

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



**SAPSIZ MEŞENİN TOPRAK ORGANİK KARBON VE TOPLAM
AZOT STOKLARI ÜZERİNDE GELİŞME ÇAĞLARININ
ETKİSİ: TAŞKÖPRÜ, KASTAMONU ÖRNEĞİ**

GÜLAY AKTAŞ TÜMER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DR. ÖĞR. ÜYESİ GAMZE SAVACI

HAZİRAN - 2022

KASTAMONU

TEZ ONAYI

Gülay AKTAŞ TÜMER tarafından hazırlanan “**Sapsız Meşenin Toprak Organik Karbon ve Toplam Azot Stokları Üzerinde Gelişme Çağlarının Etkisi: Taşköprü, Kastamonu Örneği**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **01.07.2022** 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	Ünvan Ad SOYAD XXX Üniversitesi
Eş Danışman	Ünvan. Ad SOYAD XXX Üniversitesi (yoksa bu alanı siliniz)
Jüri Üyesi	Ünvan Ad SOYAD XXX Üniversitesi
Jüri Üyesi	Ünvan Ad SOYAD XXX Üniversitesi
Jüri Üyesi	Ünvan Ad SOYAD XXX Üniversitesi (yoksa bu alanı siliniz)
Jüri Üyesi	Ünvan Ad SOYAD XXX Üniversitesi (yoksa bu alanı siliniz)
Jüri Üyesi	Ünvan Ad SOYAD XXX Üniversitesi (yoksa bu alanı siliniz)

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

Enstitü Müdürü V.

Prof. Dr. İzzet ŞENER

.....

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.

Gülay AKTAŞ TÜMER

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAPSIZ MEŞENİN TOPRAK ORGANİK KARBON VE TOPLAM AZOT STOKLARI ÜZERİNDE GELİŞME ÇAĞLARININ ETKİSİ: TAŞKÖPRÜ, KASTAMONU ÖRNEĞİ

GÜLAY AKTAŞ TÜMER

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN:DR. ÖĞR. ÜYESİ GAMZE SAVACI

Bu çalışmanın amacı sapsız meşe (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) meşcerelerinde toprak organik karbon (TOK) ve toplam azot (TA) stokunun meşcere gelişme çağlarına göre değişiminin ortaya konulmasıdır. Bu amaçla, sapsız meşenin dört farklı gelişme çağındaki (a, b, c ve d) meşcerelerinde çalışılmıştır. Farklı meşcere gelişme çağlarının 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm derinlik kademelerinden toplam 72 adet toprak örneği ve toprak yüzeyi ölü örtü örnekleme yapılmıştır. Toprak mineral katmanlarında (30 cm'ye kadar), TOK stokları gençlik ve sıklık çağında (Ma) 31,49 ton ha⁻¹, sıklık ve direklik çağında (Mb) 10,64 ton ha⁻¹, ince ağaçlık çağında (Mc) 24,76 ton ha⁻¹ ve orta ağaçlık (Md) çağında 55,04 ton ha⁻¹ olarak hesaplanmıştır. TOK, meşcere gelişme çağları arasında önemli ($R^2=0,714$; $p=0,000$) farklılıklar göstermiştir. Meşcerelerden gençlikten orta ağaçlık çağlara geliştiğinde, TA stoku gençlik ve sıklık çağında (3,39 ton ha⁻¹) önemli ölçüde artarken, sıklık ve direklik çağında (1,18 ton ha⁻¹) ve ince ağaçlık çağında (1,81 ton ha⁻¹) azalmış ve orta ağaçlık çağında (3,03 ton ha⁻¹) yine artmıştır. 0-10 cm'deki TOK stokunun en yüksek yüzdesi (%39,12) sıklık ve direklik çağındaki sapsız meşe meşcerelerinde depolanmıştır. Ayrıca, ölü örtü birikimi meşcere gelişme çağlarıyla artmıştır. Sonuç olarak, bu çalışma farklı gelişme çağındaki meşcerelerde topraktaki TOK ve TA depolanmasında farklılıklar görülmesi sapsız meşe meşcerelerinin atmosferdeki CO₂ için yutak olmasında önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Ayrıca, farklı meşcere geliştirme aşamalarının ormanların potansiyel C stokunun belirlenmesinde, C depolanmasına etki eden faktörlerin ortaya çıkarılmasında ve C ve N döngüsünün etkisinin belirlenmesinde etkili olduğu söylenebilir.

ANAHTAR KELİMELEER:Göğüs yüksekliği çapı, Sapsız meşe, Mineral toprak, Karbon ve azot stokları

Temmuz 2022, 44 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

EFFECT OF STAGES OF DEVELOPMENT ON SOIL ORGANIC CARBON AND TOTAL NITROGEN STOCKS OF SESSILE OAK: CASE STUDY OF TAŞKÖPRÜ, KASTAMONU

GÜLAY AKTAŞ TÜMER

**KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING**

SUPERVISOR:ASSIST. PROF. DR. GAMZE SAVACI

The study aimed to determine changes in the standing pools of soil organic carbon (SOC) and total nitrogen (TN) stocks in four different development stages of sessile oak (*Quercus petraea* Matt.) stands. According to a diameter at breast height (DBH) of sessile oak stands, four different stages of stand development (a, b, c and d) were studied. A total of 72 soil samples were taken under the different stages of stand development soil samples were collected in 0-10, 10-20, and 20-30 cm. Litter samples on the forest floor were taken in each plot. Soil organic carbon varied significantly among the stages of stand development. SOC stocks were calculated as 31,49 ton ha⁻¹ in the reproduction, 10,64 ton ha⁻¹ in the sapling or pole age, 24,76 ton ha⁻¹ in the large pole and 55,04 ton ha⁻¹ in the medium wood stage. SOC showed significant ($R^2=0,714$; $p=0,000$) differences between stand development ages. When stands developed from the reproduction to the medium wood stage, TN stock significantly increased in the reproduction (3,39 ton ha⁻¹), whereas the sapling or pole (1,18 ton ha⁻¹) and the large pole (1,81 ton ha⁻¹) stages significantly decreased, and then increased in the medium wood stage (3,03 ton ha⁻¹). The percentage of SOC (39,12%) at 0-10 cm was the highest in the sapling or pole stages of the sessile oak stands. Also, litter accumulation increased with stand development stages. As a result, this study showed that sessile oak stands in different development ages play a significant role in SOC and TN stocks in soil and as an important sink for CO₂ in the atmosphere. Also, it can be stated that different stand development ages affect determining the potential C stock, revealing the factors affecting C storage and determining the effect of C and N cycle.

KEYWORDS:diameter at breast height, sessile oak, mineral soil, carbon and nitrogen stocks

July 2022, 44 Page

TEŞEKKÜR

“Sapsız Meşenin Toprak Organik Karbon ve Toplam Azot Stokları Üzerinde Gelişme Çağlarının Etkisi: Taşköprü, Kastamonu” adlı bu çalışma Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle çalışmanın her aşamasında sağladığı maddi ve manevi katkılarından, arazi çalışmalarında, laboratuvar çalışmalarında ve verilerin analizinde desteğini esirgemeyen tez danışmanı hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Gamze SAVACI'ya teşekkür ederim. Ayrıca yüksek lisans tez jürisinde yer alan ve değerli katkılar sağlayan Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ ve Doç. Dr. İnci Sevinç KRAVKAZ KUŞCU hocalarıma ayrıca teşekkür ederim.

Çalışmanın laboratuvar ve arazi çalışması aşamalarında hem maddi hem manevi desteğini esirgemeyen arkadaşım Orman İşletme Şefi Yunus DOĞAN'a, tez aşamasında teknik bilgisiyle destek olan arkadaşım Orman Yüksek Mühendisi Mehmet ERGİN'e, arazi çalışmalarında destek veren Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğünde bulunan meslektaşlarıma ve işletme personeline, bu çalışmayı yapmamda imkân ve verileri sağlayan Orman Genel Müdürlüğüne teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma süresince manevi desteğini esirgemeyen kıymetli eşim Kadir TÜMER'e ve varlıklarıyla bana destek olan kızlarıma, bu günlere gelmemde her türlü maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

GÜLAY AKTAŞ TÜMER

Kastamonu, 2022

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	5
2.1 Literatür Özeti	5
2.2 Çalışma Amaç ve Kapsamı	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM	8
3.1 Çalışma Alanının Genel Tanıtımı.....	8
3.2 Arazide Yapılan Çalışmalar	12
3.2.1 Deneme Alanlarının Alınması	12
3.2.2 Meşcere Özelliklerinin Belirlenmesi	13
3.2.3 Toprak Yüzeyi Ölü Örneklerinin Alınması ve Miktarlarının Belirlenmesi	13
3.2.4 Toprak Örneklerinin Alınması.....	14
3.3 Laboratuvarda Yapılan Çalışmalar.....	15
3.3.1 Toprak Örneklerinin Analizi.....	15
3.3.2 Toprak Yüzeyi Ölü Örtü Örneklerinin Analizi.....	20
3.4 İstatistiksel Analizler	21
4. BULGULAR	23
4.1 Mescere Özellikleri	23
4.2 Ölü Örtü Miktarı.....	23
4.3 Toprak Özellikleri	24
4.4 Toprak Organik Karbonu ve Toplam Azot	26
4.5 Farklı Gelişme Çağlarında Sapsız Meşe Topraklarında Organik Karbon Miktarındaki Değişim.....	27
4.6 Farklı Gelişme Sapsız Meşe Topraklarında Toplam Azot Miktarındaki Değişim.....	28
4.7 Farklı Gelişme Çağlarında Sapsız Meşe Topraklarında Organik Karbon Stokundaki Değişimi	29
4.8 Farklı Gelişme Çağlarında Sapsız Meşe Topraklarında Toplam Azot Stokundaki Değişimi	31
5. TARTIŞMA	32
5.1 Farklı Mescere Gelişme Çağındaki Toprak Organik Karbon Stokları Üzerindeki Etkileri	32
5.2 Farklı Mescere Gelişme Çağlarının Toplam Azot Stokları Üzerindeki Etkileri	34
5.3 Farklı Mescere Gelişme Çağlarının Ölü Örtü Üzerindeki Etkileri.....	35

6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	37
KAYNAKLAR	38
ÖZGEÇMİŞ.....	44

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1 Atmosferdeki CO ₂ konsantrasyonu.....	3
Şekil 3.1 Çalışma alanı konum haritası.....	8
Şekil 3.2 Çalışma alanı yüksek haritası	9
Şekil 3.3 Çalışma alanının jeolojik haritası.....	11
Şekil 3.4 20 x 20 m'lik deneme alanlarının belirlenmesi ve çap ölçümü	13
Şekil 3.5 Toprak yüzeyi ölü örtü örneklerinin alınması.....	14
Şekil 3.6 Toprak silindiri yardımıyla toprak örneklerinin alınması.....	15
Şekil 3.7 Toprak örneklerinin laboratuvarda hava kurusu hale getirilmesi	16
Şekil 3.8 Toprak örneklerinin etüv yardımıyla kurutulması	16
Şekil 3.9 Toprak örneklerinin yaş ve kuru ağırlıklarının belirlenmesi	17
Şekil 3.10 Toprak örneklerinin porselen havanlarda öğütülmesi.....	17
Şekil 3.11 Toprak örneklerinden elde edilen çözeltilerde pH ölçümü.....	18
Şekil 3.12 Toprak örneklerinden elde edilen çözeltilerde elektriksel iletkenlik ölçümü.....	18
Şekil 3.13 Toprak tekstürünün belirlenmesi	19
Şekil 3.14 Ölü örtü örneklerinin yaş ağırlıklarının tespiti.....	21
Şekil 3.15 Ölü örtü örneklerinin etüv yardımıyla kurutulması	21
Şekil 4.1 Farklı gelişme çağlarına göre toprak yüzeyi ölü örtü miktarındaki değişim	23
Şekil 4.2 Sapsız meşe meşcerelerinde toprak organik karbon miktarının farklı meşcere gelişme çağlarına ve toprak profili derinlik kademelerine göre değişimi	28
Şekil 4.3 Sapsız meşe meşcerelerinde azot miktarının farklı meşcere gelişme çağlarına ve toprak profili derinlik kademelerine göre değişimi	29
Şekil 4.4 Sapsız meşe meşcerelerinde farklı gelişme çağlarında TOK stoku değişimleri.....	30
Şekil 4.5 Sapsız meşe meşcerelerinde farklı gelişme çağlarında TA stokundaki değişimleri.....	31

TABLolar DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1 Çalışma alanına ait meteorolojik veriler	10
Tablo 4.1 Çalışılan alanlardaki sapsız meşe meşcerelerinin özellikleri.....	23
Tablo 4.2 Çalışılan alanda üst (0-10 cm, 10-20 cm ve 20-30 cm) topraklarının bazı özellikleri	24
Tablo 4.3 Çalışma alanlarına ait 0-30 cm toprak derinliğindeki toprak türleri.....	26
Tablo 4.4 Çalışma alanlarının toprak derinlik kademelerine göre toprak organik karbon (TOK) ve toplam azot (TA) miktarı (%) ile stoku (ton ha ⁻¹)	27
Tablo 4.5 Toprak organik karbon miktarlarının farklı gelişme çağlarındaki sapsız meşe türüne, toprak derinliğine ve her ikisinin etkisine bağlı olarak değişiminin iki yönlü ANOVA değerleri (%).....	28
Tablo 4.6 Toprak azot miktarlarının farklı gelişme çağlarındaki sapsız meşe türüne, toprak derinliğine ve her ikisinin etkisine bağlı olarak değişiminin iki yönlü ANOVA değerleri (%).....	29
Tablo 4.7 Toprak organik karbon stokunun farklı gelişme çağlarındaki sapsız meşe türüne, toprak derinliğine ve her ikisinin etkisine bağlı olarak değişiminin iki yönlü ANOVA değerleri (%).....	30
Tablo 4.8 Toplam azot stokunun farklı gelişme çağlarındaki sapsız meşe türüne, toprak derinliğine ve her ikisinin etkisine bağlı olarak değişiminin iki yönlü ANOVA değerleri (%)	31

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	: yüzde
°C	: derece/santigrat
cm	: santimetre
d1.3	: Göğüs çapı
h	: Ağaç boyu
t	: Ton
ha	: hektar
m	: metre
mm	: milimetre
m ³	: metreküp
km	: kilometre
km ²	: kilometre kare

Kısaltmalar

BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
C	: Karbon
CO ₂	: Karbondioksit
EC	: Elektriksel iletkenlik
FMC	: Farklı meşcere çağları
HA	: Hacim ağırlığı
IPCC	: Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
K	: Kütle
KÜ	: Kastamonu Üniversitesi
Maks	: Maksimum
Min	: Minimum
Ma	: Gençlik ve sıklık çağındaki meşe meşceresi
Mb	: Sırlıklık ve direklik çağındaki meşe meşceresi
Mc	: İnce ağaçlık çağındaki meşe meşceresi
Md	: Orta ağaçlık çağındaki meşe meşceresi
Mg	: Mega gram (ton)
N	: Azot
Ort	: Ortalama
TD	: Toprak derinliği
TA	: Toplam azot
TOK	: Toprak organik karbonu

1. GİRİŞ

Sanayi devrimini takiben dünyadaki enerji tüketimi; nüfus artışı, kentleşmenin artmasına bağlı olarak hızla artmıştır. Artan enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılan fosil yakıtlarının aşırı ve bilinçsizce tüketilmesi sonucunda açığa çıkan karbondioksit (CO₂) ve diğer sera gazları (metan, diazot monoksit, su buharı vd.) çevre kirliliğinin yanı sıra sera etkisi oluşturarak küresel ısınmaya yol açmaktadır (Karayılmazlar vd. 2011). Sera gazları arasında, küresel iklim değişiminde en çok karbondioksitin etkili olduğuna birçok çalışmada vurgu yapılmaktadır (Canadell vd. 2007; Güner ve Turan, 2017; Ramanathan ve Carmichael, 2008). Atmosferdeki CO₂, güneşten gelen kısa dalgalı ışınları geçirmekte ve yeryüzünden yansıtılarak geri dönen uzun dalgalı ışınları tutarak küresel ısınmaya sebep olmaktadır. Bununla birlikte karbon ekosistemdeki canlıların yapısını oluşturan en önemli elementlerden biridir ve canlılardaki bütün organik bileşiklerin yapısında bulunur. Atmosferde CO₂, sularda CO₂ ve HCO³⁻, karada ise genellikle kömür, petrol ve kireçtaşının yapısında bulunur. Atmosferdeki CO₂ bitkiler tarafından kullanılarak oksijen ve organik bileşiklere dönüştürülür. Fotosentezle organik besinlerin oluşturan karbon, bütün canlılar tarafından enerji ve yapı hammaddesi olarak kullanılır. Solunum ile de CO₂ yapısında atmosfere geri verilir. Organik bileşiklerin yapısına katılan karbonun bir bölümü ya mineral olarak toprakta toplanır ya da ölü bitki ve hayvanların organik atıkları halinde toprağa katılır. Toprakta karbon ayrıştırıcılar (bakteri ve mantarlar) tarafından ayrıştırılır veya kömür, petrol gibi fosil yakıtların kullanımı ile tekrar CO₂ olarak atmosfere geri döner.

Atmosferdeki CO₂ miktarı sanayi öncesi döneme göre, son yüzyılda CO₂ miktarı yaklaşık 280 ppm'dir. 2014 yılında ise 397 ppm olarak ölçülmüştür. 1800'li yıllardaki değerlerine kıyasla yaklaşık %40 oranında arttığı ve son 10 yılda ortalama artışın 2 ppm olduğu görülmektedir. CO₂ miktarındaki artışın yanında, atmosferde CH₄ ve N₂O miktarında da önemli oranda artışlar olduğu belirlenmiştir (IEA, 2015). Dünya ülkelerinin çoğunluğunun katıldığı Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS), iklim değişikliği sorununa karşı küresel tepkinin temelini oluşturmak üzere 1992 yılında 194 ülke tarafından imzalanarak kabul

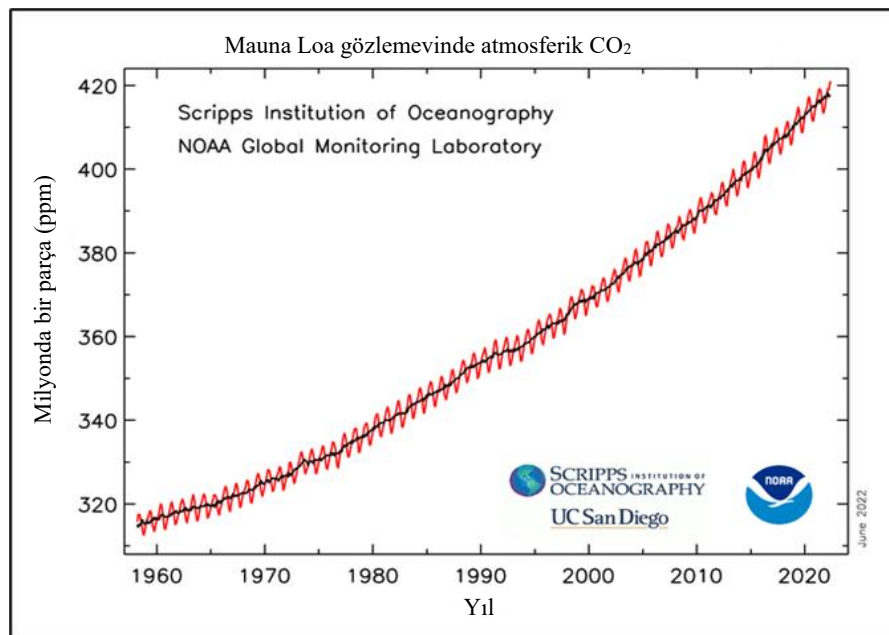
edilmiştir. Sözleşme 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Sözleşmenin amacı; insan kaynaklı atmosferdeki sera gazı birikimlerini, iklim üzerindeki tehlikeyi önlemek ya da durdurabilmektir. BMİDÇS bir çerçeve sözleşmesi olduğundan; iklim sisteminin endüstri ve diğer sektörler kaynaklı CO₂ ve diğer sera gazı salınımlarından etkilenebileceği ve bu gazların tüm ülkelerin ortak bir sorunu olduğu ortaya konulmuştur (Anonim, 2015).

Küresel iklim değişikliğinin dünyamız ve tüm yaşam formları için ciddi bir problem oluşturabilecek seviyelere ulaşmaya başladığı ve gerekli tedbirler alınmadığında gelecekte daha da tehlikeli bir boyuta ulaşabileceğini vurgulanmış ve bu antlaşmayla büyük bir farkındalık oluşması sağlanmıştır. Bu konuda varılan en önemli karar ise, atmosferdeki artan karbon miktarını azaltabilecek en önemli kaynağın ormanların olduğudur. Bu nedenle, ülkelerin sahip oldukları ormanlarının potansiyel karbon depolama kapasitelerinin belirlenmesi, karbon depolanmasına etki eden faktörlerin ortaya konulması, karbon döngüsünün ve son yıllarda vurgulanan karbon depolamada azot döngüsünün etkisinin belirlenmesinin önemi artmıştır. Bu nedenle, Dünyada bu konuda yapılacak çalışma sonuçlarına olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Ülkemizde bu konuda yapılan çalışmaların sayısı oldukça az olup, ülkemiz için genel ve doğru bir değerlendirme yapılabilmesi için, farklı ekosistemlerde yapılacak araştırmalara ve verilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Orman ekosistemlerde karbon stokunun önemli bir kısmı topraklarda depolanmaktadır (Dixon vd., 1994; Tolunay, 2011). Mineral toprakta bulunan karbonun yaklaşık %50'si toprağın ilk 30 cm'lik derinliğinde yer almaktadır (Makineci vd. 2015). Ülkemizde bu konuda yapılan çalışmalarda genellikle toprak üstü (Alptekin, 2013; Çepel, 2002; Durkaya ve Durkaya, 2008; Tüfekçioğlu ve Güner, 2008) ve toprak altı biyokütlerde (genellikle kök kısmı) depolanan karbon miktarları belirlenmiştir. (Çömez, 2010; Güner vd. 2010; Tüfekçioğlu ve Küçük, 2010;). Topraklardaki organik karbon miktarının ortaya konulmasında toprak hacim ağırlığının dikkate alınması gerekmektedir. Daha önceki çalışmalarda toplam organik karbon hesaplamasında bu konunun dikkate alınmadığı görülmektedir. Halbuki orman altı toprak özelliklerinin değişmesi, toprakta tutulan organik karbon ve toplam azot miktarlarının hesaplanmasını da etkilemektedir. Karasal vejetasyonlarda

toplanan 500 milyar ton civarındaki karbon yalnızca bitkilerde depolanmamakta olup, depolanan karbon miktarının büyük bir kısmı topraklarda depolanmaktadır. Bu miktar bir metre derinlikteki topraklar için yaklaşık olarak 2000 milyar ton olarak belirlenmiştir (Janzen, 2004). Toprakta depolanan organik karbon miktarının birçok faktöre bağlı olarak değiştiği bilimsel çalışmalarda görülmüştür.

Topraklarda organik karbon ve toplam azotun depolamasında etkili olan faktörlerden özellikle meşcere yaşı, arazi kullanım değişikliği, ölü örtü ayrışması ve toprak derinliğine bağlı olarak nasıl değişim gösterdiği ile ilgili ülkemizde çok az çalışma bulunmaktadır (Turfan vd. 2016). Bu nedenle ülkemiz orman topraklarında biriken karbon miktarının belirlenmesine yönelik bilgi eksiği bulunmaktadır (Tolunay ve Çömez, 2008). Meşeler ülkemizde cins bazında en fazla yayılış gösteren orman ağaçlarıdır ve ülke orman alanımızın %29,42'sini kaplamaktadır (OGM, 2020). Ülkemizde bitkisel kütlede ve toprakta depolanan karbon hesaplamaları söz konusu olduğunda meşeler göz ardı edilemeyecek bir alana sahiptir. Powell vd. (2006) ılıman geniş yapraklı ormanların kuzey yarım kürede önemli karbon yutakları arasında yer aldığından bahsetmiştir. Karasal ekosistemlerde bitki örtüsünde ve toprakta karbon depolanması, atmosferdeki önemli sera gazlarından birisi olan karbon dioksit (CO₂) birikimini azaltabilme kapasitesine sahip bir yapı olarak görülmektedir (Janzen, 2004).



Şekil 1.1 Atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu

Sanayi devrimi öncesi 280 ppm seviyelerinde olan atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu 2005 yılında 379 ppm seviyelerine ulaşmıştır (IPCC, 2007). Dünya Meteoroloji Örgütü bülteninde yer alan bilgilere göre de atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu 2013 yılında 396 ppm seviyelerine ulaşmıştır. Yer Sistemleri Araştırma Laboratuvarı verilerine göre 2015 yılında CO₂ 36 ppm iken, 2016 yılı CO₂ konsantrasyonu ise 403,94 konsantrasyonu ppm'e ulaşmıştır. 2021 yılı mayıs ayında 419,13 ppm seviyesine ulaşan atmosferik CO₂ konsantrasyonu seviyesi 2022 yılı mayıs ayına gelindiğinde 420,99 ppm seviyesine ulaşmıştır (Şekil 1.1) (NOAA, 2022).

Toprak besin maddesi ve karbon döngüsü için temel göstergeler olan organik karbon ve toplam azot stoklarının meşcere gelişme çağlarına göre nasıl değiştiğinin anlaşılması, sapsız meşe meşcerelerinde etkili yönetim stratejilerinin geliştirilmesinde ve mevcut yönetim stratejilerinin iyileştirilmesinde önemli bir yere sahiptir. Ancak, meşcere gelişme çağlarının toprak organik karbonu havuzları üzerindeki etkileri hala tam anlamıyla anlaşılammıştır. Bu çalışma ile sapsız meşe dört farklı meşcere gelişme çağında (*Quercus petrea* (Matt.) Liebl.) meşcerelerinde toprak organik karbonu ve toprak azot stoku havuzlarındaki farklılıkların incelenmesi amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1 Literatür Özeti

Dünyada ve ülkemizde orman topraklarında depolanan karbon (C) ve azot (N) üzerinde birçok akademik çalışma gerçekleştirilmiş ve halen de yeni çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışma kapsamında, birçok çalışma incelenmiş ve yakın geçmişte yürütülen bazı çalışmalardan bahsedilmiştir.

Sevgi vd. (2011) tarafından İstanbul Belgrad Ormanı'nda altı farklı orman ağacı altında [sapsız meşe (*Quercus petraea*), doğu ladin (*Picea orientalis*), karaçam (*Pinus nigra*), Uludağ göknarı (*Abies bormulleriana*), sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve Toros sediri (*Cedrus libani*)] ölü örtü ve 0-30 cm'lik mineral topraktaki karbon miktarını araştıran çalışmada, en düşük ölü örtü karbon miktarı 11 ton ha⁻¹ ile doğu ladininde, en yüksek ise 20 ton ha⁻¹ ile sarıçam altında tespit edilmiştir. Çalışmaya konu ağaç türleri arasında ölü örtü karbonu bakımında istatistiksel yönden anlamlı farklar olmadığı ifade edilmiştir. 0-30 cm derinlikteki mineral topraktaki karbon miktarı Toros sedirinde diğer ağaç türlerine göre önemli derecede yüksek bulunmuş ve en düşük mineral toprak karbonu ise sapsız meşe altında tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında altı ağaç türü altında toplam karbon (ölü örtü ve mineral toprak karbonu) 77 ile 126 ton ha⁻¹ arasında değişmektedir.

Panwar ve Gupta (2013) tarafından Himachal Pradesh'te farklı orman türleri altındaki topraklardaki organik karbon havuzunun tahmini için yürütülen çalışmada tüm orman alt grup türlerindeki toprak organik karbon (TOK) havuzu tahmin edilmiştir. Nemli Alp ovası 73,26 ton/ha toprak organik karbon ile maksimum havuz iken, bunu sırasıyla 55,20 ton/ha ile Himalaya nemli ılıman ormanları, 47,61 ton/ha ile Himalaya kuru ılıman ormanları, 45,67 ton/ha alt Alp ormanları ve 36,04 ton/ha ile tropikal kuru yaprak döken orman topraklarının takip ettiği tespit edilmiştir.

Sarıyıldız vd. (2015) Türkiye'nin kuzeybatısında yaygın dört farklı ağaç türü (karaçam, sarıçam, kayın ve göknar) üzerinden ağaç türü, meşcere yaşı, arazi kullanımı değişikliğinin toprak karbonu ve azot stoku üzerindeki etkisinin incelediği

bir çalışma gerçekleştirmiştir. Toprak örnekleri 0-20 cm'lik derinlikten alınan toprak örnekleri üzerinde pH, toprak tekstürü, hacim ağırlığı, toplam toprak karbonu ve toplam azot içeriği hesaplanmıştır. Ağaç türleri arasındaki karbon ve azot farklılıkları üç ağaç türü (karaçam, sarıçam ve kayın) arasında değerlendirilmiştir. Buna göre en yüksek ortalama karbon stoku 79 Mg C ha⁻¹ ile karaçam altında, bunu 73 Mg C ha⁻¹ ile sarıçam ve 67 Mg C ha⁻¹ ile kayın takip etmektedir. Bu ağaç türleri ortalama azot stoku bakımından kıyaslandığında, en yüksek azot stoku 9,57 Mg N ha⁻¹ ile kayın altında, 5,77 Mg N ha⁻¹ ile sarıçam ve 4,20 Mg N ha⁻¹ ile karaçam altında tespit edilmiştir.

Makineci vd. (2015) Türkiye'nin kuzeybatısında sürgün kökenli meşe meşcerelerinde yürüttükleri çalışmalar neticesinde 100 cm derinlikteki topraklarda depolanan karbon miktarı a, b ve c çağlarında sırasıyla 84, 123 ve 103 ton ha⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Buna göre, topraktaki karbon içeriği organik karbon tabakalarında önemli derecede fark gösterdiği bulunmuştur.

Savacı ve Sarıyıldız (2020) Kastamonu ilinde yaygın olarak yayılış gösteren Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Steven) Spach) ormanlarında meşcere yaşının ölü örtü miktarı, toprak organik karbon ve toplam azot stokları üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmada, farklı meşcere yaşlarında ölü örtü, toprak organik karbonu ve toplam azot stokları arasında önemli farklılıklar olduğu sonucuna ulaşılmış ve meşcere yaşının önemi vurgulanmıştır.

Sağdıç (2020) Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanı'nda üst toprak karbon içeriğinin haritalanması amacıyla yaptığı çalışmada, 0-30 cm derinlikte depolanan en yüksek karbon miktarı 163,93 ton ha⁻¹ ile sarıçam ve karaçam karışık meşcerelerinde saptanmıştır. En düşük karbon miktarı ise 90,91 ton ha⁻¹ ile boşluklu kapalı karaçam meşcerelerinde bulunmuştur. Çalışma kapsamında 90 adet toprak profili açılmış ve elde edilen değerlere göre ortalama 36,43 ton ha⁻¹ karbon hesaplanmıştır.

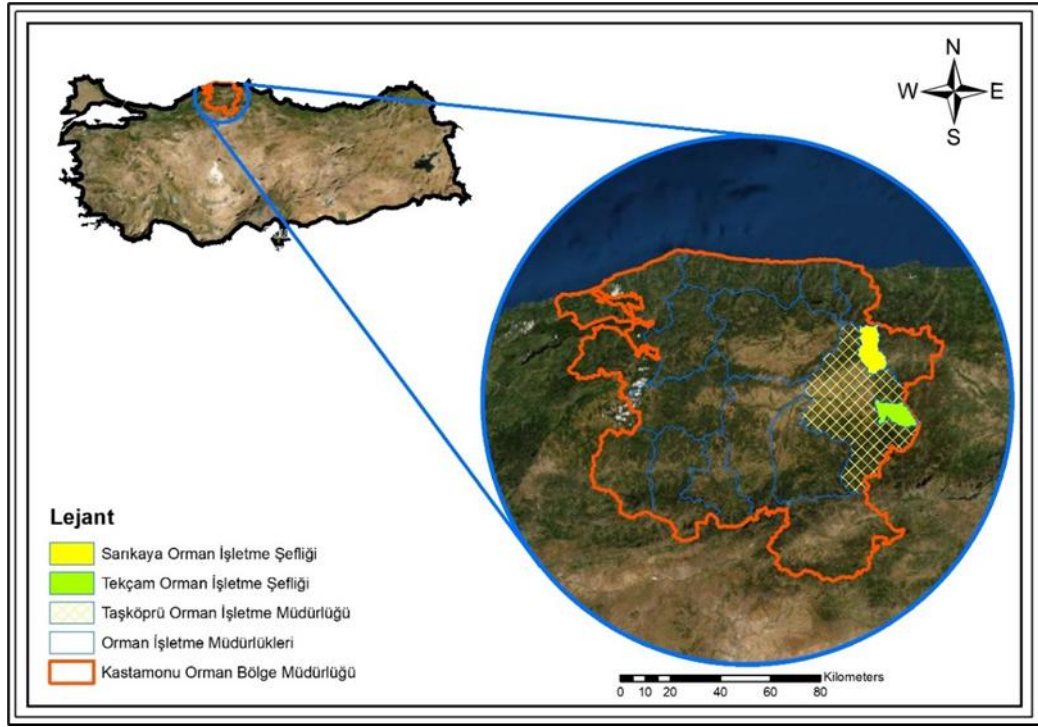
2.2 Çalışma Amaç ve Kapsamı

Bu çalışmanın temel amacı, sapsız meşenin (*Quercus petraea*) toprak yüzeyi ölü örtü ve toprak organik karbon (TOK) ve toplam azot (TA) stokları üzerinde meşcere gelişme çağlarının etkisini ortaya koymaktır. Çalışma, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü'nün Tekçam ve Sarıkaya Orman İşletme Şeflik sınırları içinde yayılış gösteren sapsız meşenin dört farklı gelişme çağındaki (a, b, c ve d) meşcerelerinde gerçekleştirilmiştir. Toprak örnekleme, her bir gelişme çağı için 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm ve 25-30 cm derinlik kademelerinden yapılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Çalışma Alanının Genel Tanıtımı

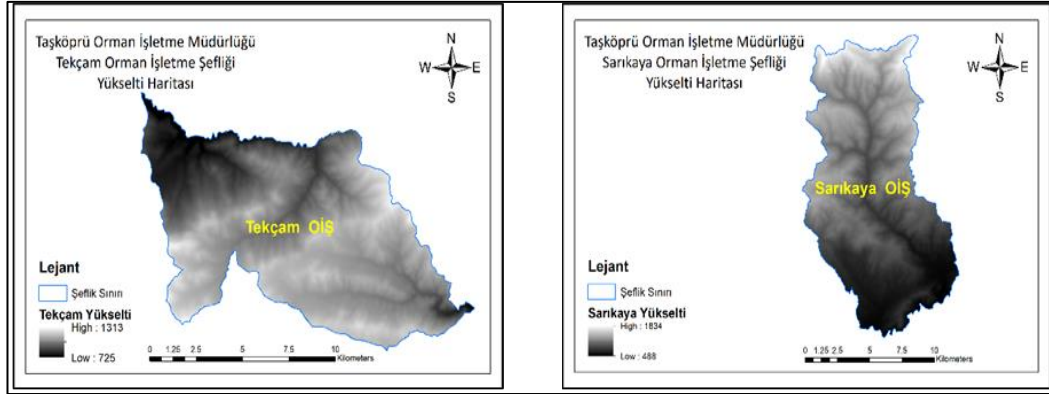
Çalışma Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü'nün, Tekçam ve Sarıkaya Orman İşletme Şeflik sınırları içinde yayılış gösteren faklı gelişme çağlarındaki saf sapsız meşe alanlarında gerçekleştirilmiştir (41°22'09" ile 41°28'54" K, 34°16'35" ile 34°29'23" D) (Şekil 3.1) (OGM, 2009a; OGM, 2009b).



Şekil 3.1 Çalışma alanı konum haritası

Karadeniz Bölgesinin iç batı kısmında yer alan Kastamonu 1/25.000 ölçekli paftalara göre F32-b1, F32-b2 ve F32-b3 paftaları içerisinde kalmaktadır.

Çalışma alanlarından Tekçam Orman İşletme Şefliği'nde en düşük rakım 725 m ve en yüksek rakım 1313 m iken, Sarıkaya Orman İşletme Şefliği'nde rakımlar 488 m ile 1834 m arasında değişmektedir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Çalışma alanı yüksek haritası

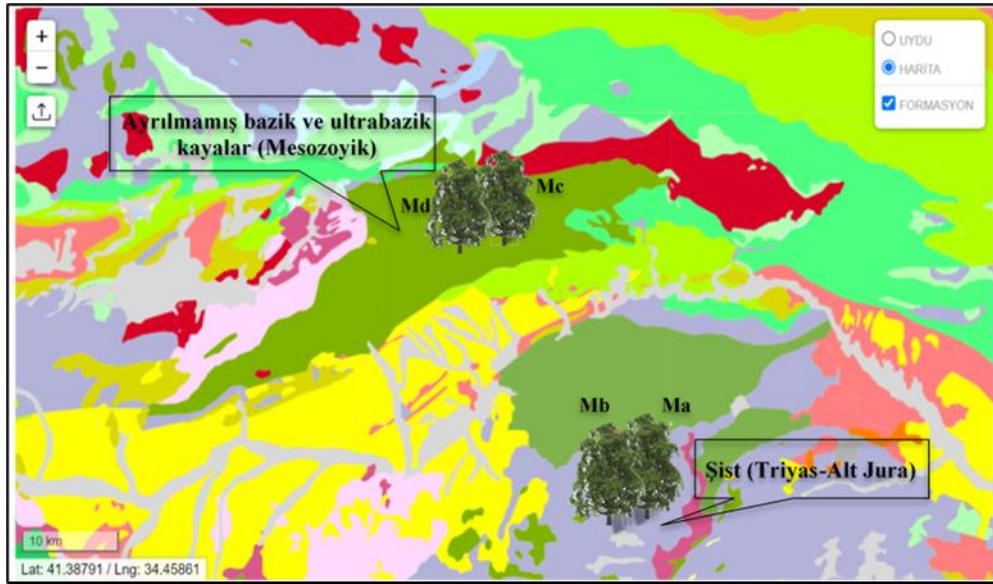
Çalışma alanları coğrafi bakımdan Batı Karadeniz Bölgesinde kalmakta olup, bu bölge yazları serin ve yağışlıdır. Yüksek dağlar ve iç kesimler de ise kışlar oldukça sert ve kar yağışlı olur. Vegetasyon süresi Nisan-Ekim ayları sürecindedir (Sıcaklığın 10°C'den yüksek olduğu aylar). En yakın meteoroloji istasyonu Kastamonu'da olup bugüne kadar ki ölçüm değerlerini içeren tablolardan faydalanılmıştır (Tablo 3.1). Çalışma alanlarına bu istasyonun meteorolojik değerleri genel iklim özelliklerine ışık tutmaktadır (OGM, 2009a; OGM, 2009b).

Çalışma alanının için elde edilen 11 yıllık (2011-2021) rasat süreli meteorolojik verilere göre aylık ortalama sıcaklıklar en yüksek Temmuz-Ağustos aylarında 20 °C'nin üzerinde seyretmekte iken, aylık maksimum sıcaklıklar Temmuz-Ağustos-Eylül aylarında 38 °C üzerinde en yüksek seviyede seyretmektedir (Tablo 3.1). Aylık maksimum ve toplam yağışlar değerlendirildiğinde, Mayıs-Haziran ayları diğer aylara göre aylık toplam yağış ortalamaları yönünden yüksek iken, aylık maksimum yağış miktarında ise Mayıs-Haziran aylarının yanı sıra Eylül ayda öne çıkmaktadır (Tablo 3.1).

Tablo 3.1 Çalışma alanına ait meteorolojik veriler

Parametreler	Rasat Süresi (YIL)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	YILLIK
Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)	11	0	2,4	5,3	9,8	14,5	17,8	20,7	20,4	16,6	11,4	5,3	1	10,4
Aylık Maksimum Sıcaklık (°C)	11	19,2	21,1	24,4	29,3	33,9	34,6	39,8	38,3	39,3	31,4	23,4	17	39,8
Aylık Minimum Sıcaklık (°C)	11	-17	-20,2	-10,1	-4,4	-1,2	4,2	7,5	4,8	0,7	-2,5	-10,2	-14,1	-20,2
Aylık Toplam Yağış Ortalaması	11	32,4	25,6	45	46,8	97,5	103,5	36,2	50,4	40,3	32,2	21,4	34,1	565,4
Aylık Maksimum Yağış	11	26	18,4	23,1	21,6	43,4	54,1	29	53	43,6	49	29	36,8	54,1
Aylık Yağışlı Gün Sayısı Ortalaması	11	12,09	9,91	12,73	12,45	15,36	14,27	6,73	6,73	7,36	8,55	7,36	11,09	124,63
Aylık Kar Yağışlı Günler Sayısı Ortalaması	11	9	5,55	4,73	1,36							0,55	5,18	26,37
Aylık Yağışlı Günler Sayısı Ortalaması	11	13,45	11,64	13,82	13,09	16,36	14,18	7,27	7,27	8	9,55	7,27	11,55	133,45
Aylık Yağmurlu Günler Sayısı Ortalaması	11	6	6,91	10,18	12,36	16,36	14,18	7,27	7,27	8	9,55	7,09	7,73	112,9
Aylık Dolulu Günler Sayısı Ortalaması	11	0,18		0,27	0,55	1,45	1,27	0,36	0,18	0,45	0,27			4,98
Aylık Sisli Günler Sayısı Ortalaması	11	3,18	0,27	0,09	0,09						0,09	1	3,36	8,08
Aylık Hâkim Rüzgâr Yönü ve Yüzdesi (%)	11	SSW 21,93	SSW 27,3	SSW 23,36	SSW 22,24	SSW 18,98	SSW 18,79	SSW 18,73	SSW 20,84	SSW 23,99	SSW 24,51	SSW 30,86	SSW 22,83	SSW 30,86
Aylık Ortalama 10 cm, Toprak Sıcaklığı (°C)	11	0,9	2,7	6,5	12	17,4	20,7	24,3	24,4	19,8	13,2	6,3	1,9	12,5
Aylık Ortalama 20 cm, Toprak Sıcaklığı (°C)	11	1,3	3	6,6	11,8	17,2	20,5	23,9	24,3	20,1	13,8	7	2,5	12,7
Aylık Ortalama 50 cm, Toprak Sıcaklığı (°C)	11	2,3	3,3	6,3	10,7	15,8	19	22,1	23,1	20	14,7	8,6	4	12,5

Çalışma alanlarına ait 1/250000 ölçekli Maden Tetkik Arama (MTA) tarafından hazırlanmış jeoloji haritaları incelendiğinde; Tekçam'daki çalışma alanında sapsız meşe meşcerelerinin yetişme ortamına ait anakayanın genellikle iki farklı kayaç türünden oluştuğu görülmektedir (Şekil 3.3). Yaşlı sapsız meşe ağaçlarından oluşan meşcerelerin topraklarının daha çok tortul kayaçlardan gelişmiş, metamorfik kayaç şistlerden (kıltaşı) oluşmaktadır. Tekçam çalışma alanında sapsız meşe meşcerelerinin anakayasası Triyas-Alt Jura dönemine ait şistlerden, çevresindeki mera alanlarının ise Eosen dönemine ait Neritik kireçtaşlarından oluştuğu görülmektedir (Akbaş vd.2015).



Şekil 3.3 Çalışma alanının jeolojik haritası

Çalışma alanlarının toprakları; Uluslararası Büyük Toprak Grupları haritasına göre, Taşköprü çalışma alanının toprakları genellikle asit ana materyaller üzerinde gelişmiş arjilik (killi) B horizonuna sahip ve baz doygunluğu %50'den az özellikler taşımaktadır (Atalay, 2006). Bunun yanı sıra çalışma alanının toprakları, World Reference Base For Soil Resources (IUSS, WGRB) 2014 raporlarına göre 8 toprak sınıflandırmasından biri olan akrisol toprakları sınıfına dahil olup, genellikle kil bakımından zengin olan alt topraklardır (FAO, 1998).

Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün (KHGM) 1/25.000 ölçekli toprak haritasına göre; çalışma alanlarının toprakları kahverengi orman toprağı özelliği taşımaktadır (KHGM). Bu tür toprakların özellikleri; balçıklı veya ince bünyeli,

yüksek baz doygunluğuna sahip (baz doygunluğu %50'den fazla) ve yüksek biyolojik aktiviteli topraklardır.

3.2 Arazide Yapılan alışmalar

- 1) Deneme alanlarının alınması
- 2) Meşcere özelliklerinin belirlenmesi
- 3) Toprak yüzeyi ölü örtü örneklerinin alınması
- 4) Toprak örneklerinin alınması

3.2.1 Deneme Alanlarının Alınması

Taşköprü'deki çalışma yapılacak yerlerin seçiminde Tekam İşletme şefliğine gidilerek, meşcere haritalarında arazi dönüşümlerinin gerçekleştiği yerler tespit edilmiş ve bu alanlarda farklı yaşta ve saf meşcere özelliği taşıyan sapsız meşe türü altında bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın temel amacına uygun olarak Tekam alışma alanında farklı çap gruplarına sahip Ma (0-7,9 cm), Mb (8-19,9 cm), Mc (20-35,9 cm) ve Md (36-51,9 cm çap aralıklarında) sapsız meşe meşcerelerinden örnekler seçilmiştir.

Çalışma alanında farklı gelişme çağlarından birer deneme alanı alınmıştır. Böylece toplam deneme alanı sayısı dört olmuştur. Bu deneme alanlarının içinden üç tekrarlı örnek alanlar alınmıştır. Toplam 12 adet alandan toprak örneği alınmıştır. Toprak analizleri için çalışma alanından alınacak olan yerlerin koordinatlarının ve yükseltilerinin belirlemede el tipi GPS kullanılmıştır.

Örnek alanlar yol, patika, insan etkisinden uzak, ekolojik olarak homojen, benzer arazi özelliği taşıyan, benzer sıklık ve kapalılık durumlarında bulunan alanlardan seçilmiştir. 20 x 20 m (400 m²) büyüklüğünde oluşturulan örnek alanların koordinatları ile topoğrafik özellikleri (eğim, bakı ve yükselti) kaydedilmiştir. Sapsız meşe meşcerelerinde alınan her bir deneme alanında toprak ve ölü örtü örnekleme gerçekleştirilmiş ve deneme alanındaki ağaçların meşcere özellikleri tespit edilmiştir.

3.2.2 Meşcere Özelliklerinin Belirlenmesi

Farklı gelişme çağındaki sapsız meşe meşcerelerinden 400 m²'lik (20 x 20 m) toplamda 12 adet deneme alanı alınmıştır (Şekil 3.4). Her deneme alanı içerisinde tesadüfi olarak üç tekerrürlü örnekleme yapılmış böylece 36 adet deneme alanından örnekleme yapılmıştır. Deneme alanı içine giren ağaçların çapları ölçülmüş ve kaydedilmiştir.



Şekil 3.4 20 x 20 m'lik deneme alanlarının belirlenmesi ve çap ölçümü

3.2.3 Toprak Yüzeyi Ölü Örneklerinin Alınması ve Miktarlarının Belirlenmesi

Her bir örnek alanında 50 x 50 cm (0,25 m²) büyüklüğünde 3 adet rastgele seçilen yerlerde, mineral toprak üzerindeki ölü örtü ibre+çürüntü ve humus (L+F+H) tamamen toplanmış ve laboratuvara getirilmiştir. Araziden alınan ölü örtü yaprak+çürüntü ve humus örnekleri laboratuvara getirilerek etüvlerde 60°C sıcaklıkta sabit ağırlığa ulaşınca kadar kurutulmuştur. Örneklerin yaş ve kuru ağırlıkları arasındaki farktan elde edilen nem değerleri kullanılarak toprak yüzeyi ölü örtü bileşenlerinin kuru ağırlıkları belirlenmiş ve hektara çevirme katsayısı (25) ile çarpılarak ton ha⁻¹ olarak miktarlar hesaplanmıştır (Makineci, 1999; Sevgi vd. 2011).

Ölü örtü miktarını bulunulan mevki, iklim özellikleri, yükselti, ağacın türü, yaşı, meşcerenin kapalılık derecesi, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri, sıklığı toprakta yaşayan organizmaları etkilemektedir (Savacı vd. 2017). Çalışma alanlarına ait ölü örtü miktarlarının belirlenmesi için deneme alanlarında 50 x 50 cm²'lik 12 adet olmak üzere ölü örtü örnekleri alınmış ve incelenmiştir (Şekil 3.5). Laboratuvar ortamında hava kurusu sonrasında da fırında kurutularak ağırlık ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 3.5 Toprak yüzeyi ölü örtü örneklerinin alınması

3.2.4 Toprak Örneklerinin Alınması

Bu çalışmada sapsız meşe (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) türleri altındaki topraklarda karbon ve azot miktarı ile stoklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Kastamonu ili şehir merkezine yaklaşık 43 km uzaklıkta bulunan Taşköprü ilçesinde 4 farklı gelişme çağı ("a" gençlik ve sıklık çağı, "b" sırkılık ve direklik çağı, "c" ince ağaçlık çağı ve "d" orta ağaçlık çağı) bakımından farklılık gösteren meşcerelerde 20 x 20 m (400 m²) olmak üzere toplam 4 deneme alanında toprak örnekleme yapılmıştır. Toprak örnekleme, deneme alanlarında 6 farklı toprak derinlik kademesinden (0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm ve 25-30 cm) olmak üzere çelik silindirler yardımıyla toplam 72 adet doğal yapısı bozulmamış

toprak örneği alınmıştır (Şekil 3.6). Toprak örneklerinin alınması sırasında toprağın sıkışmamasına ve çakılan silindirlerin çıkartılması esnasında toprak strüktürünün bozulmamasına özen gösterilmiştir (Armolaitis vd. 2013; Brown ve Lugo, 1990; Savacı vd. 2017). Derinlik kademelerine çakılan çelik silindirler içerisindeki toprak silindirin kenarlarındaki ve tabanındaki fazlalıklar bıçak yardımıyla temizlenerek polietilen torbalara aktarılmıştır (Sevim, 1956).



Şekil 3.6 Toprak silindiri yardımıyla toprak örneklerinin alınması

3.3 Laboratuvarında Yapılan Çalışmalar

3.3.1 Toprak Örneklerinin Analizi

Araziden alınıp laboratuvara getirilen ölü örtü ve toprak örneklerinin önce yaş ağırlıkları tespit edilmiştir. Daha sonra ölü örtü örnekleri etüvlerde kurutulmuş, yaş ve kuru ağırlıkları arasındaki farklar hesaplanmıştır (Şekil 3.8). Toprak örnekleri kaplara alınarak hava kurusu haline gelene kadar bekletilmiş (Şekil 3.7) ve hava kurusu ağırlık ölçümleri yapılmıştır (Şekil 3.9). Sonrasında toprak örnekleri 105°C sıcaklıkta etüvlerde 24 saat kurutulup (Şekil 2.8) kuru ağırlıkları ölçülmüş (Şekil 3.9) ve hacim ağırlığı hesaplamaları yapılmıştır (Brown ve Lugo, 1990). Toprakların fırın

kurusu ağırlıklarının (gr) çelik silindirlerin hacmine (cm^3) oranı ile toprakların hacim ağırlıkları (gr/cm^3) tespit edilmiştir (Gülçur, 1974; Blake ve Hartge, 1986). Daha sonra toprak örnekleri taş havanlarda öğütülmüş (Şekil 3.10) ve içerisinde bulunan taş vb. maddelerden ayrıştırılarak tekrar tartılmıştır. Kalan örnekler isimli numune poşetlerine konularak kimyasal analiz yapılmak üzere ayrılmıştır.



Şekil 3.7 Toprak örneklerinin laboratuvarında hava kurusu hale getirilmesi



Şekil 3.8 Toprak örneklerinin etüv yardımıyla kurutulması



Şekil 3.9 Toprak örneklerinin yaş ve kuru ağırlıklarının belirlenmesi



Şekil 3.10 Toprak örneklerinin porselen havanlarda öğütülmesi

Yaş ve kuru ağırlık ölçümü işlemlerini takiben numunelerde pH ölçümleri, elektriksel iletkenlik ölçümleri ve toprak tekstürü belirlenmesi işlemleri yapılmıştır (Şekil 3.11; Şekil 3.12; Şekil 3.13). Toprak örneklerinin pH'sı hazırlanan çözeltilerde (1:2,5 oranında saf su) cam elektrotlu pH metre yardımıyla (Şekil 3.11), elektriksel iletkenlik (EC) ölçümü ise iletkenlik ölçer (Şekil 3.12) ile tespit edilmiştir (Gülçur, 1974).



Şekil 3.11 Toprak örneklerinden elde edilen çözeltilerde pH ölçümü



Şekil 3.12 Toprak örneklerinden elde edilen çözeltilerde elektriksel iletkenlik ölçümü

Toprak tekstür tayininde Bouyoucos'un hidrometre yöntemine başvurulmuştur. Toprak analizleri aşamasına geçildiğinde hava kuru toprak örnekleri (2 mm'lik elekten geçirilmiş örnekler) kullanılmıştır. Tüm bu işlemler için 100 gr'lık toprak örnekleri alınmıştır (Bouyoucos, 1936). Analizler aşamasında 400 ml' lik beher kaplara toprak numuneleri alınmış ve üzerine 200 ml saf su ve 10 ml %5'lik kalgon çözeltisi eklenmiştir. Bunlar tamamen karıştırılarak, dispersleşmesi için 24 saat

bekletilmiştir. 24 saat sonra miksere (süspansiyon karıştırıcı) aktararak 5 dakika boyunca karıştırılmış ve bunu takiben içerisine saf su konulan bir piset aracılığıyla hidrometre silindrine aktarılan süspansiyona 1000 ml'yi tamamlayacak şekilde saf su ilave edilmiştir (Şekil 2.13). Çözelti üzerinde ilk okuma 4 dakika 48 saniye (4'48") de ve ikinci okuma ise 120 dakika (120') sonra gerçekleştirilmiştir (Özyuvacı, 1971). Okunan değerler (hidrometre değerleri) üzerinde gerekli sıcaklık düzeltmeleri yapılmış, kil+toz ilk okumada, kil ikinci okumada ve bu iki grup aracılığıyla kum ve toz fraksiyonlarının miktarı tespit edilmiştir (Balcı, 1996).



Şekil 3.13 Toprak tekstürünün belirlenmesi

Toprak organik madde miktarının tayini yakma fırınında gerçekleştirilmiştir. Miktar tayini 2 mm'lik elekten geçirilen 10 gr'lık hava kuru toprak örneği üzerinde yakma fırınında toprağın yakılmasıyla yapılmıştır. Öncelikle krozere yerleştirilen toprak numuneleri 105°C sıcaklıkta 24 saat süreyle kurularak mutlak kuru ağırlıkları tespit edilmiştir. Bunu takiben mutlak kuru toprak örnekleri yakma fırınına aktarılmış ve 2 saat boyunca yakılarak içerdiği organik maddeler ile kolloidlerin bertaraf edilmesi sağlanmıştır. Toprak örnekleri yakma süresince tam bir yanma gerçekleşmesi amacıyla birkaç kez karıştırılmıştır. Yakma işlemi sonunda toprak örneklerinin tartılması ile mutlak kuru toprak ve yanan toprak ağırlıkları arasındaki farktan ateşte kayıp miktarı ağırlık yüzdesi olarak hesaplanmıştır (Gülçur, 1974).

Eleme işlemi esnasında elek üzerinde kalan taş ve çakıl miktarlarının bulunduğu toprağın iskelet içeriği hacim olarak belirlenmiştir (Güner vd. 2011). C ve N konsantrasyonları Kastamonu Üniversitesi Merkez Laboratuvarında kuru yakma yöntemine göre CNH-S elemental analizi (Eurovector EA 3000 V.3.0 single) yardımıyla ölçülmüştür. TOK ve TA stokları, hacim ağırlığı, toprak hacmi, TOK veya TA stokunun çarpılmasıyla ton ha⁻¹ olarak ifade edilmiştir (Lee vd. 2009). Toprak kütlesi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (Denklem 3.1):

$$K_i = H A_i \times T_i \times 104 \quad (3.1)$$

Denklemde K kuru toprak kütlesini (ton ha⁻¹), BD hacim ağırlığını (Mg m⁻³), T ilgili toprak katmanı (m) kalınlığı ve 104 birim dönüştürme faktörünü (m² ha⁻¹) ifade etmektedir. Alanın TOK veya TA stokunun sabit derinlik tespiti aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Denklem 3.2):

$$TOK_i - \text{sabit veya } T A_i - \text{sabit} = ([TOK_i] \text{ veya } [T A_i]) \times M_i \quad (3.2)$$

TOK_i-sabit sabit bir derinliğe kadar olan C (veya N için T A_i-fixed) kütlesidir (ton C ha⁻¹ veya ton N ha⁻¹) ve TOK_i veya T A_i C veya N içeriğidir (ton C ha⁻¹ veya ton N ha⁻¹) (Sarıyıldız vd. 2015).

3.3.2 Toprak Yüzeyi Ölü Örtü Örneklerinin Analizi

Her bir örnek alanda 50 x 50 cm (0,25 m²) büyüklüğünde 3 adet rastgele seçilen yerlerde, mineral toprak üzerindeki ölü örtü ibre+çürüntü ve humus (L+F+H) tamamen toplanmış ve laboratuvara getirilmiştir. Araziden alınan ölü örtü yaprak+çürüntü ve humus örnekleri laboratuvara getirilerek yaş ağırlıkları ölçülmüştür (Şekil 2.14). Daha sonra etüvlerde 60°C sıcaklıkta sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuştur (Şekil 2.15). Örneklerin yaş ve kuru ağırlıkları arasındaki farktan elde edilen nem değerleri kullanılarak toprak yüzeyi ölü örtü bileşenlerinin kuru ağırlıkları belirlenmiş ve hektara çevirme katsayısı (25) ile çarpılarak ton ha⁻¹ olarak hesaplanmıştır. (Makineci, 1999; Sevgi vd. 2011).



Şekil 3.14 Ölü örtü örneklerinin yaş ağırlıklarının tespiti



Şekil 3.15 Ölü örtü örneklerinin etüv yardımıyla kurutulması

3.4 İstatistiksel Analizler

Çalışma kapsamında alınan örneklerin laboratuvarında ölçüm ve analizlerinin tamamlanmasıyla elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Farklı gelişme çağına sahip sapsız meşe meşçerelerinin altında, toprak organik karbon (TOK) ve toplam azot (TA) miktarı ile stokunun gelişme çağına göre farklılık

gösterip göstermediği varyans (ANOVA) analizi yöntemi ile ve ortalamaların karşılaştırılması ise Duncan testi ile elde edilmiştir (Dikici vd. 2017).

4. BULGULAR

4.1 Mescere Özellikleri

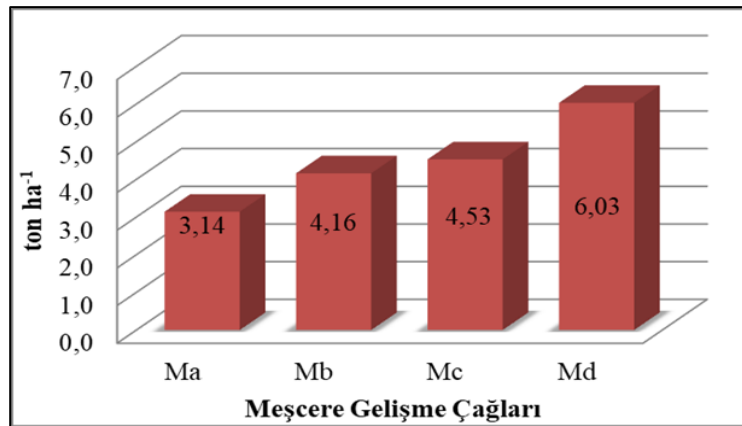
Çalışılan sapsız meşe deneme alanlarının meşcere gelişme çağılarına göre; ortalama göğüs yüzeyi çapları gençlik ve sıklık (Ma) çağındaki alanlarda 7,14 cm, sıklık ve direklik (Mb) çağındaki alanlarda 8,63 cm, ince ağaçlık (Mc) çağındaki alanlarda 25,4 cm ve orta ağaçlık (Md) çağındaki alanlarda 26,2 cm olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.1). Toprak yüzeyi humus formu mull tipi olup, kapalılık ise orta ve sık kapalı olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.1 Çalışılan alanlardaki sapsız meşe meşcerelerinin özellikleri

Meşcere Gelişme Çağları	Ortalama göğüs yüzeyi çapı (cm)	Min.-Maks. göğüs yüzeyi çapı (cm)	Kapalılık (%)	Humus formu
Ma	7,14	4-12	71-100	Mull
Mb	8,63	6-12	71-100	Mull
Mc	25,35	10-46	71-100	Mull
Md	36,17	10-52	41-70	Mull

4.2 Ölü Örtü Miktarı

Çalışılan deneme alanlarının toprak yüzeyi ölü örtü miktarı en düşük Ma alanlarında (3,14 ton ha⁻¹ belirlenirken, meşcere gelişme çağılarına göre toprak yüzeyi ölü örtü miktarının artış gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.1). En yüksek ölü örtü miktarı 6,03 ton ha⁻¹ ile Md alanlarında bulunmuştur.



Şekil 4.1 Farklı gelişme çağılarına göre toprak yüzeyi ölü örtü miktarındaki değişim

4.3 Toprak Özellikleri

Çalışma kapsamında Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü Sarıkaya ve Tekçam Orman İşletme Şefliklerindeki dört farklı gelişme çağındaki sapsız meşe meşcerelerinden derinlik kademelerine göre alınan toprak örneklerinin analiz edilmesiyle elde edilen toprak özelliklerine ilişkin bilgiler Tablo 4.2’de detaylı şekilde verilmiştir

Tablo 4.2 Çalışılan alanda üst (0-10 cm, 10-20 cm ve 20-30 cm) topraklarının bazı özellikleri

Meşcere Gelişme Çağları	Derinlik Kademe (cm)	Organik madde (%)	pH	Elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Hacim ağırlığı (gcm^{-3})	Maksimum Su Tutma Kapasitesi (%)	İskelet Miktarı (%)
Ma	0-10	4,8e \pm 1,4	6,9d \pm 0,2	105,5bc \pm 18,6	0,79abc \pm 0,1	12,3c \pm 4,9	37,9a \pm 6,7
	10-20	4,5de \pm 2,6	6,1b \pm 0,3	19,5a \pm 11,3	0,90c \pm 0,2	7,7ab \pm 2,9	41,5ab \pm 10,1
	20-30	3,1cd \pm 2,3	6,6cd \pm 0,1	107,8bc \pm 6,7	0,89c \pm 0,2	6,5a \pm 0,9	41,5ab \pm 11,1
	Ort	4,1cd \pm 2,1	6,5cd \pm 0,2	77,6bc \pm 12,2	0,86c \pm 0,17	8,8a \pm 2,9	40,3ab \pm 9,3
Mb	0-10	2,6bc \pm 1,2	6,4bc \pm 0,2	109,9bc \pm 30	0,79abc \pm 0,1	9,7b \pm 3,6	50,5bc \pm 6,8
	10-20	0,85a \pm 0,2	6,2b \pm 0,1	82,8b \pm 17,9	0,89c \pm 0,1	6,05a \pm 0,9	58,3c \pm 8,2
	20-30	1,1ab \pm 0,3	6,2b \pm 0,1	68,3b \pm 22,8	0,85bc \pm 0,2	5,5a \pm 0,7	61,3c \pm 7,9
	Ort	1,5ab \pm 0,5	6,3b \pm 0,13	87,0b \pm 23,6	0,84bc \pm 0,13	7,1a \pm 1,7	56,7c \pm 7,6
Mc	0-10	4,9e \pm 0,2	5,6a \pm 0,5	200,7e \pm 73,8	0,65a \pm 0,1	7,6ab \pm 1,4	53,3c \pm 6,7
	10-20	3,7cde \pm 0,7	6,7cd \pm 0,3	161,2de \pm 56,7	0,85bc \pm 0,06	5,05a \pm 0,6	39,3ab \pm 7,3
	20-30	2,6bc \pm 0,7	6,4bc \pm 0,1	104,6bc \pm 47,9	0,87bc \pm 0,2	5,2a \pm 1,4	41,3ab \pm 5,9
	Ort.	3,7bc \pm 0,5	6,2bc \pm 0,3	155,5bc \pm 59,5	0,79bc \pm 0,12	5,95a \pm 1,1	44,6ab \pm 6,6
Md	0-10	10,7g \pm 1,6	8,5f \pm 0,3	295,5f \pm 26,8	0,69ab \pm 0,1	6,9a \pm 1,8	31,3a \pm 15,1
	10-20	7,5f \pm 1,2	8,5f \pm 0,5	140,4cd \pm 6,02	0,83abc \pm 0,2	6,2a \pm 0,9	31,6a \pm 9,5
	20-30	6,8f \pm 0,7	7,5e \pm 0,3	146,2cd \pm 34,1	0,79abc \pm 0,11	5,5a \pm 1,8	32,8a \pm 10,5
	Ort.	8,3f \pm 1,2	8,2e \pm 0,37	194,0cd \pm 22,3	0,77abc \pm 0,14	6,2a \pm 1,5	31,9a \pm 11,7

Ma, Mb, Mc ve Md meşcereleri organik madde yüzdesi bakımından incelendiğinde Ma, Mc ve Md meşcerelerinde toprak yüzeyinden derinlik kademeleri boyunca organik madde yüzdesinin azaldığı, sadece Mb de 10-20 cm aralığındaki organik madde yüzdesinin 20-30 cm derinlikten düşük olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.2).

Meşçerere gelişme çağıları itibariyle ve derinlik kademeleri düzeyinde elde edilen veriler ışığında, Md meşçeresi 0-10 ve 10-20 cm derinlik kademelerinde 8,5 pH değeri ile en yüksek pH değerine sahip iken, Mc meşçeresi 0-10 cm derinlik kademesinde 5,6 pH değeri ile en düşük pH değerine sahip meşçere olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.2).

Ma, Mb, Mc ve Md meşçereleri altındaki toprakların elektriksel iletkenlik değerleri gelişme çağıları itibariyle değerlendirildiğinde gelişme çağıları ilerledikçe elektriksel iletkenlik artmaktadır. En yüksek elektriksel iletkenlik $295,5 \mu\text{S cm}^{-1}$ değeri ile Md meşçeresinde 0-10 cm derinlik kademesinde bulunmaktadır (Tablo 4.2).

Toprak hacim ağırlığı için Ma, Mb, Mc ve Md meşçereleri altındaki topraklardan alınan örnekler değerlendirildiğinde, sapsız meşe meşçerelerinde meşçere gelişme çağıları arttıkça toprak hacim ağırlığı ortalaması düşmektedir (Tablo 4.2). Derinlik kademeleri yönünden kıyaslandığında ise, Ma, Mb ve Md2 meşçerelerinde en yüksek hacim ağırlığı 10-20 cm derinlik kademesinde iken, Mc meşçeresinde bunlardan farklı olarak en yüksek hacim ağırlığı değeri 20-30 cm derinlik kademesinde belirlenmiştir (Tablo 4.2.).

Maksimum su tutma kapasitesine göre en yüksek su tutma kapasitesi %12,3 değeri ile Ma meşçeresinin 0-10 cm derinlik kademesinde ve en düşük su tutma kapasitesi ise %5,05 değeri ile Mc meşçeresinin 10-20 cm derinlik kademesinde tespit edilmiştir (Tablo 4.2). Meşçere gelişme çağıları itibariyle çağ ilerledikçe su tutma kapasitesi düşmekte ve yine toprak derinlik kademelerine göre de bir azalış göstermektedir (Tablo 4.2).

Ma, Mb, Mc ve Md meşçereleri altındaki toprakların iskelet miktarları incelendiğinde, en yüksek iskelet yüzdesine sahip meşçere Mb ve en düşük iskelet yüzdesi değeri de Md meşçeresinde tespit edilmiştir (Tablo 4.2).

Farklı meşcere gelişme çağlarına göre toprak tekstürüne ilişkin bulgular değerlendirildiğinde tüm hâkim toprak türünün kumlu balçık olduğu görülmektedir. Kum miktarları incelendiğinde Mc meşceresinin, toz miktarı incelendiğinde Mb3 meşceresinin ve kil miktarı incelendiğinde Ma meşceresinin diğer meşcere tiplerine göre daha düşük yüzdeye sahip olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3 Çalışma alanlarına ait 0-30 cm toprak derinliğindeki toprak türleri

Ağaç Türü	Meşcere Gelişme Çağları	Tekrar	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Toprak Türü
Sapsız meşe	Ma	1	72,9	14,8	12,3	Kumlu balçık
		2	76,0	21,4	2,6	Kumlu balçık
		3	74,8	17,9	7,3	Kumlu balçık
		Ort.	74,57	18,03	7,40	
	Mb	1	72,2	17,5	10,3	Kumlu balçık
		2	78,0	14,8	7,2	Kumlu balçık
		3	78,0	15,8	6,2	Kumlu balçık
		Ort.	76,07	16,03	7,90	
	Mc	1	63,2	17,9	18,9	Kumlu killi balçık
		2	67,8	17,9	14,3	Kumlu balçık
		3	71,7	15,9	12,4	Kumlu balçık
		Ort.	67,57	17,23	15,20	
	Md	1	72,7	17,3	10,3	Kumlu balçık
		2	77,8	17,0	5,2	Kumlu balçık
		3	69,6	16,0	14,4	Kumlu balçık
		Ort.	73,37	16,77	9,97	

4.4 Toprak Organik Karbonu ve Toplam Azot

Farklı gelişme çağındaki sapsız meşe meşcerelerinde 0-10 cm, 10-20 cm ve 20-30 cm derinlik kademelerindeki toplam azot ve toprak organik karbonu miktarları (%) ve stoku (ton ha⁻¹) Tablo 4.4'te verilmiştir.

Meşcere gelişme çağları itibariyle derinlik kademelerine göre toplam azot ve toprak organik karbonu miktarı ve stokları değişkenlik göstermektedir. 0-30 cm derinlikte toplam azot miktarı ortalamaları Ma, Mb, Mc ve Md meşcereleri için sırasıyla %0,257; %0,096; %0,157 ve %0,265 şeklinde ve yine 0-30 cm derinlikte toprak organik karbonu miktarı ortalamaları sırasıyla %2,413; %0,882; %2,153 ve %4,821 şeklindedir (Tablo 4.4). Toplam azot ve toprak organik karbonu stokları yönünden, Ma, Mb, Mc ve Md meşcereleri için sırasıyla toplam azot stoku 3,39 ton ha⁻¹, 1,18

ton ha⁻¹, 1,81 ton ha⁻¹ ve 3,03 ton ha⁻¹ iken, toprak organik karbon stoku değerleri sırasıyla 31,49 ton ha⁻¹; 10,64 ton ha⁻¹; 24,76 ton ha⁻¹ ve 55,04 ton ha⁻¹ olarak elde edilmiştir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4 Çalışma alanlarının toprak derinlik kademelerine göre toprak organik karbon (TOK) ve toplam azot (TA) miktarı (%) ile stoku (ton ha⁻¹)

Meşcere Gelişme Çağları	Toprak Derinlik Kademesi (cm)	TA miktarı (%)	TOK miktarı (%)	TA-Stoku (ton ha ⁻¹)	TOK-Stoku (ton ha ⁻¹)
Ma	0-10	0,289 ^{ef} ±0,15	2,626 ^{de} ±1,48	1,31 ^d ±0,75	11,72 ^{de} ±7,07
	10-20	0,256 ^{def} ±0,09	2,793 ^e ±0,78	1,00 ^{cd} ±0,35	10,91 ^{cd} ±3,09
	20-30	0,226 ^{cde} ±0,13	1,819 ^{cd} ±1,34	1,08 ^{cd} ±0,69	8,86 ^{bcd} ±6,80
Ortalama	0-30	0,257±0,12	2,413±1,24		
Toplam				3,39	31,49
Mb	0-10	0,127 ^{ab} ±0,03	1,519 ^{bc} ±0,68	0,49 ^{ab} ±0,12	5,79 ^{ab} ±2,42
	10-20	0,082 ^a ±0,009	0,492 ^a ±0,13	0,36 ^a ±0,04	2,62 ^a ±0,59
	20-30	0,079 ^a ±0,009	0,634 ^{ab} ±0,18	0,33 ^a ±0,03	2,23 ^a ±0,75
Ortalama	0-30	0,096±0,03	0,882±0,61		
Toplam				1,18	10,64
Mc	0-10	0,179 ^{bcd} ±0,029	2,837 ^e ±0,14	0,57 ^{ab} ±0,03	9,18 ^{bcd} ±1,62
	10-20	0,161 ^{abc} ±0,029	2,123 ^{cde} ±0,38	0,68 ^{abc} ±0,15	8,91 ^{bcd} ±1,42
	20-30	0,130 ^{ab} ±0,026	1,499 ^{bc} ±0,39	0,56 ^{ab} ±0,09	6,67 ^{abc} ±2,41
Ortalama	0-30	0,157±0,03	2,153±0,64		
Toplam				1,81	24,76
Md	0-10	0,327 ^f ±0,05	6,195 ^e ±0,93	1,13 ^d ±0,17	21,53 ^e ±3,89
	10-20	0,243 ^{cdef} ±0,04	4,327 ^f ±0,72	1,00 ^{cd} ±0,26	17,89 ^{fg} ±4,60
	20-30	0,226 ^{cde} ±0,027	3,943 ^f ±0,39	0,90 ^{bcd} ±0,17	15,62 ^{ef} ±2,46
Ortalama	0-30	0,265±0,06	4,821±1,22		
Toplam				3,03	55,04

*Kolonlar üzerindeki küçük harfler, farklı sapsız meşcere gelişme çağlarına göre toprak derinlik kademeleri arasındaki farklılığı belirlemek için kullanılmıştır.

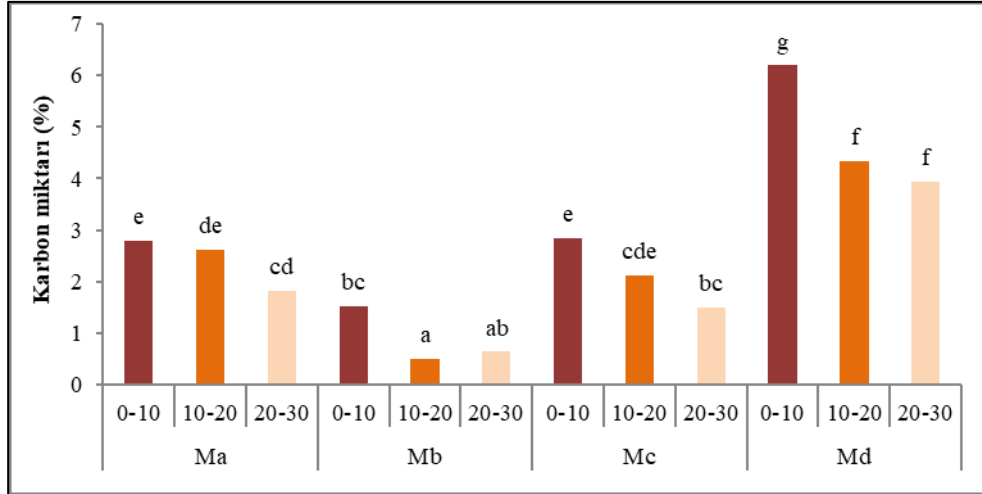
4.5 Farklı Gelişme Çağlarında Sapsız Meşe Topraklarında Organik Karbon Miktarındaki Değişim

Meşcere gelişme çağları itibarıyla en yüksek toprak organik karbonu miktarı Md meşceresinde %6,195 ile 0-10 cm derinlik kademesinde, en düşük toprak organik karbonu miktarı ise %0,492 ile Mb meşceresinin 10-20 cm derinlik kademesinde tespit edilmiştir (Tablo 4.4; Tablo 4.5; Şekil 4.2). Meşcere gelişme çağı ve toprak derinlik kademelerinin toprak organik karbonu miktarı üzerindeki etkisi için yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre %99 güven düzeyinde meşcere gelişme çağlarının ve derinlik kademelerinin ayrı ayrı istatistiksel olarak önemli derecede anlamlı

($p < 0,01$) bir etkisi bulunmaktadır. Her ikisinin birlikte etkisine bakıldığında ise istatistiksel olarak anlamsız ($p > 0,05$) çıkmıştır (Tablo 4.5).

Tablo 4.5 Toprak organik karbon miktarlarının farklı gelişme çağlarındaki sapsız meşe türüne, toprak derinliğine ve her ikisinin etkisine bağlı olarak değişiminin iki yönlü ANOVA değerleri (%)

	Kareler toplamı	df	Ort. karesi	F	Önem düzeyi	Eta karesi
Düzeltilmiş model	175,889 ^a	11	15,990	27,590	0,000	0,835
Sabit	474,459	1	474,459	818,673	0,000	0,932
Meşcere gelişme çağı (MGÇ)	146,123	3	48,708	84,044	0,000	0,808
Derinlik (D)	23,372	2	11,686	20,164	0,000	0,402
MGÇ * D	6,393	6	1,066	1,839	0,107	0,155
Hata	34,773	60	0,580			
Toplam	685,120	72				
Düzeltilmiş Toplam	210,661	71				



Şekil 4.2 Sapsız meşe meşcerelerinde toprak organik karbon miktarının farklı meşcere gelişme çağlarına ve toprak profili derinlik kademelerine göre değişimi

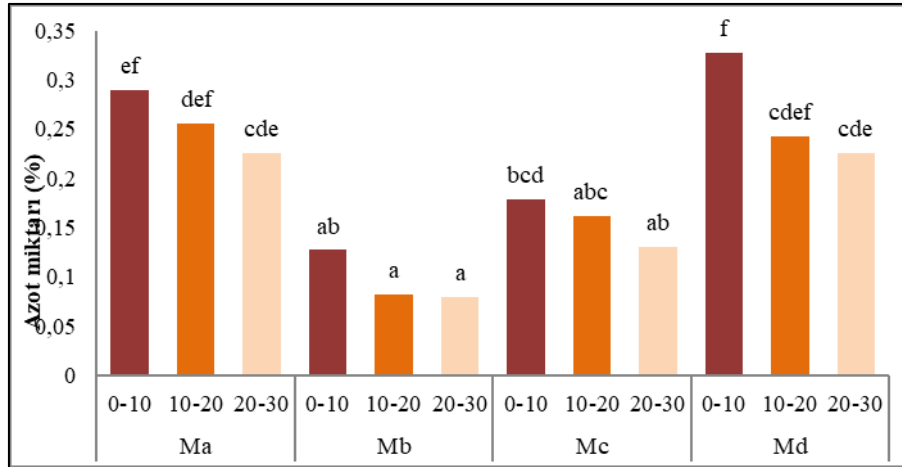
4.6 Farklı Gelişme Sapsız Meşe Topraklarında Toplam Azot Miktarındaki Değişim

Meşcere gelişme çağları itibarıyla en yüksek toplam azot miktarı Md meşceresinde %0,327 ile 0-10 cm derinlik kademesinde, en düşük toplam azot miktarı ise %0,079 ile Mb meşceresinin 20-30 cm derinlik kademesinde tespit edilmiştir (Tablo 4.4; Tablo 4.6; Şekil 4.3). Meşcere gelişme çağı ve toprak derinlik kademelerinin toplam azot miktarı üzerindeki etkisi için yapılan istatistik analizler neticesinde %95 güven

düzeyinde meşcere gelişme çağlarının ve derinlik kademelerinin her birinin istatistiksel olarak önemli derecede anlamlı ($p < 0,05$) bir etkisi bulunmaktadır. Her ikisinin birlikte etkisine değerlendirildiğinde ise istatistiksel olarak anlamsız ($p > 0,05$) olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Tablo 4.6).

Tablo 4.6 Toprak azot miktarlarının farklı gelişme çağlarındaki sapsız meşe türüne, toprak derinliğine ve her ikisinin etkisine bağlı olarak değişiminin iki yönlü ANOVA değerleri (%)

	Kareler toplamı	df	Ort. karesi	F	Önem düzeyi	Eta karesi
Düzeltilmiş model	0,424 ^a	11	0,039	8,302	0,000	0,603
Sabit	2,702	1	2,702	581,737	0,000	0,907
Meşcere gelişme çağı (MGÇ)	0,361	3	0,120	25,886	0,000	0,564
Derinlik (D)	0,039	2	0,019	4,197	0,020	0,123
MGÇ * D	0,024	6	0,004	0,878	0,516	0,081
Hata	0,279	60	0,005			
Toplam	3,405	72				
Düzeltilmiş Toplam	0,703	71				



Şekil 4.3 Sapsız meşe meşcerelerinde azot miktarının farklı meşcere gelişme çağlarına ve toprak profili derinlik kademelerine göre değişimi

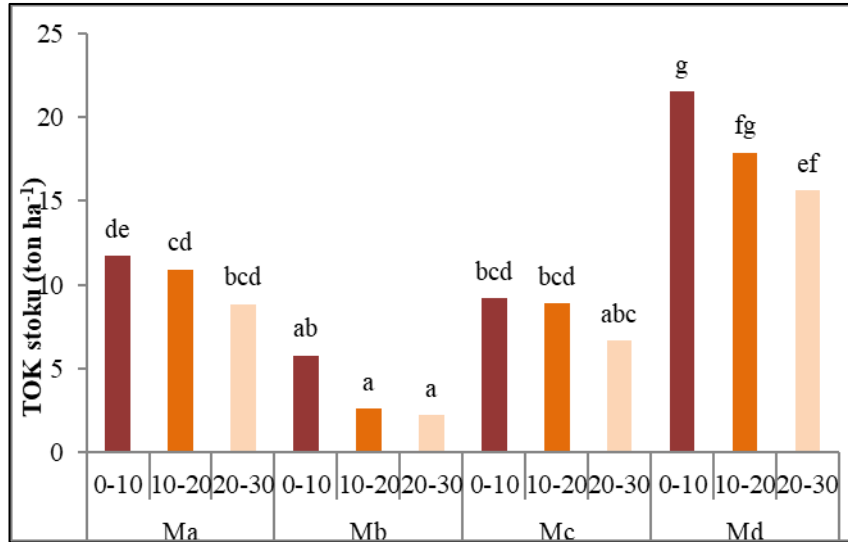
4.7 Farklı Gelişme Çağlarında Sapsız Meşe Topraklarında Organik Karbon Stokundaki Değişimi

Meşcere gelişme çağları itibariyle en yüksek toprak organik karbon depolama kapasitesi Md meşceresinde 21,53 ton ha⁻¹ ile 0-10 cm derinlik kademesinde, en düşük toprak organik karbon stoku Md ise 2,23 ton ha⁻¹ ile Mb meşceresinin 20-30

cm derinlik kademesinde tespit edilmiştir (Tablo 4.4; Tablo 4.7; Şekil 4.4). Meşcere gelişme çağı ve toprak derinlik kademelerinin toprak organik karbon stoku üzerindeki etkisi için yapılan istatistik analizler sonucunda %99 güven düzeyinde meşcere gelişme çağlarının ve derinlik kademelerinin etkisi istatistiksel olarak önemli derecede anlamlı ($p < 0,01$) çıkmıştır. Her ikisinin birlikte etkisi için yapılan analiz sonucunda ise istatistiksel olarak anlamsız ($p > 0,05$) olduğu sonucu çıkmıştır (Tablo 4.7).

Tablo 4.7 Toprak organik karbon stokunun farklı gelişme çağlarındaki sapsız meşe türüne, toprak derinliğine ve her ikisinin etkisine bağlı olarak değişiminin iki yönlü ANOVA değerleri (%)

	Kareler toplamı	df	Ort. karesi	F	Önem düzeyi	Eta karesi
Düzeltilmiş model	2262,278 ^a	11	205,662	14,923	0,000	0,732
Sabit	7434,357	1	7434,357	539,433	0,000	0,900
Meşcere gelişme çağı (MGÇ)	2061,097	3	687,032	49,851	0,000	0,714
Derinlik (D)	139,357	2	69,678	5,056	0,009	0,144
MGÇ * D	61,824	6	10,304	0,748	0,614	0,070
Hata	826,909	60	13,782			
Toplam	10523,543	72				
Düzeltilmiş Toplam	3089,187	71				



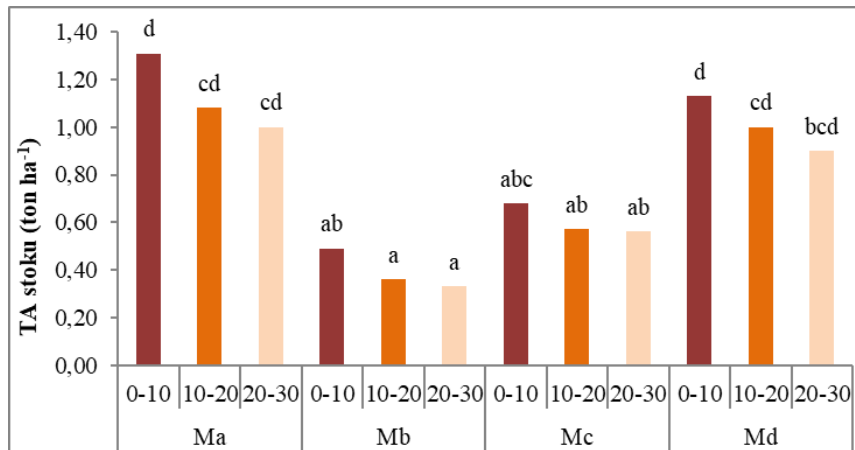
Şekil 4.4 Sapsız meşe meşcerelerinde farklı gelişme çağlarında TOK stoku değişimleri

4.8 Farklı Gelişme Çağlarında Sapsız Meşe Topraklarında Toplam Azot Stokundaki Değişimi

Meşcere gelişme çağları itibariyle en yüksek toplam azot stoku Ma meşceresinde 1,31 ton ha⁻¹ ile 0-10 cm derinlik kademesinde, en düşük toplam azot stoku Md ise 0,33 ton ha⁻¹ ile Mb meşceresinin 20-30 cm derinlik kademesinde tespit edilmiştir (Tablo 4.4; Tablo 4.8; Şekil 4.5). Meşcere gelişme çağı ve toprak derinlik kademelerinin toplam azot stoku üzerindeki etkisi için yapılan istatistik analizler sonucunda %99 güven düzeyinde meşcere gelişme çağının etkisi istatistiksel olarak önemli derecede anlamlı (p<0,01) çıkarken, toprak derinlik kademelerinin etkisi anlamsız (p>0,05) ve meşcere gelişme çağı ile toprak derinlik kademelerinin birlikte etkisi için yapılan analiz sonucunda ise istatistiksel olarak anlamsız (p>0,05) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8 Toplam azot stokunun farklı gelişme çağlarındaki sapsız meşe türüne, toprak derinliğine ve her ikisinin etkisine bağlı olarak değişiminin iki yönlü ANOVA değerleri (%)

	Kareler toplamı	df	Ort. karesi	F	Önem düzeyi	Eta karesi
Düzeltilmiş model	7,013a	11	0,638	5,705	0,000	0,511
Sabit	44,282	1	44,282	396,281	0,000	0,869
Meşcere gelişme çağı (MGÇ)	6,408	3	2,136	19,115	0,000	0,489
Derinlik (D)	0,189	2	0,094	0,843	0,435	0,027
MGÇ * D	0,417	6	0,069	0,622	0,712	0,059
Hata	6,705	60	0,112			
Toplam	58,000	72				
Düzeltilmiş Toplam	13,718	71				



Şekil 4.5 Sapsız meşe meşcerelerinde farklı gelişme çağlarında TA stokundaki değişimleri

5. TARTIŞMA

5.1 Farklı Meşcere Gelişme Çağındaki Toprak Organik Karbon Stokları Üzerindeki Etkileri

Toprak organik karbon stokları, meşcere gelişme çağları arasında önemli ölçüde farklılık göstermiştir. Meşcere gelişme çağlarının toprak organik karbon (TOK) stoku üzerindeki etkisi ($R^2=0,714$; $p=0,000$; $n=72$) istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Benzer şekilde, Makineci vd. (2015) Türkiye'deki sapsız meşe meşcereleri altındaki TOK stokunun göğüs yüksekliğindeki çap ($R^2=0,51$; $p=0,000$; $n=122$) ile önemli ölçüde ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

Matos vd. (2010) Almanya'da yaptıkları çalışmada, organik ve mineral üst topraktaki TOK stoklarının meşe yaşının artmasıyla ($R^2=0,58$; $p<0,10$) azaldığını ve bu durumun muhtemelen üst toprak tabakasının (O horizonu) daha hızlı ayrışma oranlarına sahip olmasının bir sonucu olduğunu belirtmişlerdir. Verma ve Garkoti (2019) çalışmalarında meşe ve çam meşcereleri için göğüs yüksekliğindeki çapın ve hesaplanan TOK stokunun yüksek oranda korelasyon gösterdiğini belirtmiştir ($R^2=0,9$). Bu tez çalışmasında sapsız meşe ağaçlarının göğüs yüksekliğindeki çapı arttıkça topraktaki TOK miktarının arttığını göstermiştir. Bu tez çalışması kapsamında, 30 cm derinlikte toprak profili kullanılmıştır ve sonuçlar daha derin toprak profillerine ait TOK stok tahmininde yeterli olmayabilir. Benzer şekilde, Cao vd. (2012) yaptıkları çalışmada 0-10 cm, 10-20 cm ve 20-40 cm derinlik kademelerinden alınan toprak örneklerinde TOK stoklarının meşcere gelişme çağları itibarıyla 25 yaşındaki meşcerelerde sırasıyla 21,11; 14,94 ve 9,38 g kg⁻¹ olan değerlerin, 105 yaşındaki meşcerelerde sırasıyla 36,79; 24,54 ve 14,45 g kg⁻¹ değerine düştüğünü ve Çin çamı (*Pinus tabulaeformis*) meşcerelerinde toprak derinliği arttıkça TOK stoklarının önemli ölçüde azaldığını raporlamışlardır. TOK stokundaki artış, orman tabakasında sapsız meşe yapraklarının birikmesine bağlı olabilir. Benzer şekilde, Cha vd. (2019) 51-60 yaşındaki meşe meşcereleri altında mineral TOK stokunun ağaç yaşıyla birlikte 81,23 ton ha⁻¹ olarak arttığını belirtmişlerdir.

Verma ve Garkoti, (2019) banj meşesi (*Quercus leucotrichophora*) altındaki TOK stokunun en yüksek 10-20 cm göğüs yüksekliğindeki çap sınıfında (11,29-21,42 ton ha⁻¹), ondan sonraki en yüksek stokun ise 20-30 cm göğüs yüksekliğindeki çap sınıfında (7,05-17,59 ton ha⁻¹) bulunduğunu raporlamışlardır. Oysa Orta Himalaya'da Almora'da Hint çamı (*Pinus roxburghii*) altındaki TOK stoku çok çeşitli çap sınıflarında dağılmıştır. Bu stok değerleri 10-20 cm çap kademesinde 0,6-7,1 ton ha⁻¹, 20-30 cm'de 0,0-13,3 ton ha⁻¹, 30-40 cm'de 5,0-56,9 ton ha⁻¹; 40-50 cm'de 0,0-83,4 ton ha⁻¹, 50-60 cm'de 0,0-32,1 ton ha⁻¹, 60-70 cm'de 0,0 ton ha⁻¹ ve 70-80 cm'de 0,0-38,6 ton ha⁻¹ arasında değişmektedir. TOK stoku, karbon konsantrasyonu ile toprak hacim ağırlığı çarpılarak hesaplandığından, farklı meşcere gelişme çağlarında meşe topraklarındaki yüksek TOK stoklarının yüksek C konsantrasyonu ile ilişkili olması muhtemeldir. Ayrıca bu varyasyonlar eğim, anakaya tipi, meşcere yaşı, fizyografik özellikler ve ölü örtü kalitesi ile ilişkilendirilebilir.

Artan toprak derinliğinde TOK stoklarının azaldığını ve özellikle 0-10 cm derinlikte mineral toprakta, muhtemelen altlığın mineral tabakaya dahil edilmesinin bir sonucu olarak, bir artış gözlemlenmiştir. Toprak derinliği arttıkça TOK stokunun azaldığı ve özellikle 0-10 cm derinlikte mineral toprakta ölü örtünün mineral tabakaya dahil edilmesinin bir sonucu olarak arttığı gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, Corral-Fernández vd. (2013) Akdeniz yaprak dökmeyen meşe ormanlarının altında TOK konsantrasyonu derinlikle birlikte azaldığını belirtmişlerdir. Bruckman vd. (2011) sapsız meşe (*Quercus petraea*) meşcereleri altında TOK stokunun toprak derinliği artışıyla birlikte istikrarlı bir şekilde azaldığı tespit etmişlerdir. Ölü örtü varlığı ve birikimi TOK içeriğini etkilemiş olabilir. Ancak, diri örtünün ölü örtü birikimine katkısı tam olarak açıklanamamıştır.

Toprak mineral katmanlarında (30 cm'ye kadar), TOK stokları sırasıyla Mb için 10,64 ton ha⁻¹, Mc için 24,76 ton ha⁻¹, Ma için 31,49 ton ha⁻¹ ve Md için 55,04 ton ha⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Cha vd. (2019) Güney Kore Cumhuriyeti'ndeki meşeler (*Q. serrata*, *Q. acutissima*, *Q. variabilis* ve *Q. mongolica*) altındaki mineral topraklarda (30 cm'ye kadar) 66 ton ha⁻¹ organik karbon içerdiğini raporlamışlardır. Koch ve Makeschin (2004) üst mineral topraktaki (0-10 cm) toplam organik karbon stoklarını inceledikleri çalışmada, Avrupa kayını (*Fagus sylvatica* L.) ile karışık

Avrupa ladini (*Picea abies* (L.) Karst.) meşcereleri altında ve Avrupa kayını (*Fagus sylvatica* L.) veya sapsız meşe (*Quercus petraea* Liebl.) ile karışık sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinde altında sırasıyla 15,0 ton ha⁻¹ ve 55,0 ton ha⁻¹ olarak tespit ettikleri ve bu değerler tez bulguları ile örtüşmektedir. Quideau vd. (1998) mineral topraktaki (0-100 cm) toprak organik karbonu stokunu *Pinus coulteri* B. Don için 20,30 ton ha⁻¹ ve *Quercus dumosa* Nutt için 37,6 ton ha⁻¹ olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada bulunan değerlerin neredeyse iki katı değere sahip bazı çalışmalar değerlendirildiğinde, Matos vd. (2010) organik ve mineral toprak katmanlarında (0-20 cm) sarıçamda TOK stoku 79,2 ton ha⁻¹ ve 124 yaşlı sapsız meşe meşceresiyle karışık olan sarıçamda 64,3 ton ha⁻¹ olarak bulmuşlardır. TOK stoku hem toprak hem de meşcere gelişme çağları itibarıyla derinlikle beraber azalma eğilimindedir. Fakat Cha vd. (2019) toprak derinliği 0-30 cm'den 0-50 cm'ye yükseldiğinde TOK stoku 66,14 ton ha⁻¹ değerinden 84,24 ton ha⁻¹ değerine doğru artış gösterdiğini ve bu artışın çözünmüş organik karbonun toprak derinliklerine doğru sızmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Koch ve Makeschin (2004) Almanya'daki Ore dağları ve Saksonya ovalarındaki yapraklı ormanların (sapsız meşe ve Avrupa kayını) ibreli ormanlara kıyasla derin topraklarda karbonu daha uzun süre depolayabildiğini bildirmişlerdir. Osei vd. (2021) yapraklı ormanların toprak organik karbon stoklarının ibreli ormanların toprak organik karbon stoklarından daha düşük olduğunu ifade etmektedir. Her ne kadar ibreli ormanların toprak karbon stoku yapraklı ormanlara göre daha yüksek olsa da meşcere sürekliliği ve iklim değişikliği etkilerine karşı direnci sebebiyle ibreli ormanlara kıyasla yapraklı ormanlar daha avantajlı durumdadır (Jandl vd. 2021).

5.2 Farklı Meşcere Gelişme Çağlarının Toplam Azot Stokları Üzerindeki Etkileri

Ormanlar genç meşcerelerden orta yaşlı meşcerelere doğru geliştiğinde, TA stoku önemli ölçüde artarken, gençlik veya sıklık çağlarında (Ma) ve sıklık ve direklik çağlarında (Mb) önemli ölçüde azalmış ve ardından meşcere gelişmesi orta ağaçlık çağında (Md) artmıştır. Fakat, Matos vd. (2010) organik ve mineral tabakadaki TA stoklarının meşe gelişme çağlarındaki artıştan etkilenmediğini tespit etmişlerdir ($R^2=0,31$; $p=0,16$). Quideau vd. (1998) mineral topraktaki (0-100 cm) TA stokunu

çamlarda 0,44 ton ha⁻¹ ve meşelerde 1,12 ton ha⁻¹ olarak hesaplamışlardır. Matos vd. (2010) toprağın mineral katmanlarında (0-20 cm) TA stoklarının saf sarıçam meşçeresinde 2,71 ton ha⁻¹ ve 124 yaşlı karışık sapsız meşe ile sarıçam meşçeresinde 2,70 ton ha⁻¹ olduğunu bulmuşlardır. Compton vd. (1998) karışık çam meşçereleri altında (0-15 cm) TA stokunu 2,0 ton ha⁻¹ hesaplamıştır.

Liu vd. (2022) Çin'deki olgunluğa yakın, genç ve orta yaşlı *Picea mongolica* ormanlarında kaydedilen ortalama toprak azot stokunu sırasıyla 18,32 mg kg⁻¹, 17,87 mg kg⁻¹, and 15,96 mg kg⁻¹ olduğunu belirtmişlerdir. Savacı vd. (2021) mineral topraktaki (0-30 cm) TA stokunu Kazdağı göknarında (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*), karaçamda (*Pinus nigra* Arnold.) ve sarıçamda (*Pinus sylvestris* L.) sırasıyla 1,62 ton ha⁻¹; 0,96 ton ha⁻¹ ve 1,46 ton ha⁻¹ olarak tespit etmişlerdir. TA stoku toprak derinliğinden, meşçere gelişme çağlarından ve bunların etkileşiminden önemli ölçüde etkilenmiştir. Ma ile Md çağlarındaki sapsız meşe meşçerelerinin en yüksek TA stoku değerlerine sahip olması, toprak azotu mevcudiyetinin genç meşçerelerde en yüksek seviyede olduğunu göstermektedir. TA stokunun derinlikle beraber azaldığı gözlemlenmiştir. Benzer veriler Corral-Fernández vd. (2013) tarafından Cordoba eyaletinin kuzeyindeki Pedroches Vadisi'nde (güney İspanya) gözlemlenmiştir. Azotun temel kaynağı ölü örtü, atmosferik birikim ve mikroorganizmalar aracılığıyla biyolojik azot fiksasyonudur (Bruckman vd. 2011). Liu vd. (2022) toprak derinliğinin (0-50 cm) artmasıyla beraber TA stoklarının azaldığını belirtmişlerdir.

5.3 Farklı Mescere Gelişme Çağlarının Ölü Örtü Üzerindeki Etkileri

Md çağındaki sapsız meşe altındaki (6,03 ton ha⁻¹) ölü örtü miktarı, Ma ve Mb gelişme çağlarındaki sapsız meşe meşçereleri (3,14 ton ha⁻¹ ve 4,16 ton ha⁻¹) altındaki ölü örtü miktarı ile karşılaştırıldığında, ölü örtü miktarının yaklaşık iki katıdır. Azot miktarı ve toplam azot stoku, göğüs yüksekliği çapı yüksek olan orta yaşlı meşçere gelişme çağlarında daha yüksektir. Bu artış, yaprak dökümü yoluyla besin girdisinin fazla olmasının sonucu olabilir. Ayrıca, genç ormanlarla karşılaştırıldığında yaşlı ormanların toprak yüzeyinde daha fazla ölü örtü olması olağan bir beklentidir (Berg vd. 2001). Fakat, Law vd. (2001) bu durumun tam aksini

ileri sürmüştür. Verma ve Garkoti (2019) çalışmalarında ağaçların göğüs yüzeyi ve sıklığı arttıkça toplam azot ve azot stokunun arttığını bildirmişlerdir. Savacı ve Sarıyıldız (2020) Türkiye’de yaptıkları çalışmada 100 yaşın üzerindeki Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Steven) Spach) genç göknar meşcerelerinden daha fazla ölü örtüye sahip olduğunu, en fazla ölü örtünün 306 yaşındaki göknar meşcerelerinde (30,3 ton ha⁻¹) ve en düşük ölü örtü miktarının da 100 yaşındaki göknar meşcerelerinde (3,95 ton ha⁻¹) olduğunu tespit etmişlerdir. Tolunay ve Çömez (2008) tarafından Türkiye’deki yapraklı ormanlarda bulunan ortalama ölü örtü miktarı 8,2 ton ha⁻¹ olarak belirlenmiştir. Makineci vd. (2011) tarafından Trakya’daki meşe baltalıklarında yürütülen çalışmada a, b ve c çağlarındaki meşe meşcerelerinde ölü örtü miktarları sırasıyla 4,3 ton ha⁻¹, 6,4 ton ha⁻¹ ve 10,6 ton ha⁻¹ olarak tespit etmişlerdir. Özbay ve Tolunay (2021) tarafından yürütülen çalışmada genç ve yaşlı yapraklı meşe baltalıklarındaki ölü örtü miktarları sırasıyla 8 ton ha⁻¹; 9 ton ha⁻¹ ve 7,1 ton ha⁻¹ olarak bulmuşlardır.

Bu çalışma sonuçları toprak organik karbonu (TOK) ve toplam azot (TA) stoku üzerinde meşcere gelişme çağının önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir. Sarıyıldız vd. (2015) ormanlarda toprak organik karbonu ve toprak azot stoku üzerinde ağaç türü, meşcere çağı ve arazi kullanımını değişimlerinin önemli bir etkisi olduğunu ifade etmektedirler.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması bulguları TOK ve TA stoklarının farklı meşcere gelişme çağlarında değişebileceğini göstermektedir. TOK stokları üst topraktan alt toprak derinliğine doğru gidildikçe (0–10 cm, 10-20 cm ve 20–30 cm) Ma altında 11,72 ton ha⁻¹ - 8,86 ton ha⁻¹ aralığında, Mb altında 5,79 ton ha⁻¹ - 2,23 ton ha⁻¹ aralığında, Mc altında 9,18 ton ha⁻¹ - 6,67 ton ha⁻¹ aralığında ve en yüksek TOK stoku Md altında 21,53 ton ha⁻¹ - 15,62 ton ha⁻¹ aralığında değişmektedir. Ayrıca, en yüksek TA stoku genç (Ma) ve yaşlı (Md) meşeler altındaki topraklarda gözlemlenmiştir. Bu tezde, sapsız meşe meşcerelerinin gençlik çağlarında mineral topraktaki TOK ve TA stoklarının daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bununla beraber meşcere gelişme çağlarındaki artışa bağlı olarak ölü örtü miktarında da artış gözlemlenmiştir. Farklı meşcere gelişme çağları organik madde birikimini etkileyen ölü örtü miktarı üzerinde önemli bir role sahiptir. Bu nedenle, bonitet ile bir ilişkilendirmeye imkân verebilir. Sonuç olarak, bu tezde sapsız meşe topraklarında TOK ve TA depolanmasında ve atmosferdeki CO₂ için yutak olmasında önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Ayrıca orman katmanı altındaki ölü örtü miktarı ve topraktaki organik karbon ve toplam azot stokları yeni ağaçlandırma süreçlerinde ve yönetim uygulamalarında stratejik olarak kullanılabilir. Çalışmaya konu meşcereler için TOK ve TA stok değerlerinin yüksek olması, C ve N birikimi için önemli bir yere sahiptir. Bu durumu daha kapsamlı değerlendirebilmek için ormanlardaki besin ve mikrobiyal dinamikleri üzerine çalışmalara da ihtiyaç duyulmuştur.

KAYNAKLAR

- Akbaş, B., Akdeniz, N., Aksay, A., Altun, İ.E., Balcı, V., Bilginer, E., Bilgiç, T., Duru, M., Ercan, T., Gedik, İ., Günay, Y., Güven, İ.H., Hakyemez, H.Y., Konak, N., Papak, İ., Pehlivan, Ş., Sevin, M., Şenel, M., Tarhan, N., Turhan, N., Türkecan, A., Ulu, Ü., Uğuz, M.F., Yurtsever, A. (2011). 1:1.250.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara-Türkiye.
- Alptekin, B.L., (2013). Torosların iç kısmında kermes meşesi ağırlıklı makilik alanların toprak üstü biokütle ve karbon depolama kapasitesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Isparta.
- Anonim, (2015). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, <http://iklim.cob.gov.tr/iklim/AnaSayfa/BMIDCS.aspx?sflang=tr>.
- Armolaitis, K., Kabasinskiene, I.V., Stupak, I., Kukkola, M., Miksys, V., and Wojcik, J. (2013). Carbon and nutrients of scots pine stands on sandy soils in Lithuania in relation to bioenergy sustainability. *Biomass and Bioenergy*, 54, 250-259. doi:10.1016/j.biombioe.2013.03.034.
- Atalay, İ. (2006). Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası. İzmir: Meta Basım Matbaacılık, Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Balcı, A.N. (1996). Toprak Koruması Ders Notları. İstanbul: İ.Ü. Orman Fakültesi.
- Berg, B., McClaugherty, C., Santo, A. V. D., & Johnson, D. (2001). Humus buildup in boreal forests: effects of litter fall and its N concentration. *Canadian Journal of Forest Research*, 31(6), 988-998. <https://doi.org/10.1139/x01-031>
- Blake, G.R. & Hartge, K.H. (1986). Bulk density. In:Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.H. (Eds.) *Methods of soil analysis. Part I. Physical and mineralogical methods. Second ed.* Am. Soc. Agron., Madison. Agronomy, 363-375.
- Bouyoucos, G.J. (1936). Direction for Making Mechanical Analysis of Soils by the Hydrometer Method. *Soil Science*, 42, 225-229.
- Brown, S. & Lugo, A.E. (1990). Effects of forest clearing and succession on the carbon and nitrogen content of soils in Puerto Rico and US Virgin Islands. *Plant and Soil*, 124(1), 53-64.
- Bruckman, V.J., Yan, S., Hochbichler, E., & Glatzel, G. (2011). Carbon pools and temporal dynamics along a rotation period in Quercus dominated high forest and coppice with standards stands. *Forest Ecology and Management*, 262(9), 1853-1862. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.08.006>
- Canadell, J., Le Quere, C., Raupacha, M., Fielde, C., Buitenhuis, E., Ciais, F., (2007). Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic

- activity, carbon intensity, & efficiency of natural sinks, in: Proceedings of the National Academy of Sciences, 104(47), 18866-18870.
- Cao, J., Wang, X., Tian, Y., Wen, Z. & Zha, T. (2012). Pattern of carbon allocation across three different stages of stand development of a Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*) forest. *Ecological Research*, 27(5), 883-892.
- Cha, J.Y., Cha, Y., & Oh, N.H. (2019). The effects of tree species on soil organic carbon content in South Korea. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 124(3), 708-716. <https://doi.org/10.1029/2018JG004808>
- Compton, J.E., Boone, R.D., Motzkin, G. & Foster, D. R. (1998). Soil carbon and nitrogen in a pine-oak sand plain in central Massachusetts: role of vegetation and land-use history. *Oecologia*, 116(4), 536-542.
- Corral-Fernández, R., Parras-Alcántara, L., & Lozano-García, B. (2013). Stratification ratio of soil organic C, N and C: N in Mediterranean evergreen oak woodland with conventional and organic tillage. *Agriculture, ecosystems ve environment*, 164, 252-259. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.11.002>
- Çepel, N. (2002). *Ekolojik Sorunlar ve Çözüm Önerileri*. Ankara: Tübitak Yayınları, No: 180.
- Çömez, A. (2010). Sündiken dağlarında sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinde karbon birikiminin belirlenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Dikici, H., Qader, R.K. & Demir, Ö.F. (2017). Karbon/Azot Oranının Organik Toprakların Bazı Özellikleri Üzerine Etkisi. *Toprak Su Dergisi*, 66-70.
- Dixon, R.K., Brown, S., Houghton, R.A., Solomon, A.M., Trexler, M.C. & Wisniewski, J. (1994). Carbon pools and fluxes of global forest ecosystems. *Science*, 263: 185-190.
- Durkaya, B. & Durkaya, A. (2008). Türkiye toprak üstü tek ağaç ve meşcere biyokütle tabloları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 10(13): 1-10.
- FAO (1998). *World Reference Base for Soil Resources*, by ISSS–ISRIC–FAO.
- Gülçur, F. (1974). Toprağın fiziksel ve kimyasal analiz metodları. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 1970, O.F. Yayın No: 201, İstanbul: Kutulmuş Matbaası.
- Güner, S., Tüfekçioğlu, A., Duman, A., & Küçük, M. (2010). Murgul yalancı akasya ağaçlandırmalarının ve bitişindeki otlak alanların toprak üstü biyokütle, kök kütlesi, kök üretimi ve karbon depolama yönlerinden karşılaştırılması.
- Güner, E.D., & Turan, E.S. (2017). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Küresel İklim Değişikliği Üzerine Etkisi. *Artvin Çoruh Üniversitesi, Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 3(1) 48-55.

- IEA (2015). CO₂ emissions from fuel combustion-highlights. IEA, Paris. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsFromFuelCombustionHighlights2015.pdf>
- IPCC (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A., eds.]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- Jandl, R., Ledermann, T., Kindermann, G., & Weiss, P. (2021). Soil Organic Carbon Stocks in Mixed-Deciduous and Coniferous Forests in Austria. *Frontiers in Forests and Global Change*, 69.
- Janzen, H.H. (2004). Carbon cycling in earth systems: a soil science perspective. *Agric. Ecosyst. Environ.* 104, 399–417.
- Karayılmazlar, S., Saracoglu, N., Çabuk, Y., & Kurt, R. (2011). Utilizations of biomass as an energy source in Turkey. *Journal of the Faculty of Forestry of Bartın*, 13, 63-75.
- KHGM, Büyük Toprak Grupları Haritası. Mülga Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Koch, J.A., ve Makeschin, F. (2004). Carbon and nitrogen dynamics in topsoils along forest conversion sequences in the Ore Mountains and the Saxonian lowland, Germany. *European Journal of Forest Research*, 123(3), 189-201. <https://doi.org/10.1007/s10342-004-0037-3>.
- Law, B.E., Thornton, P.E., Irvine, J., Anthony, P. M., & Van Tuyl, S. (2001). Carbon storage and fluxes in ponderosa pine forests at different developmental stages. *Global Change Biology*, 7(7), 755-777.
- Lee, J., Hopmans, J.W., Rolston, D.E., Baer, S.G. & Six, J. (2009). Determining soil carbon stock changes: simple bulk density corrections fail. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 134(3-4), 251-256.
- Liu, Y.; Chen, L.; Duan, W.; Bai, Y. & Li, X. (2022). Effects of Litter Decomposition on Soil N in *Picea mongolica* Forest at Different Forest Ages. *Forests*, 13, 520. <https://doi.org/10.3390/f13040520>
- Makineci, E. (1999). Araştırma Ormanındaki Baltalıkların Koruya Dönüştürülmesi İşlemlerinin Ölü Örtü ve Topraktaki Azot Değişimine Etkileri. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Makineci, E., Yılmaz, E., Kumbaşlı, M., Sevgi, O., Yılmaz, H., Çalışkan, S., Özdemir, E., Beşkardeş, V., Keten, A. & Zengin, H. (2011). Kuzey Trakya koruya tahvil meşe ekosistemlerinde sağlık durumu, biyokütle, karbon depolama ve faunistik özelliklerin belirlenmesi. TÜBİTAK-TOVAG tarafından desteklenmiş 107O750 no.lu proje.

- Makineci, E., Ozdemir, E., Caliskan, S., Yilmaz, E., Kumbasli, M., Keten, A., & Yilmaz, H. (2015). Ecosystem carbon pools of coppice-originated oak forests at different development stages. *European Journal of Forest Research*, 134(2), 319-333.
- Makineci, E., Ozdemir, E., Caliskan, S., Yilmaz, E., Kumbasli, M., Keten, A., & Yilmaz, H. (2015). Ecosystem carbon pools of coppice-originated oak forests at different development stages. *European Journal of Forest Research*, 134(2), 319-333. <https://doi.org/10.1007/s10342-014-0854-y>
- Matos, E.S., Freese, D., Ślęzak, A., Bachmann, U., Veste, M. and Hüttl, R.F. (2010). Organic-carbon and nitrogen stocks and organic-carbon fractions in soil under mixed pine and oak forest stands of different ages in NE Germany. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 173(5), 654-661.
- MGM (2022). Meteorolojik Veri Bilgi Satış ve Sunum Sistemi (MEVBİS) (2011-2021), Ankara: Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- NOAA (2022). Trends in Atmospheric Carbon Dioxide (CO₂). Global Monitoring Laboratory, National Oceanic and Atmospheric Administration. <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/> (Erişim tarihi: 08.06.2022).
- Turfan, N., Savacı, G., ve Sarıyıldız, T. (2016). Uludağ göknarı ve sarıçam ibrelerinin bazı kimyasal bileşiklerinin meşçere yaşına ve bazı toprak özelliklerine bağlı olarak değişimi. *Kastamonu Üni., Orman Fakültesi Dergisi*, 16(2), 583-598.
- OGM (2009a). Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü Tekçam Orman İşletme Şefliği Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planları (2009-2028). Ankara: Orman Genel Müdürlüğü.
- OGM (2009b). Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü Sarıkaya Orman İşletme Şefliği Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planları (2009-2028). Ankara: Orman Genel Müdürlüğü.
- OGM (2020). Türkiye Orman Varlığı. Ankara: Orman Genel Müdürlüğü.
- Osei, R., Titeux, H., Bielak, K., Bravo, F., Collet, C., Cools, C., & Ponette, Q. (2021). Tree species identity drives soil organic carbon storage more than species mixing in major two-species mixtures (pine, oak, beech) in Europe. *Forest Ecology and Management*, 481, 118752.
- Özbay, S., ve Tolunay, D. (2021). Karışık baltalık ormanların sahil çamına dönüştürülmesinin toprak ve ölü örtüdeki organik karbon ve besin maddesi stoklarına etkisi. *Ormanlık Araştırma Dergisi*, 8(1), 12-26.
- Özyuvacı, N. (1971). Topraklarda Erozyon Eğiliminin Tespitinde Kullanılan Bazı Önemli İndeksler. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, B, 21(1), 190-207.

- Panwar, V.P. and Gupta, M.K. (2013). Soil organic carbon pool under different forest types in Himachal Pradesh. *International Journal of Farm Sciences*, 3(2), 81-89.
- Powell, T.L., Bracho, R., Li, J., Dore, S., Hinkle, C.R. & Drake, B.G. (2006) Environmental controls over net ecosystem C exchange of scrub oak in central Florida. *Agric For Meteorol* 141:19–34.
- Quideau, S. A., Graham, R. C., Chadwick, O. A., & Wood, H. B. (1998). Organic carbon sequestration under chaparral and pine after four decades of soil development. *Geoderma*, 83(3-4), 227-242. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(97\)00142-0](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(97)00142-0)
- Ramanathan, V., & Carmichael, G. (2008). Global and regional climate changes due to black carbon. *Nature Geoscience*, 1(4), 221-227.
- Sağdıç, S. (2020). Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma Ormanı'nın Üst Toprak Karbon İçeriğinin Haritalanması, Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Çankırı.
- Sariyıldız, T., Savacı, G. & Kravkaz, I.S. (2015). Effects of tree species, stand age and land-use change on soil carbon and nitrogen stock rates in northwestern Turkey. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 9(1), 165.
- Sariyıldız, T., Savacı, G., & Maral, Z. (2017). Effect of different land uses (mature and young fir stands-pasture and agriculture sites) on soil organic carbon and total nitrogen stock capacity in Kastamonu Region. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 17(1), 132-142.
- Savacı, G. & Sariyıldız, T. (2020). Determination of Changes in Soil Organic Carbon and Total Nitrogen Stocks under Different Stand Age of Kazdağı Fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Steven) Spach). *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(2), 532-543.
- Savacı, G., Sariyıldız, 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. <https://doi.org/10.17475/kastorman.1049328>
- Sevgi, O., Makineci, E., & Karaoz, O. (2011). The forest and mineral soil carbon pools of six different forest tree species. *Ekoloji*, 20(81),8-14. [doi:10.5053/ekoloji.2011.812](https://doi.org/10.5053/ekoloji.2011.812)
- Sevim M. (1956). Belgrad ormanının bazı meşcerelerinde üst toprağın fizik ve şimik özellikleri üzerinde araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi A*, 6(1).
- Tolunay, D. & Çömez, A. (2008). Türkiye Ormanlarında toprak ve ölü örtüde depolanmış organik karbon miktarları, Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu, Hatay, 22-25 Ekim 2008.

- Tolunay, D. (2011). Total carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(3): 265-279.
- Tüfekçiöğlu, A., & Güner, S. (2008). Artvin-Murgul yalancı akasya ağaçlandırmalarının odun üretimi, biyokütle, karbon depolama, toprak ıslahı ve erozyonu önleme yönlerinden araştırılması.
- Tüfekçiöğlu, A., & Küçük, M. (2010). Saf sarıçam meşcerelerinde kök kütlesi, kök üretimi ve kök karbon depolama miktarlarının yaş sınıflarına göre değişimi. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs 2010, s.1030-1037. Artvin.
- Verma, A.K. & Garkoti, S. C. (2019). Population structure, soil characteristics and carbon stock of the regenerating banj oak forests in Almora, Central Himalaya. *Forest Science and Technology*, 15(3), 117-127.