinin) meşcere verimliliği üzerindeki etkilerine ilişkin bulgularımız önceki araştırmalarla tutarlı görünmektedir. Benzer şekilde, Zeller vd. (2018), meşcere yapısal karmaşıklığının meşcere verimliliği üzerindeki etkilerini incelemiş ve tür zenginliği ile meşcere yapısal karmaşıklığın verimliliği üzerindeki etkileşimini bulmuşlardır.

Daha önce yapılan araştırmalar, meşcere sıklığının meşcere verimliliğini negatif veya pozitif yönde etkileyebileceğine işaret etmiştir (Uhl vd., 2015). Sıklık-verimlilik ilişkilerine ilişkin tutarsız bulgular, meşcerelerin konumundaki farklılıklardan ve sıcaklık ve yağış gibi iklim değişkenlerinden kaynaklanıyor olabilir (Zeller vd., 2018). Mevcut çalışma, meşcere sıklığının meşcere verimliliği üzerinde olumsuz bir etkisi olduğunu bulmuştur. Bunun en önemli sebeplerinden bir tanesi, artan meşcere sıklığı ile ağaçlar arasındaki rekabetin artmasıdır. Yani, meşcere sıklığı arttıkça bireylerin

ulaşabildiği su, bitki besin maddesi ve ışık daha sınırlı hale gelecek, ve dolayısıyla ağaçların büyümesinde bir yavaşlama ve azalma gözlemlenecektir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular çalışmanın gerçekleştirildiği bölgeden etkilenmiş olabilir. Akgöl Orman İşletme Şefliği Türkiye ormancılığı açısından tarihi bir öneme sahiptir. Bu işletme sınırları içerisindeki meşcereler geçmişte uzun yıllar aşırı faydalanmaya maruz kalmıştır, ve bu meşcerelerde doğal meşcere yapıları oldukça zarar görmüştür. Çalışma alanındaki meşcerelerin meşcere yapısının beklenen yapıda olmamasının, örneğin seçme ormanlarının optimal kuruluştan uzak olmalarının sebeplerinden bir tanesi de geçmişte yapılan bu aşırı faydalanmalardan kaynaklı olabilir. Dolayısıyla, bu tarz benzer çalışmaların ülkemizde farklı bölgelerde yapılması karışım-verimlilik arasındaki ilişkilerin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olacaktır.

Bu çalışmanın eksik yanlarından bir tanesi de kısa çalışma ve gözlem dönemidir. Çap artımı çalışmalarında uzun dönemli veriler önemlidir. Fakat ülkemizde uzun dönem müdahalele görmemiş meşcere bulmak kolay değildir. Bu sebeple çalışmada sadece beş yıllık çap artımı gözlemlenmiştir. Bu, çalışmanın bulguları açısından bir dezavantaj oluşturabilir. Elde edilen bulgular ışığında kayının göknar ile karışıma girmesi çap artımı bakımından olumsuz bir durum oluşturuyor gibi görünebilir, fakat bu ilişkinin uzun dönemdeki etkileri bilinmemektedir. Dolayısıyla, bu çalışmada elde edilen bulgular saf göknar ormanlarının karışık göknar-kayın ormanlarına tercih edilmesine sebep vermemelidir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Özellikle karışık doğal ormanlar, saf ormanlara kıyasla daha fazla orman ekosistemi ürünü ve hizmeti sağlar. Bu nedenle, meşcerelerde ağaç karışımları oluşturmak veya sürdürmek ve yapısal çeşitliliği artırmak, son yirmi yılda sürdürülebilir orman yönetimi için iki yaygın önlem haline geldi. Bu ormanların sürdürülebilirliği ve bakımı, orman yöneticileri arasında büyük ilgi görmüştür. Bu çalışma, aynı-yaşlı ve seçme kuruluştaki saf göknar ve karışık göknar-kayın ormanlarında ağaç karışımının çap artımı için önemini göstermektedir. Çalışmada, ağaç türü zenginliğinin meşcere verimliliği üzerinde etkili olmadığı bulunmuştur. Mevcut çalışma ayrıca, meşcere sıklığının meşcere verimliliği üzerinde olumsuz bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu araştırma, genel ekosistem üretkenliğinden çok çap artımı ve ağaç türü zenginliğine odaklandı. Bununla birlikte, tür zenginliği ve meşcere verimliliği arasındaki ilişkileri keşfetmek, tüm orman ekosistemini daha iyi anlamamıza yardımcı olacaktır. Bu ilişkileri bilmek sayesinde aynı meşcereden birden fazla ekosistem ürünü ve hizmeti daha verimli bir şekilde sağlanabilir. Göknarın ülkemizde karışım yaptığı diğer ağaç türleriyle olan meşcerelerinde de benzer çalışmaların ileride yapılması ormanlarımızın sürdürülebilirliği açısından oldukça önemli olacaktır.

Karışık meşcerelerin genel itibarıyla saf meşcerelere göre daha avantajlı oldukları kabul edilmektedir. Karışık meşcereler farklı ağaç türlerinin değişen ekolojik isteklerine uygun lokal yetişme ortamı koşullarını daha etkin kullanma olanağı verirler. Dış etkenlere karşı tek türden oluşan ormanlara kıyasla genellikle daha dayanıklıdır ve duyarlı türler karışık meşcereler içinde daha sağlıklı büyüme olanağı bulurlar. Bununla birlikte, estetik ve rekreasyon bakımından, karışık ormanlar sundukları farklı görünüş ve renk çeşitliliği ile daha değerli kabul edilirler. Karışık bir meşcerede meydana gelebilecek hasar ve tahribatları genellikle nipten daha az zararlı giderilebilir. Fakat, bütün bu avantajlarına rağmen, saf ormanların her koşulda karışık ormanlara dönüştürülmeye çalışılması bilimsel bir yaklaşım değildir.

Bu çalışmada görüldüğü üzere göknar meşcerelerinde kayının karışıma girmesi çap artımı üzerinde olumsuz bir etki yaratabilir. Fakat bu çalışmada, karışık göknar-kayın meşcerelerinin saf göknara dönüştürülmesi gerektiği anlamı çıkmamalıdır. Çünkü yukarıda da ifade edildiği üzere karışık ormanların birçok fonksiyonu vardır, ve bu karışık ormanlar sadece odun üretimi amacı ile işletilmemektedir. Bu çalışmada elde edilen bulgular ışığında, öncelikli amacın odun üretimi olduğu saf göknar ormanlarında kayın ile karışım oluşturmanın ekonomik açıdan dikkatli bir biçimde değerlendirilmesi önerilebilir.

Yine benzer şekilde, öncelikli amacın odun üretimi olmadığı karışık göknar-kayın ormanlarında ise meşcereyi saf göknar ormanına dönüştürme yoluna gitmek de karışık meşcerelerin diğer faydalarından vazgeçmek anlamına gelebilir. Bu sebeple, ormanlarda tür çeşitliliğinin kararlaştırılması ve düzenlenmesinde sadece verimlilik ve artım hususları değil, ilgili meşcereler kendi başına değerlendirilip, o meşcerelerin sağladığı diğer ürün ve hizmetler değerlendirilerek planlanmanın yapılması daha sağlıklı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Aktürk, E., Altunel, A.O., & Kara, F. (2020). Investigation of the 18-year status and changes of mixed stands in Europe. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 23(3), 929-938.
- Ammer, C., Bickel, E., & Koelling, C. (2008). Converting Norway spruce stands with beech-a review of arguments and techniques. *Austrian Journal of Forest Science*, 125(1), 3-26.
- Atay, İ., Odabaşı, T., Aksoy, H., & Ata, C. (1989). Karışık Ormanlarda Doğal Gençleştiriminin Planlanması Esasları. *OAE Dergisi*, Cilt 35, No 69, s.5-26. Ankara.
- Atik, A. (2013). Effects of planting density and treatment with vermicompost on the morphological characteristics of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.). *Compost Science & Utilization*, 21(2), 87-98.
- Bizimbitkiler (2013). <http://www.bizimbitkiler.org.tr>, Erişim tarihi: 14 12 2022.
- Bohn, F.J., & Huth, A. (2017). The importance of forest structure to biodiversity productivity relationships. *The Royal Society*. <https://doi.org/10.1098/rsos.160521>, Erişim tarihi: 14 12 2022.
- Bonan, G. B. (2008). Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science*, 320(5882), 1444-1449.
- Bourdier, T., Cordonnier, T., Kunstler, G., Piedallu, C., Lagarrigues, G., & Courbaud, B. (2016). Tree size inequality reduces forest productivity: an analysis combining inventory data for ten European species and a light competition model. *PLoS One*, 11:e0151852
- Cavus, I., Kalin, L., & Kara, F. (2019). Changes in stream morphology protected by best management practices under effects of upstream disturbances. *Environmental Earth Science*, 78(16), article 526.
- Coomes, D. A. and Grubb, P. J. (1998). Responses of juvenile trees to above- and belowground competition in nutrient-starved Amazonian rain forest. *Ecology* 79, 768– 782.
- Danescu, A., Albrecht, A.T., & Bauhus, J. (2016). Structural diversity promotes productivity of mixed, uneven-aged forests in southwestern Germany. *Oecologia*, 182, 319–333
- Dieler, J. (2013). Biodiversität und Waldbewirtschaftung-Auswirkungen auf Artenvielfalt, Strukturdiversität und Produktivität. *Tagungsband der Sektion Ertragskunde*, DVFFA, 25-34.

- Edgar, C.B., & Burk, T.E. (2001). Productivity of aspen forests in northeastern Minnesota, U.S.A., as related to stand composition and canopy structure. *Can J For Res*, 31, 1019–1029.
- Gamfeldt, L., Snäll, T., Bagchi, R., Jonsson, M., Gustafsson, L., Kjellander, P., Ruiz-Jaen, M.C., Froberg, M., Stendahl, J., Philipson, C.D., Mikusinski, G., Andersson, E., Westerlund, B., Andren, H., Moberg, F., Moen, J., & Bengtsson, J. (2013). Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species. *Nat Commun*, 4, 1340.
- Genç, M. (2020). Silvikültür Tekniği. Musa Genç Kitaplığı. E-kitaplar serisi No: 4. Giresun.
- Huang, Y., Chen, Y., Castro-Izaguirre, N., Baruffol, M., Brezzi, M., Lang, A., ... & Schmid, B. (2018). Impacts of species richness on productivity in a large-scale subtropical forest experiment. *Science*, 362(6410), 80-83.
- Kalıpsız, A. (1988). Orman Hasılat Bilgisi, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 397, İstanbul.
- Kara, F. (2018). A Silvicultural Management Tool for the Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) Forests. *Journal of Sustainable Forestry*, 37(4), 403-413.
- Kara, F. (2021). Comparison of tree diameter distributions in managed and unmanaged Kazdağı fir forests. *Silva Balcanica*, 22(1), 34-43.
- Kara, F. (2022a). Effects of light transmittance on growth and biomass of understory seedlings in mixed pine-beech forests. *European Journal of Forest Research*, 141, 1189-1200.
- Kara, F. (2022b). Climate-Growth Relationships in managed and Unmanaged Kazdağı Fir Forests. *Forestist*, 72, 81-87.
- Kara, F., & Lhotka, J.M. (2020a). Climate and silvicultural implications in modifying stand composition in mixed fir-pine stands. *Journal of Sustainable Forestry*, 39(5), 511-525.
- Kara, F., & Lhotka, J.M. (2020b). Comparison of unmanaged and managed Trojan fir-Scots pine forests for structural complexity. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 44(1), 62-70.
- Kara, F., & Loewenstein, E.F. (2015). Impacts of logging and prescribed burning in longleaf pine forests managed under uneven-aged silviculture. *Turk J Agric For*, 39, 99-106.
- Kara, F., Loewenstein, E.F., & Brockway, D.G. (2017). Effects of basal area on survival and growth of longleaf pine when practicing selection silviculture. *Forest Systems*, 26 (1), e005, 1-12.

- Kara, F., Özden Keleş, S., & Loewenstein, E.F. (2021). Development and anatomical traits of black pine on an abandoned agricultural land compared to forested areas. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193 (9), article 621.
- Kara, F., & Topacoglu, O. (2018a) Influence of stand density and canopy structure on the germination and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(12), article 749, 1-10.
- Kara, F., & Topacoglu, O. (2018b). Effects of canopy structure on growth and aboveground/belowground biomass of seedlings in uneven-aged Trojan fir stands. *Cerne*, 24(4), 312-322.
- Kelty, M. J. (2006). The role of species mixtures in plantation forestry. *For Ecol Manag*, 233, 195–204.
- Kessler, M., Salazar, L., Homeier, J., & Kluge, J. (2014). Species richness–productivity relationships of tropical terrestrial ferns at regional and local scales. *Journal of Ecology*, 102(6), 1623-1633.
- Köseoğlu, E., & Kara, F. (2019). Comparison of the influence of some stand structural parameters on black pine seedling density and growth. *Turkish Journal of Forestry*, 20(4), 305-311.
- Liang, J., Crowther, T. W., Picard, N., Wisser, S., Zhou, M., Alberti, G., ... & Reich, P. B. (2016). Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests. *Science*, 354(6309).
- Lindenmayer, D. B., Margules, C. R., & Botkin, D. B. (2000). Indicators of biodiversity for ecologically sustainable forest management. *Conservation Biology*, 14(4), 941–950
- Liu, X., Trogisch, S., He, J.-S., Niklaus, P. A., Bruelheide, H., Tang, Z., ... & Ma, K. (2018). Tree species richness increases ecosystem carbon storage in subtropical forests. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285, 20181240.
- Long, J.N., & Shaw, J.D. (2010). The influence of compositional and structural diversity on forest productivity. *Forestry*, 83, 121–128.
- Mensah, S., Salako, V.K., & Seifert, T. (2020). Structural complexity and large-sized trees explain shifting species richness and carbon relationship across vegetation types. *Functional Ecology*, 34(8), 1731-1745.
- Mori, A. S. (2018). Environmental controls on the causes and functional consequences of tree species diversity. *Journal of Ecology*, 106(1), 113-125.
- Odabaşı, T., Çalışkan, A., & Bozkus H.F. (2004). *Silvikültür tekniği*. İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul. 314p.
- Oliver, C. D., & Larson, B. C. (1996). *Forest stand dynamics: Updated edition*. John Wiley and sons. Seattle, WA, USA.

- Orman Genel Müdürlüğü. 2014. Orman Atlası. Orman Genel Müdürlüğü yayınları. 116 p.
- Pádua, C.B.V., & Chiaravalotti, R. (2012). Silviculture and biodiversity. Writings of the Dialogue (Vol. 4, pp. 68). Rio do Sul, SC: Apremavi, Brasil. ISBN 978-85-88733-09-1.
- Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., ... & Hayes, D. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, 333(6045), 988-993.
- Pretzsch, H., & Biber, P. (2016). Tree species mixing can increase maximum stand density. *Canadian Journal of Forest Research*, 46(10), 1179-1193.
- Pretzsch, H., Forrester, D.I., & Bauhus, J. (2017). Mixed-species forests: ecology and management. Springer, Berlin, p 653.
- R Development Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Richards, A.E., Forrester, D.I., Bauhus, J., & Scherer-Lorenzen, M. (2010). The influence of mixed tree plantations on the nutrition of individual species: a review. *Tree Physiol*, 30,1192–1208.
- Saatçioğlu, F. (1976). Silvikültür I (Silvikültürün biyolojik esasları ve prensipleri). İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No. 222, İstanbul 1976.
- Savacı, G., Sarıyıldız, T., Çağlar, S., Kara, F., Topal, E. (2021). The effects of windthrow damage on soil properties in Scots pine, black pine and Kazdağı fir stands in the northwest Turkey. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 21(3), 229-243.
- Sevik, H. (2012). Variation in seedling morphology of Turkish fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf). *African Journal of Biotechnology*, 11(23), 6389-6395.
- Tilman, D. (1999). The ecological consequences of changes in biodiversity: a search for general principles. *Ecology*, 80(5), 1455-1474.
- Topacoglu, O., Kara, F., Yer, E.N., & Savci, M. (2017). Determination of deadwood volume and the affecting factors in Trojan fir forests. *Austrian Journal of Forest Science*, 134(3), 245-260.
- Tuğrul, V., Özel, H.B., Kara, F., Çavuş Kara, İ., Ayan, S. (2022). Effects of stand types on recreational preferences of society in the Sub-alpine Zone, northern Turkey, *Journal of Mountain Science* ,19(11), 3246-3256.
- Waide, R. B., Willig, M. R., Steiner, C. F., Mittelbach, G., Gough, L., Dodson, S. I., ... & Parmenter, R. (1999). The relationship between productivity and species richness. *Annual review of Ecology and Systematics*, 257-300.

- Wang, J., Cheng, Y., Zhang, C., Zhao, Y., Zhao, X., & Von Gadow, K. (2016). Relationships between tree biomass productivity and local species diversity. *Ecosphere*, 7(11), e01562.
- Whittaker, R.J., & Heegaard, E. (2003). What is the observed relationship between species richness and productivity? Comment. *Ecology*, 84(12), 3384-3390.
- Yoshida, T., Naito, S., Nagumo, M., Hyodo, N., Inoue, T., Umegane, H., ... & Nakamura, F. (2017). Structural complexity and ecosystem functions in a natural mixed forest under a single-tree selection silviculture. *Sustainability*, 9(11), 9–11.
- Zeller, L., Ammer, C., Annighöfer, P., Biber, P., Marshall, J., Schütze, G., & Pretzsch, H. (2017). Tree ring wood density of Scots pine and European beech lower in mixed-species stands compared with monocultures. *Forest Ecology and Management*, 400, 363-374.
- Zeller, L., Liang, J., & Pretzsch, H. (2018). Tree species richness enhances stand productivity while stand structure can have opposite effects, based on forest inventory data from Germany and the United States of America. *Forest Ecosystems*, 5(1), 1-17.