

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**ARAZİ KULLANIM DEĞİŞİKLİĞİNİN BURSA, KARACABEY LONGOZ
ORMANLARININ TOPRAK ORGANİK KARBON VE TOPLAM AZOT STOK
ORANLARINA ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Derya ÖZÇELİK AYGÜN

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak 2022

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**ARAZİ KULLANIM DEĞİŞİKLİĞİNİN BURSA, KARACABEY LONGOZ
ORMANLARININ TOPRAK ORGANİK KARBON VE TOPLAM AZOT STOK
ORANLARINA ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Derya ÖZÇELİK AYGÜN

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ

Ocak 2022



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete 'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi'nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, 1190263 numaralı TÜBİTAK-1002 Hızlı Destek Projesi ile desteklenmiştir

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Derya ÖZÇELİK AYGÜN





Aileme,

ÖNSÖZ

“Arazi Kullanım Değişikliğinin Bursa, Karacabey Longoz Ormanlarının Toprak Organik Karbon ve Toplam Azot Stok Oranlarına Etkileri” başlıklı bu çalışma Bursa Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle tez konusunu seçerken isteklerimi göz önünde bulundurup, bana yardımcı olan, çalışmamın arazi ve laboratuvar planlamalarında ve bu planların yürütülmesinde yardımını ve ilgisini esirgemeyen, yönlendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendirmem ve sonuçlandırmam da ki en büyük destekçim olan Sayın Hocam Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ ’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile çalışmama katkı sağlayan, arazi çalışmalarına katılan, sahayı bütün yönleriyle analiz ederek daha iyi tanımama yardımcı olan, Kıymetli Hocam Doç. Dr. Salih PARLAK ’a teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarımın, toprak örneklerimin laboratuvar ortamında analize hazır hale getirilmesine kadar bütün süreçlerde yanımda olan ve yardımını esirgemeyen Bursa Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi Mert TANI’ ya teşekkürlerimi sunarım.

Toprak örneklerinin TOK ve TA analizleri için laboratuvar imkânı sağlayan BTÜ Merkezi Araştırma Laboratuvarı Müdürlüğü’ne ve çalışanlarına, toprak örneklerinin bazı kimyasal ve fiziksel analizleri için destek sağlayan Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dr. Öğretim Üyesi Gamze SAVACI ’ya teşekkürlerimi sunuyorum.

Araştırmayı “119O263” proje numarası ile TÜBİTAK 1002 Hızlı Destek Programı kapsamında destekleyen TÜBİTAK’a ve çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak çalışmanın gerçekleşmesi için gerekli yasal izni sağlayan Orman Genel Müdürlüğü ile Dış İlişkiler, Eğitim ve Araştırma Dairesi Başkanlığı’na teşekkür ederim.

Ocak 2022

Derya ÖZÇELİK AYGÜN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR	viii
SEMBOLLER	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ŞEKİL LİSTESİ	xi
ÖZET	xiii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	6
1.2 Literatür Özeti	6
2. MATERYAL VE METOT	13
2.1 Çalışma Alanının Tanıtımı	13
2.2 Çalışma Alanının İklimi	14
2.3 Çalışma Alanının Coğrafik Özellikleri	18
2.4 Çalışma Alanının Jeolojik, Jeomorfolojik ve Toprak Yapısı	22
2.5 Arazide Yapılan Çalışmalar	24
2.5.1 Deneme alanlarının belirlenmesi	24
2.5.2 Meşcere özelliklerinin belirlenmesi	26
2.5.3 Toprak yüzeyi ölü örtü miktarının belirlenmesi	27
2.5.4 Toprak örneklerinin alınması	27
2.6 Laboratuvarda Yapılan Çalışmalar	30
2.6.1 Toprak örneklerinin analizi	30
2.6.2 Toprak yüzeyi ölü örtü örnekleri	34
2.7 İstatistiksel Analiz	34
3. BULGULAR	36
3.1 Subasar Ormanları ve Meşcere Özellikleri	36
3.2 Ölü Örtü Miktarı	36
3.3 Toprak Özellikleri	37
3.3.1 Toprak organik maddesi	37
3.3.2 Toprak pH	37
3.3.3 Elektriksel iletkenlik	38
3.3.4 Hacim ağırlığı	38
3.3.5 Yüzde boşluk yüzeyi	38
3.3.6 Toprak tekstürü	39
3.4 Toprak Organik Karbon ve Toplam Azot Miktarı ve Stokları	41
3.5 Toprak Profilinde TOK Miktarındaki Değişimi	45
3.6 Toprak Profilinde Toplam Azot (TA) Miktarındaki Değişimler	49
3.7 Toprak Profilinde C/N Oranındaki Değişimler	53
3.8 Toprak Profilinde TOK Stokundaki Değişimler	54
3.9 Toprak Profilinde TA Stokundaki Değişimler	57
4. TARTIŞMA	61

4.1 Toprak Derinlik Kademelerinin Değerlendirilmesi	61
4.2 Toprak Organik Karbon Stoku.....	62
4.3 Toplam Azot Stoku	67
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	71
KAYNAKLAR	75



KISALTMALAR

ABD	: AnabilimDalı
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
BTÜ	: Bursa Teknik Üniversitesi
EC	: Elektriksel iletkenlik
FAK	: Farklı arazi kullanımı
HA	: Hacim ağırlığı
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
Ort	: Ortalama
Mak	: Maksimum
Min	: Minimum
TD	: Toprak derinliği
TA	: Toplam azot
TOK	: Toprak organik karbonu

SEMBOLLER

C	: Karbon
°C	: Derece-santigrat
cm	: santimetre
CO₂	: Karbondioksit
d_{1.3}	: Göğüs çapı
h	: Ağaç boyu
ha	: Hektar
m	: metre
Mg	: Mega gram (ton)
mm	: milimetre
m³	: metreküp
N	: Azot
km	: kilometre
km²	: kilometrekare
%	: Yüzde

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Çalışma alanına ait bazı meteorolojik veriler (2007-2017)	16
Çizelge 2.2: Çalışma alanının Thornthwaite Yöntemine Göre Su Bilançosu.....	17
Çizelge 3.1: Çalışılan alanlardaki ağaç türlerinin bazı meşcere özellikleri.	36
Çizelge 3.2: Çalışılan alanların üst (0-50 cm) ve alt (50-130 cm) topraklarının bazı özellikleri.....	40
Çizelge 3.3: Çalışma alanlarının toprak derinlik kademelerine göre toprak organik karbon (TOK) ve toplam azot (TA) miktarı (%) ile stoku (Mg ha^{-1}).....	42
Çizelge 3.4: Toprak organik karbon ve azot miktarlarının farklı arazi kullanım durumuna (orman, otlak, tarla ve kumul), toprak derinliğine ve her ikisinin etkisine bağlı olarak değişiminin iki yönlü ANOVA değerleri (%).	43
Çizelge 3.5: Toprak organik karbon ve azot stoklarının farklı arazi kullanım durumuna (orman, otlak, tarla ve kumul), toprak derinliğine ve her ikisinin etkisine bağlı olarak değişiminin iki yönlü ANOVA değerleri (Mg ha^{-1}).	44

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Bursa Karacabey Subasar ormanlarının genel görünümü (Kocaçay Deltası Nihai Raporundan alınmıştır, 2019).....	2
Şekil 1.2: Sıcaklık artışlarının 2°C yerine 1.5 °C ile sınırlandırılmasının etkileri.....	3
Şekil 1.3: Bursa Karacabey subasar ormanlarının asli ağaç türlerinden dışbudak (solda) ve kızılâğaç (sağda) meşcerelerinin vejetasyon sonrası (üst) ve vejetasyon dönemine (alt)ait görseller	5
Şekil 2.1: Karacabey Subasar Ormanlarının konumu	13
Şekil 2.2: Orman amenajman haritasına (a) ve 2017 Haziran Landsat 8 OLI uydu görüntüsüne göre (b) Karacabey subasar alanı arazi kullanım durumu (Akay ve diğ., 2017’den değişikliklerle).....	14
Şekil 2.3: Çalışma alanı Walter iklim diyagramı.....	18
Şekil 2.4: Karacabey subasar ormanlarında ve çevresinde serbestçe otlayan hayvanlar.....	19
Şekil 2.5: Kuş gözlem evi ve Kuğu kuşları	20
Şekil 2.6: (a) Su mercimeği, (b) Göl zambağı, (c) Tavşan memesi, (d) Nilüfer.....	20
Şekil 2.7: Kofa bitkisinin toplanması ve kurutularak demetler haline getirilmesi.....	21
Şekil 2.8: Karacabey ve çevresine ait jeomorfoloji haritası	22
Şekil 2.9: Kocaçay Deltasına ait jeoloji haritası	23
Şekil 2.10: Kocaçay Deltasına ait toprak grupları haritası	24
Şekil 2.11: Karacabey çalışma alanına ait farklı arazi kullanım çeşitleri: Subasar ormanlar (a), tarım alanları (b), kumul alanlar (c), mera alanları (d), kızılçam ormanları (e).	25
Şekil 2.12: Artım burgusu kullanılarak yaş kalemi alınması ve yaş tespiti yapılması	26
Şekil 2.13: Deneme alanlarında ağaçların çap (a) ve boylarının belirlenmesi (b).....	27
Şekil 2.14: Çelik silindir yardımıyla toprak örnekleme.....	28
Şekil 2.15: Subasar alanda toprak burgusu kullanılarak toprak örneği alınması.....	29
Şekil 2.16: Kumul alanda toprak burgusu yardımıyla toprak örneği alınması	29
Şekil 2.17: Alınan toprak örneklerinin naylon torbalara konularak etiketlenmesi	30
Şekil 2.18: Toprak örneklerinin analize hazırlanması	30
Şekil 2.19: Örneklerin fırın kurusu hale getirilmesi.....	31
Şekil 2.20: Hava kurusu hale gelmiş toprak örnekleri.....	31
Şekil 2.21: Analize hazır hale getirilmiş 2 mm lik elekten geçirilmiş toprak örnekleri	32
Şekil 2.22: Toprak örnekleri üzerinde yapılan pH ölçümleri.....	32
Şekil 2.23: Elektriksel iletkenliğin ölçülmesi	32
Şekil 2.24: Toprak örneklerinin tekstür analizinin yapılması.....	33
Şekil 2.25: Eurovector EA3000-Single CNH-Selemt analyser	34
Şekil 3.1: Farklı arazi kullanım alanlarının toprak derinlik kademelerine göre ortalama toprak organik karbon miktarının ayrı ayrı gösterimi	48

Şekil 3.2: Farklı arazi kullanım alanlarının toprak derinlik kademelerine göre ortalama toprak organik karbon miktarının birlikte gösterimi	49
Şekil 3.3: Farklı arazi kullanım alanlarının toprak derinlik kademelerine göre ayrı ayrı olarak ortalama toprak azot miktarı gösterimi. Kolonlar üzerindeki hata çubukları ortalamaların standart sapmasını göstermektedir	52
Şekil 3.4: Farklı arazi kullanım alanlarının toprak derinlik kademelerine göre ortalama toprak azot miktarının birlikte gösterimi	53
Şekil 3.5: Ağaç türleri arasında toprak derinlik kademesine bağlı TOK: TA oranı değişimi	53
Şekil 3.6: Kumul, otlak ve tarım alanlarında toprak derinlik kademesine bağlı TOK: TA oranı değişimi	54
Şekil 3.7: Arazi kullanım durumuna göre ortalama TOK yoğunluğunun derinlik kademelerine göre kümülatif miktarı	56
Şekil 3.8: Arazi kullanım durumuna göre TOK stokunun toprak derinlik kademelerindeki yüzdesel dağılımı. Aynı harfe sahip olmayan kolonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır	57
Şekil 3.9: Arazi kullanım durumuna göre ortalama TOK ve TA yoğunluğunun derinlik kademelerine göre kümülatif miktarı	59
Şekil 3.10: Arazi kullanım durumuna göre TA stokunun toprak derinlik kademelerindeki yüzdesel dağılımı. Aynı harfe sahip olmayan kolonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır	60

ARAZİ KULLANIM DEĞİŞİKLİĞİNİN BURSA, KARACABEY LONGOZ ORMANLARININ TOPRAK ORGANİK KARBON VE TOPLAM AZOT STOK ORANLARINA ETKİLERİ

ÖZET

Subasar orman ekosistemleri, son yıllarda karbon tutmadaki önemi gün geçtikçe daha fazla ilgi görmektedir. Yüksek Lisans Tez çalışmasının temel amacı, Türkiye'nin önemli subasar ormanlarından, Bursa, Karacabey subasar ormanlarının asli ağaç türlerinden dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.), kızılğaç (*Alnus glutinosa* (L.) ve meşe (*Quercus cerris*) ile yakın çevresi karasal orman ekosistemini temsilen kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), otlak, tarla ve kumul alanlarının karbon ve azot miktar ve stokları arasındaki farklılıkları toprak derinlik kademelerini de dikkate alarak ortaya koymaktır. Bu amaçla subasar ormanların her bir ağaç türü, karasal kızılçam ve çevresi otlak, tarla ve kumul alanlarda, üç tekrarlı deneme alanlarında çalışma gerçekleştirilmiştir. Toprak örnekleri altı farklı derinlik kademesinden (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-60 cm, 60-100 cm ve 100-130 cm) alınmış ve toprak organik karbon (TOK) ve toplam azot (TA) miktarları ve stokları belirlenmiştir. Sonuçlar, ağaç türleri arasında kızılğaç meşcerelerinin en yüksek TOK (405 Mg ha^{-1}) ve TA (34.4 Mg ha^{-1}) stokuna sahip olduğunu, bunu dişbudak (aynı sıralamada 393 Mg ha^{-1} ve 26.2 Mg ha^{-1}) ve meşenin (aynı sıralamada 293 Mg ha^{-1} ve 28.6 Mg ha^{-1}) izlediğini göstermiştir. Bu değerler Türkiye karasal orman ekosistemi ağaç türleri için hektar bazında bildirilen değerlerden oldukça yüksektir. Subasar ormanların TOK ve TA stok değerleri çevresi alanlarla karşılaştırıldığında ise, otlak ve tarım alanlarının TOK (aynı sıralamada 678 Mg ha^{-1} ve 259 Mg ha^{-1}) ve TA stoku (aynı sıralamada 27.3 Mg ha^{-1} ve 23.3 Mg ha^{-1}) bakımından daha yüksek veya aynı, kızılçam ve kumul alanlarının TOK (aynı sıralamada 162 Mg ha^{-1} ve 63 Mg ha^{-1}) ve TA stoku (aynı sıralamada 15.9 Mg ha^{-1} ve 2.52 Mg ha^{-1}) ise daha düşük olarak tespit edilmiştir. Karasal orman ekosistemlerinde karbon ilişkili çalışmalarda alışlagelmiş şekilde uygulanan 0-30 cm toprak derinliğiyle karşılaştırıldığında, çalışmada 30-130 cm toprak derinliğinin TOK ve TA stokunun kızılğaçta aynı sıralamada %58 ve %40, dişbudakta %41 ve %45, meşede %52 ve %56, kızılçamda %57 ve %66'sından sorumlu olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, derin toprak kademelerinin toplam TOK ve TA stokuna önemli miktarlarda katkıda bulunduğunu ve TOK ve TA hesaplamalarında göz ardı edilmemesi gerektiğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Karacabey subasar ormanları, Karbon ve azot stoku, Arazi kullanım türü, Toprak derinliği

THE EFFECTS OF LAND USE CHANGE ON SOIL ORGANIC CARBON AND TOTAL NITROGEN STOCK RATIOS OF BURSA, KARACABEY LONGOZ FORESTS

SUMMARY

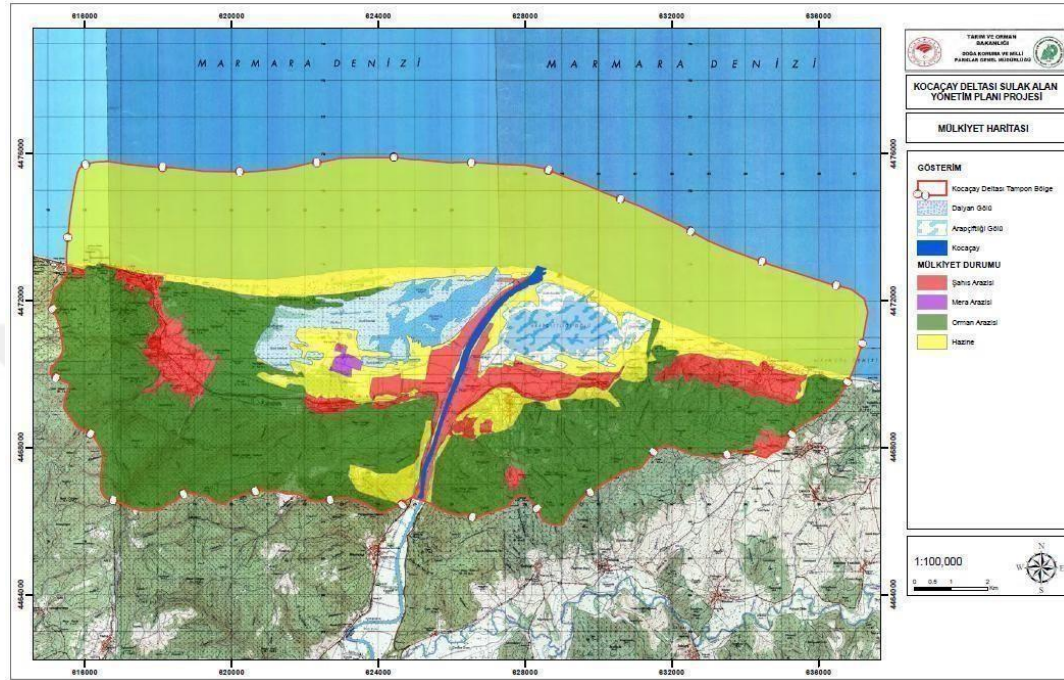
Floodplain forest ecosystems have been recently receiving much attention for their special importance in carbon sequestration. To evaluate soil organic carbon (SOC) and also total nitrogen (TA) accumulation in relation to soil depths under three typical forest tree species ash tree (*Fraxinus angustifolia* Vahl.), alder (*Alnus glutinosa* (L.) and oak (*Quercus cerris*) in Karacabey floodplain forests and surrounding terrestrial areas as Turkish pine (*Pinus brutia* Ten.), grassland, cropland and sand dune, a study with three replicate stands for each forest tree species and the surrounding areas was carried out. Soil samples within 0–130 cm were collected from six different depths (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-60 cm, 60-100 cm and 100-130 cm). The results indicate that among the three tree species in Karacabey floodplain forests, the alder stands had the greatest accumulation of SOC (405 Mg ha⁻¹) and TA (34.4 Mg ha⁻¹), followed by ash tree stands (393 Mg ha⁻¹ and 26.2 Mg ha⁻¹ respectively) and oak stands (293 Mg ha⁻¹ and 28.6 Mg ha⁻¹ respectively). When comparing the results to the surrounding areas, it was seen that the grassland and cropland also had higher or very similar values of SOC (678 Mg ha⁻¹ ve 259 Mg ha⁻¹ respectively) and TA (27.3 Mg ha⁻¹ ve 23.3 Mg ha⁻¹ respectively) stocks. These values are considerably higher than the values reported on a hectare basis for the terrestrial forest ecosystem tree species in Turkey. On the other hand, the calabrain pine and sand dunes showed lower SOC (162 Mg ha⁻¹ ve 63 Mg ha⁻¹ respectively) and TA (15.9 Mg ha⁻¹ ve 2.52 Mg ha⁻¹ respectively) stocks. Relative to the conventional soil carbon studies of 30-cm depth in terrestrial forest ecosystems, the SOC and STN stored in 30–130 cm deep soil account for 58% and 40% in ash forests, 41% and 45% in alder forests, 52% and 56% in oak forests, 57% and 66% in Calabrian pine forests respectively. Thick loess soil coupled with dry climate may be attributable to the development of root system and consequent SOC and STN distribution into deeper layer. Those results suggest that deep soil layers contribute considerable amounts and should not be omitted in soil carbon and nitrogen estimations.

Keywords: Karacabey floodplain forests, Carbon ve nitrogen stocks, Land-use types, Soil depths

1. GİRİŞ

Yeryüzü sulak alanları karasal ekosistemlerin %3'ünü oluşturmakta olup, bu alanların ise yaklaşık %60 gibi büyük bir kısmının subasar (Longoz) ormanlar olduğu tahmin edilmektedir (Calhoun, 1999). Akarsuların kıyısında veya denize döküldükleri yerlerde biriken düz alüvyal topraklar üzerinde yetişen ormanlar subasar orman veya Longoz ormanı olarak isimlendirilmektedir. Subasar ormanlarının oluşumuna Türkiye'den en güzel örnek olarak, Marmara denizine dökülen Susurluk Irmağı'nın oluşturduğu Kocaçay deltasında oluşan Bursa Karacabey subasar ormanları verilebilir (Şekil 1.1). Subasar ormanlar, taban suyunun yüksek olması, derelerin dağlardan denize doğru akarken taşıdığı, denize yakın düz alanlarda biriken toprağın oldukça verimli olması ve bu verimli toprağın her yıl düzenli olarak taşınıp biriktirilmesi sonucunda, bilinen orman alanlarından farklı ve zengin bir bitki örtüsü bulunmaktadır (Tolunay, 2000). Ayrıca subasar ormanlarda birçok memeli, kuş, balık, sürüngen, böcek vb. hayvan türleri de diğer orman alanlarına oranla daha fazla bulunmaktadır (Lugo, 1990; Tolunay, 2000). Farklı peyzaj özelliklerine sahip olmaları, su ve kara habitatları arasında geçiş durumunda bulunmaları ve kendi aralarındaki çeşitlilik nedeniyle ekosistem biyoçeşitliliğine büyük katkıda bulunurlar (Calhoun, 1999). Tüm bu özelliklerinden dolayı, subasar ormanlar dünyada en hassas ekosistemlerden bir tanesi olarak kabul edilmekte olup, Bern Sözleşmesi'ne göre tehlike altında bir habitat olarak tanımlanmıştır. Son yıllarda hem antropojen baskılar hem de doğal etkiler subasar ormanların dengesini bozmaktadır (Klimo ve Hager, 2000). Antropojen baskılar arasında subasar orman alanlarının tarım alanlarına dönüştürülmesi, drenaj kanallarının açılması sonucu su basmalarının sona ermesi ve taban suyu düzeyinin düşmesi, subasar ormanlar ile yerleşim alanları arasındaki etkileşimler, baraj yapımı veya su rezervlerinin inşası sıralanmaktadır. Doğal etkiler olarak deniz suyu düzeyinin yükselmesi, tuzluluğun artması yanında sanayi devrimi ile başlayan ve son yıllarda etkisi daha çok hissedilen küresel iklim değişikliği sayılabilir. Ancak tüm bu faktörlerin subasar ekosistemlerine etkisi konusundaki bilgiler çok azdır ve yapılan çalışmaların çoğunluğu mangrov ormanları ile ilgilidir (Çiçek, 2004).

Çok sayıda canlıya ev sahipliği yapan subasar ormanlar, son on yıllarda küresel iklim değişimleriyle yağış ve sıcaklık koşullarının değişmesi ve sularının çeşitli amaçlarla kullanılması gibi nedenlerle küçülmeye başlamış, bunun yanı sıra insanlar tarafından pek çok problemin kaynağı olarak görülerek çeşitli yöntemlerle kurutulmaya çalışılmıştır.



Şekil 1.1: Bursa Karacabey Subasar ormanlarının genel görünümü (Kocaçay Deltası Nihai Raporundan alınmıştır, 2019).

2018 yılı Ekim ayında Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından 1,5°C Raporu yayınlanmıştır (URL-1). Raporda sıcaklık artışlarının 2°C yerine 1.5°C ile sınırlandırılmasının faydaları açıklanmıştır. Bu rapora göre örneğin sıcaklık artışının 2°C olması halinde böceklerin yüzde 18'i, omurgalıların yüzde 8'i ve bitkilerin yüzde 16'sı coğrafi yayılışlarının yarısından fazlasını kaybedecektir (Şekil 1.2). Artışın sadece 1.5°C'de kalması halinde ise bu kayıplar yarı yarıya azalacak. Yine sıcaklık artışının 1.5°C ile sınırlı tutulması tundralardaki 2 milyon km² kadar donmuş toprağın çözünmesini ve buralardan oluşacak karbondioksit (CO₂) salımlarının önlenmesini sağlayacaktır. Sera gazları arasında karbondioksit (CO₂) konsantrasyonu artışının atmosferin ve yeryüzünün ısınması üzerindeki önemli etkisi olduğu birçok bilimsel çalışmada ortaya konulmuştur (Canadell ve diğ., 2007; Ramanathan ve Carmichael, 2008; Güner ve Turan, 2017). Atmosferde karbondioksit konsantrasyonlarının artışında insan faaliyetleri önemli bir rol oynamaktadır.

Örneğin CO₂ sanayi devriminden önce atmosferde 280 ppm civarında bulunurken, 2018 sonunda 410 ppm değerine ulaşmıştır (Tolunay, 2018).



Şekil 1.2: Sıcaklık artışlarının 2°C yerine 1.5 °C ile sınırlandırılmasının etkileri

Küresel iklim değişikliğinin dünyamız ve insanlar için ciddi bir problem oluşturabilecek boyuta ulaşmaya başladığı ya da gerekli tedbirler alınmadığında gelecekte daha da tehlikeli bir boyuta ulaşabileceğini 12 Aralık 2015 tarihinde düzenlenen ve küresel iklim değişikliğine yönelik 195 ülke temsilcisi tarafından imzalanan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) 21 Taraflar Konferansı olarak bilinen Paris İklim Zirvesinde de vurgulanmıştır (Köse, 2018).

Bu konuda varılan tüm anlaşmalardan ortaya çıkan en önemli karar ise, atmosferdeki artan karbon miktarını azaltabilecek en önemli kaynağın orman ekosistemleri olduğunun ifade edilmesidir. Bu nedenle, ülkelerin sahip oldukları ormanlarının potansiyel karbon depolama kapasitelerinin belirlenmesi, karbon depolanmasına etki eden faktörlerin ortaya konulması (Sariyildiz ve diğ., 2005; Sariyildiz, 2008; Sariyildiz, 2015), karbon döngüsünün belirlenmesi önem kazanmıştır (Sariyildiz ve diğ., 2016). Bu nedenle, dünyada bu konuda çalışma sonuçlarına olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Son yıllarda gerçekleştirilen uluslararası çalışmalarda, zengin biyoçeşitliliği ile özel bir yere sahip olan subasar ormanlarının küresel organik karbon deposunun %0.5 - %8'den sorumlu olduğu bildirilmiştir (Cseh ve diğ., 2014; Sutfin ve diğ., 2016).

Fakat bu konuda daha detaylı bir sonuca varabilmek için farklı ülkelerden farklı subasar ormanlardan sağlanacak verilere olan ihtiyaçta vurgulanmıştır. Bu nedenle hem dünyada hem de ülkemiz subasar alanlarının karbon depolama potansiyellerinin ortaya konulması ve günümüzde veya ileri yıllarda meydana gelebilecek olan antropojen ve doğal etkenlerden (özellikle küresel iklim değişikliğinden) nasıl etkilendiğinin anlaşılabilmesi ve gereken önlemlerin alınması açısından büyük önem taşımaktadır.

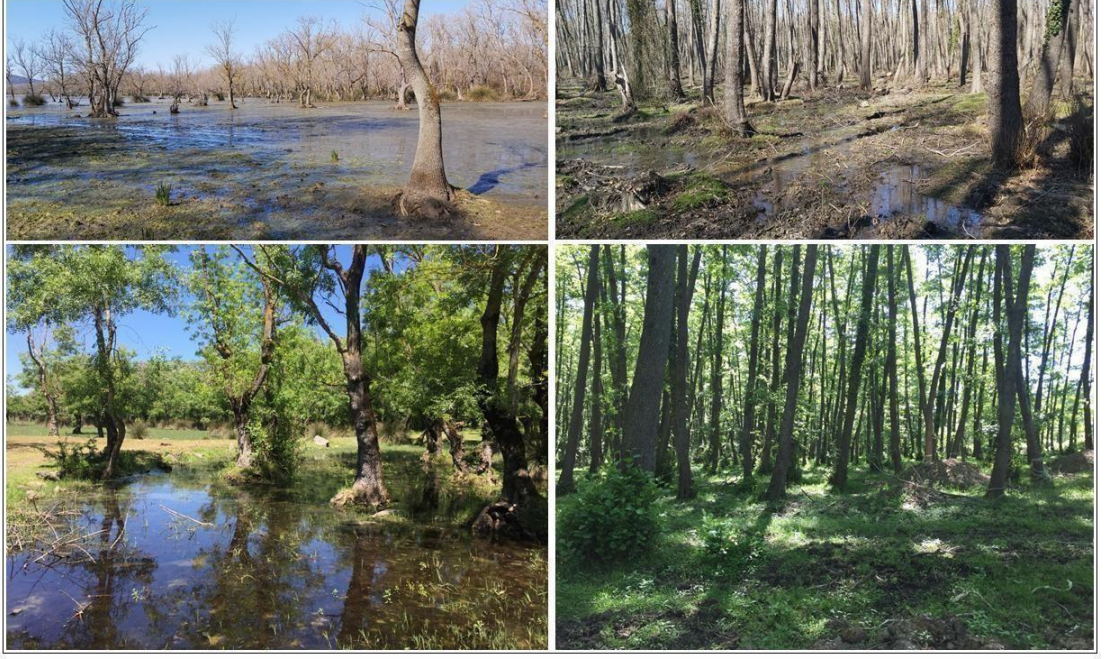
Türkiye’de Marmara Bölgesi başta olmak üzere birkaç bölgede subasar orman alanı bulunmaktadır. Bu alanlar dünyada olduğu gibi ülkemizde de çeşitli nedenlerden dolayı yüzyıllardan beri tahrip edilmiş ve çoğunlukla tarım ve mera alanlarına dönüştürülmüştür. Bu tahrip sonucu ya birçoğu tamamen ortadan kalkmış ya da bir kısmının alanları oldukça azalmıştır. Bu nedenlerle Ülkemizde daha önceleri çok daha büyük alanlar kaplayan longoz ormanları günümüzde sadece 11400 ha kadar kalmıştır. Subasar alanlarının bu şekilde hızla azalması, içerisinde barındırdıkları fauna ve flora habitatlarının kaybedilmesine neden olmaktadır.

Türkiye’de en çok bilinen subasar ormanlık alanları olarak Trakya Demirköy- İğneada (2550 hektar), Hendek-Süleymaniye (1650 ha), Adapazarı-Dokuma-Döşeme (3000 ha) ve Meşeligöl (500 ha), Karasu-Turnalı-Acarlar (3000 ha), İzmit- Büyükderbent (250 ha), Sinop-Bektaşğa-Aksaz (100 ha) ve Samsun-Haciosman (86 ha) subasar ormanları sayılabilir (Pamay, 1967). Ülkemizde bilinen subasar ormanlar yanında, muhtemelen üzerinde bilimsel veya detaylı bir çalışma yapılmadığı için çok bilinmeyen subasar ormanları da mevcuttur. Bu alanlardan birisi de Bursa kent merkezine yaklaşık 1,5 saat mesafede, Karacabey ilçe sınırlarında, Susurluk ırmağının oluşturduğu, 3800 ha büyüklüğünde Karacabey Subasar Ormanları’dır (Şekil 1.3).

Marmara denizine Susurluk ırmağının döküldüğü delta bölgesi Kocaçay deltası olarak bilinir. Kocaçay deltası “Önemli Bitki Alanı” içerisinde yer almakta olup çoğu yerde bir metre derinliğindeki su tabakasıyla kaplı *Fraxinus*, *Alnus*, *Salix* türlerinden oluşan longoz ormanları, *Nymphaea*, *Muscari*, *Leucojum* gibi sucul bitkileri içerisinde barındırmaktadır (Akdeniz ve diğ., 2015).

2007 yılında doğal sit alanı olarak ilan edilmesine rağmen subasar orman biyotopları ve diğer doğal yapı tarım arazisi ve kavaklık alanı açmak için tahrip edilmekte, gerek

sahil kumulları gerekse sığ sulardaki deniz altı kumlarının yasa dışı yollarla alındığı görülmektedir. Son 20 yılda oluşan turizm yapılaşması endemik kumul bitkilerin bulunduğu kıyı kumulları üzerinde gelişmiş ve kumul biyotoplarının büyük bir bölümünü yok etmiştir (Akdeniz ve diğ., 2015).



Şekil 1.3: Bursa Karacabey subasar ormanlarının asli ağaç türlerinden dişbudak (solda) ve kızılğaç (sağda) meşcerelerinin vejetasyon sonrası (üst) ve vejetasyon dönemine (alt) ait görseller.

Ülkemizde subasar ormanının genel durumu (Acatay ve diğ., 1962), uygulanması gereken silvikültürel esaslar (Pamay, 1967; Çiçek, 2002), subasar ormanının florası (Yaltırık ve Efe, 1988; Efe ve Alptekin, 1989) ve subasar ormanı ağaç türü (örneğin dişbudak) odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri (Gürsu, 1971) üzerine çalışmalar bulunmaktadır. Fakat subasar ormanın toprak özelliklerini çevresinde var olan farklı ekosistemlerin toprak özellikleri ile karşılaştıran detaylı çalışmaların sayısı Uluslararası yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında oldukça sınırlıdır. Subasar bir ormanı toprak organik karbon depolama kapasitesi bakımından aynı iklim şartları altında çevresi ekosistemlere göre (karasal orman, tarım, otlak ve kumul) karşılaştırıp farklılıkları sayısal verilerle ortaya koyan detaylı bir çalışma ise bilginiz dâhilinde ülkemizde gerçekleştirilmemiştir. Tecimen ve Kavgacı (2010) tarafından İğneada subasar ormanlarında gerçekleştirilen çalışmada subasar ormanlarının toprak tekstür pH, toprak hacim ağırlığı, organik karbon ve toplam azot miktarları bakımından termofil orman ve kumul alanı topraklarına göre önemli farklılıklar gösterdiği bildirilmiştir. Araştırmacılar çalışmada subasar orman, termofil orman ve kumul

alanlarının üst topraklarını (0-15 cm) çalışmışlardır. Oysa literatürde yer alan bilgilere göre, subasar orman alanlarında olduğu gibi farklı şekilde taşınan materyalleri düz alanlarda üst üste biriktiren süreçler önemli miktarda karbonun toprakta 1 metreden daha fazla derinde depolanmasına neden olabilmektedir (Chaopricha ve Marín-Spiotta, 2014; D'Elia ve diğ., 2017; Scott ve Wohl, 2018).

1.1 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Burada sunulan Yüksek Lisans çalışmasının temel amacı, aynı iklim şartları altında subasar ormanı ve çevresi farklı ekosistemlerdeki (karasal orman, tarım alanı, otlak ve kumul) toprak organik karbon ve toplam azot miktarları ve stoklarını, toprak derinliği ve subasar orman ağaç türlerini de dikkate alarak belirlemek ve karşılaştırmaktır. Aynı zamanda, çalışma alanlarındaki farklı ekosistemlerin bazı toprak fiziksel ve kimyasal özellikleri de belirlenip karşılaştırılacaktır. Çalışmanın amaçlarını gerçekleştirirken kurulan hipotezler: (1) subasar orman toprakları fiziksel ve kimyasal özellikler bakımından bitişçi ekosistemlerden önemli farklılıklar gösterir, (2) subasar orman toprakları, bitişçi ekosistemlerden daha fazla organik karbon ve toplam azot depolar, (3) toprakta depolanan organik karbon ve toplam azot miktarları arasındaki farklılıklar toprak derinliğine bağlı olarak subasar orman topraklarında artış gösterir, (4) subasar orman topraklarının depoladığı organik karbon ve toplam azot miktarı subasar ormanı ağaç türüne göre önemli değişiklik gösterir.

Çalışmada, elde edilen sonuçlara göre, istatistiksel analizler yapılarak, farklı arazi kullanımının, toprak derinliğinin ve farklı ağaç türünün subasar ormanı topraklarında depolanan organik karbon ve toplam azot miktarı ve özellikleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

1.2 Literatür Özeti

Subasar ormanlar diğer ormanlardan nispeten farklı olmaları nedeniyle biyolojik çeşitliliğe büyük katkı sağlamaktadır ve bu yüzden dünya çapında önem kazanmaktadır. Zira alanların hızla azalması, içinde barındırdıkları fauna ve flora habitatlarının kaybedilmesine neden olmaktadır. Günümüzde hem dünyada hem de ülkemizde özel öneme sahip subasar ormanları antropojen ve doğal etkenlerin baskısı altında olup, bu baskıların subasar ormanları üzerine olası etkilerinin detaylı olarak ortaya konulması gerekmektedir.

Son yıllarda gerçekleştirilen Uluslararası çalışmalar, Subasar ormanlarının ekolojik ve biyolojik zenginlikleri yanında, bu ormanların küresel organik karbonun depolandığı alanlar içinde önemli bir yere sahip olduğunu da ortaya koymaktadır (Sutfın ve diğ., 2016). Özellikle bu alanlar sadece yüzey topraklarında değil, yıllar içinde farklı alanlardan gelen materyallerin üst üste depolanması sonucunda karasal orman topraklarına göre daha fazla organik karbonu daha derin toprak kısımlarında biriktirme yeteneğine sahiptir (Ferré ve diğ., 2014). Subasar ormanlarının antropojen baskılar sonucunda farklı amaçlar doğrultusunda (tarım alanı, otlak alanı vd.) değişime uğraması hem yıllar içinde subasar ormanda biriken karbonun açığa çıkarılmasına hem de karbonun toprakta depolanmasının engellenmesine neden olacaktır. Bu nedenle, arazi kullanım değişikliğinin subasar ormanların depolama kapasitelerine etkisinin araştırılması, izlenmesi ve bu konuda ki çalışmaların yaygınlaştırılarak konu ile ilgili veri girişinin sağlanması gerekmektedir. Türkiye’de ise subasar ormanları üzerine yapılan çalışmalar hem sınırlı sayıda olup hem de içerik bakımından çalışmalarda daha çok subasar ormanlarının flora ve fauna özelliklerinin ve uygulanması gereken silvikültürel esasların ortaya konulması amaçlanmıştır.

Karasal ekosistemlerde, arazi kullanım farklılığının toprak özellikleri üzerine etkilerini ortaya koyan birçok ulusal ve uluslararası çalışmalar bulunmaktadır (Post and Known, 2000; Wei ve diğ., 2014; Lu and Liao, 2017; Budak ve Günel, 2018). Araştırmacılar, bu çalışmaların çoğunda, aynı bölgede yer alan farklı arazi kullanımı altındaki toprakların C ve N stokları bakımından önemli düzeyde farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir (Qin ve diğ., 2016; Sariyildiz ve diğ., 2017). Orman, tarım ve otlak/çayır mera ekosistemlerinin toprak organik karbon ve toplam azot miktar ve stoklarının karşılaştırıldığı bu çalışmalarda, en önemli C depolama alanlarının ormanlık alanlar olduğu ve bu alanlarda yetişen bitkilerin yılda 3 ile 5 ton ha⁻¹ CO₂’i atmosferden alıp bitki ve toprakta depoladığını rapor etmişlerdir (Polat ve diğ., 2012). Otlak alanlarının ormanlık alanlar gibi tarım arazilerine kıyasla daha yüksek C depolama kapasitesine sahip olduğu bildirilmiştir (Evrendilek ve diğ., 2004). Ormanlık alanların tarım alanlarına dönüştürülmesinin toprak organik karbonunu negatif yönde etkilerken stok miktarını %20-50 azaltmaktadır (Lal, 2005; Lemenih ve Itanna, 2004). Tarım topraklarında daha az karbon depolanmasının sebebi bitkisel kütlenin hasat ile uzaklaştırılması ve sürekli işleme ile toprağın havalanması, böylece organik maddenin ayrılarak tuttuğu karbonun atmosfere salınması olarak ifade edilmektedir (Tolunay ve Çömez, 2007).

Aşağıda bu çalışmalardan bazıları örnek olarak sunulmuştur.

Schauvlieghe ve Lust (1999) Kuzey Belçika’da farklı arazi kullanım şekilleri altında C depolaması ile ilgili yaptıkları çalışmada, toplam organik karbon stokunu en fazla yaşlı dişbudak meşcere topraklarında, sonra genç dişbudak meşcere topraklarında ve en az ise mera alanı topraklarda bulunmuştur.

Wang ve diğ. (2001) Çin’de yaptıkları çalışmada farklı arazi kullanımı altındaki topraklarda yapmış oldukları çalışmada toprak organik maddesinin orman, fundalık ve otlak arazilerinde, nadasa bırakılmış ve tarım arazilerinden daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Saviozzi ve diğ. (2001) İtalya’da yaptıkları çalışmada birbirine bitişik konumda bulunan 45 yıl boyunca sürekli tahıl yetiştirilen tarım arazisi, kavaklık ve doğal mera arazisindeki organik karbon içeriğinin tarım arazisinde mera arazisine göre %70, kavaklığa göre %60, toplam azotun ise sırasıyla %15 ve %26 daha az olduğunu tespit etmişlerdir.

Neufeldt ve diğ. (2002) Brezilya’da yaptıkları bir çalışmada, bitişik parsellerdeki mera, orman ve tarım arazilerinde toprak organik maddesinin killi topraklarda daha yüksek olduğunu, tarım arazisi ve çam ormanında toprak organik maddesinin azaldığını, mera ve okaliptüs ormanında ise arttığını tespit etmişlerdir.

Martens ve diğ. (2003) 130 yıllık orman, verimli mera alanları ve rotasyonlu mısır ve bezelye tarımı yapılan arazilerdeki toplam organik karbon ve azot içeriğini karşılaştırdığı çalışmada, toplam organik karbonun en fazla orman topraklarında (%46 oranında) tutulduğunu, bunu sırasıyla mera ve tarım arazisinin izlediğini bildirmiştir. Çalışmada ayrıca, azot içeriği en fazla orman topraklarında, en az tarım arazisinde olduğu, meradan ormana dönüşmüş orman topraklarındaki karbon depolamanın %29 oranında arttığı tespit edilmiştir.

Grerup ve diğ. (2006) Güney İsveç’te uzun süre toprak işleme yapılan bir arazi ile ormanlık alanda toprağın kimyasal özelliklerindeki değişimleri inceledikleri bir çalışmada toprak işleme yapılan alanlarda toprakta azot ve karbon ve asitliğin azaldığını rapor etmişlerdir.

Başaran (2004) Türkiye’de orman topraklarında depolanan organik karbon miktarını yaklaşık 1,2 g/ha, çayır ve mera topraklarında yaklaşık 0,80 g/ha ve tarım topraklarında ise yaklaşık 0,79 g/ha olarak bildirmiştir.

Göl ve diğ. (2007) aynı yükselti, ana kaya ve bitki örtüsüne sahip kuzey ve güney bakıda gerçekleştirdiği çalışmada, her iki bakıda da orman topraklarında karbon birikiminin mera ve tarım topraklarından daha yüksek olduğunu, karbon oranlarının kuzey bakıda orman toprağında %2,84, mera toprağında %2,10 tarım toprağında %1,07, güney bakıda ise orman toprağında %1,62, mera toprağında %1,64, tarım toprağında %0,63 tespit edilmiştir.

Büyüköner (2007) aynı topografik alanda işlenen arazi (tarla), orman ve meyve bahçesi topraklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişimleri incelemiş, üst toprakların organik madde ve azot miktarının ormanlık alanda, tarla ve meyve bahçesinden daha yüksek olduğunu, hacim ağırlığının ise orman toprağında tarla ve meyve bahçesine göre daha düşük olduğunu rapor etmiştir.

Kara ve Bolat (2008) orman ve tarım alanlarının üst toprakların (0-5 cm) mikrobiyal biyokütle karbon ve azot içeriklerini araştırdıkları çalışmada, toprakların ortalama mikrobiyal biyokütle karbon içeriklerinin orman alanında tarım alanına göre yaklaşık iki kat fazla olduğunu, mikrobiyal biyokütle azot miktarlarının ise ortalama olarak orman alanında tarım alanına göre üç kat fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Arazi kullanımında meydana gelen değişimler topraktaki organik karbon ve azot stoku üzerinde de etkili olmaktadır. Ellert ve Gregorich (1996) orman topraklarının tarıma açılmasıyla 30 yıl içerisinde A ve B horizonlarında bulunan karbonun %30- 35'inin kaybedildiğini belirlemişlerdir.

Wu ve Tiessen (2002) Çin'in Alpin mera topraklarının tarım amaçlı işlenmesinin toprak organik maddenin 8. yıl sonunda %25, 16 sonunda %39 ve 41. yıl sonunda %55 azaldığını bildirmişlerdir.

Grünzweig ve diğ. (2004) Alaska'da boreal ormanlardan ziraat alana dönüştürülmüş 4 farklı çalışma alanından elde ettiği sonuçlara göre, ilk 20 yıl içerisinde tarım topraklarında organik karbon stokunun orman topraklarına göre %44, azot stokunun ise %34 oranında daha düşük olduğunu belirtmişlerdir.

Evrendilek ve diğ. (2004) Toroslar'da 12 yıl boyunca mera alanlarının tarım arazisine dönüştürülmesinin, üst toprakların (0-20 cm) hacim ağırlığını %11 ve toprak erodobilitesini %46 arttığını, toprak organik maddesini %49, toprak organik karbon miktarını %43 ve toplam gözenekliliği %9 oranında azaldığını bildirmiştir.

Braz ve diğ. (2013) Brezilya'nın Amazon ormanlarında mera alanlarına (8, 13 ve 15

yıllık) dönüştürülmüş yerlere toprak organik C değerlerini araştırdıkları çalışmada, en fazla karbon depolamanın 8 yıllık mera topraklarında olduğunu, bunu sırasıyla 13 yıllık mera alanlarının, orman toprakları ve 15 yıllık mera alanlarının olduğunu bildirmişlerdir.

Zhao ve diğ. (2015) doğal bir mera alanında yapılan toprak işleme uygulamalarının sonucunda toprak bozulmasının meydana geldiğini, toprak tekstürünün kabalaştığını ve toprak organik karbon miktarının azaldığını tespit etmişlerdir.

Farklı arazi kullanım şekillerinin toprak organik karbon ve azot stokları arasındaki farklar üzerinde karşılaştırılan alanlardaki türlerin (ağaç veya otsu tür), meşcere özelliklerinin (saf ve karışık, yaşlı veya genç meşcereler, kapalılık vd.) önemli bir etkisi olduğu ifade edilmektedir. Örneğin, Klopatek (2002) farklı yaşlardaki (20 yaşında, 40 yaşında ve 450 ile 550 yaş arasında) Douglas göknarı (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) meşceresi altındaki topraklarda toplam azot ve karbon stoklarını belirlemiştir. Elde edilen sonuçlara göre; 0-20 cm toprak derinliğindeki organik karbon kapasitesi ve toplam azot miktarının en fazla 40 yaşındaki göknar topraklarında depolandığını belirtmiştir. Toplam azot miktarının 40 yaşındaki göknar topraklarında fazla olmasının sebebini, meşcerenin azot bağlayabilen kızılgağacın (*Alnus rubra* Bong.) ortamda bulunmasına bağlamaktadır.

Sariyildiz ve diğ. (2016) Türkiye'nin kuzeybatısında yetişen karaçam (*Pinus nigra* Arnold.), Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Uludağ göknarı (*Abies nordmanniana* Spach.) 4 doğal tür altındaki topraklar ile bitişindeki mera topraklarından alınan 0-10 cm ve 10-20 cm derinlik kademelerindeki toprak örneklerinin organik C depolamasını hesaplamışlardır. Elde edilen sonuçlara göre; 0-20 cm derinlikteki ortalama toprakta karbon depolama oranı en fazla karaçamda görülürken; bunu sırasıyla sarıçam, göknar, kayın ve mera izlemiştir. Böylece ağaç türlerinin; topraktaki organik C stokunda etkili olabileceğini belirtmişlerdir. Subasar ormanlarının organik karbon ve azot miktarı ve stoklarını ortaya koyan çok az sayıda da olsa uluslararası çalışma bulunmakta beraber, bu değerleri çevresi ekosistemlerle detaylı bir şekilde karşılaştıran çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır. Türkiye'de ise bilğimiz dâhilinde herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle, Karacabey subasar ormanlarında farklı ağaç türleri ve farklı arazi kullanımları altındaki toprakların C ve N miktarları ile stoklarının belirlenmesi, mevcut durumun daha iyi anlaşılmasını sağlamak ve toprakların C ve N

depolama potansiyellerinin iyileştirilmesi adına önemlidir.

Uluslararası gerçekleştirilen bu çalışmalarda ise genel olarak, nehir kıyı alanlarında yer alan sulak orman alanlarının, çevresindeki karasal ormanlardan önemli miktarda daha fazla toprak organik karbonu stokladığı bildirilmiştir (Davis ve diğ., 2004; Ricker ve diğ., 2013; Ricker ve diğ., 2014).

Cierjacks ve diğ. (2010) tarafından gerçekleştirilen ve dere kenarı ormanlarının toprak organik karbon stoklarını farklı ağaç türlerine ve otlak alanlara göre karşılaştırdıkları çalışmada, sert odun gövdesine sahip yaşlı yapraklı ormanların (*Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, *Acer campestre*, *Ulmus spec.*) ve farklı kavak türlerinin (*Populus alba*, *Populus x canadensis*, *Populus nigra*) toplam karbon stoklarının toprak üstü değerlerinin (Ah horizonu) ortalamasının (aynı sıralamaya göre 48 ve 46 Mg ha⁻¹), yeniden ağaçlandırılan alanlarla aynı (48 Mg ha⁻¹) ve otlak alanlardan ise düşük (58 Mg ha⁻¹) bulurken, yumuşak odunlu söğüt ağaçlarından ise daha fazla (41 Mg ha⁻¹) olduğunu rapor etmiştir. Tüm toprak profili dikkate alındığında ise en yüksek organik karbon stokunu otlak alan gösterirken, bu değeri sırasıyla sert odun gövdesine sahip yaşlı yapraklı ormanlar, kavaklar, yeniden ağaçlandırılan alanlar ve söğüt ağaçları izlemiştir.

Cseh ve diğ. (2014) benzer şekilde yaşlı subasar ormanların önemli miktarda karbon stoklayabilecek kapasiteye sahip olduğunu ifade ettiği çalışmada, melez kavakların bulunduğu subasar alanlarının meşelerin bulunduğu alanlardan daha az toprak organik karbon stokladığını bildirmiştir.

Hanberry ve diğ. (2015) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, tarım alanlarındaki toprak organik karbonu stokunun, yaşlı subasar ormanlarındakinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. D'Elia ve diğ. (2017) sulak alan topraklarının içerdiği organik karbon stokunu çevresi orman, otlak ve tarım alanları ile karşılaştırdığı çalışmada toprak organik karbon stokunun 0-1 m derinlikteki değerlerine göre sulak alanların tarım alanlarından daha düşük olduğunu, fakat 0-3 m toprak derinliği dikkate alındığında sulak alan toprak organik karbon stokunun çevresi orman, otlak, tarım ve sulak alanın 0-1 m derinliğinde depolanandan çok daha fazla bir değere sahip olduğunu bildirmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Çalışma Alanının Tanıtımı

Marmara Bölgesinde yer alan Bursa ilinin 70 km batısında, Karacabey ilçesi sınırlarında bulunan Karacabey Subasar ormanları ve yakın çevresi ekosistemleri (karasal orman, tarım alanı, kumul alanı ve otlak alanı) çalışma alanı olarak belirlenmiştir.

Karacabey ilçesi Bursa iline bağlı olup, doğudan Mudanya ve Bursa, güneyden Mustafakemalpaşa ve Susurluk, batıdan Balıkesir'in ilçesi olan Bandırma ve Kuzeyden ise Marmara denizi ile çevrilidir (Şekil 2.1). 1285 km'lik yüzölçümü ile Bursa'nın 5. büyük ilçesi olan Karacabey'in nüfusu 2020 yılı nüfus sayımına göre 84.666'dır.

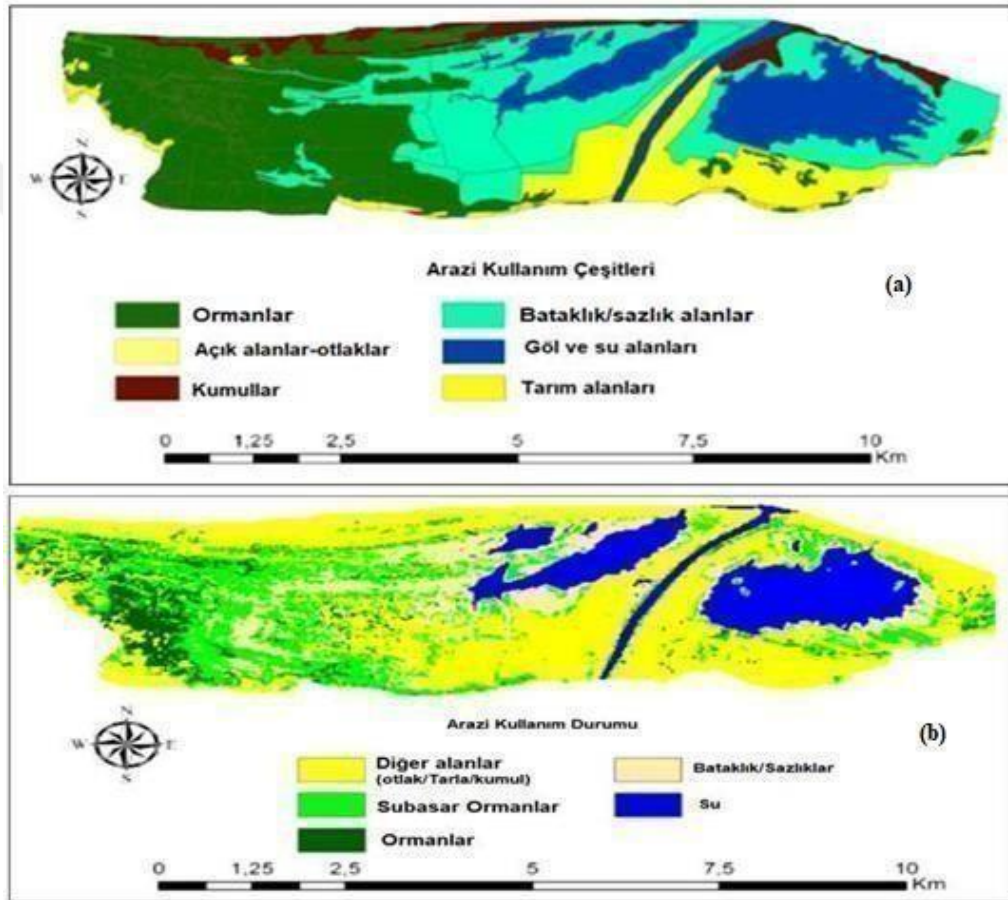
Karacabey Subasar Ormanları, Güney Marmara akarsularının büyük bölümünün birleşmesiyle oluşan Susurluk Irmağının oluşturduğu Kocaçay deltasında meydana gelmiştir. Bölge içerisinde göl, bataklık, delta, kumul alanı ve subasar ormanı gibi birçok ekosistem bir arada görülmektedir.



Şekil 2.1: Karacabey Subasar Ormanlarının konumu.

Akay ve diğ. (2017) tarafından orman amenajman haritası kullanılarak hazırlanmış detaylı arazi kullanım tipi haritasına göre, Karacabey Subasar Ormanlarının toplam alanı 3800 ha olarak tahmin edilmiştir (Şekil 2.2a).

Bir diğer arazi kullanım tipi (uydu görüntüsüne ait) haritasına göre karasal ve subasar orman alanları toplam alanın (3800 ha) yaklaşık 950 ha ile %25'ini oluşturmaktadır (Şekil 2.2b). Bataklık ve sazlık alanlar, kapladıkları alan bakımından en düşük değere (%14) sahip olurken, sulak alanları %20, otlak, tarım ve kumul alanları ise %41'lik bir alana sahiptir. Otlak, tarım ve kumul sahalarının kapladığı alanın çoğunluğunu kumul sahaları (%40) ve tarım alanları (%35) oluşturmakta olup, otlak alanların yüzdesi ise %25'dir.



Şekil 2.2: Orman amenajman haritasına (a) ve 2017 Haziran Landsat 8 OLI uydu görüntüsüne göre (b) Karacabey subasar alanı arazi kullanım durumu (Akay ve diğ., 2017'den değişikliklerle).

2.2 Çalışma Alanının İklimi

Karacabey ilçesinin içinde yer aldığı Bursa ili ile bölgede bulunan Balıkesir, İstanbul Tekirdağ, Kocaeli, Çanakkale ve Yalova'da Marmara iklimi hâkimdir. Karacabey ilçesinde de Marmara ikliminin ılıman şekli görülmektedir. Bu iklim tipinin en belirgin özelliği, Akdeniz ikliminin az da olsa Karadeniz iklimine geçiş özelliği gösteriyor

olmasıdır. Ilıman Marmara ikliminin egemen olduğu bölgelerin güney ve alçak kesimlerinde Akdeniz bitki toplulukları görülürken, yüksek ve kuzey kesimlerinde ise Karadeniz bitki toplulukları yer almaktadır. Karacabey, Güney Marmara iklimini tam olarak yansıtmaz. Bunun en önemli sebebi, nemli hava kütlelerinin yağışa dönüşmesine imkân sağlayacak yükseltilere sahip olmayışıdır. Bunun yanında bölgede dağların uzanış şekillerinden dolayı kesintisiz dağ engeli olmadığından, İç Anadolu bölgesinin sert iklim özelliklerine açıktır.

Karacabey, çevresine göre daha az yağış almaktadır. Çalışma alanına yakın Mustafakemalpaşa'ya ait Meteoroloji İstasyonunun (60 m yükseltide kurulu) son 2007-2017 yılları arası meteorolojik verilerine göre, bölgede kış mevsimi ılıman bir yapıya sahiptir. Yağışlar çoğunlukla yağmur şeklinde görülmekte olduğundan kış ayları bölgenin en yağışlı dönemidir. Yazlar genellikle kurak geçmekte olup bölgenin en kurak dönemi ise yaz aylarıdır. Yıllık ortalama yağış miktarı 719 mm'dir. Ortalama yağışlı gün sayısı 77, yıllık ortalama sisli gün sayısı ise 7.7'dir. Beş yıllık rasatlara göre yıllık sıcaklık ortalamasının 14°C olduğu, en yüksek sıcaklığın Ağustos ayında 38,5°C olarak tespit edildiği, en düşük sıcaklığın ise Şubat ayında- 9.7°C olduğu meteorolojik verilerden anlaşılmaktadır (Çizelge 2.1).

Thorntwaite yöntemine göre iklim tipi C2 B'2 s2 b'3: Yarı nemli, orta sıcaklıkta (Mezotermal), su noksanı yaz mevsiminde ve çok kuvvetli olan, okyanus iklimine yakın iklimdir (Çizelge 2.2).

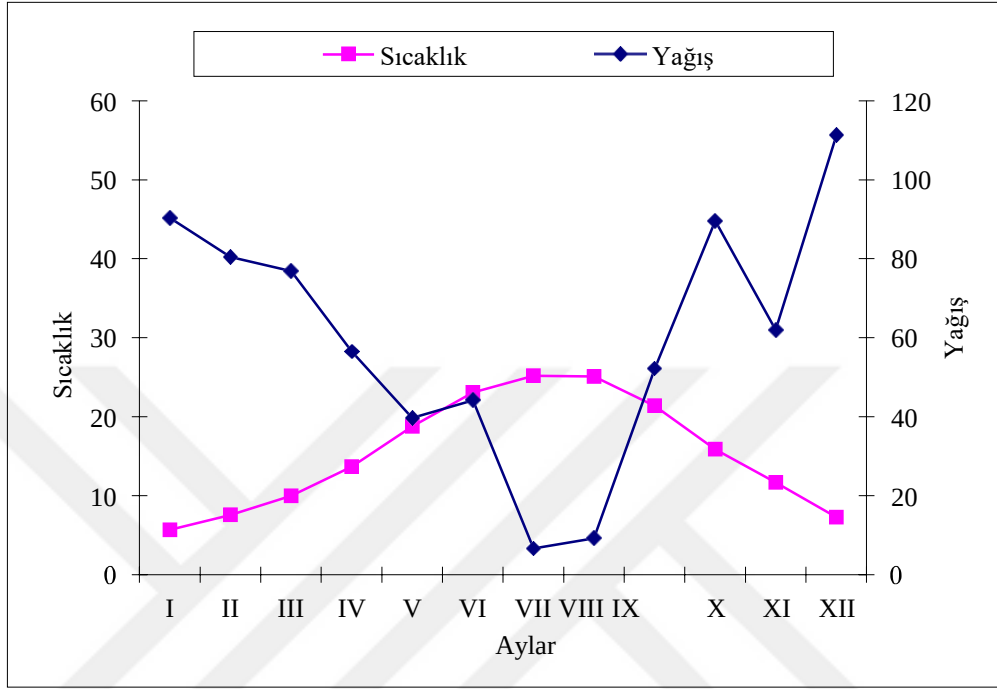
Çizelge 2.1: Çalışma alanına ait bazı meteorolojik veriler (2007-2017).

Parametre	YIL	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	YILLIK
Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)	11	5.7	7.6	10.0	13.7	18.8	23.1	25.2	25.1	21.4	15.9	11.7	7.3	15.5
Aylık Maksimum Sıcaklık (°C)	11	26.4	27.2	30.3	35.4	35.4	43.4	41.1	39.2	40.1	33.2	29.5	27.0	43.4
Aylık Minimum Sıcaklık (°C)	11	-17.3	-9.6	-2.3	0.0	3.4	10.1	13.1	11.0	8.3	1.9	-2.5	-7.0	-17.3
Aylık Toplam Yağış Ortalaması	11	90.4	80.5	76.9	56.6	39.7	44.2	6.65	9.25	52.2	89.6	62.0	111.3	719.1
Aylık Maksimum Yağış	11	47.0	67.6	44.6	28.4	31.2	53.8	27.2	38.0	73.4	83.8	65.4	41.8	83.8
Aylık Yağışlı Gün Sayısı Ortalaması	11	14.9	13.1	14.4	11.0	10.5	7.6	2.36	2.36	5.36	12.0	10.0	15.6	119
Aylık Kar Yağışlı Günler Sayısı Ortalaması	19	0.25	0.08	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.02	0.03	0.36
Aylık Yağışlı Günler Sayısı Ortalaması	19	13.00	12.14	11.71	9.20	5.71	2.27	1.03	1.27	4.25	8.37	1.00	12.22	1.00
Aylık Yağmurlu Günler Sayısı Ortalaması	19	12.90	12.08	11.71	9.14	5.64	2.27	1.03	1.27	4.25	8.37	1.00	12.20	1.00
Aylık Dolulu Günler Sayısı Ortalaması	19	1.27	1.66	1.86	1.47	1.20	0.59	0.08	0.20	1.02	2.00	1.63	1.92	14.90
Aylık Sisli Günler Sayısı Ortalaması	19	0.02	0.08	0.03	0.03	0.25	0.27	0.16	0.02	0.30	0.03	0.02	0.02	0.25
Aylık Hâkim Rüzgâr Yönü ve Yüzdesi (%)	11	SSE 16.48	NNE 17.44	NNE 15.75	SSE 16.97	SSE 19.76	SSE 22.39	NNE 25.73	NNE 24.33	SSE 22.10	SSE 21.16	SSE 23.38	SSE 18.15	NNE 20.30
Aylık Ortalama 10 cm. Toprak Sıcaklığı (°C)	11	5.7	7.4	10.1	14.1	20.0	25.5	29.1	29.1	24.7	17.4	11.8	7.5	16.9
Aylık Ortalama 20 cm. Toprak Sıcaklığı (°C)	11	6.4	7.7	10.2	14.0	19.4	24.9	28.5	28.9	25.0	18.1	12.7	8.4	35.6
Aylık Ortalama 50 cm. Toprak Sıcaklığı (°C)	11	7.4	8.1	10.2	13.4	18.0	22.9	26.6	27.8	25.1	19.3	14.2	9.9	16.9

Çizelge 2.2: Çalışma alanının Thornthwaite Yöntemine Göre Su Bilançosu.

Bilanço elemanları		A Y L A R												Vejetasyon devresi		YILLIK
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	İçi	Dışı	
Sıcaklık	°C	5,7	7,6	10,0	13,7	18,8	23,1	25,2	25,1	21,4	15,9	11,7	7,3			15,5
Sıcaklık indisi	i	1,2	1,9	2,9	4,6	7,4	10,1	11,6	11,5	9,0	5,8	3,6	1,8			71,4
Düzeltilmemiş PE	mm.	11,1	17,7	27,7	46,1	77,2	107,8	124,2	123,4	95,2	58,8	35,7	16,6			
Güneşlenme süresine göre PE		0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,26	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81			
Düzeltilmiş PE	PET	9,3	14,8	28,5	51,2	95,7	135,1	156,6	146,0	98,7	56,4	29,6	13,4	797,8	37,5	835,3
Yağış	y	90,4	80,5	76,9	56,6	39,7	44,2	6,7	9,3	52,2	89,6	62,0	111,3	437,0	282,1	719,1
Depo Değişikliği	Dd	-	-	-	-	-56,0	-44,0	-	-	-	33,2	32,4	34,5			
Depolama	D	100,0	100,0	100,0	100,0	44,0	-	-	-	-	33,2	65,5	100,0			100,0
Gerçek Evapotranspirasyon	GET	9,3	14,8	28,5	51,2	95,7	88,2	6,7	9,3	52,2	56,4	29,6	13,4	417,6	37,5	455,1
Su Noksanı	Sn	-	-	-	-	-	47,0	149,9	136,8	46,5	-	-	-	380,2	0,0	380,2
Su Fazlası	Sf	81,0	65,7	48,4	5,4	-	-	-	-	-	-	-	63,4	53,8	210,1	263,9
Yüzeysel Akış	Yü1	72,2	73,4	57,0	26,9	2,7	-	-	-	-	-	-	31,7	86,7	177,3	263,9
" "	Yü2	56,4	61,1	54,7	30,1	15,0	7,5	3,8	1,9	0,9	0,5	0,2	31,8	0,0	263,9	263,9
Nemlilik Oranı	Ne	8,7	4,4	1,7	0,1	-0,6	-0,7	-1,0	-0,9	-0,5	0,6	1,1	7,3			
İklim Tipi		C2 B'2 s2 b'3: Yarı Nemli, Orta sıcaklıkta (Mezotermal), Su noksanı yaz mevsiminde ve çok kuvvetli olan, Okyanus iklimine yakın iklim														

Walter yöntemine göre oluşturulan iklim tipi grafiğinden anlaşılabacağı üzere Nisan ayından itibaren sıcaklığın artması ve yağışların azalması nedeniyle Mayıs ile Eylül ayları arasın kurak geçmekte ve bu dönemde su açığı bulunmaktadır. Sunoksanı Ekim ayında ortadan kalkmakta ve tekrar su birikmeye başlamaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Çalışma alanı Walter iklim diyagramı.

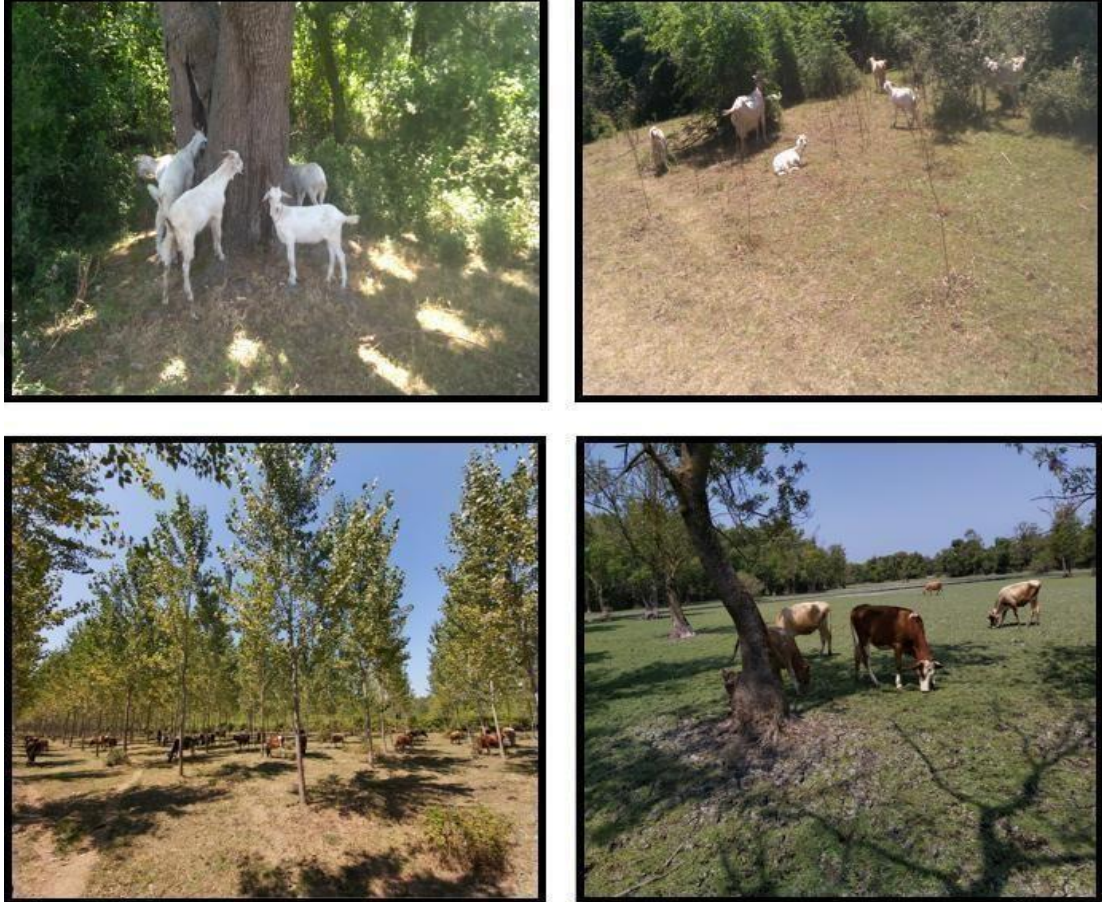
2.3 Çalışma Alanının Coğrafik Özellikleri

Bursa ilinin Karacabey ilçesi sınırlarında yer alan çalışma alanı, 40°21'43" Kuzey Enlemi ile 28°23'02"-23°34'01" Doğu Boyamları arasındadır. Bölgenin deniz seviyesinden yüksekliği ise yaklaşık 15 m'dir.

Bursa ili topraklarının yaklaşık %35'ini dağlar kaplamaktadır. Dağlar genellikle doğu-batı yönünde uzanan sıradağlar şeklinde olup, %48'i platolar ve 17'si ise ovalarla kaplıdır. Bu ovalar ise alüvyal topraklara sahip olması sebebi ile çok verimli olmakla beraber bunların bazıları Karacabey, Orhangazi, İznik, İnegöl, Bursa, Yenişehir Ovalarıdır.

Toprakları yüksek verimli Karacabey Ovası'nda en çok buğday, arpa, mısır, fasulye bezelye, şekerpancarı, pamuk, ayçiçeği ve tütün yetiştirilir. Ayrıca patates ve soğan üretiminde gelişen ilçede, sebzeçilik ve meyvecilik de gelişmiştir.

Halkın geçim kaynaklarından biri de hayvancılıktır. Genellikle büyükbaş ve küçükbaş hayvan yetiştiriciliği yapılmakta olup, bunların başında manda, inek, keçi ve koyun gelmektedir. Bölgede kuraklığın en fazla olduğu yaz döneminde subasar ormanlarından suların çekilmesiyle ortaya çıkan açık alanlarda hayvanlar otlatılmaya bırakılmaktadır (şekil 2.4).



şekil 2.4: Karacabey subasar ormanlarında ve çevresinde serbestçe otlayan hayvanlar.

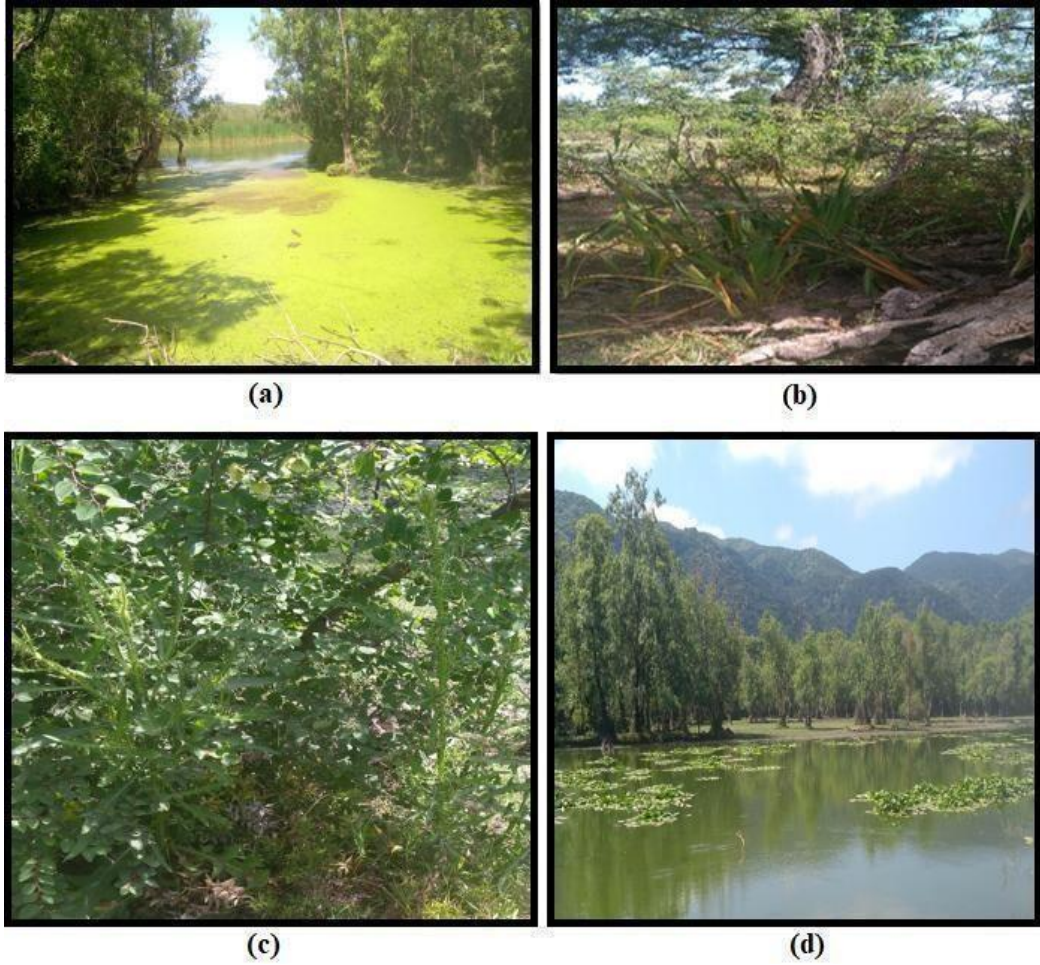
Bir adet kuş gözlem evi bulunan Kocaçay ve Longoz Ormanı pek çok kuş türüne ev sahipliği yapmanın yanında, kuş türlerine beslenme, dinlenme ve üreme alanı da sağlamaktadır. Kara Leylek, Büyük Orman Kartalı, Kızıl şahin, Yılan Kartalı Flamingo, Kuğu, Yeşil Ağaçkakan, Turna, Bataklık Kırlandı olmak üzere birçok kuş türü bulunmaktadır (şekil 2.5).

Karacabey Ovası'nda özellikle Subasar ormanları ve yakın çevresinde dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) başta olmak üzere, kıızılağaç (*Alnus glutinosa* (L.)), ve meşe türleri (başta *Quercus cerris* olmak üzere *Quercus robur* ve *Quercus pubescens*)

bulunmaktadır. Bunların yanı sıra kavak, çınar, ılgın, akçakesme, karaçalı, hayıt, tavşan memesi, akkavak, yabani asma, yabani erik, kofa, nilüfer, göl zambağı, su mercimeği lavanta gibi birçok bitki ve ağaç türleri alanda görülmektedir (Şekil 2.6).



Şekil 2.5: Kuş gözlem evi ve Kuğu kuşları.



Şekil 2.6: (a) Su mercimeği, (b) Göl zambağı, (c) Tavşan memesi, (d) Nilüfer.

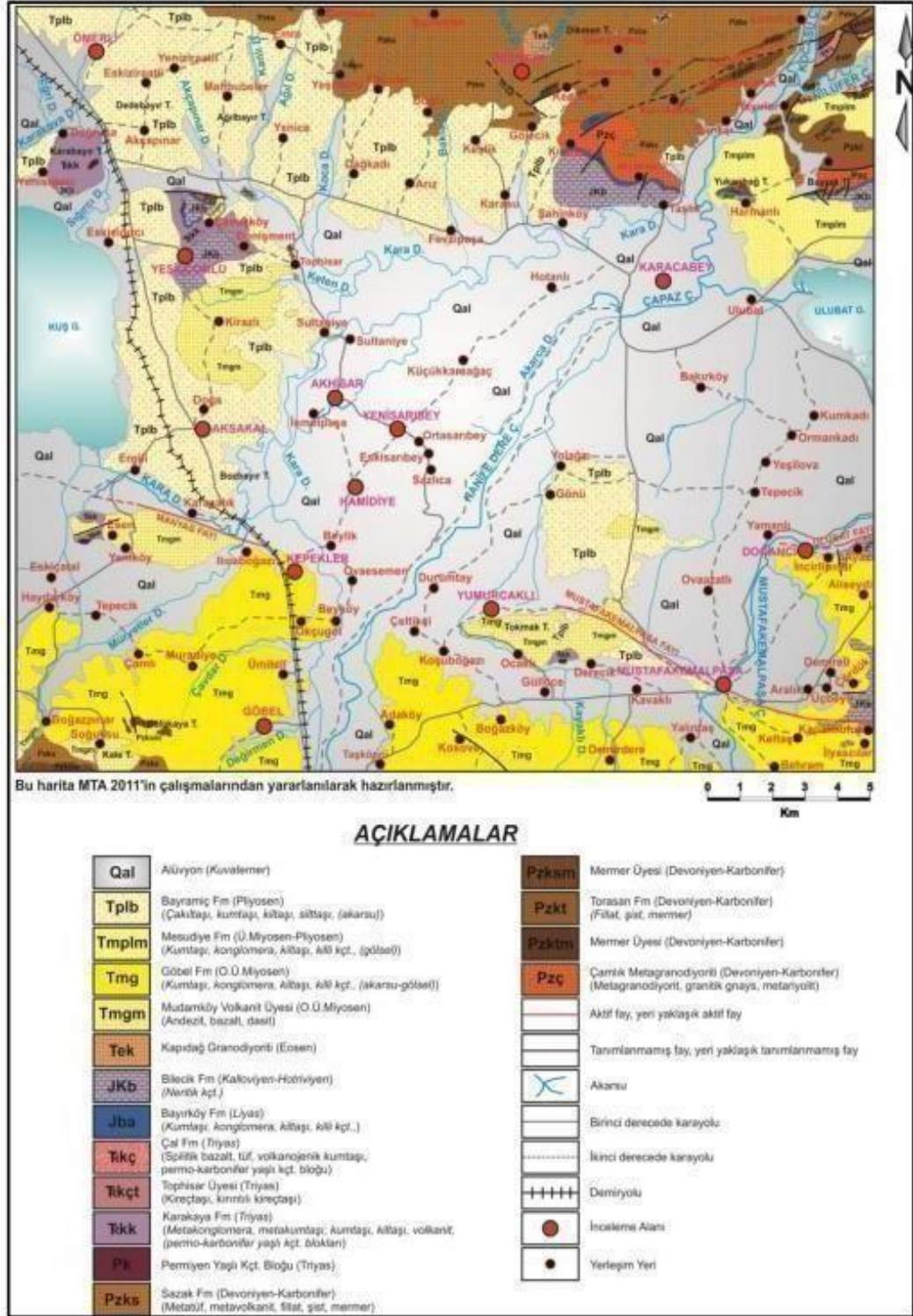
Karacabey subasar ormanlarında doğal olarak yetişen kofa (*Juncus* sp.) bitkisi elle çekilerek toplandıktan sonra, kurutularak demetler haline getirilir. Daha sonra demetler haline getirilmiş olan bu bitki çelenk yapımında, çiçek bağlamada ve bazı süs eşyalarına görsel güzellik kazandırmak amaçlı kullanılmakta olup böylece bu faaliyet köy halkına gelir kaynağı olmaktadır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7: Kofa bitkisinin toplanması ve kurutularak demetler haline getirilmesi.

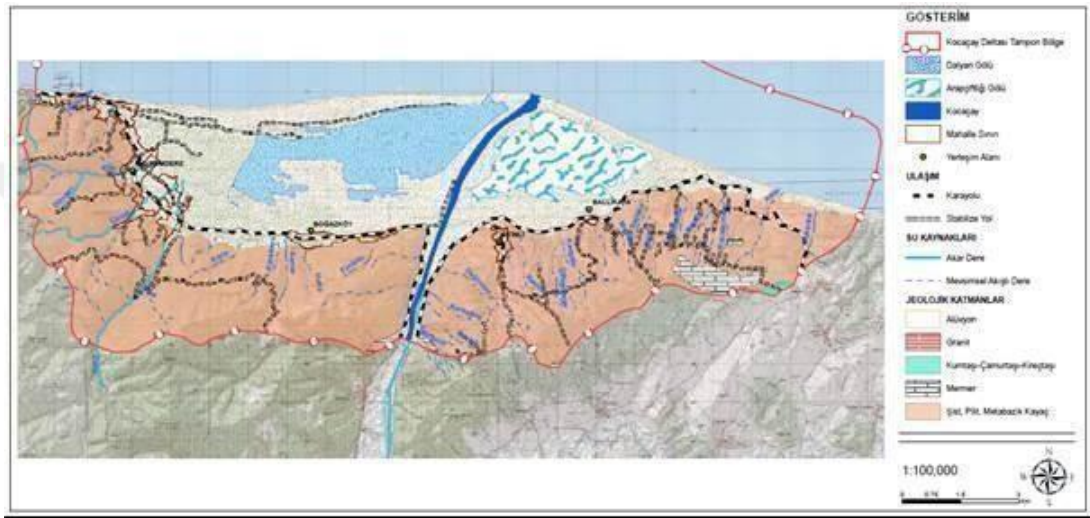
2.4 Çalışma Alanının Jeolojik, Jeomorfolojik ve Toprak Yapısı

Karacabey Ovası dördüncü jeolojik zamanda meydana gelen çökmeler esnasında oluşmuştur. Bu çöküntü oluğunun daha derin olduğu çukurluklarda Doğuda Ulubat, Batıda ise Manyas (Kuş Gölü) Gölleri oluşmuştur (Şekil 2.8).



Şekil 2.8: Karacabey ve çevresine ait jeomorfoloji haritası.

Çalışma alanı Sakarya Zonu içerisinde yer almaktadır. Sakarya Zonu altta Uludağ grubunda yüzeyleyen Paleozoik yaşlı bir temel ve temeli tektonik olarak örten Permien-Triyas yaşlı dalma-batma zonlu kayalarından meydana gelir. Çalışma bölgesinde Devonien-Karbonifer yaşlı granodiyorit tarafından kesilmiş şist ve gnays türü kayalar ile bunlarla tektonik ilişkili fillat, şist, mermerlerden oluşan Torasan Formasyonu ve metatüf, metavolkanit, fillat, şist, mermerlerden oluşan Sazak Formasyonu, Geç Paleozoik (Geç Permien öncesi) yaştaki Kalabak Grubu adı altında temelde yer alırlar (Şekil 2.9).

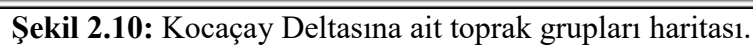


Şekil 2.9: Kocaçay Deltasına ait jeoloji haritası.

Kocaçay, Marmara Denizi'ne en fazla malzeme taşıyan akarsulardan birisi olduğundan ağzında geniş bir delta ovası oluşmuştur. Deltayı oluşturan Kocaçay kayalar içine gömülmüş bir halde yaklaşık 8 km uzunluğundaki Karacabey boğazını geçerek bir tek ağızdan denize ulaşmaktadır. Akarsu ağzının iki yanında, düzensiz geometrili ve zaman içinde konumları değişebilen lagünler (Arapçiftliği ve Dalyan Gölü) meydana gelmiştir.

Delta yelpazesinde 30-100 cm yükseklikte, 150-500 m uzunlukta, araları killi tortullarla dolu yayvan ve sırtlar şeklinde güncel kıyıya paralel uzanım gösteren kıyı kordonları bulunmaktadır. Eski kumsallar olarak bilinen bu sırtlar, deniz seviyesinin yükselmesi sonucu lagünler veya denizel bataklıklar içerisinde kalmışlardır. Deltanın batı kesimini, toplam alanı 194 ha olan Dalyan gölü kaplarken, 600 ha alanı sazlıklar, 730 ha alanı ormanlar kaplamaktadır. Doğu bölümünde ise 391 ha alan ile Arapçiftliği Gölü, tarım alanları, kumullar, sazlıklar ve geniş çamur düzlükleri yer almaktadır. Shelf alanı oldukça sığ olan Kocaçay'ın batı ve doğusunda oluşmuş olan bu lagünlerin

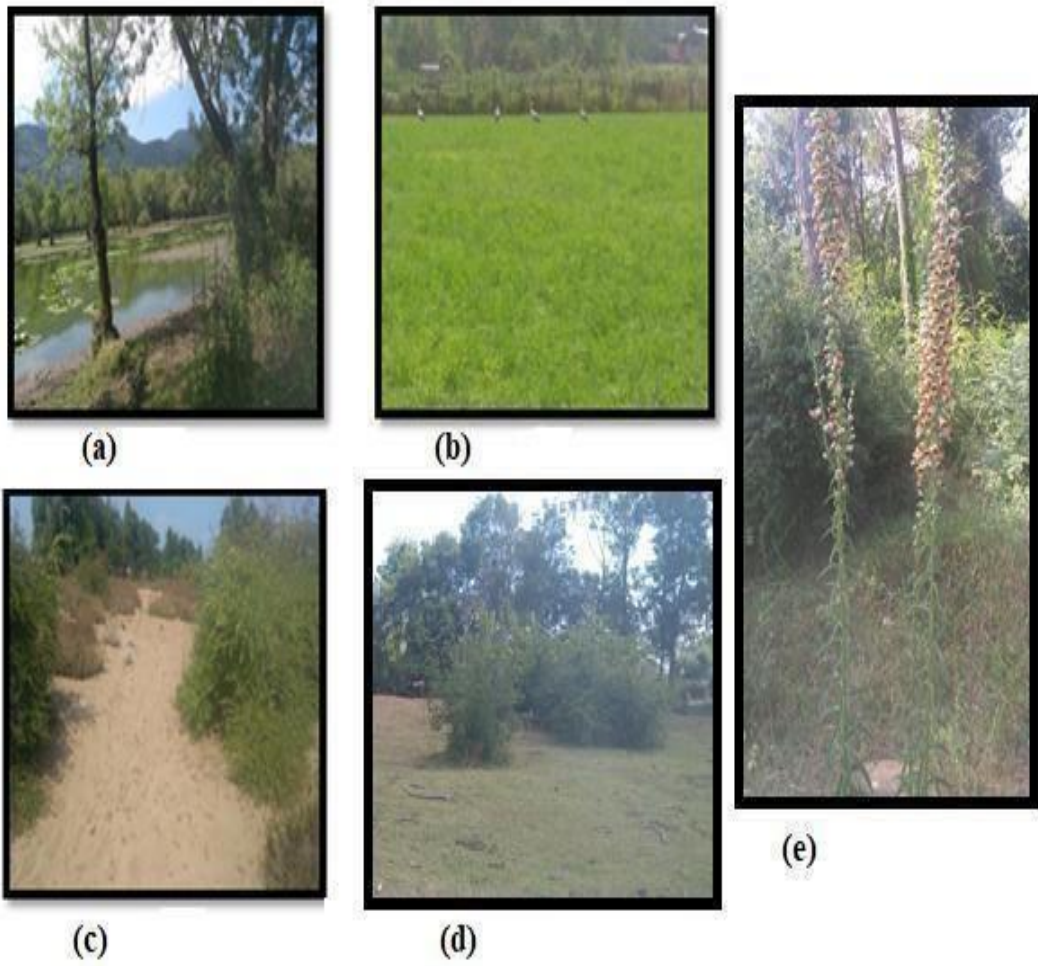
Ana kaya, jeomorfolojik özellikler, iklim ve bitki örtüsü gibi çevre faktörleri farklı tipte toprakların oluşumuna neden olmuştur. Araştırma alanında alüvyal, kolüvyal, kireçsiz kahverengi orman toprakları, kahverengi orman toprakları, rendzinalar, alüvyal sahil toprakları bulunmaktadır (Şekil 2.10). Ana toprak grupları alanında en fazla kireçsiz kahverengi orman toprakları, sonra sırası ile kahverengi orman toprakları, alüvyal topraklar, kolüvyal topraklar, alüvyal sahil toprakları ve rendzinalar gelmektedir.



2.5.1 Deneme alanlarının belirlenmesi

Her bir arazi kullanım türünde alınan deneme alanları belirlenirken öncelikle çalışılacak alanın subasar orman sınırları içinde veya yakın çevresinde olmasına, arazi kullanım türünü temsil edecek şekilde yeterli büyüklükte olmasına, mümkün olduğu kadar dış etkenlerden (rekreasyonel faaliyetler ve hayvan otlatma gibi) aşırı şekilde etkilenmemiş olmasına, subasar ve karasal alanda yer alan ağaç türlerinin saf veya

Çalışılan ağaç türünün dominant olduğu meşcerelerden oluşmasına dikkat edilmiştir.



şekil 2.11: Karacabey alışma alına ait farklı arazi kullanım eşitleri: Subasar ormanlar (a), tarım alanları (b), kumul alanlar (c), mera alanları (d), kıızılcām ormanları (e).

Yukarıda açıklanan özelliklere sahip farklı arazi kullanım türlerinin bulunduğu Bursa Karacabey ormanlarını ve yakın çevresi ekosistemlerin (subasar orman, karasal orman, tarım, mera ve kumul alanları) her biri için 3 tekrarlı 20 m x 20 m= 400 m² boyutlarında deneme parselleri alınmıştır. Tekrar deneme alanları arasındaki mesafenin 300 metre olmasına zen gösterilmiştir. Deneme alanları temmuz ayında alınmıştır.

Toplam alınan deneme alanı sayısı 15 adet olmuştur [3 tekrar deneme alanı x 5 farklı ekosistem (subasar dişbudak meşceresi, karasal kıızılcām meşceresi, mera alanı, tarım alanı ve kumul alanı) = 15 adet]. Bu deneme alanlarına ek olarak, subasar ormanlarda ağaç türünün depolanan toprak organik karbon ve toplam azot miktarına etkisini belirlemek için subasar ortamda asli tür olarak bulunan diğer ağaç türlerinden kıızılağaç ve meşe alanlarından da üçer adet deneme alanı alınmıştır. Böylece, tüm çalışma için

alınan toplam deneme alanı sayısı 21 adet olmuştur.

2.5.2 Meşcere özelliklerinin belirlenmesi

Karacabey subasar ormanlarında bulunan Dişbudak, Kızılağaç, Meşe (*Quercus cerris*) ve yakın çevresinde bulunan Kızılçam meşcerelerinde alınan deneme alanlarının ortalama ağaç çapı, yaşı, ağaç boyu ve meşcere kapallılığı belirlenmiştir.

Deneme alanlarındaki ağaçların ortalama yaşı artım bulgusu ile 3 farklı ağaçtan alınan yaş kalemi üzerinde yapılan ölçümlerin ortalaması olarak belirlenmiştir (Şekil 2.12). Ağaçların yaşı tespit edilirken hatayı önlemek için artım kalemleri birbirine dik iki yönde alınmış ve artım kaleminin, gövde eksenine dik olmasına ve özden geçmesine dikkat edilmiştir.



Şekil 2.12: Artım burgusu kullanılarak yaş kalemi alınması ve yaş tespiti yapılması.

Deneme alanlarında yaşları belirlenen ağaçların çapları kumpas yardımıyla, boyları ise dijital boy ölçer kullanılarak ayrıca belirlenmiştir (Şekil 2.13).



(a)



(b)

Şekil 2.13: Deneme alanlarında ağaçların çap (a) ve boylarının belirlenmesi (b).

Meşcere kapalılığı ise deneme alanlarındaki ağaçların tepe çatılarının birbiriyle olan mesafeleri ve toprağı siperleme durumları değerlendirilerek belirlenmiştir. Meşcere kapalılığını yorumlarken “Orman amenajman planlarının düzenlenmesine uygulanmasına ve yenilenmesine dair yönetmelik” teki kapalılık sınıflamaları kullanılmıştır.

2.5.3 Toprak yüzeyi ölü örtü miktarının belirlenmesi

Her bir deneme alanında ölü örtünün toprak yüzeyini örtme derecesi belirlenmiştir. Deneme alanlarında 50 cm x 50 cm büyüklüğünde 5 adet ölü örtü örneği alınmıştır. Ölü örtü yaprak (L) + Çürüntü (F) + Humus tabakaları (H) birlikte örneklenmiştir. Bunların ağırlıkları laboratuvar ortamında ayrı ayrı ölçülmüş ve daha sonra karıştırılarak örnek oluşturulmuştur.

2.5.4 Toprak örneklerinin alınması

Farklı arazi kullanım türlerinde (subasar orman, karasal orman, otlak alanı, tarım alanı ve kumul alanı) alınan deneme alanlarının toprak örnekleme altı farklı derinlik kademesinden (0-10 cm, 10- 20 cm, 20-30 cm, 30-60 cm, 60-100 cm, 100-130 cm)

yapılmıştır. Alınan toplam örnek sayısı 126 adet (21 deneme alanı x 6 toprak derinliği= 126 adet) olmuştur.

Farklı toprak derinlik kademelerinden doğal yapısı bozulmamış toprak örnekleme için çelik silindir yardımı ile yapılmıştır (Şekil 2.14). Alınan silindir örneğin kenarları keskin bir bıçak yardımıyla fazlalıklardan temizlenmiş ve polietilen torbalara yerleştirilerek etiketlenmiştir.



Şekil 2.14: Çelik silindir yardımıyla toprak örnekleme.

Toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek için açılan toprak çukurlarından doğal yapısı bozulmuş toprak örnekleri de alınmıştır. Bazı tekrar deneme alanlarından, toprak çukurunun derim kısımlarından toprak örneği toprak burgusu kullanılarak alınmıştır (Şekil 2.15 ve Şekil 2.16). Alınan örnekler naylon torbalara konularak etiketlenmiştir (Şekil 2.17).



Şekil 2.15: Subasar alanda toprak burgusu kullanılarak toprak örneği alınması.



Şekil 2.16: Kumul alanda toprak burgusu yardımıyla toprak örneği alınması.

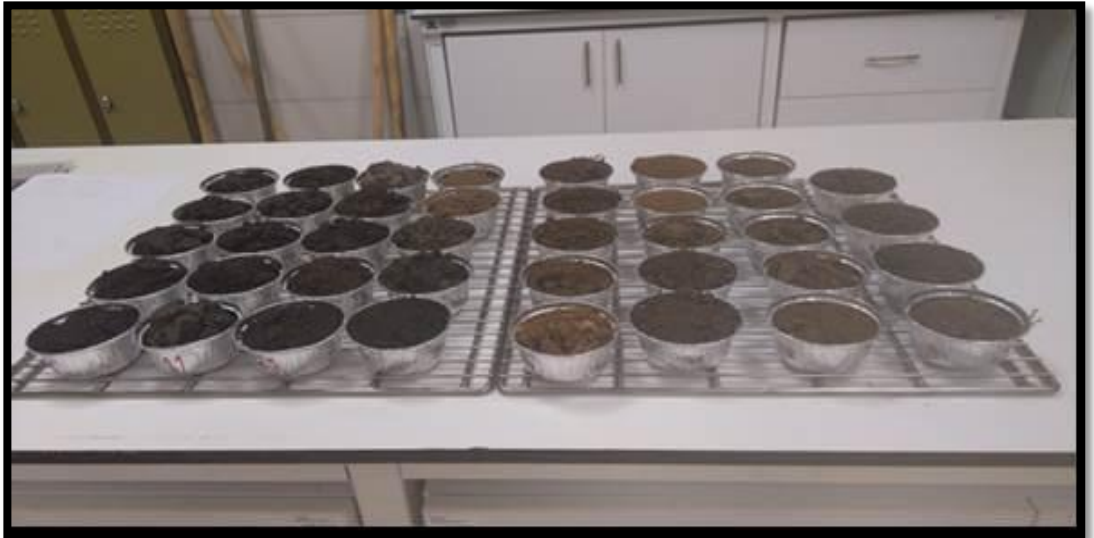


Şekil 2.17: Alınan toprak örneklerinin naylon torbalara konularak etiketlenmesi.

2.6 Laboratuvarda Yapılan Çalışmalar

2.6.1 Toprak örneklerinin analizi

Laboratuvara getirilen doğal yapısı bozulmamış çelik silindirdeki toprak örneklerinin önce yaş ağırlıkları tartılarak belirlendikten sonra (Şekil 2.18), 105°C’de 24 saat etüvde kurutularak fırın kurusu ağırlıkları belirlenmiştir (Şekil 2.19). Toprağın hacim ağırlığı (gr/cm^3); toprağın fırın kurusu ağırlıkların (gr) çelik silindir örneğinin hacmine (cm^3) oranı ile hesaplanmıştır (Blake, 1986).



Şekil 2.18: Toprak örneklerinin analize hazırlanması.



Şekil 2.19: Örneklerin fırın kurusu hale getirilmesi.

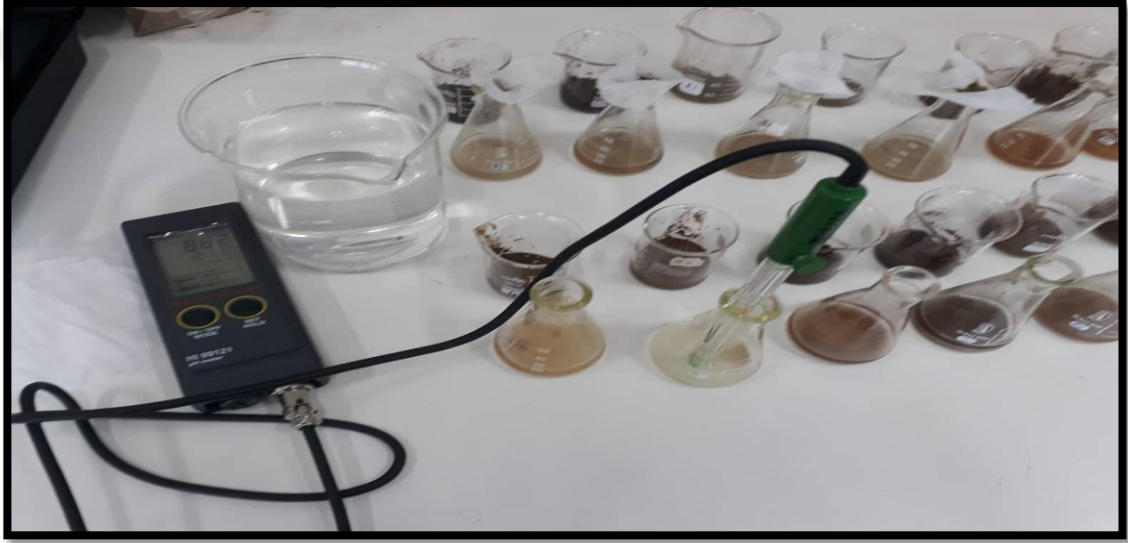
Laboratuvara getirilen doğal yapısı bozulmuş toprak örnekleri önce kurutma raflarına serilerek hava kurusu hale gelinceye kadar kurutulmuştur (Şekil 2.20). Daha sonra 2 mm'lik eleklerden geçirilerek iskelet kısmı ayrılarak tartılmış ve poşetlere konulmuştur (Şekil 2.21). Daha sonra bu örnekler toprak pH, elektriksel iletkenlik ve tekstür analizleri için kullanılmıştır. Toprak örneklerinin asitliği 1:2,5 oranında saf su ile hazırlanan çözeltilerde cam elektrodlu pH metre (Şekil 2.22) ile elektriksel iletkenlik (EC) iletkenlik ölçer (Şekil 2.23) ile ölçülmüştür (Gülçur, 1974). Toprak örneklerinin kum, kil ve toz oranları (toprak türleri) Bouyoucos hidrometre metodu (Bouyoucos, 1962) (Şekil 2.24) ve uluslararası toprak türleri üçgeni kullanılarak belirlenmiştir (Gülçur, 1974).



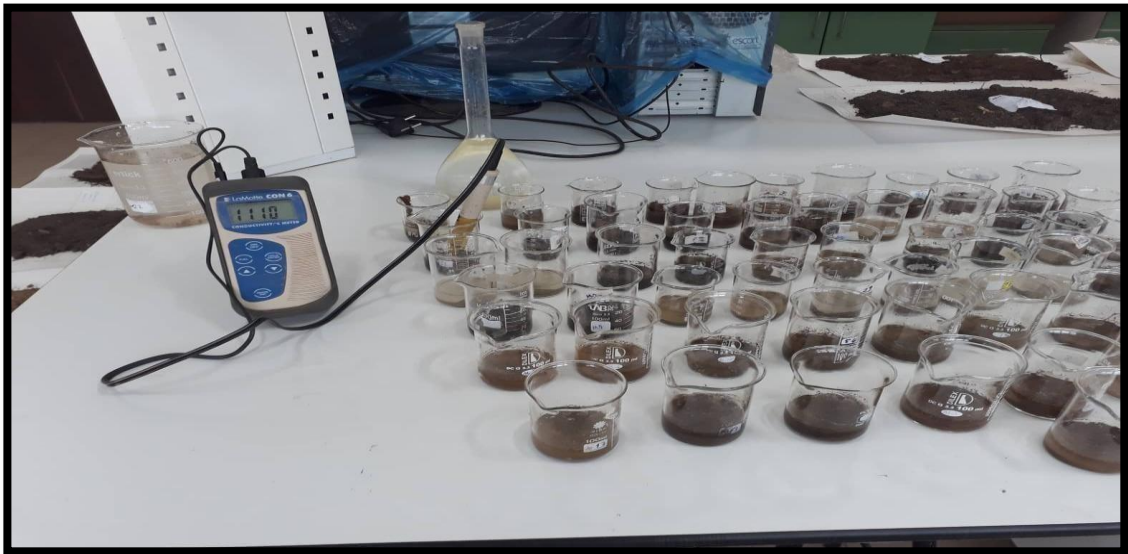
Şekil 2.20: Hava kurusu hale gelmiş toprak örnekleri.



Şekil 2.21: Analize hazır hale getirilmiş 2 mm lik elekten geçirilmiş toprak örnekleri.



Şekil 2.22: Toprak örnekleri üzerinde yapılan pH ölçümleri.



Şekil 2.23: Elektriksel iletkenliğin ölçülmesi.



Şekil 2.24: Toprak örneklerinin tekstür analizinin yapılması.

Toprak örneklerinin toplam karbon ve azot miktarı Bursa Teknik Üniversitesi Merkez laboratuvarında kuru yakma yöntemine göre, Eurovector EA3000-Single CNH-S elementer analiz cihazında tayin edilmiştir (Şekil 2.25).

Çalışma alanlarından alınacak topraklarının toplam azot miktarının belirlenmesindeki temel amaç, toprakların C:N oranının tespit edilmesidir. Böylelikle hem toprak derinlik kademeleri hem de farklı arazi kullanım alanları arasındaki farklılıkları toprak kalitesi açısından değerlendirmemizde C:N oranı sonuçların yorumlanmasında bizlere yardımcı olacaktır. Toprakların C:N oranı bir çok çalışmada hem toprak kalitesinin hem de toprakların karbon ve azot besin elementi döngüsünün değerlendirilmesinde ve diğer çalışmalarla karşılaştırılmasında önemli bir gösterge olarak kullanılmaktadır (Zhang ve diğ., 2011; Ge ve diğ., 2013).

Toprakta depolanan organik karbon (TOK-stoku Mg C ha^{-1}) ve Toplam azot (TA-stoku Mg N ha^{-1}) ise aşağıda verilen formüle göre yapılmıştır (Lee ve diğ., 2009; Sariyildiz ve diğ., 2016):

$$\text{TOK-stoku (Mg C ha}^{-1}\text{): \%TOK} \times \text{Mi (Mg ha}^{-1}\text{)}$$

$$\text{TA-stoku (Mg N ha}^{-1}\text{): \%TA} \times \text{Mi (Mg ha}^{-1}\text{)},$$

Bu formülde verilen Mi, i inci toprak derinliğinde kuru toprağın kütlesini ifade etmekte olup, miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Mi: BDi} \times \text{Ti} \times 10^4$$

Bu formülde BDi, toprak derinliğindeki toprak hacim ağırlığını (ton m^{-3}), Ti ise toprak derinliğindeki toprak kalınlığını (m), 10^4 birim değişim faktörünü ($\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$) ifade etmektedir.



Şekil 2.25: Eurovector EA3000-Single CNH-S element analyser.

2.6.2 Toprak yüzeyi ölü örtü örnekleri

Çalışma alanından alınan, ölü örtü örnekleri laboratuvara getirilmiştir. Getirilen örneklerin öncelikle yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Sonrasında etüvlerde 70°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 t/ha olarak hesaplanmıştır (Makineci, 1999).

2.7 İstatistiksel Analiz

Arazi ve laboratuvarda yapılacak çalışmaların sonucunda elde edilen veriler bilgisayarda istatistik yöntemlerle değerlendirilmiştir. Çalışmada, elde edilen sonuçlara göre, istatistiksel analizler yapılarak, farklı arazi kullanımının ve toprak derinliğinin toprak organik karbon ve toplam azot miktarı ve stokları üzerindeki etkileri iki yönlü varyans analizi (*Two Way Anova*) ile test edilmiştir. Analiz öncesi verilerin normal dağılım gösterip göstermediği Kolmogrov Simirnov ve Shapiro- Wilk testleri ile test edilmiştir. Ortalamaların karşılaştırılması ise Duncan testi ile

yapılmıştır. İstatistik işlemler en güncel SPSS istatistik paket programı (IBM SPSS 20.0) kullanılarak bilgisayar ortamında yapılmıştır.



3. BULGULAR

3.1 Subasar Ormanları ve Meşcere Özellikleri

Çalışma alanı olarak seçilen Karacabey subasar ormanlarının asli ağaç türlerinin (Dişbudak, Kızılağaç ve Meşe) ve çevresi karasal orman ekosistemini temsilen seçilen kızılçam meşcerelerinin genel özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Meşe çalışılan en yaşlı ortalama yaşa sahip iken kızılçam meşcerelerinin ortalama yaşı en düşük olarak belirlenmiştir. Yaşa bağlı olarak Meşe en yüksek boy ve çapa sahip olurken, en düşük ortalama boy ve çap Karacabey subasar ormanlarında en fazla yayılışa sahip olan Dişbudak meşcerelerinde ölçülmüştür. Çalışılan alanlarda kapalılık gelede orta ve gevşek kapalılık hâkimdir. Toprak yüzeyi humus formu mull ve moder formunda olup, bu form tipi ölü örtü ayrışmasının hızlı veya su ile taşındığının (toprak içine veya deniz yönünde) bir göstergesi olarak düşünülmüştür.

Çizelge 3.1: Çalışılan alanlardaki ağaç türlerinin bazı meşcere özellikleri.

Ağaç türleri	Ortalama göğüs yüzeyi çapı (cm)	Ortalama Boy (m)	Ortalama Yaş (yıl)	Kapalılık (%)	Humus formu
Dişbudak	24 (14.4-43)	13 (9.5-16.5)	62 (54-87)	41-70 (orta kapalı)	Mull
Kızılağaç	38 (22.5-63)	20 (15.5-24.5)	65 (50-80)	41-70 (orta kapalı)	Mull
Meşe	48 (36-60)	30 (25-35)	80 (70-120)	11-40 (gevşek kapalı)	Mull
Kızılçam	36 (30-43.1)	20 (19-21)	36 (33-40)	41-70 (orta kapalı)	Moder

3.2 Ölü Örtü Miktarı

Ağaç türlerine ait deneme alanlarında yapılan ölü örtü örneklemesinin (50 cm x 50 cm olmak üzere 5 adet) belirlenen kuru ağırlıklarının hektardaki miktarı ton olarak hesaplandığında, ölü örtü miktarının en yüksek kızılçam ormanlarında (5.2 ile 7.8 ton arasında) olduğu, bu türü 1.5 ile 3.5 ton arasındaki değişimle meşe ormanlarının ve 2.3 ile 3.7 ton arasında değişimle kızılçam ormanlarının izlediği, en düşük değeri ise 1.5 ile 3.5 ton ile dişbudak alanlarının gösterdiği belirlenmiştir.

3.3 Toprak Özellikleri

Karacabey Subasar ormanlarının farklı ağaç türü ve arazi kullanım alanlarında alınan deneme alanlarının üst (0-50 cm) ve alt (50-130 cm) topraklarına ait organik maddesi, pH, elektriksel iletkenlik, hacim ağırlığı, boşluk yüzeyi ve tekstürü (kum, toz, kil miktarı) Çizelge 3.2’de verilmiştir.

3.3.1 Toprak organik maddesi

Toprak organik maddesi bakımından en yüksek değerler meşe (%14.7), dişbudak (%13) ve kızılğaç (%10.6) üst topraklarında tespit edilmiştir. Üst topraklarda en düşük organik madde içeren kumul (%0.70) alanlarını ise kızılçam (%5.45), tarım (%8.13) ve otlak (%8.06) alanları takip etmiştir.

Tüm örnekleme alanlarında, alt topraklar organik madde miktarı bakımından daha düşük değerler göstermiştir. Arazi kullanım durumu ve ağaç türleri arasındaki farklılıklar incelendiğinde ise, üst topraklarda olduğu gibi kumul alanları en düşük değeri (%0.54) göstermiştir. Üst topraklardaki sıralamadan farklı olarak, alt topraklarda, tarım (%8.75), otlak (%7.50) ve Kızılçam (%4.89) alanları, subasar alanları ağaç türlerinden; dişbudak (%4.29), Kızılğaç (%3.86), Meşe (%3.23) daha yüksek değerlere sahip olmuştur.

3.3.2 Toprak pH

Toprak pH değerleri bakımından en yüksek değer kumul üst topraklarında (8.89) tespit edilmiştir. Üst topraklarda en düşük pH ise Kızılçam topraklarında (6.55) belirlenmiştir. Diğer alanların üst topraklarının pH değerleri 7.55 ile 8.53 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 3.2).

Kızılçam ve Kızılğaç toprakları hariç, alt topraklarda pH değeri üst topraklara göre daha düşük değerler göstermiştir. Kızılçam ve Kızılğaç topraklarında pH değeri artış göstermiştir. Üst topraklarda olduğu gibi kumul alanları en yüksek pH değeri (8.80) göstermiştir. Üst topraklardakinden farklı olarak, alt topraklarda en düşük pH tarla alanı topraklarında (6.22) belirlenmiştir. Diğer alanların alt topraklarının pH değerleri 7.42 ile 8.70 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 3.2).

3.3.3 Elektriksel iletkenlik

Dişbudak ve otlak alanları elektriksek iletkenliğin en yüksek olduğu üst topraklar olarak belirlenmiştir (aynı sıralamada 1.75 dSm^{-1} ve 1.56 dSm^{-1}). Üst topraklarda en düşük elektriksel iletkenlik ise meşe (0.01 dSm^{-1}) ve Kızılçam (0.06 dSm^{-1}) topraklarında belirlenmiştir. Diğer alanların üst topraklarının elektriksel iletkenlik değerleri 0.14 dSm^{-1} ile 0.67 dSm^{-1} arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 3.2).

Dişbudak, Kızılağaç ve otlak alan alt topraklarında elektriksel iletkenlik değeri üst topraklara göre daha düşük değerler göstermiştir. Meşe topraklarında elektriksel iletkenlik artış gösterirken, diğer alanlarda bir farklılık görülmemiştir (Çizelge 3.2). Üst topraklarda olduğu gibi Dişbudak en yüksek elektriksel iletkenlik değeri (0.98 dSm^{-1}) göstermiştir. En düşük elektriksel iletkenlik değeri ise 0.05 dSm^{-1} ile Kızılçam topraklarında belirlenmiştir. Diğer alanların alt topraklarının pH değerleri 7.42 ile 8.70 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 3.2).

3.3.4 Hacim ağırlığı

Üst topraklarda toprak hacim ağırlığı en yüksek kumul alanında (1.96 g cm^{-3}) tespit edilmiştir. En düşük toprak hacim ağırlığı ise dişbudak topraklarında (1.11) belirlenmiştir. Diğer alanların üst topraklarının toprak hacim ağırlığı 1.19 g cm^{-3} ile 1.66 g cm^{-3} arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 3.2).

Alt topraklara doğru hacim ağırlığında bir artış görülmüştür. Üst topraklarda olduğu gibi kumul alanlarında ve aynı değere yakın Meşe ve Kızılçam topraklarında en yüksek toprak hacim ağırlığı belirlenirken (aynı sıralamada 1.98 g cm^{-3} , 1.96 g cm^{-3} ve 1.89 g cm^{-3}), Dişbudak alanlarında en düşük toprak hacim ağırlığı (1.31 g cm^{-3}) tespit edilmiştir. Diğer alanların alt topraklarının toprak hacim ağırlığı 1.43 g cm^{-3} ile 1.75 g cm^{-3} arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 3.2).

3.3.5 Yüzde boşluk yüzeyi

Üst topraklarda boşluk yüzeyi en yüksek dişbudak topraklarında (%58) tespit edilmiştir. En düşük boşluk yüzeyi ise kumul alanlarında (%26) belirlenmiştir. Diğer alanların üst topraklarının boşluk yüzeyi %37 ile %55 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 3.2).

Alt topraklara doğru boşluk yüzeyinde bir azalma görülmüştür. Üst topraklarda olduğu gibi dişbudak topraklarında en yüksek boşluk yüzeyi (%51) belirlenirken, meşe ve

kumul alanlarında en düşük boşluk yüzeyi (%25) tespit edilmiştir. Diğer alanların alt topraklarının boşluk yüzeyi %34 ile %46 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 3.2).

3.3.6 Toprak tekstürü

Üst ve alt toprak türü kumul alanlarında kumlu balçık, tarım alanlarında killi balçık otlak alanlarında kumlu kil, kıvılcamda killi balçık olarak belirlenmiştir. Dişbudak ve kıvılcık topraklarının alt topraklarının toprak türü kumlu killi balçık olarak belirlenirken, üst toprakların toprak türü dişbudakta kumlu kil, kıvılcıkta ise kumlu balçık olarak tespit edilmiştir.

Üst topraklarda kil miktarının en yüksek olduğu topraklar dişbudak (%30) ve otlak alanlarında (%29) tespit edilmiştir. En düşük kil miktarı ise kumul alanlarında (%3) belirlenmiştir. Diğer alanların üst topraklarının kil miktarı %13 ile %21 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 3.2).

Alt topraklarda otlak alanlar en yüksek kil miktarına (%30) sahip olurken, kumul alanlarında en düşük kil miktarı (%4) tespit edilmiştir. Diğer alanların alt topraklarının kil miktarı %16 ile %24 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 3.2).

Üst ve alt toprakların toz miktarı en yüksek Kıvılcık ve tarım alanlarında belirlenirken, en düşük kumul ve otlak alanlarında tespit edilmiştir (Tablo 2). Kum miktarı doğal olarak en yüksek kumul alanlarının hem üst (%92) hem de alt (%90) topraklarında belirlenirken, en düşük kum miktarı ise tarım alanlarında (üst toprak %57, alt toprak %56) belirlenmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2: Çalışılan alanların üst (0-50 cm) ve alt (50-130 cm) topraklarının bazı özellikleri.

Arazi Kullanım Durumu	Toprak Derinlik Kademesi (cm)	Toprak organik maddesi (%)	pH	Elektriksel iletkenlik (dSm ⁻¹)	Hacim ağırlığı (g cm ⁻³)	Boşluk (%)	Kil (%)	Toz (%)	Kum (%)	Toprak türü
Dişbudak	0-50	13.0 ^b	8.50 ^b	1.75 ^a	1.11 ^e	58 ^a	30 ^a	10 ^b	59 ^e	Kumlu kil
	50-130	4.29 ^{gh}	8.00 ^c	0.98 ^b	1.31 ^d	51 ^b	22 ^b	6 ^c	72 ^c	Kumlu killi balçık
Kızılağaç	0-50	10.6 ^{cd}	8.53 ^b	0.62 ^c	1.19 ^e	55 ^a	13 ^c	11 ^b	76 ^{bc}	Kumlu balçık
	50-130	3.86 ^h	8.70 ^a	0.18 ^d	1.43 ^d	46 ^b	23 ^b	9 ^b	68 ^{cd}	Kumlu killi balçık
Meşe	0-50	14.7 ^a	8.20 ^{bc}	0.01 ^e	1.62 ^b	39 ^c	13 ^c	9 ^b	78 ^b	Kumlu balçık
	50-130	3.23 ^h	7.72 ^{cd}	0.15 ^d	1.96 ^a	26 ^e	16 ^c	5 ^c	79 ^b	Kumlu balçık
Kızılçam	0-50	5.45 ^f	6.55 ^e	0.06 ^e	1.58 ^c	40 ^c	19 ^b	21 ^a	60 ^e	Killi balçık
	50-130	4.89 ^{fg}	7.42 ^d	0.05 ^e	1.89 ^a	29 ^e	21 ^b	22 ^a	57 ^e	Killi balçık
Otlak alan	0-50	8.06 ^{de}	8.30 ^b	1.56 ^a	1.60 ^c	40 ^c	29 ^a	7 ^c	64 ^d	Kumlu kil
	50-130	7.50 ^e	7.93 ^c	0.66 ^c	1.66 ^{bc}	36 ^{cd}	30 ^a	5 ^c	65 ^d	Kumlu kil
Tarım alanı	0-50	8.13 ^{de}	7.55 ^d	0.14 ^d	1.66 ^b	37 ^c	21 ^b	22 ^a	57 ^e	Killi balçık
	50-130	8.75 ^d	6.22 ^e	0.17 ^d	1.75 ^b	34 ^d	24 ^b	20 ^a	56 ^e	Killi balçık
Kumul	0-50	0.70 ⁱ	8.89 ^a	1.05 ^b	1.96 ^a	26 ^e	3 ^d	5 ^c	92 ^a	Kumlu balçık
	50-150	0.54 ⁱ	8.80 ^a	0.87 ^b	1.98 ^a	25 ^e	4 ^d	6 ^c	90 ^a	Kumlu balçık

3.4 Toprak Organik Karbon ve Toplam Azot Miktarı ve Stokları

Toprak organik karbon (TOK) ve toplam azot (TA) miktarı ve stoklarının farklı ağaç türü, arazi kullanım durumu ve toprak derinlik kademesine göre değişimi Çizelge 3.3'te verilmiştir. TOK ve TA miktarlarının arazi kullanım farklılığı, toprak derinliği ve her ikisinin etkisine bağlı değişimlerinin istatistiksel olarak önem düzeyi Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Tüm toprak profili dikkate alındığında (0-130 cm), en yüksek ortalama yüzde TOK miktarı Kızılağaç altı topraklarında (%3,97) tespit edilmiştir. Bunu Dişbudak(%3,11), otlak alan (%2,79), Meşe (%2,43), tarla (%1,70), Kızılçam (%1,01) ve kumul (%0,53) toprakları izlemiştir.

Kızılağaç altı topraklar, TOK miktarında olduğu gibi en yüksek ortalama yüzde TA miktarına (%0.328) sahip olmuştur. Bunu %0.302 ile Dişbudak, %0.220 ile Meşe, %0.210 ile otlak alan, %0.155 ile tarla alanı, Kızılçam %0.087 ve %0.022 ile kumul toprakları izlemiştir.

TOK ve TA stoklarının arazi kullanım farklılığı, toprak derinliği ve her ikisinin etkisine bağlı değişimlerinin istatistiksel olarak önem düzeyi Çizelge 3.5'te verilmiştir. Toplam toprak organik karbon stoku bakımından en yüksek değer (678 Mg ha^{-1}) otlak alanı topraklarında belirlenirken, bunu sırasıyla Kızılağaç (405 Mg ha^{-1}), Dişbudak (393 Mg ha^{-1}), Meşe (293 Mg ha^{-1}), tarla alanı (259 Mg ha^{-1}), Kızılçam (162 Mg ha^{-1}) ve kumul toprakları (63 Mg ha^{-1}) takip etmiştir. Kumul alanı ile karşılaştırıldığında kızılçam toprakları 2,6 kat, tarla toprakları 4,1 kat, Meşe toprakları 4,7 kat, Dişbudak toprakları 6,2 kat, Kızılağaç toprakları 6,4 kat ve en yüksek otlak alanı toprakları 10,8 kat daha fazla organik karbon stokuna sahip olmuştur.

Toplam azot stoku bakımından ise en yüksek değer ($34,4 \text{ Mg ha}^{-1}$) Kızılağaç topraklarında belirlenirken, bunu Meşe ($28,6 \text{ Mg ha}^{-1}$), otlak alanı ($27,3 \text{ Mg ha}^{-1}$), Dişbudak ($26,2 \text{ Mg ha}^{-1}$), tarla alanı ($23,3 \text{ Mg ha}^{-1}$), Kızılçam ($15,9 \text{ Mg ha}^{-1}$) ve kumul toprakları ($2,52 \text{ Mg ha}^{-1}$) takip etmiştir.

Kumul alanı ile karşılaştırıldığında Kızılçam toprakları 6,3 kat, tarla toprakları 9,3 kat, Dişbudak toprakları 10,4 kat, otlak alanı toprakları 10,8 kat, Meşe toprakları 11,4 kat ve en yüksek Kızılağaç toprakları 13,7 kat daha fazla toplam azot stokuna sahip olmuştur.

Çizelge 3.3: Çalışma alanlarının toprak derinlik kademelerine göre toprak organik karbon (TOK) ve toplam azot (TA) miktarı (%) ile stoku (Mg ha⁻¹).

Arazi Kullanım Durumu	Toprak Derinlik Kademesi (cm)	TA miktarı (%)	TOK miktarı (%)	TA-Stoku (Mg N ha ⁻¹)	TOK-Stoku (Mg C ha ⁻¹)
Dişbudak	0-10	0.680 ^{Aa*}	7.32 ^{Aa}	6.43 ^{Ba}	69.8 ^{Cbc}
	10-20	0.597 ^{Aa}	6.42 ^{Aa}	6.11 ^{Aa}	66.0 ^{Bc}
	20-30	0.244 ^{Bb}	2.41 ^{Bcb}	3.17 ^{Cc}	31.3 ^{Dd}
	30-60	0.171 ^{ABb}	1.55 ^{Bb}	4.79 ^{Bb}	58.4 ^{Cc}
	60-100	0.079 ^{Bc}	0.61 ^{Cc}	4.11 ^{Cb}	96.2 ^{Ba}
	100-130	0.039 ^{Bc}	0.33 ^{Dc}	1.54 ^{Cd}	71.7 ^{Ba}
	0-130	0.302	3.11	26.2	393
	0-10	0.643 ^{Aa}	8.25 ^{Aa}	7.27 ^{Aa}	93.3 ^{Aa}
Kızılağaç	10-20	0.541 ^{Aa}	6.84 ^{Ab}	5.54 ^{Ab}	70.1 ^{Abc}
	20-30	0.433 ^{Ab}	5.20 ^{Ac}	6.17 ^{Ab}	74.2 ^{Ab}
	30-60	0.196 ^{Ac}	2.17 ^{Ad}	8.39 ^{Aa}	92.8 ^{Ba}
	60-100	0.106 ^{Ad}	1.14 ^{BCe}	6.02 ^{Ab}	65.3 ^{Cc}
	100-130	0.024 ^{Ce}	0.23 ^{Df}	1.03 ^{Cc}	9.78 ^{Ed}
	0-130	0.328	3.97	34.4	405
	0-10	0.507 ^{Ba}	6.13 ^{Ba}	6.08 ^{Bb}	73.5 ^{Cb}
	10-20	0.242 ^{Bb}	2.52 ^{Cb}	4.09 ^{Bd}	42.6 ^{Cc}
Meşe	20-30	0.128 ^{Cc}	1.30 ^{Cc}	2.51 ^{Ce}	25.6 ^{Ed}
	30-60	0.156 ^{Bc}	1.60 ^{Bc}	9.17 ^{Aa}	94.0 ^{Ba}
	60-100	0.066 ^{Bd}	0.61 ^{Cd}	5.18 ^{Bc}	47.6 ^{Dc}
	100-130	0.026 ^{Ce}	0.17 ^{Ee}	1.54 ^{Cf}	10.1 ^{Ee}
	0-130	0.220	2.43	28.6	293
	0-10	0.181 ^{Ca}	2.72 ^{Ca}	2.56 ^{Cb}	38.3 ^{Da}
	10-20	0.091 ^{Cb}	1.07 ^{Db}	1.31 ^{Dc}	15.4 ^{Dc}
	20-30	0.080 ^{Db}	0.79 ^{Dbc}	1.52 ^{Dc}	15.0 ^{Fc}
Kızılcām	30-60	0.063 ^{Dc}	0.56 ^{Ecd}	3.56 ^{Ca}	32.0 ^{Eb}
	60-100	0.052 ^{Cc}	0.41 ^{Dcd}	3.94 ^{C^{Da}}	31.0 ^{Fb}
	100-130	0.053 ^{Bc}	0.53 ^{Ccd}	2.99 ^{Bb}	29.9 ^{Db}
	0-130	0.087	1.01	15.9	162
	0-10	0.486 ^{Ba}	5.41 ^{Ba}	7.23 ^{Aa}	80.6 ^{Bc}
	10-20	0.273 ^{Bb}	4.03 ^{Bb}	3.77 ^{B^{Cc}}	43.1 ^{Ce}
	20-30	0.187 ^{Bb}	2.65 ^{Bc}	4.52 ^{Bbc}	66.7 ^{Bd}
	30-60	0.106 ^{Cc}	1.71 ^{ABd}	5.24 ^{Bb}	184.0 ^{Ab}
Otlak	60-100	0.099 ^{Ac}	1.47 ^{Ad}	6.58 ^{Aa}	230.0 ^{Aa}
	100-130	0.111 ^{Ac}	1.47 ^{Ad}	0.11 ^{Dd}	73.0 ^{Ac^d}
	0-130	0.210	2.79	27.3	678

Çizelge 3.3: (devam): Çalışma alanlarının toprak derinlik kademelerine göre toprak organik karbon (TOK) ve toplam azot (TA) miktarı (%) ile stoku (Mg ha⁻¹).

Tarla	0-10	0.231 ^{Ca}	2.47 ^{Ca}	3.98 ^{Ca}	42.6 ^{Dbc}
	10-20	0.239 ^{Ba}	2.67 ^{Ca}	3.58 ^{Cbc}	40.1 ^{Cbc}
	20-30	0.241 ^{Ba}	2.59 ^{Ba}	4.21 ^{Ba}	45.3 ^{Ca}
	30-60	0.073 ^{CDbc}	0.74 ^{Cb}	3.82 ^{Cab}	38.9 ^{Dc}
	60-100	0.063 ^{BCc}	0.85 ^{Cb}	3.30 ^{Dc}	44.6 ^{Dab}
	100-130	0.083 ^{Ab}	0.90 ^{Bb}	4.35 ^{Aa}	47.4 ^{Ca}
	0-130	0.155	1.70	23.3	259
Kumul	0-10	0.035 ^{Da}	0.81 ^{Da}	0.69 ^{Da}	15.9 ^{Ea}
	10-20	0.033 ^{Da}	0.72 ^{Ea}	0.64 ^{Da}	14.2 ^{Da}
	20-30	0.025 ^{Ea}	0.66 ^{DBa}	0.49 ^{Eb}	12.9 ^{Fb}
	30-60	0.021 ^{Ea}	0.49 ^{Dc}	0.41 ^{Eb}	9.65 ^{Fc}
	60-100	0.013 ^{Db}	0.41 ^{Dc}	0.25 ^{Ec}	8.02 ^{Gc}
	100-130	0.003 ^{Dc}	0.11 ^{Ed}	0.05 ^{Dd}	2.14 ^{Fd}
	0-130	0.022	0.53	2.52	63

*Kolonlar üzerindeki küçük harfler, her bir ağaç türü veya arazi kullanım durumuna göre toprak derinlik kademeleri arasındaki farklılığı, büyük harfler ise her bir derinlik kademesine göre ağaç türleri veya arazi kullanım durumları arasındaki farklılığı belirlemek için kullanılmıştır.

Çizelge 3.4: Toprak organik karbon ve azot miktarlarının farklı arazi kullanım durumuna (orman, otlak, tarla ve kumul), toprak derinliğine ve her ikisinin etkisine bağlı olarak değişiminin iki yönlü ANOVA değerleri (%).

Toprak organik karbon miktarı (%)						
Değişimin Kaynağı	Kareler toplamı	df	Ortalamanın karesi	F	Önem düzeyi	Eta karesi (etki büyüklüğü)
Düzeltilmiş model	395.067 ^a	41	9.636	4.802	.000	.845
Sabit (Intercept)	370.281	1	370.281	184.534	.000	.837
Farklı arazi kullanımı (FAK)	114.334	6	19.056	9.497	.000	.613
Toprak derinliği (TD)	122.350	5	24.470	12.195	.000	.629
FAK * TD	95.167	30	3.172	1.581	.094	.568
Hata	72.237	36	2.007			
Toplam	1003.665	78				
Düzeltilmiş toplam	467.304	77				

Çizelge 3.4: (devam): Toprak organik karbon ve azot miktarlarının farklı arazi kullanım durumuna (orman, otlak, tarla ve kumul), toprak derinliğine ve her ikisinin etkisine bağlı olarak değişiminin iki yönlü ANOVA değerleri (%).

Toprak azot miktarı (%)						
Değişimin Kaynağı	Kareler toplamı	df	Ortalamanın karesi	F	Önem düzeyi	Eta karesi (etki büyüklüğü)
Düzeltilmiş model	3.100a	41	.076	7.044	.000	.889
Sabit (Intercept)	2.252	1	2.252	209.803	.000	.854
Farklı arazi kullanımı (FAK)	.699	6	.117	10.857	.000	.644
Toprak derinliği (TD)	1.068	5	.214	19.902	.000	.734
FAK * TD	.695	30	.023	2.158	.014	.643
Hata	.386	36	.011			
Toplam	6.771	78				
Düzeltilmiş toplam	3.486	77				

Çizelge 3.5: Toprak organik karbon ve azot stoklarının farklı arazi kullanım durumuna (orman, otlak, tarla ve kumul), toprak derinliğine ve her ikisinin etkisine bağlı olarak değişiminin iki yönlü ANOVA değerleri (Mg ha⁻¹).

Toprak organik karbon stoku (Mg ha⁻¹)						
Değişimin Kaynağı	Kareler toplamı	df	Ortalamanın karesi	F	Önem düzeyi	Eta karesi (etki büyüklüğü)
Düzeltilmiş model	87114.870 ^a	41	2124.753	7.725	.000	.898
Sabit (Intercept)	137825.860	1	137825.860	501.105	.000	.933
Farklı arazi kullanımı (FAK)	43028.213	6	7171.369	26.074	.000	.813
Toprak derinliği (TD)	7171.137	5	1434.227	5.215	.001	.420
FAK * TD	33461.161	30	1115.372	4.055	.000	.772
Hata	9901.575	36	275.044			
Toplam	278045.088	78				
Düzeltilmiş toplam	97016.445	77				

Toprak toplam azot stoku (Mg ha⁻¹)						
Değişimin Kaynağı	Kareler toplamı	df	Ortalamanın karesi	F	Önem düzeyi	Eta karesi (etki büyüklüğü)
Düzeltilmiş model	415.619 ^a	41	10.137	1.982	.020	.693
Sabit (Intercept)	961.905	1	961.905	188.,080	.000	.839

Çizelge 3.5: (devam): Toprak organik karbon ve azot stoklarının farklı arazi kullanım durumuna (orman, otlak, tarla ve kumul), toprak derinliğine ve her ikisinin etkisine bağlı olarak değişiminin iki yönlü ANOVA değerleri(Mg ha⁻¹).

Farklı arazi kullanımı (FAK)	147.904	6	24.651	4.820	.001	.445
Toprak derinliği (TD)	89.842	5	17.968	3.513	.011	.328
FAK * TD	126.153	30	4.205	.822	.706	.407
Hata	184.116	36	5.114			
Toplam	1885.359	78				
Düzeltilmiş toplam	599.735	77				

3.5 Toprak Profiline TOK Miktarındaki Değişimi

Toprak organik karbonunun toprak derinlik kademelerine göre değişimi ayrı ayrı (Şekil 3.1) ve birlikte (Şekil 3.2) incelendiğinde, TOK miktarı tüm çalışılan alanlarda toprak derinliği ile bir azalma göstermiştir (Şekil 3.1). Her bir ağaç türü ve arazi kullanım durumu için, toprak profilinin üst toprakları (0-30 cm) alt topraklarına göre (30-130 cm) daha fazla TOK'a sahip olmuştur (Şekil 3.1). Kızılağaç üst topraklarında ortalama TOK %6,76 iken, bu oran alt topraklarda %1,18 olarak tespit edilmiştir. Bu değerler, üst toprak için dişbudak'ta %5,39, meşede %3,32, kızılçamda %1,53, otlak alanda %4,03, tarla alanında %2,58 ve kumul için %0,73 olarak belirlenirken, alt topraklar için kızılçamda %0,83, meşede %0,79, kızılçamda %0,50, otlak alanda %1,55, tarla alanında %0,83 ve kumul için %0,34 olarak belirlenmiştir.

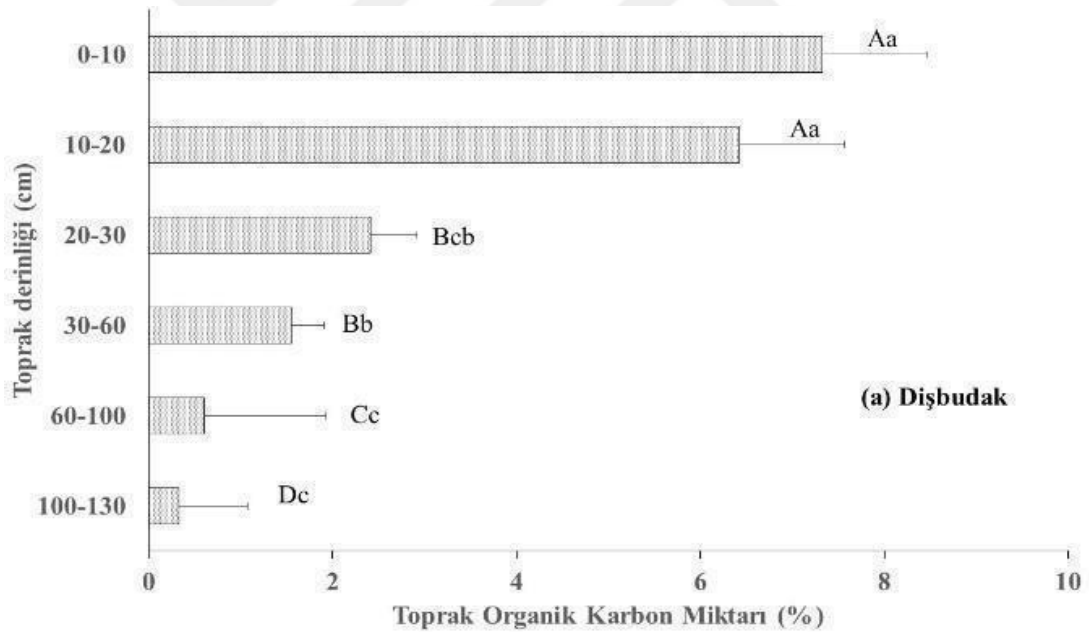
Toprak profilinin 0-10 cm derinlik kademesinde en yüksek TOK miktarına kızılçam sahip olmuştur (%8,25). Bunu %7,32 ile dişbudak, %6,13 ile meşe, %5,41 ile otlak alanı, %2,72 ile kızılçam, %2,47 ile tarla alanı ve %0,81 ile kumul toprakları takip etmiştir.

Toprak profilinin 10-20 cm derinlik kademesinin TOK miktarı bakımından sıralanmasında, ilk iki sırada yine kızılçam (%6,84) ve dişbudak (%6,42) toprakları yer alırken, üçüncü sıraya otlak alanı (%4,03), dördüncü sıraya ise tarla alanı (%2,67) toprakları yerleşmiş, meşe toprakları ise (%2,52) beşinci sıraya düşmüştür. Kızılçam toprakları (%1,07) 0-10 cm derinlik kademesindeki gibi altıncı sırada iken son sırada kumul toprakları (%0,72) yer almıştır.

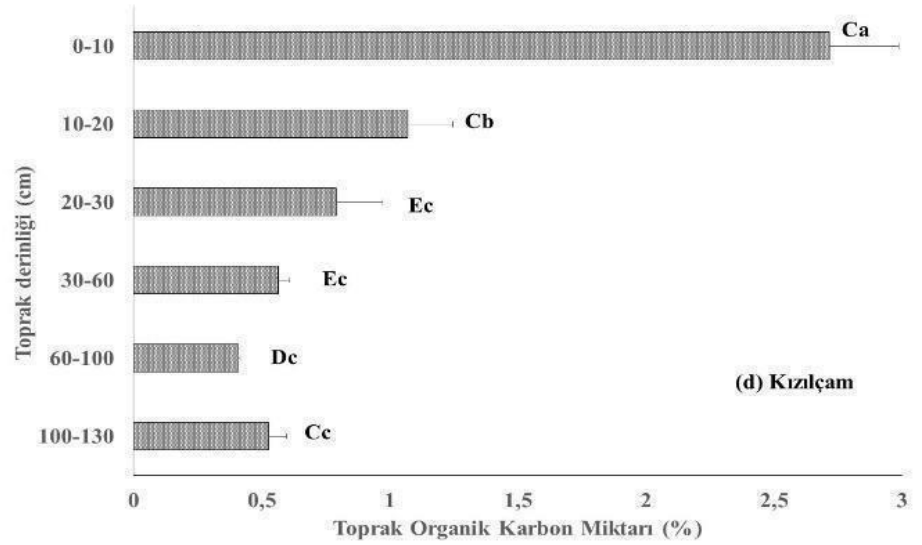
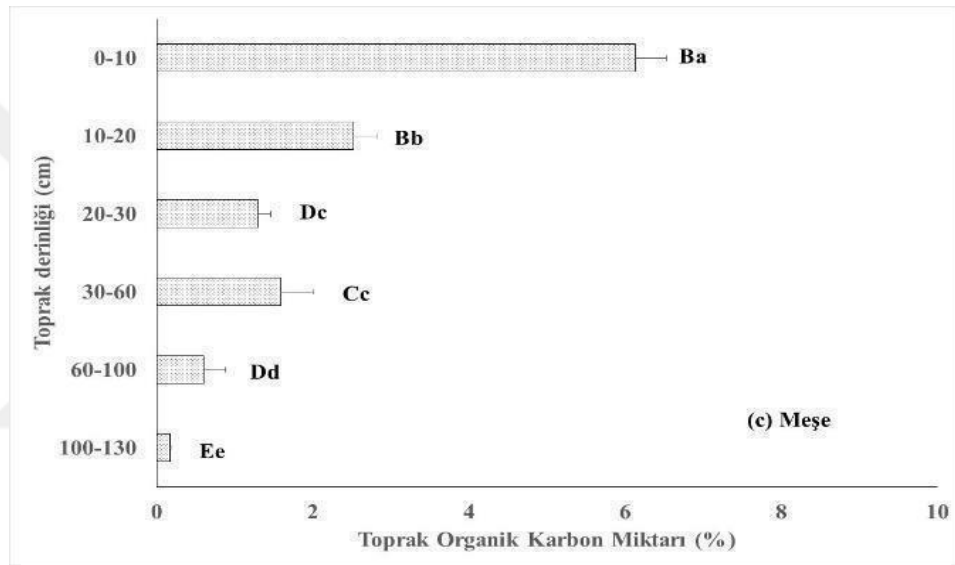
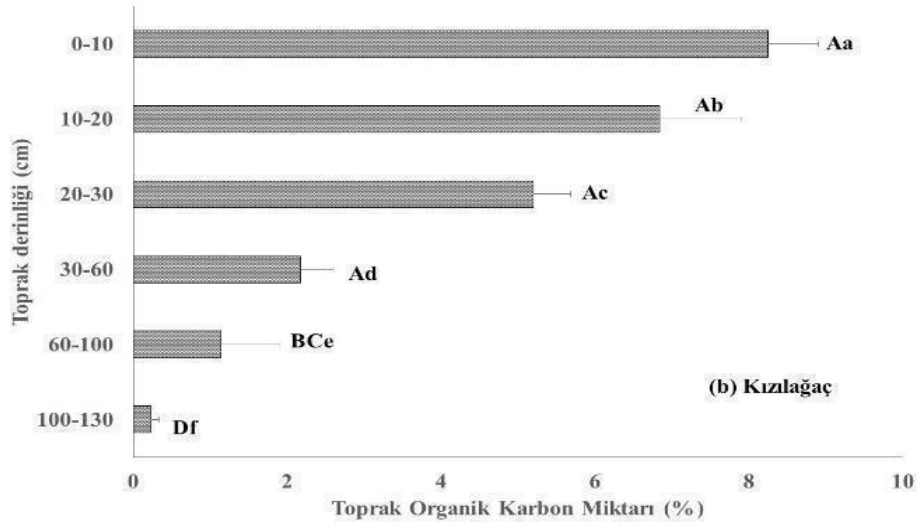
Toprak profilinin 20-30 cm derinlik kademesinde kızılçam en yüksek değeri gösterirken (%5,20), dişbudak, otlak ve tarla toprakları hemen hemen aynı değerlere sahip olmuştur (aynı sıralamada %2,65, %2,59 ve %2,41). Son üç sırayı ise meşe (%1,30), kızılçam (%0,79) ve kumul (%0,66) toprakları takip etmiştir.

Takip eden toprak derinlik kademelerinde ağaç türleri ile arazi kullanım durumları arasındaki farklar daha düşük olmakla beraber yine de farklılık göstermiştir. 30-60 cm derinlik kademesinde, kızılbaş ve otlak alanları hemen hemen benzer TOK miktarına sahip olurken (aynı sıralamada %2,17 ve %1,71), dışbudak ile meşe yaklaşık aynı değerlerle ikinci grubu (aynı sıralamada %1,55 ve %1,60), tarla alanı üçüncü grubu (%0,74), kızılçam ve kumul toprakları ise dördüncü grubu oluşturmuştur (aynı sıralamada %0,56 ve %0,49).

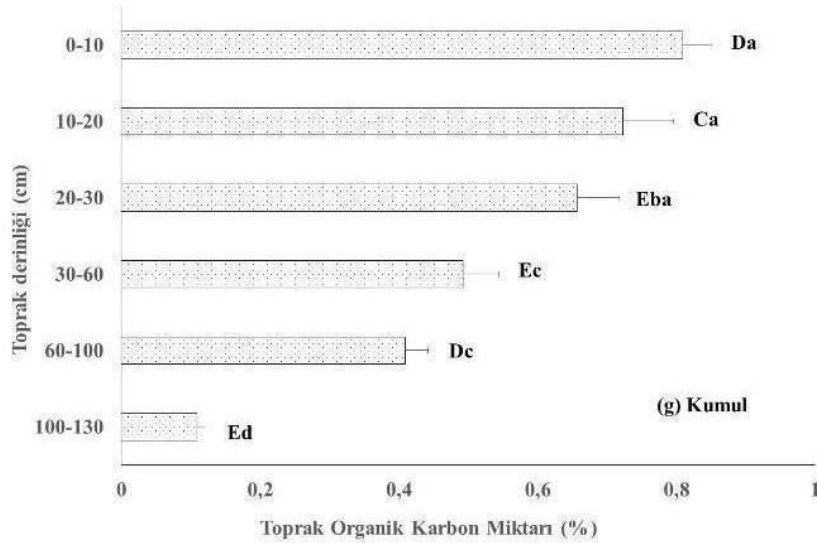
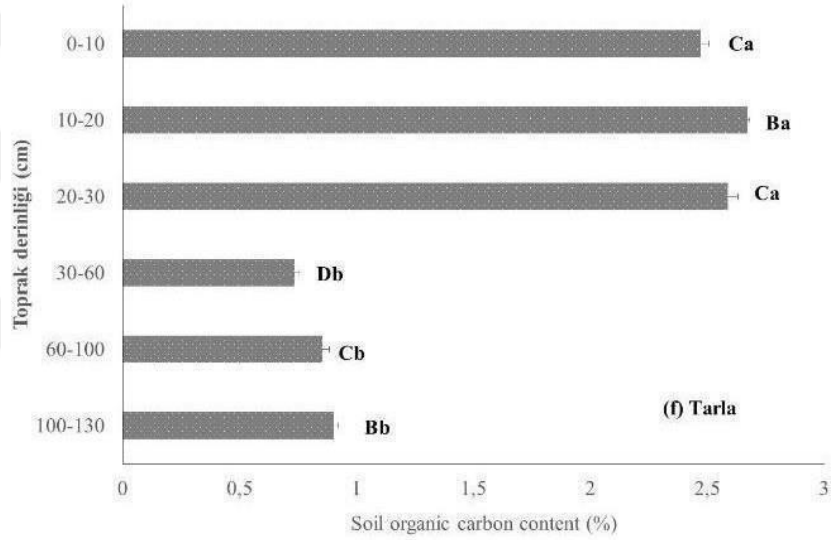
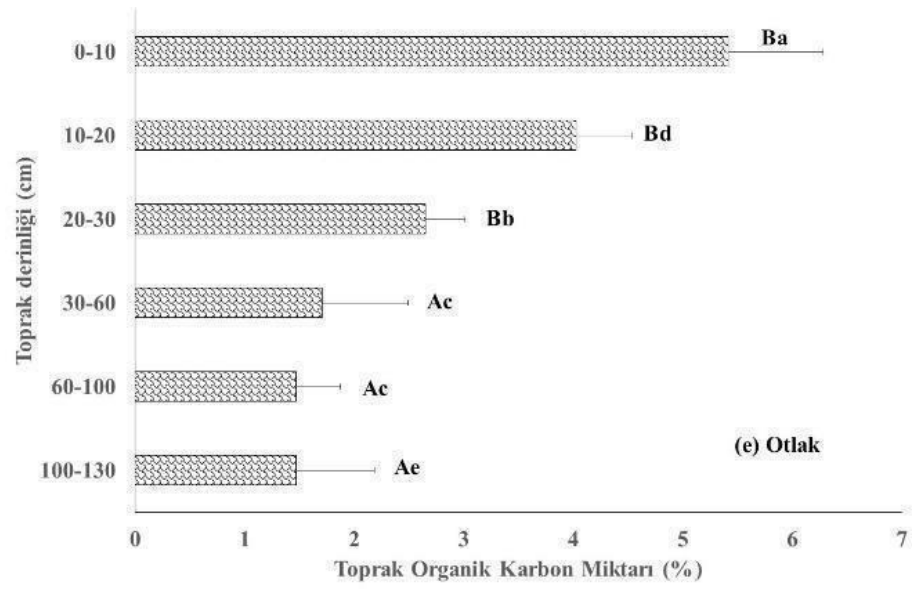
Toprak profilinin 60-100 cm derinlik kademesinde, otlak alan en yüksek değeri gösterirken, ikinci sırada kızılbaş, üçüncü sırada ise birbirine yakın değerlerle dışbudak, meşe ve tarla toprakları, son sırada ise kızılçam ve kumul toprakları yer almıştır (Çizelge 3.3, Şekil 3.1). 100-130 cm derinlik kademesinde, otlak alan yine en yüksek değere sahip olurken, tarla alanı ikinci, kızılçam üçüncü, dışbudak ve kızılbaş dördüncü ve son sırada meşe ve kumul alanları yer almıştır (Çizelge 3.3, Şekil 3.1).



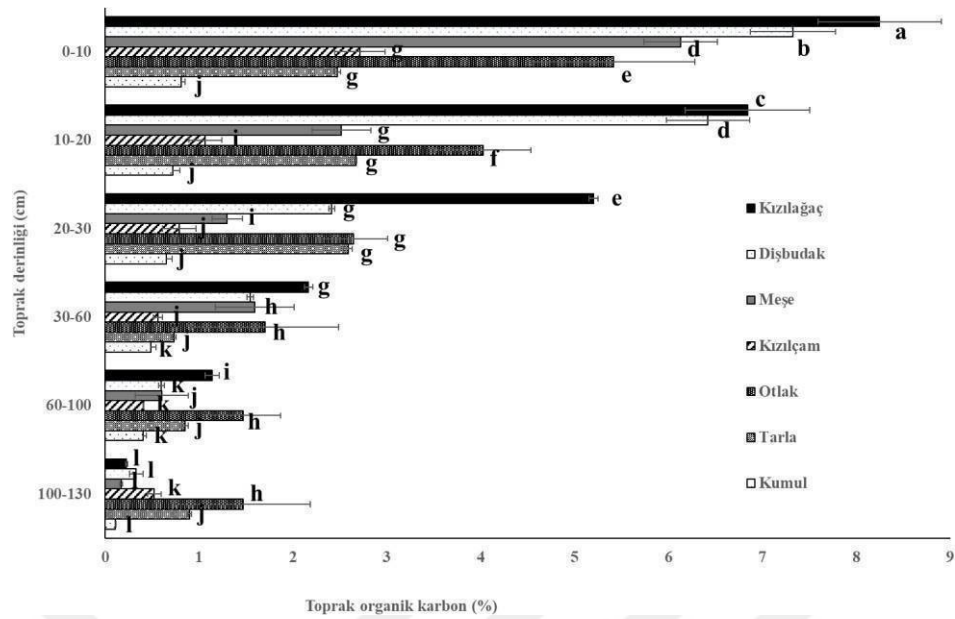
Şekil 3.1: Farklı arazi kullanım alanlarının toprak derinlik kademelerine göre ortalama toprak organik karbon miktarının ayrı ayrı gösterimi. Kolonlar üzerindeki hata çubukları ortalamaların standart sapmasını göstermektedir.



Şekil 3.1: (devam): Farklı arazi kullanım alanlarının toprak derinlik kademelerine göre ortalama toprak organik karbon miktarının ayrı ayrı gösterimi. Kolonlar üzerindeki hata çubukları ortalamaların standart sapmasını göstermektedir.



Şekil 3.1: (devam): Farklı arazi kullanım alanlarının toprak derinlik kademelerine göre ortalama toprak organik karbon miktarının ayrı ayrı gösterimi. Kolonlar üzerindeki hata çubukları ortalamaların standart sapmasını göstermektedir.



Şekil 3.2: Farklı arazi kullanım alanlarının toprak derinlik kademelerine göre ortalama toprak organik karbon miktarının birlikte gösterimi.

3.6 Toprak Profiline Toplam Azot (TA) Miktarındaki Değişimler

Toplam azot miktarı, TOK miktarında olduğu gibi, tüm çalışılan alanlarda toprak derinliği ile bir azalma göstermiştir (Şekil 3.3). Her bir ağaç türü ve arazi kullanım durumu için, toprak profilinin üst kısmında (0-30 cm) alt kısımlarına göre (30-130 cm) daha fazla TA içermektedir (Şekil 3.3). Kızılağaç üst topraklarında ortalama TA miktarı %0,54 iken, bu oran alt topraklarda %0,11 olarak tespit edilmiştir. Bu değerler üst toprak için dişbudakta %0,51, meşede %0,29, kızılçamda %0,12, otlak alanda %0,32, tarla alanında %0,24 ve kumul için %0,03 olarak belirlenirken, alt topraklar için kızılçamda %0,11, meşede %0,08, kızılçamda %0,06, otlak alanda %0,11, tarla alanında %0,07 ve kumul için %0,01 olarak belirlenmiştir.

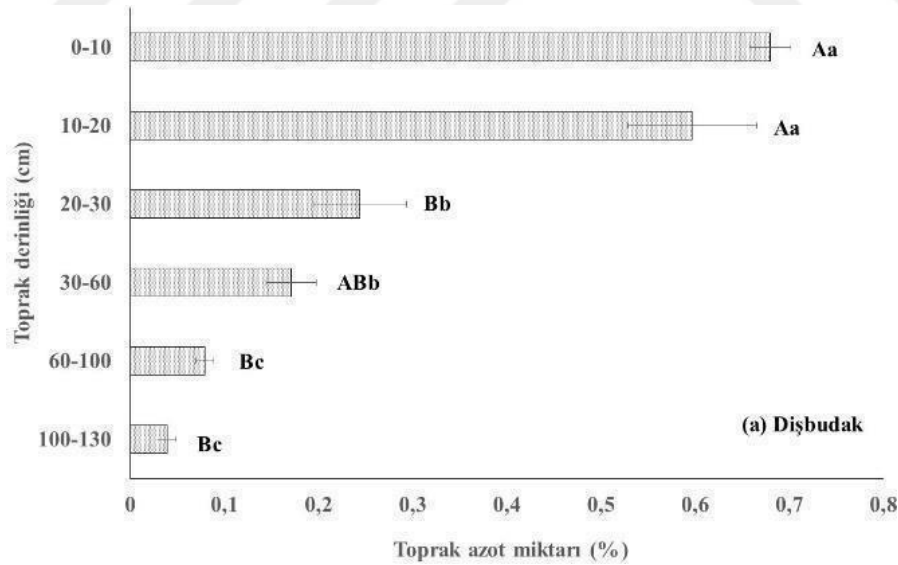
Toprak profilinin 0-10 cm derinlik kademesinde en yüksek TA miktarına dişbudak (%0,680) ve kızılçam (%0,643) sahip olmuştur. Bunu %0,507 ile meşe, %0,486 ile otlak alan, %0,231 ile tarla alanı, %0,181 ile kızılçam ve %0,035 ile kumul toprakları takip etmiştir.

Toprak profilinin 10-20 cm derinlik kademesinin TA miktarı bakımından sıralanmasında, ilk iki sırada yine kızılçam (%0,597) ve dişbudak (%0,541) toprakları yer alırken, üçüncü sırayı ise otlak alanı (%0,273), meşe (%0,242) ve tarla alanı (%0,239) toprakları birlikte paylaşmıştır. Kızılçam toprakları (%0,091) ile kumul toprakları (%0,033) ise son sırada yer almıştır.

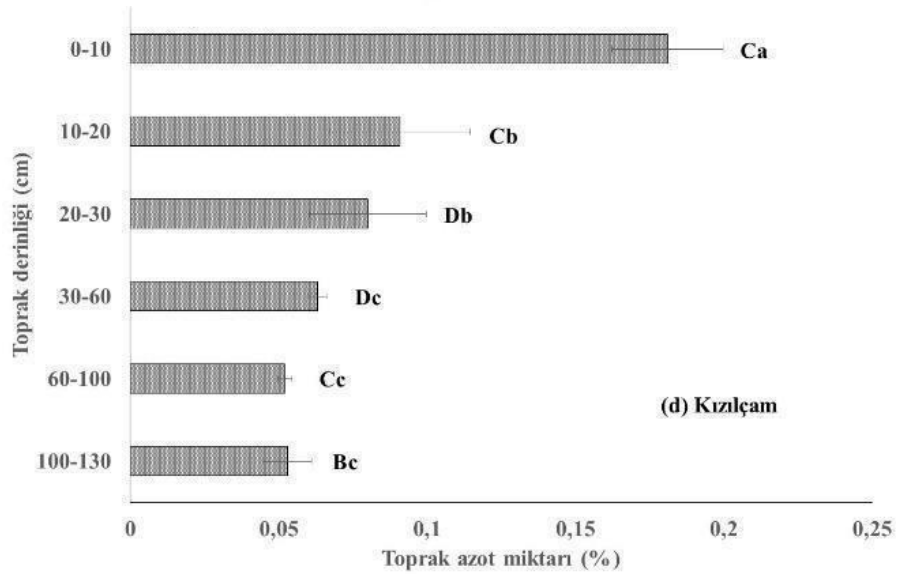
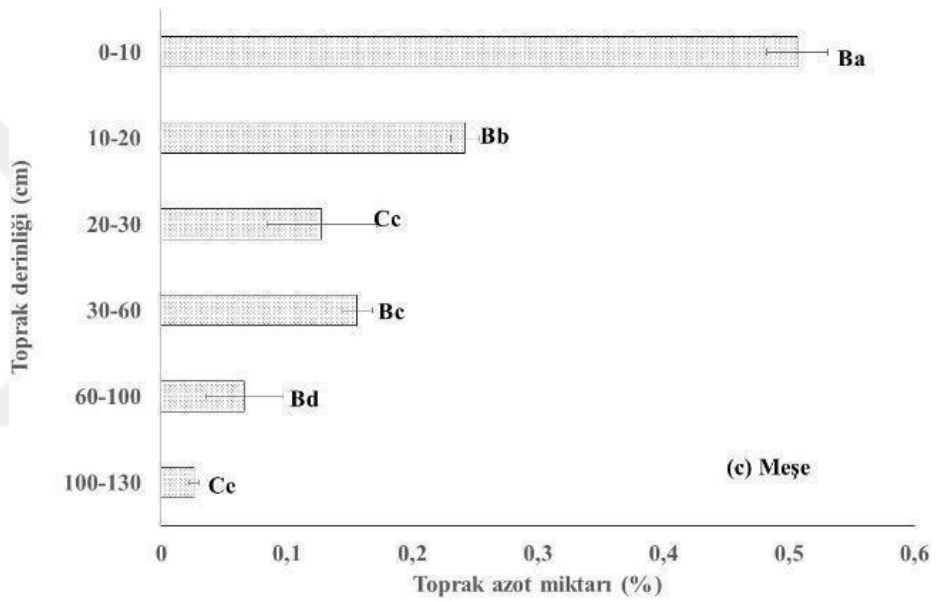
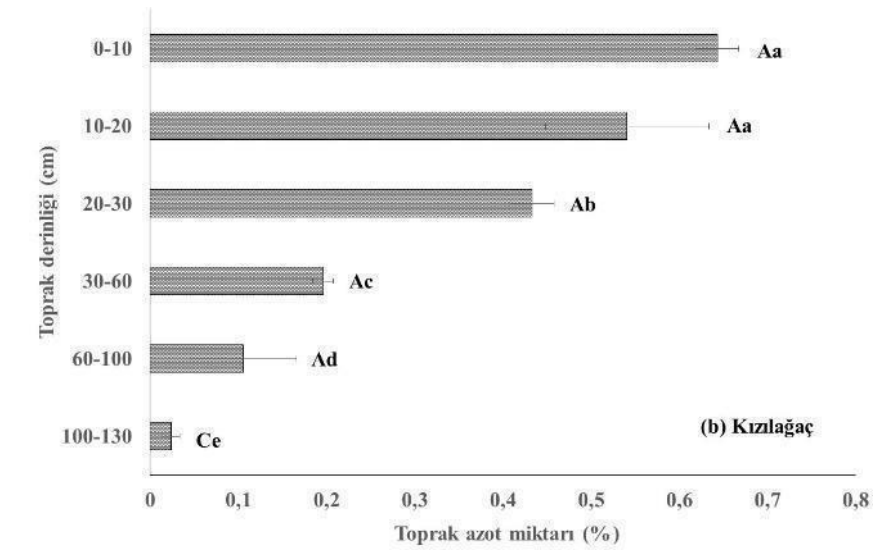
Toprak profilinin 20-30 cm derinlik kademesinde kızılbaş yine en yüksek değeri gösterirken (%0,433), dişbudak ve tarla toprakları hemen hemen aynı değerlerle ikinci sıraya sahip olmuştur (aynı sıralamada %0,244 ve %0,241). Son sıraları ise otlak alanı (%0,187), meşe (%0,128), kızılçam (%0,080) ve kumul (%0,025) toprakları izlemiştir.

Takip eden toprak derinlik kademelerinde ağaç türleri ile arazi kullanım durumları arasındaki farklar daha düşük olmakla beraber yine de farklılık göstermiştir. 30-60 cm derinlik kademesinde, kızılbaş ve dişbudak hemen hemen benzer TA miktarına sahip olurken (aynı sıralamada %0,196 ve %0,171), bunları meşe (%0,156) ve otlak alanı (%0,106) takip etmiştir. Son sıralarda ise tarla alanı (%0,073), kızılçam (%0,063) ve kumul toprakları (%0,021) yer almıştır.

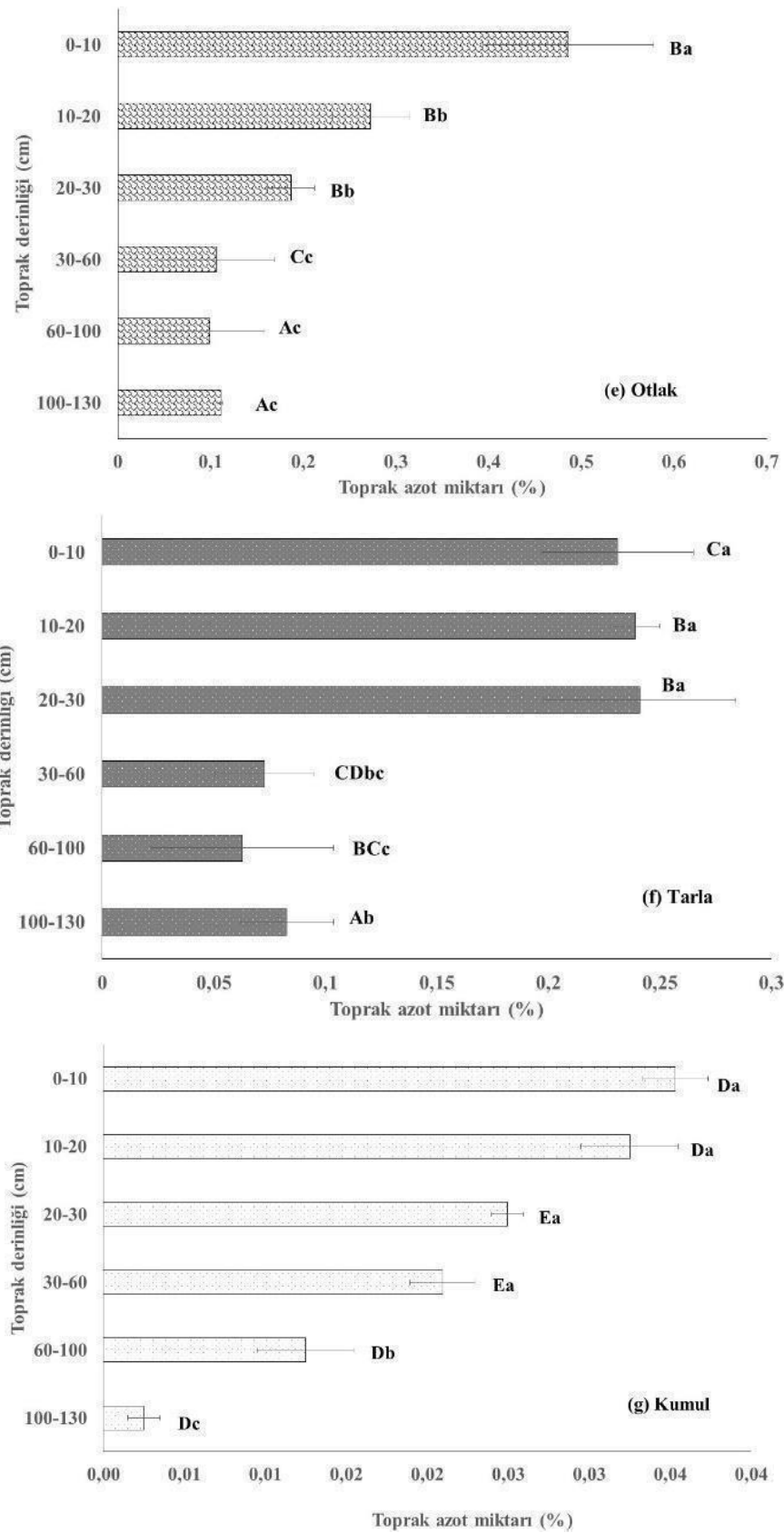
Toprak profilinin 60-100 cm derinlik kademesinde, kızılbaş ve otlak alan en yüksek değeri gösterirken (aynı sıralamada 0,106 ve %0,099), ikinci sırada ise birbirine yakın değerlerle dişbudak, meşe ve tarla toprakları, son sırada ise kızılçam ve kumul toprakları yer almıştır (Çizelge 3.3, Şekil 3.4). 100-130 cm derinlik kademesinde, otlak ve tarla alanları en yüksek değere sahip olurken, bunları dişbudak ve kızılçam birlikte takip etmiştir. Son sıralarda ise kızılbaş, meşe ve kumul alanları yer almıştır (Çizelge 3.3, Şekil 3.4).



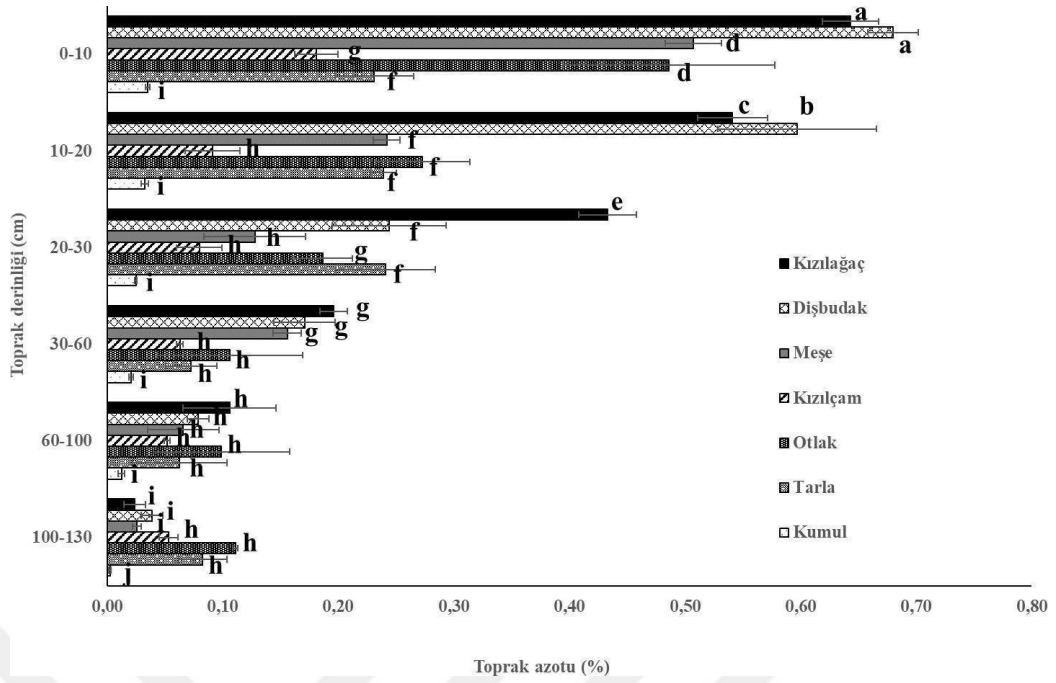
Şekil 3.3: Farklı arazi kullanım alanlarının toprak derinlik kademelerine göre ayrı ayrı olarak ortalama toprak azot miktarı gösterimi. Kolonlar üzerindeki hata çubukları ortalamaların standart sapmasını göstermektedir.



Şekil 3.3: (devam): Farklı arazi kullanım alanlarının toprak derinlik kademelerine göre ayrı ayrı olarak ortalama toprak azot miktarı gösterimi. Kolonlar üzerindeki hata çubukları ortalamaların standart sapmasını göstermektedir.



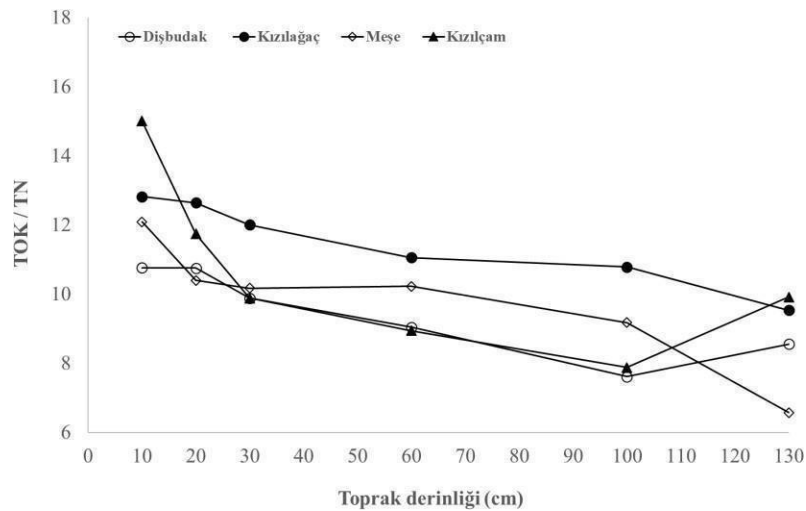
Şekil 3.3: (devam): Farklı arazi kullanım alanlarının toprak derinlik kademelerine göre ayrı ayrı olarak ortalama toprak azot miktarı gösterimi. Kolonlar üzerindeki hata çubukları ortalamaların standart sapmasını göstermektedir.



Şekil 3.4: Farklı arazi kullanım alanlarının toprak derinlik kademelerine göre ortalama toprak azot miktarının birlikte gösterimi.

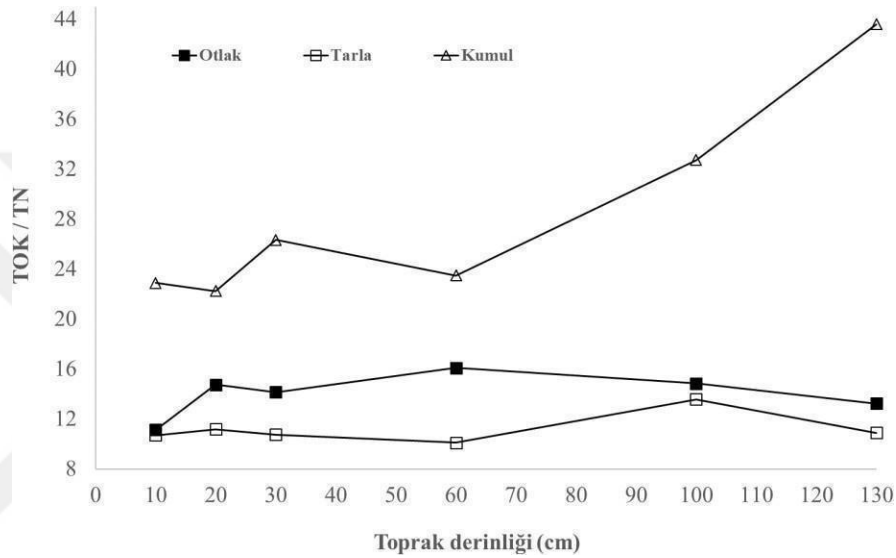
3.7 Toprak Profiline C/N Oranındaki Değişimler

Toprak derinlik kademelerinin C/N oranı olarak, toprak organik karbon (TOK) miktarının toprak azot miktarına (TA) oranı kullanılmıştır. Çalışılan orman ağaç türleri dikkate alındığında, toprak TOK/TA oranlarının toprak derinliğine bağlı olarak üst topraktan alt toprağa doğru bir azalma gösterdiği görülmüştür (Şekil 3.5).



Şekil 3.5: Ağaç türleri arasında toprak derinlik kademesine bağlı TOK: TA oranı değişimi.

Azalma dışıbudakta 11'den 8'e, kızılğaçta 13'den 11'e, meşede 12'den 7'ye, kızılçamda 15'den 8'e kadar düşüş göstermiştir. Kumul alanlarında ise toprak karbon ve azot oranında derinlik kademelerine bağlı olarak hızlı bir artış olduğu tespit edilmiştir. Kumul alanı topraklarındaki TOK/TA oranı toprak derinlik kademesine bağlı olarak 22'den 44 oranına değişim göstermiştir. Otlak alanında da az miktarda da olsa karbon ve azot oranında bir artış belirlenirken, tarla alanlarında ise önemli bir değişim tespit edilmemiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Kumul, otlak ve tarım alanlarında toprak derinlik kademesine bağlı TOK: TA oranı değişimi.

3.8 Toprak Profiline TOK Stokundaki Değişimler

Toprak organik karbon yoğunluğunun en yüksek olduğu topraklar otlak alanlarda (678 Mg ha^{-1}) tespit edilmiştir (Çizelge 3.3, Şekil 3.7). Bu değeri 405 Mg ha^{-1} ile kızılğaç, 393 Mg ha^{-1} ile dışıbudak, 293 Mg ha^{-1} ile meşe, 259 Mg ha^{-1} ile tarla alanı 162 Mg ha^{-1} ile kızılçam ve 63 Mg ha^{-1} ile kumul toprakları izlemiştir. Her bir derinlik kademesi için ağaç türleri ve arazi kullanım durumları arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

Çalışılan ağaç türlerinin ve arazi kullanım alanlarının TOK stoklarının toprak derinlik kademelerine göre değişimi incelendiğinde, genel olarak TOK stok miktarının 30 cm toprak derinliğine kadar bir azalma gösterdiği, 30-100 cm arasında arttığı ve 100-130 cm arasında ise tekrar azaldığı belirlenmiştir. Bu durum iki alanda farklılık göstermiştir, tarla alanı topraklarında TOK stoku her bir toprak derinlik kademesinde

hemen hemen birbirine yakın değerler gösterirken, kumul topraklarında ise TOK stokunun toprak derinliğine bağlı olarak devamlı bir azalma gösterdiği tespit edilmiştir (izelge 3.3).

Her bir toprak derinlik kademesine göre değişim incelendiğinde, toprak profilinin 0-10 cm derinlik kademesinde en yüksek TOK stokuna 93,3 Mg ha⁻¹ ile kıızılağaç topraklarının sahip olduğu belirlenmiştir. Bunu 80,6 Mg ha⁻¹ ile otlak alanı, 73,5 Mg ha⁻¹ ile meşe, 69,8 Mg ha⁻¹ ile dişbudak, 42,6 Mg ha⁻¹ ile tarla alanı, 38,3 Mg ha⁻¹ ile kıızılçam ve 15,9 Mg ha⁻¹ ile kumul alanı takip etmiştir.

10-20 cm toprak derinliğinde, kıızılağaç ve dişbudak birbirine yakın fakat diğerlerinden daha yüksek değeri gösterirken (aynı sıralamada 70,1 Mg ha⁻¹ ve 66,0 Mg ha⁻¹) meşe otlak ve tarla toprakları diğer bir grup olarak birbirine yakın miktarlar göstermiştir (aynı sıralamada 42,6 Mg ha⁻¹, 43,9 Mg ha⁻¹ ve 40,1 Mg ha⁻¹). Son grubu ise en düşük değerleri ile kıızılçam ve kumul toprakları göstermiştir (aynı sıralamada 15,4 Mg ha⁻¹ ve 14,2 Mg ha⁻¹).

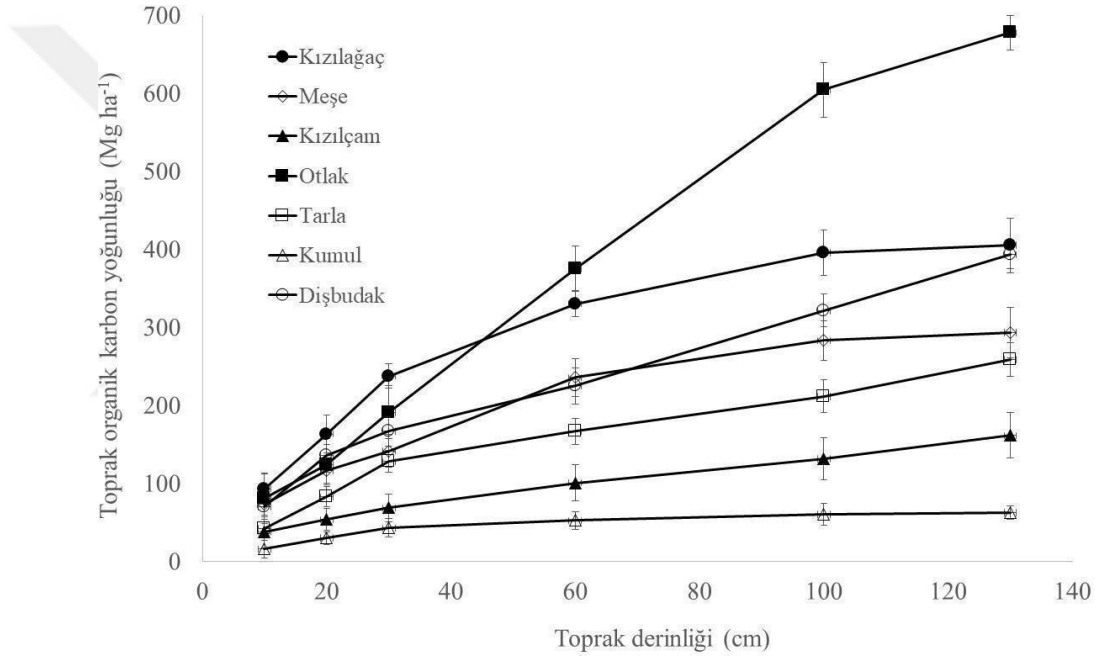
20-30 cm toprak derinliğinde kıızılağaç yine en yüksek TOK stokuna (74,2 Mg ha⁻¹) sahip olmuş, bu değeri 66,7 Mg ha⁻¹ ile otlak alanı ve 45,3 Mg ha⁻¹ ile tarla alanı takip etmiştir. Dişbudak toprakları bu derinlik kademesinde 31,3 Mg ha⁻¹ ile dördüncü meşe toprakları ise 25,6 Mg ha⁻¹ ile beşinci sırada yer almıştır. Son iki sırada ise diğer iki derinlik kademesinde olduğu gibi kıızılçam (14,9 Mg ha⁻¹) ve kumul alanları (12,9 Mg ha⁻¹) yer almıştır.

30-60 cm toprak derinlik kademesinde sıralama değişirken, stoklanan TOK miktarında ise önemli bir artış belirlenmiştir. Bu derinlik kademesinde, otlak alanları en yüksek değere (184,0 Mg ha⁻¹) sahip olurken, bunu 94,0 Mg ha⁻¹ ile meşe, 92,8 Mg ha⁻¹ ile kıızılağaç takip etmiştir. Dişbudak 58,4 Mg ha⁻¹ stoklamaya sahip olurken, tarla alanı 38,9 Mg ha⁻¹ stoklama göstermiştir. Son iki sırayı yine kıızılçam (32,0 Mg ha⁻¹) ve kumul alanları (9,65 Mg ha⁻¹) paylaşmıştır.

60-100 cm toprak derinliğinde, otlak alanda organik karbon stoku miktarı belirlenen en yüksek değeri (229,7 Mg ha⁻¹) göstermiştir. İkinci sırada ise 96,2 Mg ha⁻¹ değeri ile dişbudak yer almıştır. nc sırada 65,3 Mg ha⁻¹ ile kıızılağaç yer alırken onu birbirine yakın değerlerle meşe ve tarla alanları takip etmiştir (aynı sıralamada 47,6

Mg ha⁻¹ ve 44,6 Mg ha⁻¹). Son iki sırayı yine kızılçam (31,0 Mg ha⁻¹) ve kumul alanları (8,02 Mg ha⁻¹) paylaşmıştır.

100-130 cm toprak derinlik kademesinde, otlak, kızılğaç, meşe ve kumul alanlarında hızlı bir düşüş göze çarparken, sadece tarla alanında az miktarda da olsa bir artma belirlenmiştir. Otlak alandaki azalmaya rağmen, bu derinlik kademesinde de otlak alan dışbudak ile en yüksek organik karbon stokuna sahip olmuştur (aynı sıralamada 73,0 Mg ha⁻¹ ve 71,7 Mg ha⁻¹). Bu alanları, 47,4 Mg ha⁻¹ ile tarla alanı ve 29,9 Mg ha⁻¹ ile kızılçam takip etmiştir. Son üç sırayı ise aşırı bir düşüş gösteren kızılğaç, meşe ve kumul alanları paylaşmıştır (aynı sıralamada 9,78 Mg ha⁻¹, 10,1 Mg ha⁻¹ ve 2,14 Mg ha⁻¹).



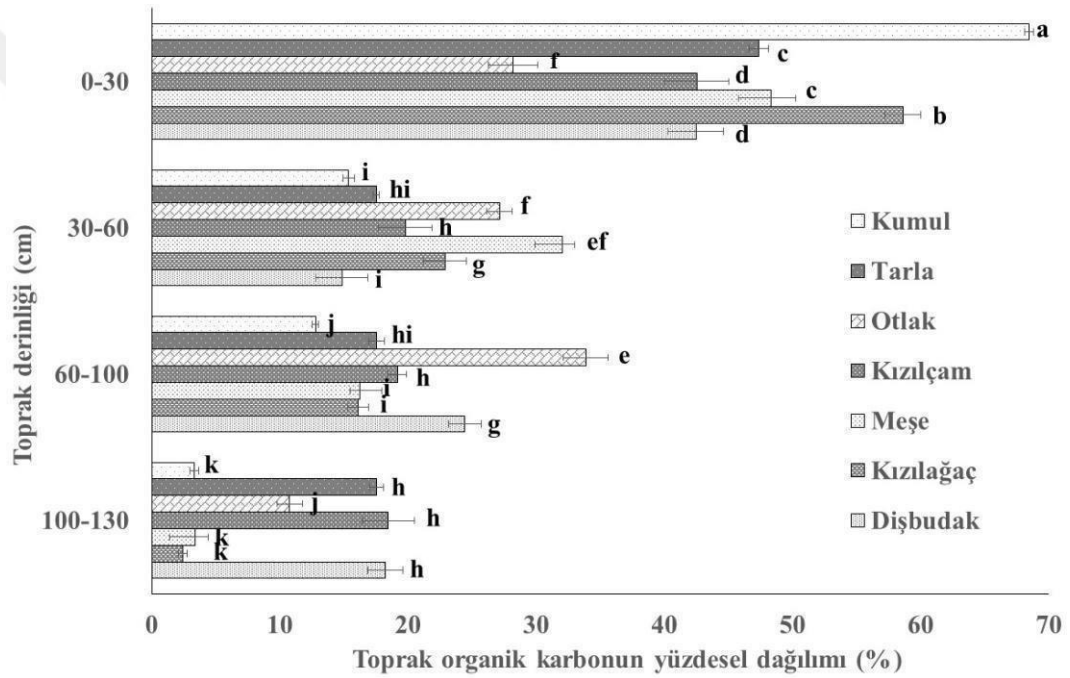
Şekil 3.7: Arazi kullanım durumuna göre ortalama TOK yoğunluğunun derinlik kademelerine göre kümülatif miktarı.

Şekil 3.8’de 4 farklı toprak derinlik kademesinin (0-30 cm, 30-60 cm, 60-100 cm ve 100-130 cm) toplam TOK stok miktarına olan katkısı yüzde olarak hesaplanmıştır. Görüldüğü üzere toplam TOK miktarı üzerinde 0-30 cm toprak derinliğinde biriken karbon miktarının yüzdesel etkisi oldukça yüksektir. 0-30 cm derinlik kademesinin katkısı dışbudakta %42, kızılğaçta %59, meşede %48, kızılçamda %43, otlak alanda %28, tarla alanında %49 ve kumul alanda %68’dir.

30-60 cm derinlik kademesinin TOK miktarına katkısı dışbudakta %15, kızılğaçta %23, meşede %32, kızılçamda %20, otlak alanda %27, tarla alanında %15 ve kumul alanda %15'dir.

60-100 cm derinlik kademesinin TOK miktarına katkısı dışbudakta %24, kızılğaçta %16, meşede %16, kızılçamda %19, otlak alanda %34, tarla alanında %17 ve kumul alanda %13'dir.

100-130 cm derinlik kademesinin TOK miktarına katkısı dışbudakta %18, kızılğaçta %2, meşede %3, kızılçamda %18, otlak alanda %11, tarla alanında %18 ve kumul alanda %3'dür.



Şekil 3.8: Arazi kullanım durumuna göre TOK stokunun toprak derinlik kademelerindeki yüzdesel dağılımı. Aynı harfe sahip olmayan kolonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır.

3.9 Toprak Profiline TA Stokundaki Değişimler

Toprak toplam azot yoğunluğunun en yüksek olduğu topraklar kızılğaç altı topraklar olarak ($34,4 \text{ Mg ha}^{-1}$) tespit edilmiştir (Çizelge 3.3, Şekil 3.9). Bu değeri $28,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ ile meşe, $27,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ ile otlak alan, $26,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ ile dışbudak, $23,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ ile tarla alanı, $15,9 \text{ Mg ha}^{-1}$ ile kızılçam ve $2,52 \text{ Mg ha}^{-1}$ ile kumul toprakları izlemiştir. Her bir derinlik kademesi için ağaç türleri ve arazi kullanım durumları arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.5).

Çalışılan ağaç türlerinin ve arazi kullanım alanlarının TA stoklarının toprak derinlik kademelerine göre değişimi incelendiğinde, değişimin TOK stok miktarındaki değişimle benzerlik gösterdiği, TA miktarının 30 cm toprak derinliğine kadar bir azalma gösterdiği, 30-100 cm arasında arttığı ve 100-130 cm arasında ise tekrar azaldığı belirlenmiştir. Bu durum yine iki alanda farklılık göstermiştir, tarla alanı topraklarında TA stoku her bir toprak derinlik kademesinde hemen hemen birbirine yakın değerler gösterirken, kumul topraklarında ise TA stokunun toprak derinliğine bağlı olarak devamlı bir azalma gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 3.3).

Her bir toprak derinlik kademesine göre değişim incelendiğinde, toprak profilinin 0-10 cm derinlik kademesinde en yüksek TA stokuna aynı değerlerle kızılğaç ($7,27 \text{ Mg ha}^{-1}$) ve otlak ($7,23 \text{ Mg ha}^{-1}$) topraklarının sahip olduğu belirlenmiştir. Bunu $6,43 \text{ Mg ha}^{-1}$ ile dişbudak, $6,08 \text{ Mg ha}^{-1}$ ile meşe, $3,98 \text{ Mg ha}^{-1}$ ile tarla alanı, $2,56 \text{ Mg ha}^{-1}$ ile kızılçam ve $0,693 \text{ Mg ha}^{-1}$ ile kumul alanı takip etmiştir.

10-20 cm toprak derinliğinde, dişbudak ve kızılğaç birbirine yakın fakat diğerlerinden daha yüksek değeri gösterirken (aynı sıralamada $6,11 \text{ Mg ha}^{-1}$ ve $5,54 \text{ Mg ha}^{-1}$) meşe, otlak ve tarla toprakları diğer bir grup olarak birbirine yakın miktarlar göstermiştir (aynı sıralamada $4,09 \text{ Mg ha}^{-1}$, $3,77 \text{ Mg ha}^{-1}$ ve $3,58 \text{ Mg ha}^{-1}$). Son grubu ise en düşük değerleri ile kızılçam ve kumul toprakları göstermiştir (aynı sıralamada $1,31 \text{ Mg ha}^{-1}$ ve $0,638 \text{ Mg ha}^{-1}$).

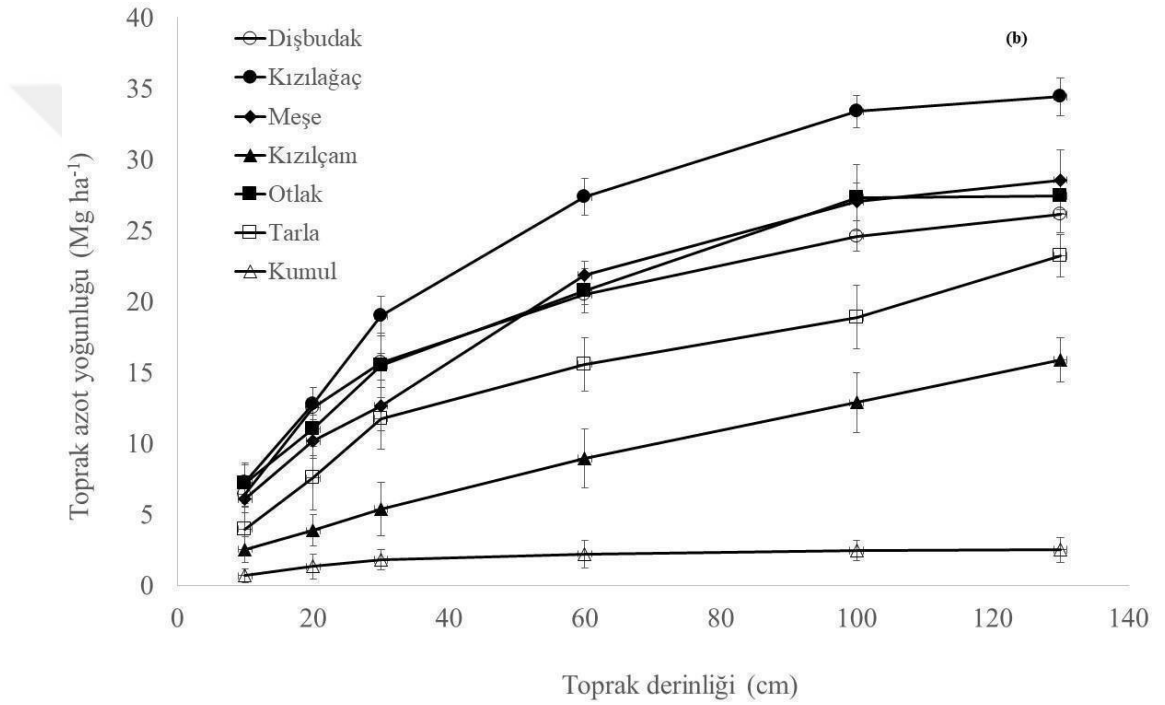
20-30 cm toprak derinliğinde kızılğaç yine en yüksek TA stokuna ($6,17 \text{ Mg ha}^{-1}$) sahip olmuş, bu değeri $4,52 \text{ Mg ha}^{-1}$ ile otlak alanı ve $4,21 \text{ Mg ha}^{-1}$ ile tarla alanı takip etmiştir. Dişbudak toprakları bu derinlik kademesinde $3,17 \text{ Mg ha}^{-1}$ ile dördüncü meşe toprakları ise $2,51 \text{ Mg ha}^{-1}$ ile beşinci sırada yer almıştır. Son iki sırada ise diğer iki derinlik kademesinde olduğu gibi kızılçam ($1,52 \text{ Mg ha}^{-1}$) ve kumul alanları ($0,489 \text{ Mg ha}^{-1}$) yer almıştır.

30-60 cm toprak derinlik kademesinde, meşe en yüksek değere ($9,17 \text{ Mg ha}^{-1}$) sahip olurken, kızılğaç bu değere yakın bir değerle ($8,39 \text{ Mg ha}^{-1}$) ikinci sırada yer almıştır. Birbirlerine yakın değerler ile otlak alan ($5,24 \text{ Mg ha}^{-1}$) ile dişbudak ($4,79 \text{ Mg ha}^{-1}$) kızılğaç ve meşeyi takip etmiştir. Tarla alanı ($3,82 \text{ Mg ha}^{-1}$) ve kızılçamın ($3,56 \text{ Mg ha}^{-1}$) birbirine yakın değerler gösterdiği bu derinlik kademesinde kumul alanları en düşük ($0,412 \text{ Mg ha}^{-1}$) değere sahip olmuştur.

60-100 cm toprak derinliğinde ise, otlak alan en yüksek değeri ($6,58 \text{ Mg ha}^{-1}$) gösterirken, ikinci sırada ise $6,02 \text{ Mg ha}^{-1}$ değeri ile kızılğaç yer almıştır. Üçüncü sırada $5,18 \text{ Mg ha}^{-1}$ ile meşe yer alırken onu birbirine yakın değerlerle dişbudak,

kızılçam ve tarla alanları takip etmiştir (aynı sıralamada 4,11 Mg ha⁻¹, 3,94 Mg ha⁻¹ ve 3,30 Mg ha⁻¹). Son sırayı ise yine kumul alanları (0,245 Mg ha⁻¹) almıştır.

100-130 cm toprak derinlik kademesinde, tarla alanında en yüksek TA stoku (4,35 Mg ha⁻¹) belirlenirken, ikinci sırada sürpriz bir şekilde kızılçam yer almıştır (2,99 Mg ha⁻¹). Dişbudak, meşe ve kızılğaç topraklarının birbirine yakın değerlerle (aynı sıralamada 1,54 Mg ha⁻¹, 1,54 Mg ha⁻¹ ve 1,03 Mg ha⁻¹) takip ettiği bu derinlik kademesinde, en düşük değerlere otlak (0,111 Mg ha⁻¹) ve kumul alan toprakları (0,05 Mg ha⁻¹) sahip olmuştur.



Şekil 3.9: Arazi kullanım durumuna göre ortalama TOK ve TA yoğunluğunun derinlik kademelerine göre kümülatif miktarı.

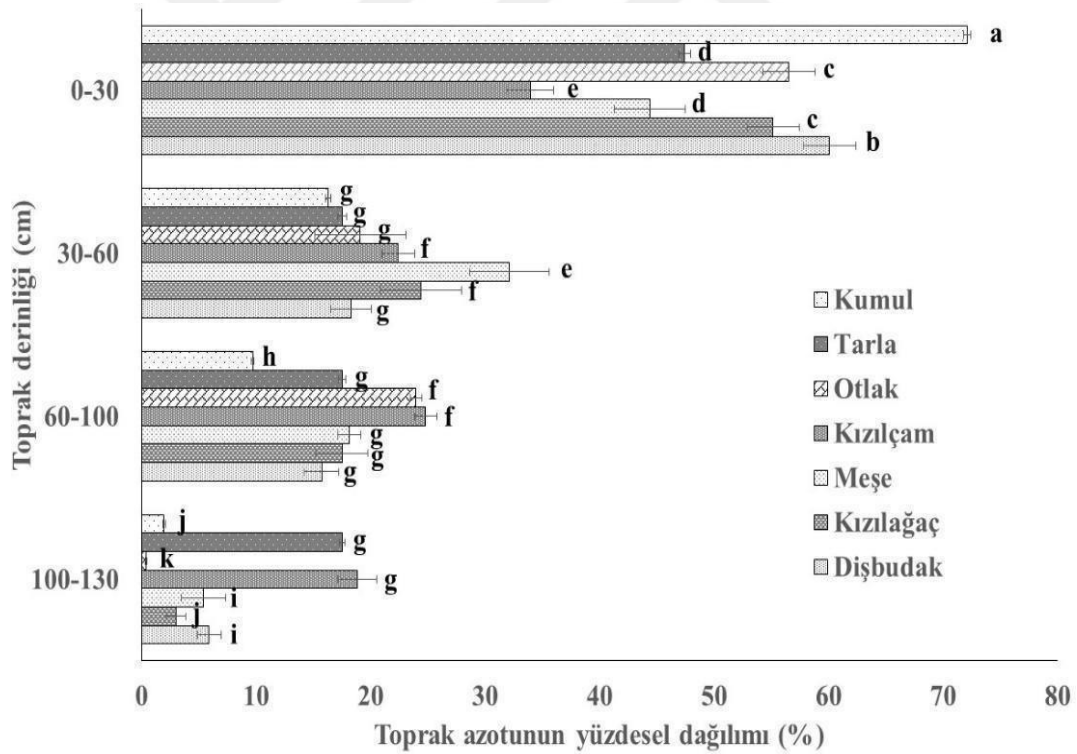
Şekil 3.10'da 4 farklı toprak derinlik kademesinin (0-30 cm, 30-60 cm, 60-100 cm ve 100-130 cm) toplam TA stok miktarına olan katkısı yüzde olarak hesaplanmıştır.

Toplam TOK stok miktarında olduğu gibi, toplam TA miktarı üzerinde de 0-30 cm toprak derinliğinde biriken azot miktarının yüzdesel etkisi oldukça yüksektir. 0-30 cm derinlik kademesinin katkısı dışbudakta %60, kızılğaçta %55, meşede %44 kızılçamda %34, otlak alanda %57, tarla alanında %51 ve kumul alanda %72'dir.

30-60 cm derinlik kademesinin TA miktarına katkısı dışbudakta %18, kızılğaçta %24, meşede %32, kızılçamda %22, otlak alanda %19, tarla alanında %16 ve kumul alanda %16'dır.

60-100 cm derinlik kademesinin TA miktarına katkısı dışbudakta %16, kızılğaçta %17, meşede %18, kızılçamda %25, otlak alanda %24, tarla alanında %14 ve kumul alanda %10'dur.

100-130 cm derinlik kademesinin TA miktarına katkısı dışbudakta %6, kızılğaçta %3, meşede %5, kızılçamda %19, otlak alanda %0.4, tarla alanında %19 ve kumul alanda %2'dir.



Şekil 3.10: Arazi kullanım durumuna göre TA stokunun toprak derinlik kademelerindeki yüzdesel dağılımı. Aynı harfe sahip olmayan kolonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır.

4. TARTIŞMA

Bursa, Karacabey Subasar ormanlarında gerçekleştirilen bu çalışmada, subasar ormanlarının toprak organik karbon ve toplam azot miktarının tespit edilmesi, pH, elektriksel iletkenlik, toprak hacim ağırlığı, toprak tekstürü gibi özelliklerinin belirlenmesi, aynı zamanda arazi kullanım farklılığının, ağaç türü değişiminin ve toprak derinliğinin subasar ormanlarının toprak organik karbon (TOK) ve toplam azot (TA) stoku üzerindeki etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

4.1 Toprak Derinlik KademesininDeğerlendirilmesi

Toprak profilinin 0-130 cm toprak derinliği değerlendirildiğinde;

En yüksek organik karbon miktarı %3,97 ile kızılâğaç altı topraklarında tespit edilirken, en düşük organik karbon miktarı %1,01 ile kıvılcım ve %0,53 ile de kumul topraklarında tespit edilmiştir (Otlak alan %2,79, Meşe %2,43, tarla %1,70). Arazi kullanım farklılığının ve ağaç türü değişiminin toprak organik karbon depolanmasında önemli bir etkisinin olduğu görülmektedir.

Kızılâğaç altı topraklar %0,328 ile en yüksek yüzde azot miktarına sahip olurken, bunu %0,302 ile dişbudak, %0,220 ile meşe, %0,210 ile otlak alan, %0,155 ile tarla alanı %0,087 ile kıvılcım ve %0,022 ile kumul toprakları izlemiştir.

Çalışma alanımızda ki ağaç türü ve arazi kullanım durumu farklılıkları, toprak organik madde miktarı açısından değerlendirildiğinde kızılâğaç, dişbudak ve meşenin toprak organik madde miktarı %7,25 ile %8,97 arasında değişiklik gösterirken, kıvılcım altı topraklarının toprak organik maddesi diğer ağaç türlerine göre %5,17 ile daha düşük değere sahip olmuştur.

%7,78 ile otlak alanı ve %8,44 ile tarla alanı topraklarının organik madde miktarları ağaç türlerinin toprak organik madde miktarlarına yakın değerlere sahip olurken kumul alanı topraklarının organik madde miktarı ise %0,62 ile en düşük değere sahiptir.

Toprak pH'ı değerlendirildiğinde ise en yüksek pH değerine sahip alanın 8,89 ile kumul alanları olduğu, en düşük pH değerinin ise 6,88 ile tarla alanlarına ait olduğu belirlenmiştir. Subasar orman ağaç türlerinin (dişbudak, meşe, kızılğaç) ve otlak alanların pH değerleri 7,96 ile 8,61 arasında değişkenlik göstermiştir.

Yüzde kum, kil ve toz miktarları değerlendirildiğinde ise de en yüksek kum miktarına %91'lik oran ile kumul alanları sahip olurken, aynı alanlar kil (%4) ve toz (%6) miktarı açısından en düşük değerlere sahiptir. Otlak alanlarında ise bu oranlar %65 kum, %29 kil ve %21 tozdur. Yüzde kum miktarı subasar alanı ağaç türleri arasında %66 ile %78 arasında, kil miktarı %15 ile %26 arasında ve toz miktarı %7 ile %10 arasında değişkenlik göstermektedir.

4.2 Toprak Organik Karbon Stoku

Karacabey subasar ormanlarının üç asli ağaç türü ve arazi kullanım farklılıkları, toprak organik karbon stoku açısından değerlendirildiğinde; ağaç türleri arasında kızılğaç toprakları (405 Mg ha^{-1}) en yüksek TOK stokuna sahip olurken, 393 Mg ha^{-1} ile dişbudak toprakları ikinci sırada ve 293 Mg ha^{-1} ile meşe toprakları üçüncü sırada yer almaktadır.

Çalışma alanı iki ayrı ekosistem olarak düşünülürse Karasal ekosistemi temsil eden kızılçam ormanlarının TOK stoku, subasar ormanlarının (dişbudak, meşe, kızılğaç) TOK stok değerleriyle kıyaslandığında, Subasar ormanlarının TOK stokunun $\text{Ha}'da$ 2,5 kat daha fazla organik karbon stokuna sahip olduğu görülmüştür.

Tarla alanlarının TOK stoku 259 Mg ha^{-1} subasar orman ağaç türlerinden (kızılğaç, meşe, dişbudak) daha düşük, kızılçam topraklarından (162 Mg ha^{-1}) ise daha yüksek bir değer göstermiştir.

Tüm toprak derinliği (0-130 cm) çalışma yapılan bütün ağaç türleri ve arazi kullanım durumları açısından değerlendirilirse en düşük TOK'a sahip kumul alanlar (63 Mg ha^{-1}) olurken en yüksek TOK miktarı ise otlak alan topraklarında (678 Mg ha^{-1}) tespit edilmiştir.

Subasar ormanı temsil eden üç ağaç türünün ve farklı arazi kullanım alanlarının toprak derinlik kademelerine göre TOK değişimi incelendiğinde; TOK stoklarının 0- 30 cm derinliğine kadar azalma eğiliminde olduğu, 30-100 cm arasında arttığı ve 100-130 cm aralığında ise tekrar azalmaya başladığı belirlenmiştir.

Yapılan birçok çalışmada toprakların içerdiği organik karbon miktarının 0-30 cm toprak derinlik kademesinde en yüksek miktarda bulunduğu ifade edilmektedir (Don ve diğ.,2007; Marinho ve diğ.,2013).

Karacabey Subasar ormanları ve bitişiğindeki ekosistemlerde gerçekleştirilen çalışma sonucunda tespit edilen Toprak Organik Karbon (TOK) stok değerleri, literatürde bulunan, sulak alan ve karasal alanda gerçekleştirilen çalışmalarla kıyaslandığında sonuçların ağaç türü ve arazinin kullanım durumuna göre farklılık gösterdiği, genel olarak TOK stok değerinin arttığı anlaşılmaktadır.

Proje çalışmasının TOK stok değerleri, kumul alan toprakları hariç, Cierjacks ve diğ. (2010) tarafından bildirilen değerlerden oldukça yüksek bulunmuştur. Cierjacks ve diğ. (2010) dere kenarı sulak alanlardaki sert odun gövdesine sahip ağaç türlerinden (meşe, dişbudak, akçaağaç, karaağaç) oluşan yaşlı meşcerelerin 1 metre toprak derinliği için ortalama 138 Mg ha⁻¹, kavaklar için (*Populus alba*, *Populus x canadensis*, *Populus nigra*) 136 Mg ha⁻¹, yeniden aynı ağaç türleri ile ağaçlandırılan genç meşcereler için 128 Mg ha⁻¹ ve söğüt ağaçlarından oluşan meşcereler için 113 Mg ha⁻¹ ve otlak alanlar için 154 Mg ha⁻¹ olarak rapor etmiştir.

D'Elia ve diğ. (2017) sulak alan topraklarının içerdiği organik karbon stokunu çevresi orman, otlak ve tarım alanları ile karşılaştırdığı çalışmada, toprak organik karbon stokunun 0-1 m derinlikteki değerlerine göre sulak alanların (220 Mg ha⁻¹) tarım alanlarından (188 Mg ha⁻¹) daha düşük olduğunu, fakat 0-3 m toprak derinliği dikkate alındığında sulak alan toprak organik karbon stokunun (286 Mg ha⁻¹), 0-1 m derinliğinde stoklanan çevresi orman (220 Mg ha⁻¹), otlak (260 Mg ha⁻¹), tarım (128 Mg ha⁻¹) ve sulak alanın (215 Mg ha⁻¹) topraklarından çok daha fazla bir değere sahip olduğunu bildirmiştir.

Jaramillo ve diğ. (2003) tarafından Meksika'da gerçekleştirilen çalışmada tropikal subasar ormanlarında (yapraklı ve her dem yeşil yapraklı ormanlar) 0-60 cm toprak derinliği için bulunan TOK stok değeri 113,8 Mg ha⁻¹ iken çevresi karasal ormandaki bu değer 76,2 Mg ha⁻¹, otlak alanda ise 112,5 Mg ha⁻¹ olarak bildirilmiştir. Proje çalışmasında 0-60 cm toprak derinliği için bu değerler kızılcağaç için 330 Mg ha⁻¹, dişbudak için 225 Mg ha⁻¹, meşe için 235 Mg ha⁻¹, kızılçam için 101 Mg ha⁻¹ ve otlak alan için 375 Mg ha⁻¹ belirlenmiş olup, Jaramillo ve diğ. (2003) tarafından belirtilen değerlerden oldukça yüksektir. Diğer bir çalışmada, Hanberry ve diğ. (2015) tarım alanlarının 97 Mg ha⁻¹ toprak organik karbonuna karşılık yaşlı subasar ormanlarındaki toprak organik karbonunun 169 Mg ha⁻¹ ile 317 Mg ha⁻¹ arasında değiştiğini tespit

etmişlerdir. Yaşlı subasar alanında belirlenen en yüksek TOK stoku, çalışmamızdaki meşe ormanlarının TOK stok değerlerine (293 Mg ha^{-1}) yakın bir değerdir.

Oubrahim ve diğ. (2016) mantar meşesi (*Quercus suber*) ekosisteminde karbon depolama miktarının 100 cm'lik toprak derinliğinde 65 t/ha ile 237 t/ha arasında değiştiğini ve organik karbonun %87'den daha fazlasının ilk 40 cm derinlikte bulunduğunu bildirmiştir.

Genel olarak Avrupa orman topraklarının mineral topraklarının 0-20 cm derinliğinin karbon stokunun $11,3$ ile $126,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ arasında değiştiği (Baritz 2010), ziraat alanı üst topraklarının organik karbonu ise 40 ile 250 Mg ha^{-1} arasında olduğu bildirilmiştir (Lugato ve diğ., 2013). Proje çalışmasında ağaç türlerinin 0-20 cm TOK stok değerleri kızılâğaç için $163,4 \text{ Mg ha}^{-1}$, dişbudak için $135,8 \text{ Mg ha}^{-1}$, meşe için $116,1 \text{ Mg ha}^{-1}$ ve kızılçam için $53,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Sulak alanda yetişen meşe ile karasal ortamdaki kızılçam için bu değerler Avrupa orman topraklarının 0-20 cm mineral topraklarının içerdiği sınır değerleri arasında yer alırken, sulak alanda yetişen kızılâğaç ve dişbudağın bu sınır değerlerin üzerinde TOK stokuna sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışmanın TOK stok değerlerini Türkiye'nin karasal ormanlarının yapraklı ve iğne yapraklı ağaç türlerinin toprak organik karbon stokları ile karşılaştırdığımızda ise Karacabey subasar ormanlarının TOK stok değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Tolunay ve Çömez (2008) yaptıkları derleme bir çalışmada; Türkiye orman topraklarında yapılmış pek çok çalışmayı derleyerek farklı ağaç türleri ve depolanan karbon miktarlarını hesaplamışlardır. Yapılan derleme çalışmada, Türkiye genelinde yapraklı türlerden alınan toplam 191 toprak çukurundan elde edilmiş değerlerin, 1 metre toprak derinliğine uyarlanmasıyla elde edilen ortalama sonuca göre, Türkiye yapraklı orman topraklarının 1 hektarlık kısmında stoklanan organik karbonu ortalama $80,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ ($2,0$ - 424 Mg ha^{-1}) olarak bildirmiştir. Meşe ormanları için bu değer ortalama $82,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ ($5,1$ - 279 Mg ha^{-1}) olarak verilmiştir. Aynı çalışmada, 751 toprak çukuru ortalaması ile iğne yapraklı orman topraklarının 1 hektarlık kısmında stoklanan organik karbonu ortalama $77,1 \text{ Mg ha}^{-1}$ ($0,8$ - 448 Mg ha^{-1}), kızılçam ormanları için bu değer 16 toprak çukuru ortalaması ile $77,1 \text{ Mg ha}^{-1}$ ($29,6$ - $160,5 \text{ Mg ha}^{-1}$) olarak bildirmiştir.

Karacabey subasar ormanlarının kızılâğaç, dişbudak ve meşe ağaç türlerinin TOK stok değerleri, bu türlerin karasal alanda sahip oldukları TOK değerlerini içeren çalışmalarla karşılaştırıldığında genel olarak daha yüksek olduğu görülmüştür. Örneğin, farklı ağaçların topraklarının içerdiği toprak organik karbon stoklarını 0- 200

cm toprak derinliğine göre araştıran Atashnama ve diğ. (2018), kızılâğaç (*A. Glutinosa*) ve meşe (*Q. Cataneifloia*) topraklarının TOK stokunun en fazla olduğu toprak derinliğini 0-20 ve 20-40 cm olarak rapor etmiştir. 0-20 cm derinlikte kızılâğaç 35,81 Mg ha⁻¹, meşe 33,05 Mg ha⁻¹ TOK sahip olurken, 20-40 cm toprak derinliğinde bu rakamlar kızılâğaç için 27,42 Mg ha⁻¹, meşe için 27,32 Mg ha⁻¹ olarak belirlenmiştir. 120 cm toprak derinliği için toplam TOK miktarı kızılâğaçta 139,52 Mg ha⁻¹ iken meşede 130,87 Mg ha⁻¹ olarak tespit edilmiştir. 0-200 cm toprak derinliği için toplam değerler kızılâğaç için 206,24 Mg ha⁻¹ ve meşe için 195,26 Mg ha⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Karasal alanda yetişen kızılâğaç ve meşe toprakları 0-200 cm toprak derinliği için bile bizim sulak alandaki kızılâğaç (405 Mg ha⁻¹) ve meşe (293 Mg ha⁻¹) topraklarının 0-130 cm TOK stok değerlerinden daha düşük değerler göstermiştir.

Bununla beraber, farklı bölgelerde yetişen kızılâğaç topraklarının farklı TOK stokuna sahip olduğuna yönelik çalışmalara literatürde rastlamak mümkündür. Örneğin Ranabhat ve diğ. (2009), ortalama 1250 m yükseltide yetişen Nepal kızılâğaç (*Alnusnepalensis*) türünün 1 m toprak derinliği için toplam organik karbon stokunu kuzey bakıda 113,4 Mg ha⁻¹, güney bakıda ise 169,3 Mg ha⁻¹ olarak bildirmiştir. Reyna-Bowen ve diğ. (2019) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada ise kızılâğaç orman topraklarının 1 m derinlikte 282,02 Mg ha⁻¹ organik karbon stokladığı, bunu 171 Mg ha⁻¹ ile ladin ve 97,26 Mg ha⁻¹ ile kayın ormanlarının izlediği bildirilmiştir.

Wellock (2011) Doktora tez çalışmasında, İrlanda topraklarında dişbudak ile yapılan ağaçlandırma uygulamalarında, 47 yaşındaki dişbudak (*Faxinusexcelsior*) orman topraklarının (0-30 cm) stokladığı organik karbon miktarını 161,9 Mgha⁻¹ olarak bildirirken, bitişigi otlak alanda bu değeri 92,6 Mgha⁻¹ olarak bildirmiştir. Bu değerler proje çalışmamızda ki subasar ortamında yetişen dişbudak ve bitişigi otlak alan topraklarının sahip olduğu TOK stok değerleriyle karşılaştırıldığında, dişbudak için bulduğumuz değere yakın (167,1 Mgha⁻¹), otlak alan için bulduğumuz değerden (191,2 Mg ha⁻¹) oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir.

Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (ÇEM) tarafından gerçekleştirilen 2018 tarihli “Toprak Organik Karbonu Projesi” sonucuna göre (ÇEM, 2018). Türkiye’nin 30 cm toprak derinliğinde toplam karbon stok miktarının en fazla depolandığı alanlar orman alanları (%38,33) olup bunu %33,39 ile mera ve %26,94 ile tarım alanları izlemektedir. Sulak alanlar ve su yüzeyleri ile yapay ve çıplak alanlardaki TOK stokları ise Türkiye toplam TOK stokunun ancak %1,36’nı oluşturmaktadır. Modelleme sonucunda 6 arazi kullanım sınıfı için birim alandaki

ortalama karbon miktarları; Orman Alanları için 55,68 Mg C ha⁻¹, Mera/Otlak Alanları için 49,77 Mg C ha⁻¹, Sulak Alanlar ve Su Yüzeyleri için 49,71 Mg C ha⁻¹, Tarım Alanları için 35,96 Mg C ha⁻¹, Yapay Alanlar için 16,12 Mg C ha⁻¹, Çıplak Alanlar için 12,78 Mg C ha⁻¹ olarak tahmin edilmiştir. 0-30 cm toprak derinliği için proje çalışmasında subasar ormanların TOK değerleri, yukarıda ÇEM tarafından tahmin edilen değerlerden oldukça yüksek bulunmuştur.

Yukarıda açıklanan çalışmaların sonuçlarının aynı türler arasında bile farklı olması çalışmaların gerçekleştirildiği alanın toprak (edafik) ve iklim (klimatik) özelliklerindeki farklılıklar yanında meşcere özellikleri (yaş, boy, kapalılık, saf veya karışık meşcereler vd.), çalışılan toprak derinliği, alanın önceki kullanım durumu ve yönetim uygulamalarından kaynaklandığı ifade edilmektedir (Berger ve diğ., 2002; Lal, 2005; Wang ve diğ., 2013). Özellikle farklı ağaç türleri, toprak üstü ve toprak altı flora ve faunasından kaynaklı farklı ölü örtüsüyle eklenen karbon kaynağının boyutunu ve fizikokimyasal özelliklerini, toprak profilindeki kök sisteminin dağılışını, karbonun toprak içindeki dağılışını ve kil yüzeyleriyle ilişkisini potansiyel olarak değiştirebildiği bildirilmiştir (Oades, 1988; Berger ve diğ., 2002).

Sonuç olarak, proje çalışmasından elde edilen verilerin tümü değerlendirildiğinde genel olarak sulak alan orman ekosistemlerinin hem ağaç türleri hem de farklı arazi kullanımındaki alanlarının TOK ve TA stok değerlerinin karasal alandaki değerlerden daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Küresel olarak incelendiğinde sulak alanların karbon stokunun 1.4 ile 7735 Mg C ha⁻¹ arasında değiştiği tahmin edilmektedir (Appling, 2012; Sutfin ve diğ., 2016; Wigginton ve diğ., 2000). Sulak alanların ya da subasar ormanların neden daha fazla TOK stokladığına dair iki ana sebep bulunmaktadır: (1) doğal ortamlar karbon tutulumu için uygundur çünkü fotosentetik asimilasyon ürünleri yoluyla C girişleri az çok optimaldir (Baldock ve Skjemstad, 2000) ve TOK mineralizasyonu sıklıkla suyla doymuş ortamlar tarafından sınırlandırılmıştır, (2) subasar alanları bulunduğu havzanın tüm bölgelerinden gelerek subasar alanda depolananan sedimentlerden önemli miktarda toprak organik karbonu sağlamaktadır (Robertson ve diğ., 1999).

4.3 Toplam Azot Stoku

Karacabey subasar ormanların üç asli ağaç türü arasında toplam azot stoku bakımından kızılçam toprakları TOK stokunda olduğu gibi yine en yüksek değere sahip olurken (34,4 Mg ha⁻¹), meşe toprakları ikinci sırada (28,6 Mg ha⁻¹) ve dişbudak toprakları ise

üçüncü sırada (26,2 Mg ha⁻¹) yer almıştır. Azot bağlama yeteneğine sahip türlerin toprak N ve C konsantrasyonlarını pozitif yönde teşvik ettiği daha önceki çalışmalarda bildirilmiştir (Johnson ve Curtis, 2001). Azot bağlamayan türlerle karşılaştırıldığında Resh ve diğ. (2002) azot bağlayan türler altındaki topraklarda %20 ile %100 arasında daha fazla toprak karbonu olduğunu rapor etmiştir. Ek olarak, Binkley ve Giardina (1998), azot bağlayıcı türlerin dökülen ölü örtüsündeki azot miktarının 4-10 katı kadar daha fazla olduğunu bununda toprağındaki azot konsantrasyonunu arttırdığını bildirmiştir. Tüm bu etkenlerin subasar alandaki kıızılağaç topraklarının daha yüksek TOK ve TA stokuna sahip olmasında önemli olduğu düşünülmektedir.

Çalışma bölgesi karasal orman ekosistemini temsil eden kıızılağaç ormanlarının TA (15,9 Mg ha⁻¹) stokları ise subasar ormanlarının değerleriyle karşılaştırıldığında düşük bulunmuştur. Bu değerlere göre subasar orman ağaçları bir hektar toprakta kıızılağaç ormanlarından yaklaşık 1,5-2 katı kadar daha fazla azot stokuna sahiptir.

Orman ağaç türlerinin sahip olduğu değerler, otlak alanı topraklarının TA stokları ile karşılaştırıldığında, otlak alanlar, kıızılağaç topraklarından daha düşük, meşe ve dişbudak topraklarının sahip olduğu değerlere ise yakın bir değer (27,3 Mg ha⁻¹) göstermiştir.

Tarım amaçlı kullanılan toprakların TA stoku (23,3 Mg ha⁻¹), subasar orman ağaç türlerinden (kıızılağaç, dişbudak ve meşe) daha düşük, kıızılağaç topraklarından ise daha yüksek değere sahip olmuştur. Kumul alanları ise TA (2,52 Mg ha⁻¹) stoku bakımından en düşük değerleri göstermiştir. Çalışılan ağaç türlerinin ve arazi kullanım alanlarının TA stoklarının toprak derinlik kademelerine göre değişimi incelendiğinde, TA stoklarının 30 cm toprak derinliğine kadar bir azalma gösterdiği, 30-100 cm arasında arttığı ve 100-130 cm arasında ise tekrar azaldığı belirlenmiştir. Birçok çalışmada toprakların içerdiği toplam azot miktarının organik karbondaki olduğu gibi en çok toprağın 0-30 cm derinlik kademesinde olduğu ifade edilmiştir (Don ve diğ., 2007; Marinho ve diğ., 2013).

Literatürdeki ulusal veya uluslararası çalışmalar incelendiğinde, farklı orman ağaç türleri veya farklı arazi kullanımının toprak organik karbon stokları üzerine olan çalışmaların çoğunlukta olduğu ve sonuçlara kolay ulaşıldığı, fakat toprak azot (TA) stoklarına yönelik çalışmaların sayısının sınırlı ve farklı ağaç türleri veya toprak derinlik kademelerine yönelik sonuçlarının çok az olduğu görülmüştür. Sulak alan ekosistemlerinin TA stoklarını yönelik çalışmalar ise birkaç çalışmadan öteye geçmemektedir. Bununla beraber, çalışma sonunda elde edilen TA stok değerleri

literatürdeki sınırlı sayıdaki ulusal veya uluslararası hem sulak alan hem de karasal alanda aynı veya farklı ağaç türleri kullanılarak gerçekleştirilen birkaç çalışmayla da olsa karşılaştırıldığında, sonuçların ağaç türü ve arazinin farklı kullanım durumuna göre genel olarak daha yüksek olduğu, bazı çalışmalarda ise birbirine yakın değerler gösterdiği anlaşılmaktadır.

Jaramillo ve diğ. (2003) tarafından Meksika’da gerçekleştirilen çalışmada tropikal subasar ormanlarında 0-60 cm toprak derinliği için bulunan TA stok değeri 16,7 iken çevresi karasal ormanda bu değer 6,66 Mg ha⁻¹, otlak alanda ise 8,31 Mg ha⁻¹ olarak bildirilmiştir. Proje çalışmasında 0-60 cm toprak derinliği için bu değerler daha yüksek olup, kızılâğaç için 27,4 Mg ha⁻¹, dişbudak için 20,6 Mg ha⁻¹, meşe için 21,9 Mg ha⁻¹, kızılçam için 8,97 Mg ha⁻¹ ve otlak alan için 20,6 Mg ha⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Sharma ve diğ. (1985) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada 46 yaşındaki kızılâğaç (*Alnusnepalensis*) meşceresinin 1 metre toprak derinliği için bildirdiği TA stoku 37,97 Mg ha⁻¹ olup, proje çalışmamızdaki kızılâğacın (*Alnusglutinosa*) 1 metre derinliği için belirlenen değere (33,37 Mg ha⁻¹) yakındır. Bununla birlikte, bu değer, Oregon Amerika’da 40 yaşındaki diğer bir kızılâğaç türünün (*Alnusrubra*) oluşturduğu meşcerenin 90 cm toprak derinliği için bildirilen değerine ise (18,7 Mg ha⁻¹) yaklaşık iki katı kadar yüksektir (Franklin ve diğ. 1968). *Alnusglutinosa* için bulunan TA stoku farklı ağaç türlerine göre de oldukça yüksek bulunmuştur. Örneğin, Avustralya’da farklı okaliptüs meşcerelerinin (*Eucalyptusobliqua-Eucalyptusdives* ve *Eucalyptusregnans*) 1 metre derinlikteki TA stoku (aynı sıralamada 13,44 Mg ha⁻¹ ve 17,28 Mg ha⁻¹) (Feller, 1980) değerlerinden yüksektir.

Ülkemizde farklı türler ve alanlar için bildirilen TA stokları bulunmaktadır. Örneğin Kastamonu yöresi farklı orman ağaçlarının ve otlak alanın 0-20 cm toprak derinliğinin TA stoku kayın altında 9,57 Mg ha⁻¹, sarıçamda 5,77 Mg ha⁻¹, karaçamda 4,20 Mg ha⁻¹, göknarda 5,93 Mg ha⁻¹, otlak alanda 5,81 Mg ha⁻¹ olarak bildirilmiştir (Sariyildiz ve diğ. 2015). Proje çalışmasının 0-20 cm toprak derinliğiyle karşılaştırıldığında kızılâğaç (15,1 Mg ha⁻¹), dişbudak (13,7 Mg ha⁻¹) ve otlak alanlar (9,44 Mg ha⁻¹) bu değerlerden yüksek bulunurken, meşe (8,65 Mg ha⁻¹), kızılçam (3,79 Mg ha⁻¹), tarım alanları (5,14 Mg ha⁻¹) ve kumul (1,53 Mg ha⁻¹) değerleri bu değerlerden daha düşük veya yakındır.

Tarafımızdan gerçekleştirilen Bursa ve Yalova bölgesi farklı kestane ormanlarının 0-40 cm derinlikteki TA stok değerleri (6,03–11,40 Mg ha⁻¹) (BAP Proje no: 190Y009) ile Bursa Uludağ göknarı değerlerine göre karşılaştırıldığında (6,73-12,8 Mg ha⁻¹

arasında) (BAP Proje no: 181N180) yine çalışılan ağaç türüne, farklı arazi kullanım durumuna ve çalışmanın yapıldığı bölgeye göre daha yüksek, düşük veya benzer olduğu anlaşılmaktadır.

Toprakların C:N oranları, topraklarda humusun yapısı ve ayrışma derecesi hakkında bilgi vermektedir (Brady ve Weil, 2008). Toprakların C:N oranları artıkça yani C:N oranları geniş olan topraklarda organik maddenin ayrışma ve parçalanması yavaştır. C:N oranları dar olan topraklarda ise fazladır. Bu nedenle toprakların C:N oranlarının bilinmesi organik maddenin mineralizasyonu için önemlidir (Sakin ve Sakin, 2014). Organik materyalin C:N oranı 30'dan büyük olması halinde ayrışmanın başlangıcında azot immobilizasyonu görülür. C:N oranı 20-30 arasında olması durumunda ise mineralizasyon ve immobilizasyon dengede olur. Bu oranın daha düşük yani 20 den küçük olması durumunda ise ayrışmanın başlangıcında mineral azot serbest duruma geçmektedir (Tisdale ve Nelson, 1985). Larcher (2003) mineralizasyon için en uygun toprak C:N oranı aralığının 10:1 ve 20:1 arasında olduğunu bildirmiştir. Proje çalışmasında, C:N oranları toprak profili içinde dışbudakta 8:1 ile 11:1 arasında kızılağaçta 11:1 ile 13:1 arasında, meşede 7:1 ile 12:1 arasında, kızılçamda 8:1 ile 15:1 arasında ve tarla alanlarında 10:1 ile 14:1 arasında ve otlak alanlarda ise bu oran 11:1 ile 16:1 arasında bir oran göstermiştir. Kumul alan topraklarının ise topraklarının C:N oranı oldukça yüksek olup, 22:1 ile 44:1 arasında değişiklik göstermiştir. Bu değerler subasar alanındaki kumul alanlar hariç, subasar ormanların ağaç türleri ile farklı arazi kullanımındaki alanlar, mineralizasyon bakımından uygun oranlara sahiptir.

Saint-Laurent ve diğ. (2017) tarafından nehir kenarı sulak ormanda bir gerçekleştirilen bir çalışmada, üst toprakların (0-20 cm) TOK miktarının $\%2,29 \pm 1,64$ ile $\%3,83 \pm 2,22$, TOK stokunun ise $38,22 \pm 10,40 \text{ Mg ha}^{-1}$ ile $79,75 \pm 29,47$ arasına değiştiğini bildirmiştir. Toplam N miktarının $\%0,18 \pm 0,09$ ile $\%0,26 \pm 0,17$ arasında değişen çalışmada, C/N oranı ise $13,56 \pm 2,59$ ile $15,92 \pm 4,14$ arasında rapor edilmiştir. Proje çalışmasının TOK ve TA stokları Saint-Laurent ve diğ. (2017) tarafından raporlanan değerlerden oldukça yüksek olmakla beraber, C:N (TOK:TA) oranları arasındaki farklılık oldukça düşüktür.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bursa Karacabey subasar ormanlarında gerçekleştirilen çalışma, Türkiye subasar ormanlarının, toprak organik karbon ve toplam azot stokunu, toprak derinlik kademelerini (0-130 cm) ve arazi kullanımını (karasal orman, otlak alanı, tarım alanı ve kumul alanı) dikkate alarak detaylı bir şekilde araştırıp ortaya koyan öncü bir çalışma olmuştur.

Sonuçlar, sulak alanların ister ormanlık alan ister farklı arazi kullanımında olsun hektar bazında karasal alanlardan önemli derecede daha fazla organik karbon ve azot depolayabildiğini göstermektedir. Özellikle, karbon ve azot yönünden zengin sedimentlerin girip çıktığı sulak alanlardaki otlak alanlar ve farklı ağaç türleriyle orman ekosistemleri organik karbon ve azot stokunun önemli ve hassas bir doğal havuzu durumundadır.

Çalışmada, subasar orman ağaç türleri arasında TOK stok miktarı Kızılağaç (405 Mg ha^{-1}) > Dişbudak (393 Mg ha^{-1}) > Meşe (293 Mg ha^{-1}) > Kızılçam (162 Mg ha^{-1}) şeklinde sıralanırken, TA stoku miktarı Kızılağaç ($34,4 \text{ Mg ha}^{-1}$) > Meşe ($28,6 \text{ Mg ha}^{-1}$) > Dişbudak ($26,2 \text{ Mg ha}^{-1}$) > Kızılçam ($15,9 \text{ Mg ha}^{-1}$) şeklinde sıralanmıştır.

Subasar ormanlardaki yüksek miktardaki organik karbon ve azot birikiminin en önemli sebepleri arasında toprak altı ve toprak üstü üretilen yüksek miktardaki biyokütlesi sisteme giren ve organik karbon ve azot bakımından zengin sediment miktarı topraklarında anarobik (anaerobik) olarak biyokütleyi daha fazla koruması sayılabilir. Bunlara ek olarak, kızağacın köklerinde azot bağlayıcı aktinomicet Frankia ile simbiyotik olarak azot bağlayabilme yeteneği bu alanlarda toprak azot stokunun yüksek bulunmasında önemli katkı sağlamaktadır.

Küresel iklim değişikliğinde önemli bir yer tutan karbon ve azot döngüsünü Subasar alanlarda nasıl gerçekleştiğini doğru bir şekilde anlayabilmek için yukarıda açıklanan subasar alanlara karbon ve azot girişi ve çıkışına etki eden tüm faktörlerin gelecekte yapılacak çalışmalarla detaylı olarak araştırılması gerekmektedir.

Karasal alanlarda gerçekleştirilen bilimsel çalışmalarda genel olarak, arazi kullanımı ve arazi kullanımında meydana gelen değişimlerin topraktaki organik karbon stoku üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu bildirilmektedir. Örneğin, tarım topraklarında bitkisel kütlenin hasat ile uzaklaştırılmasının ve sürekli işleme ile toprağın havalanmasının, organik maddenin ayrışmasına ve tuttuğu karbonun atmosfere salınmasına neden olarak toprak organik karbon azalmasında etkili olduğu ifade edilmektedir.

Çalışma sonuçlarına göre ise, subasar alanlarda farklı arazi kullanımı veya arazi örtüsü değişikliğinin, özellikle otlak alanların toprak organik karbon ve azot miktarında ve stokunda bir azalmaya neden olacağı anlamını taşımadığı testip edilmiştir. Çalışmada otlak alanın hektardaki TOK miktarı (678 Mg ha^{-1}), subasar alandaki 3 ağaç türünden (kızılağaç, dişbudak ve meşe) 1,7 ile 2,3 katı, karasal alandaki kızılamdan ise 4 katı kadar, toplam azot stoku ($27,3 \text{ Mg ha}^{-1}$) ise subasar alandaki ağaç türlerine oldukça yakın, kızılamdan ise 1,7 katı daha fazla belirlenmiştir.

Subasar alanlardaki tarım alanlarının hektardaki TOK miktarı (259 Mg ha^{-1}) ve TA stoku ($23,3 \text{ Mg ha}^{-1}$) subasar alandaki 3 ağaç türünden (kızılağaç, dişbudak ve meşe) daha düşük iken, karasal alandaki kızılamdan 1,6 kat daha fazla TOK ve 1,7 kat daha fazla TA stokuna sahip olmuştur.

Sulak alanların organik karbonu ve azotu bünyesinde tutma ya da salıverme potansiyeli iki faktör tarafından güçlü bir şekilde etkilenmektedir. Bunlar; (1) insan etkisi, (2) küresel iklim değişikliğidir. Sulak alanlardaki değişiklikler, örneğin tarım veya orman alanlarına dönüştürülmesi ya da restorasyonu, yüksek miktarda organik karbon ve azot kazanılmasına veya kaybedilmesine neden olabilmektedir. Çoğu araştırmacılar ve kuruluşlar, yüksek sıcaklıkların ve kuru hava şartlarının organik maddenin hızlı bir şekilde ayrışmasına yol açabileceğini ve yüksek miktarda karbonun atmosfere salınabileceğini ifade etmektedir. Bunlara ek olarak, sulak alanlara ulaşan su akış rejimi üzerinde insanların etkisi ya da akış suyunun sediment konsantrasyonunun sulak alanın karbon ve azot stoku üzerinde etkili olabilmektedir.

Subasar ormanların, otlak ve tarla alanlarının topraklarının karasal alanlardan daha fazla TOK ve toprak derinlik kademelerinin bazı yerlerinde daha fazla TA içermesi yukarıda vurgulandığı üzere subasar alana her yıl mevsimsel yağışlarla ve nehir taşkınlarıyla yukarı havzalardan taşıman ve subasar alanda biriken zengin organik karbona ve azota sahip sedimentlerin varlığına bağlanabilir. Bunun yanında, otlak alanlarda yetişen otsu türlerin derin kök yapılarıyla toprağa kazandırdığı organik

madde ve hayvansal gübreler yanında tarımsal amaçla kullanılan ve köklerinde azot bağlama yeteneğine sahip ürünlerin tarla alanlarında kullanılması da azot miktarının artmasına neden olmaktadır.

Subasar alanların yönetimi, planlanması ve restorasyonu çalışmalarında, organik karbon ve azot stoklarının korunması ve sürdürülmesinde, subasar alanlardaki arazilerin farklı kullanım durumu göz ardı edilmemelidir.

Çalışmamızın amaçları arasında toprak karbon ve azot stokunun artmasına veya azalmasına neden olan faktörlerin araştırılması olmadığı için detaylı olarak ele alınıp ortaya konulmamıştır. Dolayısıyla bu konuların ileride yapılacak çalışmalarda daha detaylı araştırılmasına ihtiyaç bulunmaktadır.

Subasar orman ekosistemleri ve çevresi alanların TOK ve TA stoklarının belirlenmesi bulunduğu havzada, bölgede hatta ülkede karbon ve azot stokunu ve dağılımının daha doğru ortaya konulmasına katkı sağlayacaktır.

Burada elde edilen sonuçlara göre, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (ÇEM) tarafından 2018 yılında yayınlanan proje raporundaki Türkiye *sulak alanlar ve su yüzeylerinin* 30 cm toprak derinliği için bildirilen hektardaki ortalama organik karbon stoku değerinin ($49.71 \text{ Mg C ha}^{-1}$) çok düşük olduğu anlaşılmaktadır. Buradaki çalışmada bu miktar 30 cm toprak derinliği için dışbudakta $166.99 \text{ Mg C ha}^{-1}$, kıvılağacıta $237.6 \text{ Mg C ha}^{-1}$, meşede $141.75 \text{ Mg C ha}^{-1}$, kıvılçamda $68.7 \text{ Mg C ha}^{-1}$, otlak alanda $191.14 \text{ Mg C ha}^{-1}$, tarla alanında 128 Mg C ha^{-1} ve kumul alanlarda 43 Mg C ha^{-1} olarak belirlenmiştir.

Sulak alanlar için belirtilen organik karbon veya azot stoku değerlerinin hangi kullanım alanı için verildiği açık olarak belirtilmelidir. Çünkü çalışma sonuçlarına göre subasar alanın orman, otlak, tarım, kumul, sazlık veya bataklık olup olmaması stoklanan organik karbon ve azot miktarını da önemli miktarda etkileyecektir.

Proje çalışmasında, Karacabey subasar ormanları ve çevresi alanların 0-130 cm toprak derinliğindeki TOK ve TA stokları, toprak derinlik kademeleri de dikkate alınarak belirlenmiştir. Sonuçlar, subasar ormanları ve çevresi otlak ve tarım alanlarında önemli miktarda organik karbon toprak profilinin daha derin kısımlarında depolanmaktadır. Dolayısıyla, bu sonuçlar, bir havzanın ya da bölgenin karbon bütçesini belirlemede özellikle alüvyon ortamlarda toprak profilinin daha derin kısımlarında depolanan TOK miktarının da hesaplamalara dâhil edilmesinin önemini vurgulamaktadır.

KAYNAKLAR

- Acatay, G., Pamay B. & Kalıpsız, A.** (1962). Süleymaniye dışbudak ormanı, imar ve ihyası ile işletilmesi hakkında düşünceler, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B 2, 38–54.
- Akay, A.E., Gencal, B. & Taş, İ.** (2017). Spatiotemporal change detection using landsatimagery: the case study of Karacabey flooded forest, Bursa, Turkey. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume IV-4/W4,. 4th International GeoAdvances Workshop, 14–15 October, Safranbolu, Karabuk, Turkey.
- Akdeniz, N.S., Çelik, A., Ender, E. & Zencirkıran, M.** (2015). Kentsel Ekosistemlerde Biyotopların Önemi: Bursa Kenti Örneği, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 8 (1), 40-43.
- Appling, A.P.** (2012). *Connectivity drives function: carbon and nitrogen dynamics in a floodplain-aquifer ecosystem*. PhD dissertation, Duke University: Durham, North Carolina.
- Atashnama, K., Golchin, A. & Mousavi Koupar, A.** (2018). Soil properties, labile pools of soil organic carbon and their variations under broadleaf and coniferous plantation in Hyrcanian forest, northern Iran, *Environmental Resources Research*, Vol. 6, No. 2, 119-138.
- Baldock, J.A. & Skjemstad, J.O.** (2000). Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack, *Organic Geochemistry*, 31, 697–710.
- Başaran, M.** (2004). Türkiye'nin organik karbon stoku. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (3/4), 31-36.
- Berger, T.W., Neubauer, C. & Glatzel, G.** (2002). Factors controlling soil carbon and nitrogen stores in pure stands of Norway spruce (*Picea abies*) and mixed species stands in Austria, *For. Ecol. Manage.*, 159, 3–14.
- Binkley, D. ve Giardina, C.** (1998). Why do trees affect soils? The warp and woof of tree–soil interactions, *Biogeochemistry*, 42, 89–106.
- Blake, G. R. ve Hartge, K. H.** (1986). Bulk density. In Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.H. (Eds.) *Methods of soil analysis*. (Part I, pp. 363-375). Physical and mineralogical methods, second ed. Am. Soc. Agron., Madison. Agronomy.
- Bouyoucos, G. J.** (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils, *Agron. J.*, 54, 595-622.
- Brady, N. C. ve Weil, R. R.** (2008). *The nature and properties of soils*. USA, New Jersey: Pearson Prentice Hal Inc.
- Braz, A.M.de S., Fernande, A.R. & Alleoni, L.R.F.** (2013). Soil attributes after the conversion from forest to pasture in Amazon, *Land Degradation and Development*, 24, 33-38.

- Budak, M. ve Günal, H.,** (2018). Yukarı Dicle Havzasında Farklı Arazi Kullanımları Altındaki Toprakların Karbon Depolama Potansiyelleri, *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 61-74.
- Büyükgüner, E.** (2007). *Farklı Kullanım Altındaki Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi*. (Yüksek lisans tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tokat.
- Calhoun, A.J.K.** (1999). Forested wetlands. In: Hunter, M.L., (Ed). *Maintaining biodiversity in forested ecosystems*. (pp. 300-331). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Canadell, J., Le Quere, C., Raupacha, M., Fielde, C., Buitenhuis, E., Ciais, F. ve diğ.** (2007). Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(47), 18866-18870.
- Chaopricha, N. T. ve Marín-Spiotta, E.** (2014). Soil burial contributes to deep soil organic carbon storage, *Soil Biol. Biochem* 69, 251–264.
- Cseh, V., Kiss, M. ve Tanacs, E.** (2014). Carbon sequestration of floodplain forests: a case study from Hungary, Maros river valley, *Tiscia*, 40, 3-10.
- Cierjacks, A., Kleinschmit, B., Babinsky, M. & Kleinschroth, F.** (2010). Carbon stocks of soil and vegetation on Danubian floodplains, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 173(5), 644-653.
- ÇEM.** (2018). Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, *Toprak Organik Karbonu Projesi, Teknik Özet*, Türkiye: Ankara. <https://www.tarimorman.gov.tr/CEM/Belgeler/yay%C4%B1nlar/yay%C4%B1nlar%202018/Karbon%20Proje%2027Eyl%C3%BCl2018.pdf>
- Çiçek, E.** (2002). *Adapazarı-Süleymaniye Subasar Ormanında Meşcere Kuruluşları ve Gerekli Silvikültürel Önlemler*. (Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Çiçek, E.** (2004). Subasar Ormanların Özellikleri ve Türkiye'nin Subasar Ormanları, *İÜ Orman Fak. Derg.*, 52(2), 107-114.
- Davis, A.A., Stolt, M.H. & Compton, J.E.** (2004) Spatial distribution of soil carbon in southern New England hardwood forest landscapes, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 68, 895–903.
- D'Elia, A. H., Liles, G. C., Viers, J. H. & Smart, D. R.** (2017). Deep carbon storage potential of buried floodplain soils, *Sci. Rep.-UK*, 7, 8181.
- Don, A., Schumacher, J., Scherer-Lorenzen, M., Scholten, T. & Schulze, E.D.** (2007). Spatial and vertical variation of soil carbon at two grassland sites—Implications for measuring soil carbon stocks, *Geoderma*, 141, 272–282.
- Ellert, B., Gregorich, E.G.** (1996). Storage of carbon, nitrogen and phosphorus in cultivated and adjacent forest soils of Ontario, *Soil Science*, 1619, 587-603.

- Evrendilek, F., Celik, I. & Kilic, S.** (2004). Changes in soil organic carbon and other physical soil properties along adjacent Mediterranean forest, grassland and cropland ecosystems in Turkey, *Journal of Arid Environments*, 59, 743-752.
- Efe, A. ve Alptekin, Ü.** (1989). Önemli Bir Subasar Orman: Hacıosman, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, 39(2), 164-171.
- Feller, M.C.** (1980). Biomass and nutrient distribution in two eucalypt forest ecosystems, *Aust. J. Ecol.*, 5, 309-33.
- Ferré, C., Comolli, R., Leip, A. & Seufert, G.** (2014). Forest conversion to poplar plantation in a Lombardy floodplain (Italy): effects on soil organic carbon stock, *Biogeosciences*, 11, 6483-6493.
- Franklin, J.F., Dyrness, C.T., Moore, D. G. & Tarrant, R.T.** (1968). Chemical soil properties under coastal oregon stands of alder and conifers. J M Trappe et al. (Eds.). *In Biology of Alder*. (pp 157-172). USDA Portland, Ore.
- Ge, S., Xu, H., Ji, M. & Jiang, Y.** (2013). Characteristics of Soil Organic Carbon, Total Nitrogen, and C/N Ratio in Chinese Apple Orchards, *Open Journal of Soil Science*, 3, 213-217.
- Göl, C., Çelik, N., Çakır, M. & Gül, E.** (2008). Türkmen Dağı (Evkondu Tepe) Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ormanlarının bazı yetiştirme ortamı özellikleri, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(1), 48-60.
- Grerup, U.F., Brink, D.J. & Brunet, J.** (2006). Land use effects on soil N, P.C and pH ersist over 40-80 years of forest growth on agricultural soils, *Forest Ecology and Management*, 225, 74-81.
- Grünzweig, J.M., Sparrow, S.D., Yakır, D. & Chapin, F.S.** (2004) Impact of agricultural land-use change on carbon storage in Boreal Alaska, *Global Change Biology*, 10(4), 452-472.
- 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, 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*, 48-55.
- Gürsu, İ.** (1971). Süleymaniye ormanı sivri meyveli Diş budakları (*Fraxinus oxycarpa* Willd.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri ve değerlendirme imkânları hakkında araştırmalar, *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınlarından Teknik Bülten Seri*, 1/7.
- Hanberry, B.B., Kabrick, J.M. & He, H.S.** (2015). Potential tree and soil carbon storage in major historical floodplain forest with disrupted ecological function, Perspectives in Plant Ecology, *Evolution and Systematics*, 17(1), 17-23.

- Jaramillo, V.J., Kauffman, J.B., Renteria-Rodriguez, L., Cummings, D.L. & Ellingson, L.J.** (2003). Biomass, Carbon, and Nitrogen Pools in Mexican Tropical Dry Forest Landscapes, *Ecosystems*, 6, 609–629.
- Johnson, D. W. ve Curtis, P. S.** (2001). Effects of forest management on soil C and N storage: Meta analysis, *Forest Ecology and Management*, 140, 227–238.
- Kara, O. ve Bolat, I.** (2008). The effects of different land uses on soil microbial biomass carbon and nitrogen in Bartın province, *Turk J. Agric. F.*, 32, 281-288.
- Klimo, E. ve Hager, H.** (2000). The Floodplain Forest in Europe, European Forest Institute, Research Report, No 10.
- Klopatek, J. M.** (2002). Belowground carbon pools and processes in different agestands of Douglas-fir, *Tree Physiology*, 22(2-3), 197-204.
- Kocaçay Deltası Nihai Raporu** (2019). *Bursa İli Kocaçay Deltası Sulak Alan Yönetim Planı*, Tarım ve Orman Bakanlığı 2. Bölge Müdürlüğü.
- Köse, İ.** (2018). İklim değişikliği müzakereleri: Türkiye'nin Paris Anlaşması'nı imza süreci, *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 9 (1), 55-81.
- Lal, R.** (2005) Forest soils and carbon sequestration, *Forest Ecology and Management*, 220, 242–258.
- Larcher, W.** (2003). *Physiological Plant Ecology*. 4th eds. Berlin: Springer.
- 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), 251-256.
- Lemenih, M. ve Itanna, F.** (2004). Soil carbon stocks and turnovers in various vegetation types and arable lands along elevation gradients in Southern Ethiopia, *Geoderma*, 123, 177–188.
- Lu, X. ve Liao, Y.** (2017). Effect of tillage practices on net carbon flux and economic parameters from farmland on the Loess Plateau in China, *Journal of Cleaner Production*, 162, 1617-1624.
- Lugato, E., Panagos, P., Bampa, F., Jones, A. & Montanarella, L.** (2013). A new baseline of organic carbon stock in European agricultural soils using a modelling approach, *Glob. Chang. Biol.*, 20, 313–326.
- Lugo, A. E.** (1990). Ecosystems of the World: Forested Wetlands. *Introduction* (Chapter I, 1-10), In: Lugo. A. E., Brinson, M., Brown, S. (Eds.) New York: Elsevier.
- Makineci, E.** (1999). *Araştırma Ormanındaki Baltalıkların Koruya Dönüştürülmesi İşlemlerinin Ölü Örtü ve Topraktaki Azot Değişimine Etkileri*. (Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Marinho, M.A., Pereira, M.W., Vázquez, E.V., Lado, M. & González, A.P.** (2017). Depth distribution of soil organic carbon in an Oxisol under different land uses: Stratification indices and multifractal analysis, *Geoderma*, 287, 126–134.

- Martens, D. A., Reedy, T. E. & Lewis D. T.** (2003). Soil organic carbon content and composition of 130-year crop, pasture and forest land-use managements, *Global Change Biology*, 10, 65-78.
- Neufeldt, H., Resck, D.V.S. & Ayarza, M.A.** (2002). Texture and land-use effects on soil organic matter in Cerrado Oxisols, Central Brazil, *Geoderma*, 107, 151-164.
- Oades, J.M.** (1988). The retention of organic matter in soils, *Biogeochemistry*, 5, 35–70.
- Oubrahim, H., Boulmane, M., Bakker, M.R., Augusto, L. & Halim, M.** (2016). Carbon storage in degraded cork oak (*Quercus suber*) forests on flat lowlands in Morocco, *Iforest*, 9, 125-137.
- Pamay, B.** (1967). *Demirköy-İğneada Longos Ormanlarının Silvikültürel Analizi ve Verimli Hale Getirilmesi İçin Alınması Gereken Silvikültürel Tedbirler Üzerine Araştırmalar*. 43, İstanbul: O.G.M. Yayını.
- Polat, O., Polat, S. & Akça, E.** (2012). Küresel Isınmada Ormanların Karbon Tutulumuna Etkisi: Tarsus Karabucak Örneği, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, Özel, 313-319.
- Post, W.M. ve Kwon, K. C.** (2000). Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential, *Global Change Biology*, 6, 317–327.
- Ranabhat, S., Malla, R. & Awasthi, K.D.** (2009). Carbon sequestration potential of *Alnus nepalensis* in the mid hill of Nepal: A case study from Kaski district, *Banko Janakari*, 18(2), 1-9.
- Ramanathan, V. ve Carmichael, G.** (2008). Global and regional climate changes due to black carbon, *Nature geoscience*, 1(4), 221-227.
- Resh, S.C., Binkley, D. & Parrota, J.A.** (2002) Greater soil carbon sequestration under nitrogen-fixing trees compared with Eucalyptus species, *Ecosystems*, 5, 217-231.
- Reyna-Bowen, L., Lasota, J., Vera-Montenegro, L., Vera-Montenegro, B. & Blonska, E.** (2019). Distribution and Factors Influencing Organic Carbon Stock in Mountain Soils in Babia Góra National Park, Poland, *Appl. Sci.* 9, 3070.
- Ricker, M.C., Stolt, M.H., Donohue, S.W., Blazejewski, G.A. & Zavada, M.S.** (2013). Soil organic carbon pools in riparian landscapes of southern New England, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 77, 1070–1079.
- Ricker, M.C., Stolt, M.H. & Zavada, M.S.** (2013). Comparison of soil organic carbon dynamics in forested riparian wetlands and adjacent uplands, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 78(5), 1817–1827.
- Robertson, A.I., Bunn, S. E., Boon, P. I. & Walker, K. F.** (1999). Sources, sinks and transformations of organic carbon in Australian floodplain rivers, *Mar. Freshwat. Res.* 50, 813–829.
- Saint-Laurent, D., Gervais-Beaulac, V., Paradis, R., Arsenault-Boucher, L. & Demers, S.** (2017). Distribution of Soil Organic Carbon in Riparian Forest Soils Affected by Frequent Floods (Southern Québec, Canada), *Forests* 2017, 8(4), 124.

- Sakin, E. ve Sakin, E.D.** (2014). *Important of ratio C:N with carbon and nitrogen amounts at soils*. International Mesopotamia Agriculture Congress / 22-25 September 2014, Turkey: 273-275.
- Sariyildiz, T., Anderson, J.M. & Kucuk, M.** (2005) Effects of tree species and topography on soil chemistry, litter quality and decomposition in Northeast Turkey, *Soil Biology and Biochemistry*, 37(9), 1695-1706.
- Sariyildiz, T.** (2008). Effects of gap size on long-term litter decomposition rates of Beech, Oak and Chestnut species in a high-elevation of northeast Turkey, *Ecosystems*, 11(6), 841-853.
- Sariyildiz, T.** (2015). Effects of tree species and topography on fine and small root decomposition rates of three common tree species (*Alnus glutinosa*, *Picea orientalis* and *Pinus sylvestris*) in Turkey, *Forest Ecology and Management*, 335, 71-86.
- Sariyildiz, T., Savaci, G. & Kravkaz, I. S.** (2016). 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.
- Sariyildiz, T., Savaci, 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.
- Schauvlieghe, M. ve Lust, N.** (1999). Carbon accumulation and allocation after afforestation of a pasture with pine oak (*Quercus palustris*) and ash (*Fraxinus excelsior*), *Silva Gandevensis*, 64, 72-81.
- Scott, D. N. ve Wohl, E.E.** (2018). Geomorphic regulation of floodplain soil organic carbon concentration in watersheds of the Rocky and Cascade Mountains, USA, *Earth Surf. Dynam.*, 6, 1101–1114.
- Sharma, E., Ambasht, R.S. & Singh, M.P.** (1985). Chemical soil properties under five age series of *Alnus nepalensis* plantations in the Eastern Himalayas, *Plant and Soil*, 84(1), 105-113.
- Sutfin, N. A., Wohl, E. E. & Dwire, K. A.** (2016). Banking carbon: a review of organic carbon storage and physical factors influencing retention in floodplains and riparian ecosystems, *Earth Surf. Proc. Land*. 41(1), 38–60.
- Tecimen, H.B. ve Kavgacı, A.** (2010). Comparison of soil and forest floor properties of floodplain and surrounding forests in Igneada, Turkey, *Journal of Environmental Biology*, 31, 129-134
- Tisdale, S.L. ve Nelson, W.L.** (1985). *Soil fertility and fertilizer*. 4 ed., USA: New York.
- Tolunay, D.** (2000). İğneada Longoz Ormanlarının Yapısının ve Sorunlarının Ekolojik Açıdan İncelenmesi, *Demirköy-İğneada Ormanları ve Çevre Sorunları Sempozyumu*, İğneada.
- Tolunay, D. ve Çömez, A.** (2007). Orman topraklarında karbon depolanması ve Türkiye’deki durum, *Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar Sempozyumu*, İstanbul: 13-14 Aralık.

- Tolunay, D.** (2018). 10. *Küresel Isınma Kurultayı Sonuç Bildirgesi*. İstanbul: 22 Kasım 2018, https://www.medyaloji.net/son-haber/dunyada-ve-turkiyede-iklim-degisikligi-10yearschallenge_23664912.html, erişim tarihi 02.03.2019.
- Qin, Z., Dunn, J.B., Kwon, H., Mueller, S. & Wander, M.M.** (2016). Soil carbon sequestration and land use change associated with biofuel production: empirical evidence, *Gcb Bioenergy*, 8(1), 66-80.
- Wang, H., Shirong, L., Shi, Z. & Zeng, Ji.** (2013). Effects of tree species mixture on soil organic carbon stocks and greenhouse gas fluxes in subtropical plantations in China, *Forest Ecology and Management*, 300, 4-13.
- Wang, J., Fu, B., Qiu, Y., & Chen, L.** (2001). Soil nutrients in relation to land use and landscape position in the semi-arid small catchment on the loess plateau in China, *Journal of Arid Environments*, 48, 537-550.
- Wei, X.R., Shao, M.A., Gale, W. & Li, L.H.** (2014). Global pattern of soil carbon losses due to the conversion of forests to agricultural land, *Scientific Reports*, 4, 4062.
- Wellock, M.** (2011). *The Impact of Afforestation on the Carbon Stocks of Irish Soils*. Cork: National University of Ireland, Department of Civil and Environmental Engineering.
- Wigginton, J.D., Lockaby, B.G. & Trettin, C.C.** (2000). Soil organic matter formation and sequestration across a forested floodplain chronosequence, *Ecological Engineering*, 15 (Supplement 1), 141–155.
- Wu, R. ve Tiessen, H.** (2002). Effect of land use on soil degradation in Alpine grassland soil, *China. Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66, 1648-1655.
- Yaltırık, F. ve Efe, A.** (1988). Trakya Vegetasyonuna Genel Bakış ve İçneada Subasar (Longos) Ormanları, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, 38(1), 69 – 75.
- Zhang, C. H., Wang, Z. M., Ju, W. M. & Ren, C. Y.** (2011). Spatial and Temporal Variability of Soil C/N Ratio in Songnen Plain Maize Belt, *Environmental Science*, 32(5), 1407-1414.
- Zhao, F., Sun, J., Ren, C., Kang, D., Deng, J., Han, X. & Ren, G.** (2015). Land use change influences soil C, N, and P stoichiometry under ‘Grain-to-Green Program’ in China, *Sci. Rep–UK*, 5.
- URL-1** (2019) <https://www.ipcc.ch/> erişim tarihi 02.03.2019.