

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÖLÜ ORGANİK MATERYAL MİKTARININ TAHMİN
EDİLMESİNDE FARKLI ÖRNEKLEME YÖNTEMLERİNİN VE
ÖRNEK BÜYÜKLÜKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Ramazan KOLSUZ

Danışman: Doç.Dr. İbrahim ÖZDEMİR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA- 2011**

TEZ ONAYI

Ramazan KOLSUZ tarafından hazırlanan “**Ölü Organik Materyal Miktarının Tahmin Edilmesinde Farklı Örnekleme Yöntemlerinin ve Örnek Büyüklüklerinin Karşılaştırılması**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oyçokluğu ile Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. İbrahim ÖZDEMİR
Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri :

Doç.Dr. Ramazan ÖZÇELİK
Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Yrd.Doç.Dr. Ulvi Erhan EROL
Süleyman Demirel Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

...../...../2011
Prof. Dr. Mustafa KUŞCU
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Küresel İklim Değişimi ve Ormanların Rolü.....	2
1.2. Ölü Organik Materyalin Orman Ekosistemi İçindeki Rolü.....	8
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1. Materyal	16
3.1.1. Araştırma alanının genel tanıtımı	19
3.1.2. Çalışma alanının büyüklüğü	21
3.1.3. Çalışma alanının toprak özellikleri	21
3.1.4. Çalışma alanının iklim özellikleri	21
3.2. Yöntem	22
3.2.1. Örnek alanların seçimi	22
3.2.2. Ölü organik materyal.....	24
3.2.3. Örnek alanlarda yapılan ölçüm ve gözlemler.....	24
3.2.3.1. Meşcere yapısal parametrelerinin belirlenmesi.....	24
3.2.3.2. Çizgi ölçümüne dayalı kalınlık örnekleme.....	26
3.2.3.3. Alan örnekleme.....	28
3.2.3.4. Yerden fotoğraf yöntemi.....	32
3.2.3.5. İstatistiksel değerlendirme.....	36
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	38
4.1. Meşcere Parametreleri ile ÖLOM Arasındaki İlişkiler.....	41
4.2. Kalınlık Ölçümü ile ÖLOM'in Tahmin Edilmesi.....	43
4.3. Alan Örnekleme ile ÖLOM'in Tahmin Edilmesi.....	44
4.4. Boşluk Oranı ile ÖLOM'in Tahmin Edilmesi.....	49

5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	52
6. KAYNAKLAR.....	56
ÖZGEÇMİŞ.....	62

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÖLÜ ORGANİK MATERYAL MİKTARININ TAHMİN EDİLMESİNDE FARKLI ÖRNEKLEME YÖNTEMLERİNİN VE ÖRNEK BÜYÜKLÜKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Ramazan KOLSUZ

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

Danışman: Doç.Dr.İbrahim ÖZDEMİR

Bu tez çalışmasında, orman ekosisteminde depolanan karbonun önemli bileşenlerinden birisi olan, ölü organik madde (ÖLOM) miktarını kolay ve hızlı biçimde tahmin etmek amacıyla farklı yaklaşımlar test edilmiştir. Çalışma, Isparta-Eğirdir yöresindeki saf karaçam meşcerelerinde ve 400 m² büyüklüğündeki 20 adet örnek alanda yürütülmüştür. Gözlemlenen (gerçeğe yakın) ÖLOM miktarı 400 m² lik örnek alan içinde dört farklı noktada alınan 5x5 m büyüklüğündeki örnek alanlara dayalı olarak hesaplanmıştır. 400 m² lik örnek alanda içindeki tüm ağaçların çapları ölçülmüş buradan orta çap, göğüs yüzeyi, çapların standart sapması ve sıklık hesaplanmıştır. Meşcerenin bu yapısal parametreleriyle ölü organik materyal (ÖLOM) miktarı arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki tespit edilmemiştir. Örnek alanın köşegenleri birleştiren iki hat boyunca 1 m aralıklarla örtü kalınlığı ölçülmüş ve ÖLOM miktarı ile ilişkisi regresyon analizleriyle ortaya koyulmuştur. Kalınlık ölçümüne dayalı elde edilen regresyon modellerinde, ÖLOM miktarındaki varyasyonun %51'i açıklanabilmiştir. Farklı büyüklükteki kare biçiminde (20x20 cm; 30x30 cm; 40x40 cm; 50x50 cm) örnek alanlar vasıtasıyla hesaplanan tahmini ÖLOM miktarı ile gözlemlenen ÖLOM miktarı arasındaki ilişkiler incelendiğinde; en uygun örnekleme biçiminin 50x50 cm büyüklüğünde 8 farklı noktadan yapılan örnekleme ($r^2=0,92$ ve $RMSE=2,14$ ton/ha) olduğu belirlenmiştir. Yerden meşcere çatısına doğru çekilen fotoğraflarla belirlenen tepe çatısının boşluk oranı ile ÖLOM miktarı arasında kuvvetli bir ilişki tespit edilmiştir ($r^2=0,86$ ve $RMSE=2,9$ ton/ha). Elde edilen sonuçlara göre; meşcere tabanında biriken organik madde miktarını tahmin etmek için en güvenilir yöntem alan örneklemesidir. Örneğin, 400 m² büyüklüğünde bir örnek alan için; standart hatanın %10' nun altında olması isteniyorsa, alan örneklemesinin, 50x50 cm büyüklüğünde en az 6-8 adet noktada yapılmasının uygun olduğu söylenebilir. Ayrıca, meşcere tepe çatısının boşluk oranı da, karaçam meşcerelerinde ÖLOM miktarının kestirilmesinde güvenilir bir yaklaşım olarak gözükmektedir. Fakat bu yaklaşımın, farklı bakı ve eğim gruplarını kapsayan daha geniş ormanlık alanlarda test edilmesi önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Karbon, alan örnekleme, boşluk oranı, kalınlık örnekleme, karaçam

2011, 62 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

COMPARISON OF DIFFERENT SAMPLING METHODS AND SAMPLING SIZES IN ESTIMATING QUANTITY OF DEAD ORGANIC MATTER

Ramazan KOLSUZ

Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Forest Engineering

Supervisor: Asost. Prof.Dr. İbrahim ÖZDEMİR

In this study, different approaches were tested in order to estimate easily and rapidly the dead organic material (DOM) as an important component of carbon stocked in forest ecosystems. The study was carried out in the pure black pine forests located in Isparta-Eğirdir region and 20 sampling units with a size of 400 m² were used for evaluation. The observed DOM was calculated by means of 5x5 m quadrates in four replicates at each sampling plot. All tree individuals were calculated inside a sampling plot and stand structural parameters including mean diameter, basal area, standard deviation of DBH and density were determined. No statistically significant relation was found between these structural parameters and the DOM. The litter depth was calculated by 1 m intervals along two transects linking up the diagonals of a sampling plot. The relations between mean litter depth and DOM mass were determined by regression analysis. The regression models based on litter depth explained only variation of %51 on the DOM mass. When examining the relation between observed DOM and estimated DOM using the quadrates with different sizes (20x20 cm; 30x30 cm; 40x40 cm and 50x50 cm), the most appropriate sampling scheme was a 50x50 cm sampling quadrat in 8 points inside a plot ($r^2=0,92$ ve $RMSE=2,14$ ton/ha). The strong associations were found between DOM mass and the gap fraction determined by the photo vertically taken from ground to tree crowns ($r^2=0,86$ ve $RMSE=2,9$ ton/ha). In conclusion, the best way to estimate the DOM in forest floor is to use the area sampling method. For example, when a standard error under %10 is desired, the sampling quadrat should be 50 x 50 cm and it should be taken from 6-8 points inside a sampling plot with 400 m². Also, crown gap fraction can be a reliable approach in estimating DOM mass in Crimean pine forests; however this should be tested in large forest areas covering different aspect and slope groups.

Key Words: Carbon, area sampling, gap fraction, depth sampling, crimean pine

2011, 62 pages

TEŞEKKÜR

“Ölü Organik Materyal Miktarının Tahmin Edilmesinde Farklı Örnekleme Yöntemlerinin ve Örnek Büyüklüklerinin Karşılaştırılması” konulu bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışma konusunun belirlenmesinde ve tasarımında yol gösteren, bu çalışmaya bilimsel yönüyle büyük destek veren kıymetli danışmanım Sayın Doç.Dr. İbrahim ÖZDEMİR’e sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca eğitimimi tamamlama yolunda desteklerini gördüğüm Sayın Doç.Dr. Ramazan ÖZÇELİK’e, Yrd.Doç.Dr. Yılmaz ÇATAL’a, Eğirdir Orman İşletme Müdürü Adnan GÜLLER’e, ve tüm Eğirdir Orman İşletme Şefliği personeline teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemi sağlayan ve hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen çok değerli aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Çalışma süresince bana katlanan, yüksek lisans eğitimim boyunca eğitimimi tamamlama yolunda gerektiğinde bilgi ve deneyimlerini paylaşan çok değerli hayat arkadaşım Sayın Öznur TÜRKMEN KOLSUZ’a çok teşekkür ederim.

Çalışma süresince 2198-YL-10 nolu Yüksek Lisans Tez Projesi ile tezimi maddi olarak destekleyen SDÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi’ne teşekkür ederim.

Bu çalışmanın ilgili olduğu tüm kamu ve tüzel kişilerine ışık tutmasını dilerim.

Ramazan KOLSUZ
ISPARTA, 2011

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Değişik bitkisel ekosistemlerde biokütle üretimi.....	5
Şekil 1.2. Değişik bitkisel ekosistemlerde biriken karbonun depolanma süresi.....	6
Şekil 1.3. Karbon bilançosusun şematik görünümü ve ormanların rolü.....	7
Şekil 3.1. Karaçamın Türkiye’deki yayılış alanları.....	17
Şekil 3.2. Çalışma alanı ve alandaki örnek alanların bulunduğu yerler.....	20
Şekil 3.3. Çalışma sahasındaki ormanlık alanlardan genel görünüm	23
Şekil 3.4. Çizgi örneklemesine dayalı kalınlık ölçümü deseni.....	27
Şekil 3.5. Kalınlık ölçümü yapılan noktadan görünüm.....	28
Şekil 3.6. Ölü organik materyal miktarının tahmin edilmesinde çalışılan alan örnekleme deseni.....	29
Şekil 3.7. Alan örnekleme çalışmaları ve çalışma sonrası örnek alandan görünüm.....	30
Şekil 3.8. Gözlemlenen ölü organik materyalin belirlenmesinde çalışılan alan örnekleme deseni.....	31
Şekil 3.9. Çalışmalarda kullanılan hassas terazi.....	32
Şekil 3.10. 5x5 m’lik alanda ölü organik materyal alındıktan sonraki görünüm.....	32
Şekil 3.11. Yerden yukarı doğru dikey olarak çekilen fotoğraf ve 1280x1280 piksellik alan ve fotoğrafın alındığı örnek alan.....	34
Şekil 3.12. Orijinal görüntü ve sınıflandırılmış görüntü.....	35
Şekil 4.1. Gözlemlenen ölü organik materyal miktarı ile meşcere parametreleri arasındaki ilişki.....	42
Şekil 4.2. Kalınlık değerleri ile gözlemlenen ÖLOM arasındaki ilişkilere ait modeller.....	43
Şekil 4.3. Doğrusal modelin tahmin değerleri ile ölçülen değerleri arasındaki ilişki ve artıkların dağılımı.....	44
Şekil 4.4. Alan örnekleme ile elde edilen tahmin değerleri ve gözlemlenen değerleri arasındaki ilişki ve artıkların dağılımı.....	46
Şekil 4.5. Alan örnekleme ile elde edilen tahmin değerleri ve gözlemlenen	

değerleri arasındaki ilişki ve artıkların dağılımı.....	47
Şekil 4.6. Alan örnekleme ile elde edilen tahmin değerleri ve gözlemlenen değerleri arasındaki ilişki ve artıkların dağılımı.....	48
Şekil 4.7. Boşluk oranı ile ÖLOM arasındaki ilişkilere ait modeller.....	50
Şekil 4.8. En uyumlu modelin tahmin değerleri ile ölçülen değerleri arasındaki ilişki ve artıkların dağılımı.....	51

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Küresel karbon bilançosu.....	3
Çizelge 1.2. Dünyada bitki örtüsü ve toprakta 1 m derinliğe kadar tutulan karbon stokları.....	4
Çizelge 1.3. Doğal ormanlarda mevcut biyomas, yaprak miktarı ve net bitkisel üretimin coğrafi konum itibariyle değişimi.....	7
Çizelge 3.1. Eğirdir Orman İşletme Şefliği Alanlar dağılımı.....	21
Çizelge 3.2. Örnek alanlara ilişkin bazı veriler.....	22
Çizelge 4.1. Örnek alanlarda belirlenen meşcere yapısal parametreleri.....	38
Çizelge 4.2. Çizgi örneklemesine göre elde edilen kalınlıklara ait ortalama değerler.....	39
Çizelge 4.3. Alan örneklemesine göre tahmin edilen ölü organik materyal miktarları	40
Çizelge 4.4. 100 m ² 'de ölçülen (gözlemlenen) ölü organik materyal ağırlığı..	41
Çizelge 4.5. Belirtme Katsayısı (R ²) ve ortalama hata kareleri toplamının karekökü (RMSE) değerleri.....	45

1.GİRİŞ

Dünyamızdaki hızlı nüfus artışı doğal kaynakların aşırı kullanımına yol açmış ve çok sayıda çevre sorunu ortaya çıkmıştır. Bu çevre sorunlarının en önemlilerinden birisi küresel iklim değişimidir. Bu sorun çok boyutlu olup çözümü için tüm ülkelerin ve çok sayıda sektörün işbirliği içinde çalışması gerekmektedir. Bu sebeptir ki küresel iklim değişimi ile mücadelede bir fikir birliği sağlamak ve ortak yöntemler geliştirmek amacıyla çok sayıda uluslararası konferans ve toplantı düzenlenmektedir. Bu toplantılarda varılan ortak görüş, küresel iklim değişiminde büyük rol oynayan sera gazlarının atmosfere salınımının azaltılması ve sera gazları içinde en büyük paya sahip olan karbondioksit (CO₂) tutulması amacıyla karbon yutak alanlarının artırılmasıdır. Dolayısıyla karasal ekosistemler içinde en büyük karbon havuzu olan ormanlar, bu çevre sorunuyla mücadelede kilit duruma gelmiştir. Orman ekosistemlerinin küresel karbon döngüsüne katkısının korunması, Montreal sürecinde kararlaştırılan altı adet sürdürülebilir ormancılık ölçütlerinden birisi olarak yerini almıştır.

Orman ekosistemlerinde karbon temel olarak dört kısımda tutulmaktadır. Bunlar: toprak üstü canlı biokütle, toprak altı canlı biokütle, ölü örtü ve topraktır. Toprak üstü ve toprak altı biokütle miktarı; göğüs çapı, ağaç boyu gibi nispeten daha kolay ve hassas ölçülebilen değişkenler kullanılarak modellenmektedir. Bu konuda ülkemizde de bazı ağaç türleri için düzenlenmiş biokütle tabloları mevcuttur (Asan, 2005). Öte yandan orman tabanındaki ölü organik materyalin (ÖLOM) ve topraktaki karbonun nasıl kestirileceği konusu daha az çalışılmıştır. Genellikle ÖLOM miktarının tahmin edilmesinde ya belirli büyüklükteki (genellikle 20x20 cm, 50x50 cm arasında) örnek alanlar ölçülmekte ya da çizgi boyunca belirli aralıklarla kalınlık ölçümü yapılmaktadır (Woodall ve Williams, 2005). Bunun yanında Amerika Birleşik Devletlerinde bölgelere ve orman tiplerine göre orman tabanında biriken ölü organik madde ve bunun karşılığı olan karbon miktarını gösteren tablolar düzenlenmiştir (Anonymous, 2011).

Bir orman ekosisteminde ÖLOM miktarının belirlenmesi, öncelikle tutulan karbon miktarının daha doğru tahmin edilmesine ve izlenmesine yardımcı olacaktır. Bununla beraber orman ekolojisi ve orman yangınlarıyla ilgili çalışmalar için de ÖLOM miktarının bilinmesi son derece önemlidir.

Orman tabanındaki ÖLOM miktarının hangi yöntemlerle tahmin edileceği ile ilgili olarak, ülkemizde yapılmış herhangi bir karşılaştırmalı araştırma bulunmamaktadır. Oysaki ülkemiz için geliştirilmeye çalışılan ulusal orman envanteri (UOE) siteminde ÖLOM miktarının kestirilmesine yönelik olarak da ölçme yapılması düşünülmektedir. Dolayısıyla Türkiye UOE çalışmaları başlamadan önce bu konunun da araştırılması önem taşımaktadır.

Sonuç olarak bu çalışmada, öncelikle ÖLOM örneklenmesinde yaygın olarak kullanılan “çizgi boyunca kalınlık ölçümü” ve “alan örnekleme” yöntemlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Ayrıca farklı meşcere parametreleriyle ÖLOM arasındaki ilişkiler ortaya koyulmuştur. Son olarak da yerden meşcere çatısına doğru dik olarak çekilen fotoğraflardan çıkarılan “boşluk oranı” ile ÖLOM miktarı modellenmiştir.

Konunun öneminin daha iyi anlaşılması amacıyla küresel iklim değişimi ve ormanların rolü ve ölü örtünün önemi konularında aşağıdaki alt başlıklarda daha ayrıntılı bilgi verilmiştir.

1.1. Küresel İklim Değişimi ve Ormanların Rolü

Küresel iklim değişimi üzerinde etkisi bulunan atmosferde tutulan sera gazlarının en önemlisinin karbon olduğu ve buna bağlı olarak da küresel ısınmanın temel sebebi atmosferdeki CO₂ miktarının yükselmesi olarak kabul edilmektedir. Karasal ekosistemler içinde en önemli karbon havuzu ormanlardır (Asan vd., 2005). Orman ekosistemleri, dünya yüzeyinin % 30'unu kaplamakta ve küresel karbonun %75-90'ını depolamaktadır. Karasal biyosfer rezervinin kesin boyutu, küresel karbon döngüsü çalışmalarındaki ana belirsizliktir (Hicke vd., 2002). Karbon döngüsünün

yeryüzünde atmosfer, hidrosfer, litosfer ve biyosfer olmak üzere dört büyük rezervi bulunmaktadır. Her yıl milyarlarca ton karbon okyanuslar ve karasal ekosistemler ile atmosfer arasında yer değiştirmektedir. Karbon döngüsü atmosferdeki karbondioksitin bitkiler ve bazı algler tarafından fotosentez aracılığıyla bağlanmasıyla başlar (Güler ve Çobanoğlu, 1997). CO₂ sera etkisine neden olan gazların en önemlisi olduğu gibi fotosentezin de ana maddesidir. (Zengin vd., 2007) Bitkiler fotosentez yoluyla havadaki CO₂'i alarak organik madde üretmekte ve bunu daha sonra bünyelerinde gerçekleştirdikleri bir dizi kimyasal reaksiyonla diğer organik maddelere dönüştürerek yaprak, odun, kabuk, meyve, tohum, çiçek ve eterik yağlar halinde kök, gövde ve tepesinin değişik bölümlerinde biriktirmektedir (Kalıpsız, 1998). Karasal ekosistemler, vejetasyon ve toprakta olmak üzere yılda 1,7 milyar ton karbonu atmosfere bağlamaktadır. Fakat 1,4 milyar ton karbonu arazi kullanımındaki değişimler sonucu atmosfere tekrar salarak sistemde 0,3 milyar ton karbon tutmaktadır. Solunum ve fotosentez ile atmosferden karasal ekosisteme yıllık geçen karbon miktarı 61,7 milyar tondur. Karasal sistemlerden atmosfere geçen toplam miktar ise 1,7 milyar ton üretimden dolayı 60 milyar tondur. Okyanuslarda da benzer sistem işlemektedir (Reichle vd., 1999). Sonuçta her yıl atmosferde yaklaşık 3,2 milyar ton karbon birikmektedir (Taşkınıs Meydan, 2008)(Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Küresel karbon bilançosu (Alım ve salımları) (IPCC, 2000)

Kullanım Tipi	Atmosfere/den (Milyar ton yıl-1)	
	Salım	Alım
Karasal ekosistemler (Bitki örtüsü, toprak, meralar vs.)	60,0	61,7
Arazi Kullanımı (Tarım, sanayi, yerleşme vb.)	1,4	0,3
Okyanuslar	90,0	92,2
Fosil Yakıt Kullanımı	6,0	0,0
Toplam	157,4	154,2
Fark (Atmosferde kalan)	3,2	

Arazi kullanımındaki değişim ile ilk 20 yılda topraktaki organik karbon miktarı en düşük seviyeye düşerken, aynı toprakta organik karbonun miktarını en yüksek seviyeye çıkarmak için yaklaşık yüz yıllık zaman dilimine gerek vardır (FAO, 1992).

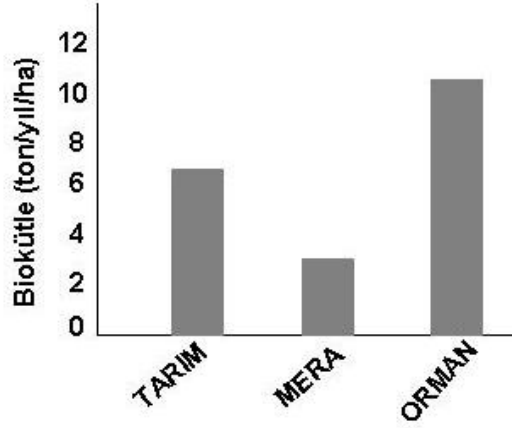
Organik karbon uygun şartlarda çok uzun süre topraklarda muhafaza edilebilir. Fakat arazi kullanımındaki değişim ve tarımsal kullanımda yoğun toprak işleme teknikleri, erozyon, ormanlarda farklı silvikültürel uygulamalar ile toprakların karbon stokları önemli ölçüde azalmaktadır (Başaran, 2004) (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.2. Dünyada bitki örtüsü ve toprakta 1 m derinliğe kadar tutulan karbon stokları (IPCC, 2000)

Arazi Örtüsü		Dünyada Karbon Stokları (Gt C)		
		Bitki Örtüsü	Toprak	Toplam
Tropik Ormanlar	1,76	212	216	428
Ilıman Ormanlar	1,04	59	100	159
Nemli Ormanlar	1,37	88	471	559
Savanlar	2,25	66	264	330
Ilıman Meralar	1,25	9	295	304
Çöl ve Yarı Çöller	4,55	8	191	199
Tundralar	0,95	6	121	127
Sulak Alanlar	0,35	15	225	240
Ekili Alanlar	1,60	3	128	131
Toplam	15,12	466	2011	2477

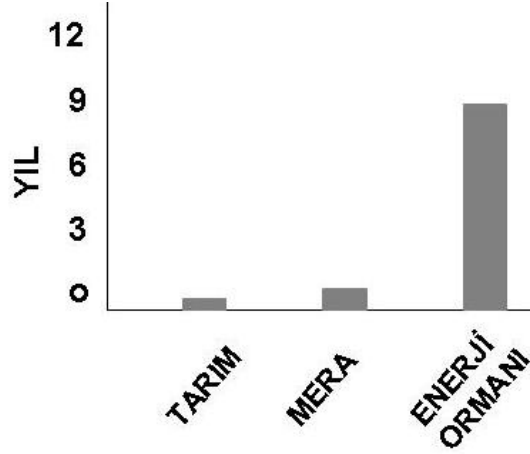
Havadaki CO₂'nin organik madde haline dönüşmesi, bitkilerin yaprak miktarına bağlıdır. Ormanlar diğer bitki topluluklarına göre en fazla yaprak miktarına sahip ekosistemlerdir (Zengin vd., 2007). Uzun ömürlü ve sık kapalıdaki bitkilerin bulunduğu ormanlar, kısa ömürlü ve kapalılığı az olanlara göre daha fazla karbon depolamaktadırlar (Namayanga, 2002). Bu özelliklerinden dolayı ormanlar, meralara ve tarımsal bitki topluluklarına oranla daha fazla CO₂ tüketmektedirler. Birim alandaki bitkisel üretimin ormanlarda ağaç türüne ve coğrafi konuma bağlı olarak 8-14 (ortalama 11) ton/yıl/ha, dağlık meralarda ve ılıman bölge çayırılıklarında 1-5 (ortalama 3) ton/yıl/ha, tarım alanlarında hububat için 4-10, patates için 4-8 (ortalama 7) ton/yıl/ha olduğu belirlenmiştir (Kalıpsız, 1998) (Şekil 1.1). Yapılan bu araştırmalar, ormanların karbon birikiminde ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle orman alanlarının başta yangın olmak üzere, usulsüz kesimler ve böcek ile mantar zararına karşı korunması, ormanların biyolojisine uygun silvikültür tekniği ile ormanlara müdahale edilmesi öngörülmektedir.

Sürdürülebilir ormancılık ilkelerinden taviz verilmeden ormanların işletilmesi ve ağaçlandırma yoluyla genişletilmesi ile küresel iklim değişimini geciktirmede ve önlemede ormanların katkısının daha da artacağı ortadadır (Zengin vd., 2007).



Şekil 1.1. Değişik bitkisel ekosistemlerde biokütle üretimi (ton/yıl/ha)
(Kalıpsız, 1998)

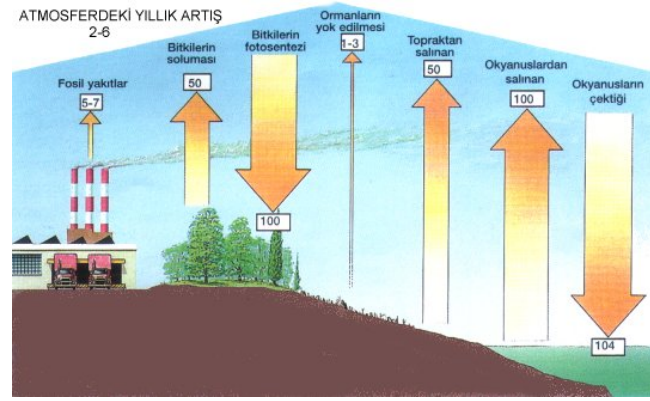
Ormanların bu konudaki üstünlüğü, sadece tüketim performansındaki fazlalık değildir. Ormanlar bağladıkları karbonu bazen yüzlerce yıl bünyesinde tutma özelliklerinden dolayı da diğer ekosistemlerden üstündür. Tarım alanlarında bağlanan karbon, fotosentezi yapan bitkinin türüne göre üretim döneminin sonunda ya doğrudan çürüyerek, ya da insan ve hayvanlar tarafından tüketilerek, çok kısa bir zaman (bazen 3 aylık bir mevsim, bazen 1 yıl, ortalama 6 ay) sonra tekrar atmosfere dönmektedir. Aynı süreler mera ekosistemleri için de geçerlidir. Nitekim kuru ot halinde saklansa dahi mera bitkileri tarafından bağlanan karbon en fazla bir yıl içinde CO₂ halinde tekrar atmosfere katılmaktadır. Ormanlarda bağlanan karbonun CO₂ halinde doğaya dönmesi ise, termik santrallere yakıt sağlayan enerji ormanlarında bile en az 10 yıldır. Bu süreler odun ürününün kullanım yerine ve üretim süresine bağlı olarak 3-4 yüzyıla kadar uzayabilmektedir (Zengin vd., 2007) (Şekil 1.2.).



Şekil 1.2. Değişik bitkisel ekosistemlerde biriken karbonun depolanma süresi (Zengin vd., 2007)

Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan araştırma sonuçlarına göre, orman ekosistemleri içindeki karbonun %74'ü toprak üstünde, %26'sı toprak altında bulunmaktadır. Toprak üstündeki bölümünün %35'i sürekli olarak ekosistem içinde tutulurken, %32,5'i normal çürüme ve ayrışma ile atmosfere dönmekte, kalan %32,5 ise odundan üretilen orman ürünleri içinde bulunmaktadır. Orman ürünleri içinde stoklanan karbonun her yıl %2 oranında azaldığı tahmin edilmektedir (Wayburn vd., 2000; Zengin vd., 2007).

Orman ekosistemleri ve okyanuslar yeryüzünün iki önemli karbon havuzudur. Yeryüzündeki karbon döngüsü Şekil 1.3.'de gösterilmektedir. Bu çevrimde ortaya çıkan tabloya göre, yeryüzündeki orman ekosistemleri atmosferden her yıl 100 cigaton CO₂ almalarına rağmen bunun yarısını geri vermektedir. Yeryüzündeki ikinci karbon havuzu olan okyanuslar ise, aldıkları 104 cigaton CO₂'nin 100 cigatonunu geri vermektedir. Ormanların bu yönden olan üstünlükleri de bu ekosistemlerin tek çare olduğunu ortaya koymaktadır (Zengin vd., 2007).



Şekil 1.3. Karbon bilançosunun şematik görünümü ve ormanların rolü (Zengin vd., 2007)

Orman ekosistemlerinin CO₂ tüketimi ormanın sağlığına, yaşına ve bulunduğu coğrafi konuma göre de değişmektedir. Tropik yağmur ormanlarının CO₂ tüketimi (absorbsiyonu) ile boreal zondaki ormanların tüketimi birbirinden farklıdır. Değişik orman kuşaklarında birim alanda (1 ha) mevcut ortalama bitkisel kütle, yaprak miktarı ve yıllık net bitkisel üretimler Çizelge 1.3.'de (Kalıpsız, 1998) gösterilmiştir.

Çizelge 1.3. Doğal ormanlarda mevcut biyokütle, yaprak miktarı ve net bitkisel üretimin coğrafi konum itibarıyla değişimi (Kalıpsız, 1998)

Doğal Orman Kuşağı	Mevcut Biyokütle (Ton/ha)	Yaprak Miktarı (Ton/ha)	Yıllık Net Üretim (Ton/ha)
Tayga İbrelili Ormanı (Boreal)	260	16,0	7,0
Ilıman Bölge Kayın	370	5,0	13,0
Ilıman Bölge Meşe	400	4,0	9,0
Yarı Tropik Orman	410	12,0	24,5
Tropik Yağmur Ormanı	500	40,0	32,5

Bu çizelgeden de anlaşılacağı üzere, boreal zondaki ibrelili orman ile tropik kuşaktaki ormanların biyokütle üretimleri arasında yaklaşık dört misli fark bulunmaktadır. Yine bu çizelgeye göre, ılıman bölge orman kuşağında bulunan kayın ve meşe ormanlarının biyokütle üretimleri arasında da farklar bulunduğu (13-9 ton) görülmektedir.

Yapılan araştırmalar tropik ormanların yeryüzündeki en büyük karbon depoları olduğunu ve toplam karbon birikiminin %80'inin tropik ormanlarda bulunduğunu göstermektedir. Tropik ormanları %17 ile ılıman zon, %3 ile de boreal orman kuşağı izlemektedir (Brown, 1997). Bu nedenledir ki atmosfer içindeki CO₂ dengesi açısından özellikle tropik bölgelerdeki ormanların korunması ve orman alanlarının hızlı büyüyen ağaç türü plantasyonları ile çoğaltılması önemle vurgulanmaktadır (Scarascia vd., 2000).

1.2. Ölü Organik Materyalin Orman Ekosistemi İçindeki Rolü

Ormanda ölü örtü; çoğunluğunu yıllık yaprak dökümünün oluşturduğu, mineral toprak yüzeyinde birikmiş organik madde tabakasıdır (Karaöz, 1993). Ormanda ölü örtü; yaprak, çürüntü ve humus tabakalarının tümünü kapsamaktadır. Bu tabakalar orman toprağının üstünde yer almaktadırlar. Humus tabakasının mineral toprağa karıştığı kesim (A horizonu) ölü örtüden sayılmamaktadır. Ölü örtü sadece organik madde tabakasına verilmiş genel isimdir (Kantarıcı, 1987). Bitkisel ve hayvansal orijinli artıklardan oluşan bu tabaka sürekli değişim halindedir (Karaöz, 1993).

Ölü örtünün ayrışma hızı ya da mineral toprak üzerindeki miktarı, içerdikleri besin maddeleri üzerinde çok çeşitli faktörler rol oynamaktadır. Bu faktörlerin başında; mevki, iklim, yeryüzü şekli, denizden yükseklik, ağaç türü ile toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri gelmektedir. Ölü örtünün ayrışmasında, özellikle ölü örtüyü oluşturan organik maddelerin yapısı ile yetişme ortamı faktörlerinin önemli etkisi vardır. Bunun yanında ağaç türlerinin yıllık yaprak dökümü miktarları ile sıklık, kapalılık gibi meşcere özellikleri ve yapılan teknik müdahaleler de ölü örtü miktarı üzerinde etkili olabilmektedir (Kantarıcı, 1987; Karaöz, 1993).

Organik maddelerin ayrışması fiziksel ve kimyasal olmakla birlikte biyolojik etkilerin sonucunda gerçekleşmektedir. Topraktaki canlılar, organik maddeleri parçalayarak besin maddesi olarak kullanmakta ve yeni maddeleri oluşturmaktadırlar. Bu arada çeşitli kimyasal reaksiyonlar sonucunda organik maddeler de ayrışmaktadırlar. Organik maddelerin kimyasal olarak ayrışmasında

canlıların salgıları (mayalar ve enzimler) önemli yer tutmaktadır. Organik maddelerin ayrışmasında, ölü örtünün bileşimi ve ayrışma olayının gerçekleşmesi ile toprak canlıları arasında pek yakın ilişkiler vardır (Kantarıcı, 1987).

Ormandaki organik maddelerin ve özellikle ölü örtünün bileşiminde selüloz ve lignin önemli yer tutmaktadır. Bunlardan başka hemiselüloz, proteinler, tanen, kütin, suberin, yağlar, mumlar, diğer organik bileşikler ve kül (mineral maddeler) organik maddelerin bileşiminde bulunmaktadır. Ölü örtünün bünyesindeki organik ve mineral madde miktarı yükseltiye göre farklı bulunmuştur. Yükseltinin artması ile iklimin serinleşmesi ayrışma hızını yavaşlatmaktadır. Yağışın artması da ayrışma ürünlerinin hızla yıkanmasına sebep olmaktadır. Öte yandan ağaçların yapraklarındaki maddeler de yükselti ile değişen iklim özelliklerine bağlı olarak farklı miktarlarda olabilmektedir. Denizden yükseklik arttıkça yapraklardaki kül miktarları da azalmaktadır. Buna bağlı olarak ölü örtüdeki mineral madde miktarlarının da azaldığı; fakat magnezyum, organik karbon ve fosforun pek değişmediği, azot miktarı ile organik madde miktarının ise yükseltiye paralel olarak arttığı tespit edilmiştir. Ölü örtüdeki mineral madde miktarının ölü örtünün ayrışma safhaları olan yaprak, çürüntü ve humus tabakalarındaki bulunuşu önemli farklar göstermektedir (Kantarıcı, 1987).

Ölü örtünün ve toprağın mineral kısmı ile karışmış olan organik maddelerin gerek toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde, gerekse bitkilerin beslenmesinde çok önemli ve olumlu etkileri vardır. Organik madde özellikle tozlu ve killi toprakların ince tanelerini yapıştırıp kırıntılılığı oluşturarak toprağın gözeneklerinin daha iri olmasını sağlamakta ve toprağın su tutma kapasitesini arttırmaktadır. Toprağın havalanmasını olumlu yönde etkilemektedir. Organik maddenin toprağın su tutma kapasitesini arttırması olayı özellikle kumlu topraklar için önem arz etmektedir (Kantarıcı, 1987).

Ölü örtünün ayrışması hakkında fikir veren en önemli göstergelerden birisi de topraktaki organik karbon miktarıdır. Organik karbon miktarı toprakta ne kadar fazla ise ölü örtü ayrışması o kadar yüksek demektir (Karaöz, 1993).

Organik madde özellikle orman ekosisteminde toprağın bitki besin maddelerinin deposu durumundadır. Gübrelenmesi her zaman mümkün olmayan veya gübreleme masrafları çok yüksek olan orman toprakları ile otlak topraklarında organik madde bitkisel üretimin en önemli faktörlerinden biridir. Ekolojik sistemde organik maddenin ayrışmadan toprak üstünde yığılması bitki besin maddelerinin dolaşımının engellenmesine, toprağın fakirleşmesine ve verimin düşmesine sebep olmaktadır. Organik maddenin hızla ayrışması ise mineralizasyon sonucunda serbest kalan iyonların yıkanıp sistem dışına çıkmalarına ve kaybedilmelerine yol açmaktadır. Özellikle ağaçlandırma alanlarında toprak işleminde yanlış yöntemler uygulanabilmektedir. Bu hatalı uygulamaların organik maddenin hızlı ayrışma ile mineralize olmasına ve bitki besin maddelerinin sistem dışına çıkmasına sebep olduğu yapılan araştırmalarla tespit edilmiştir. Ülkemizde yapılan bazı ağaçlandırma çalışmalarında da yanlış diri örtü temizliği yöntemlerinin kullanılması sonucunda ölü örtünün çeşitli toprak işleme yöntemleri ile toprağa karıştırılması sonucunda önemli ölçüde ayrışma sağlanmakla birlikte önemli ölçüde organik madde ve azot kaybı da çok yüksek olmaktadır. Toprak işleminde ölü örtü ile mineral toprağın homojen bir şekilde birbirine karıştırılmaması; toprağın bazı kesimlerinde fazla organik maddenin, bazı kesimlerinde de pek az organik maddenin bulunmasına sebep olmaktadır. Bu karıştırma işlemi sonucunda hızlı ayrışma ve mineralizasyon; organik maddenin fazla bulunduğu yerde azot, fosfor ve diğer bitki besin maddelerinin fazlalığına, az bulunduğu yerlerde ise fakirliğine sebep olmaktadır. Ağaçlandırma alanlarında ise ilk yıllarda fidanların yakın kök çevrelerindeki bitki besin maddesi miktarı ile büyümeleri arasında önemli ilişki vardır. Toprağın işlenmesi sırasında organik maddenin dengeli dağılmaması nedeni ile yan yana dikilmiş fidanların bazılarının sarı (kloroz) renkli bazılarının ise koyu yeşil renkli (yeterli veya fazla azot beslenmesi), bazılarının kısa bazılarının ise uzun boylu olduğu gözlenmektedir (Kantarıcı, 1987). Ölü örtünün herhangi bir şekilde ekosistemden uzaklaştırılması, ayrışma ve mineralizasyonun durması önemli beslenme bozukluklarına neden olabilecektir (Karaöz, 1993).

2.KAYNAK ÖZETLERİ

Literatürde, bu tez konusu ile ilgili (ölü organik materyal miktarını belirlemeye yönelik farklı yöntemlerin karşılaştırıldığı) doğrudan yapılmış araştırmaya rastlanmamıştır. Bu sebeple, sadece konuya yakın çalışmalara değinilmiştir.

Kantarcı (1979) Aladağ'da (Bolu) Uludağ Göknaarı (*Abies bornmülleriana* Maaf.) ormanlarında yapmış olduğu çalışmada yükseltinin artması sonucunda, topraktaki toplam azot ve organik karbon ile ölü örtüdeki toplam azot yüzde değerlerinin arttığını tespit etmiştir.

İngiltere'de ağaçlandırma sahalarında karbon stoku, ağaçlarda 40-80 t/ha, ölü örtüde 15-25 t/ha, toprakta 70-90 t/ha olarak bulunmuştur. Yıllık karbon birikimi ise ilk rotasyonda ağaçlandırmaların çoğunda 2-5 t/ha/yıl dır (Dewar ve Cannell, 1992).

Karaöz (1993) tarafından yapılan bir çalışmada Atatürk Arboretumu'ndaki Karaçam meşcerelerinin ölü örtü miktarı 12686 kg/ha olarak belirtilmiştir.

Alvarez ve Lavado (1998) Arjantin'de yaptıkları araştırmada, toprak organik karbonunun yıllık yağışla arttığını, sıcaklığa bağlı olarak da azaldığını bildirmektedir. Araştırma sonucu, 50 cm derinliğe kadar olan toprak organik karbonunun, yağış/sıcaklık oranı ile pozitif ilişki (r^2 : 0,693; $p<0,001$) gösterdiği bulunmuştur. Toprağa giren karbon miktarı, karbon stokundaki varyasyonu %72 oranında açıklamıştır.

Ganuza ve Almendros (2003) sıcaklığın topraktaki organik karbon miktarını kontrol eden temel iklim faktörü olduğunu, ayrıca toprak özelliklerinden katyon değişim kapasitesi ve toprak türünün de topraktaki organik maddeyi etkilediğini bildirmektedir. Katyon değişim kapasitesine bağlı olarak topraktaki karbon miktarı artarken, kum miktarı karbon stokunu azaltmıştır.

Kraenzel vd. (2003), Panama'da *Tectonia grandis* ağaçlandırmalarında yaptıkları araştırmada, toprak üstü ve toprak altı bitkisel kütleyi ölçmüşler, göğüs çapı ile bir ağacın toplam karbon miktarı arasında elde edilen regresyon denkleminde yararlanarak *Tectonia grandis* ağaçlandırmalarının depoladığı karbon miktarını hesaplamışlardır. Buna göre ağaçlandırma alanında ağaçlarda 120 t/ha, ölü örtüde 3,4 t/ha, alt tabakada 2,6 t/ha ve toprakta ise 225 t/ha karbon depolandığını bildirmektedirler.

Pinus ponderosa ağaçlandırmalarında yapılan çalışmada, ağaçlarda 52,3 t/ha, toprak ve ölü örtüde 86,3 t/ha karbon depolandığı, hem bitkisel kütle hem de topraktaki karbonun yıllık yağışa bağlı olarak değiştiği bildirilmektedir (Laclau, 2003).

Sevgi (2003) Kaz Dağları'nda Karaçam ormanlarında yapmış olduğu çalışmada topraktaki (pedonlarda =1 m²) toplam azot ve organik karbon miktarı ile ölü örtüdeki toplam azot yüzde değerlerinin arttığını tespit etmiştir. Sevgi (2003) tarafından yapılan bir araştırma sonucunda Karaçam ormanı topraklarında toplam azot ve organik karbon miktarının yükseltinin artmasına bağlı olarak 1 m³ topraktaki miktarının arttığı tespit edilmiştir. Ölü örtüde özellikle yaprak tabakasında toplam azot ve organik madde yüzde oranında yine aynı şekilde arttığı, çürüntü ve humus tabakasındaki artışın belirgin olmadığı tespit edilmiştir.

Gölcük Gölü Çanağı içerisinde yer alan örnek alanlardaki bakı farklılıkları ölü örtünün ayrışma hızını etkilemiştir. Bu sebeple farklı ana kayalardaki toprakların toplam azot ve organik karbon rezerv değerleri de birbirinden farklı çıkmıştır. Kuzey bakılı traki-andezit ana kayası topraklarındaki toplam azot rezerv değeri diğer ikisine göre daha yüksek tespit edilmiştir. Güney bakılı Gölcük Formasyonu topraklarındaki toplam azot ve organik karbon rezerv değerleri en düşük seviyede tespit edilmiştir. Alüvyon topraklarındaki organik karbon rezerv değerinin, traki-andezite göre daha yüksek olma nedeni; alüvyon topraklarında 45-50 cm'de taban suyunun bulunması ve bu sebeple kök sayısının bu seviyenin üzerinde artması olarak açıklanabilmektedir (Karatepe, 2004).

Karatepe (2004) tarafından Isparta Gölcük'te yapılan bir araştırmada organik karbon ortalama rezerv değeri en yüksek andezit üstündeki meşçereye ait topraklarda (79,076 ton/ha), en düşük Gölcük formasyonu üstündeki meşçere topraklarında (12,796 ton/ha) tespit edilmiştir. Alüvyondan üstündeki meşçere topraklarındaki rezerv değeri (21,068 ton/ha) Trakiandezittekilerden (17,800 ton/ha) yüksektir. Organik madde ortalama rezerv değeri en yüksek Gölcük Formasyonu (34,497 ton/ha), en düşük andezit (22,125 ton/ha) ana kayası üzerindeki meşçerelerde tespit edilmiştir. Alüvyon üzerindeki meşçere ölü örtüsüne ait organik madde ortalama rezerv değeri (31,015 ton/ha), traki-andezittekine (22,413 ton/ha) göre daha yüksek bulunmuştur.

Tan vd. (2004) tarım, mera ve orman topraklarında 0-30 cm'lik toprak derinliğinde karbon stoku ile toprak taksonları, tekstür, drenaj sınıfı, eğim ve yükselti arasındaki ilişkileri incelemiştir. Buna göre, toprak organik karbonu tüm bu değişkenlerle önemli ilişkiler göstermiştir. En önemli ilişkiler tarım alanlarında belirlenirken en zayıf ilişkiler de orman alanlarında bulunmuştur.

Gölcük'te (Isparta) Dikimle Yetiştirilmiş Salkım Ağacı ve Karaçam Ormanlarının Topraklarındaki Organik Karbon ve Azot Birikimi adlı çalışmada karaçamda ölü örtüde çürüntü ve humus tabakasının hektardaki miktarı 35,163 ton olarak bulunmuştur (Karatepe, 2005).

Asan (2005)'a göre Türkiye ormanlarındaki karbon bilançosunun zaman içindeki değişimi de doğal olarak net biokütle birikimine benzer eğilim göstermektedir. 1960 yılında 19,148 milyon ton olan birikim 1975 yılında 6,010 milyon tona geriledikten sonra 1995 yılında 21,701 milyon tona yükselmiştir. Bu birikime bağlı olarak da, 1960 Yılında Türkiye ormanlarının atmosferden emdiği karbondioksit miktarı 70,198 milyon ton iken 22,032 milyon tona gerilemiş ve sonra 1975 yılından itibaren giderek artmak suretiyle 1995 yılında 79,557 milyon tona çıkmıştır. Ülkemiz ormanlarında her yıl giderek artan oranda karbon biriktiğini, böylece, ülkemiz orman kaynaklarının kullanım biçiminin sera etkisine olumsuz etkilemediğini, aksine giderek artan oranda karbon birikimi yaparak, küresel iklim değişimini olumlu yönde

etkilediğini belirtmektedir. Ancak, ülke ormanlarının yarısının halen bozuk nitelikte olduğu kalan yarısının ise yine önemli oranda seyrek ve yaşlı meşcerelerden oluştuğu dikkate alınır, Türkiye'nin karbon depolanması yönünden çok büyük bir potansiyele sahip olduğu anlaşıldığı vurgulanmıştır.

Nosetto vd. (2006) Kuzeybatı Patagonya'da otlığa tahsis ve ağaçlandırma yoluyla yarı kurak ekosistemlerin karbon bağlama olanaklarını araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada, dikimden 15 yıl sonra ağaçlandırmanın başlangıca göre en az %50 daha fazla karbon bağladığını bildirmektedirler.

Ülkemiz orman topraklarından alınan 1159 toprak çukurundan elde edilen değerlere göre bir hektar alanda 77,8 ton karbon depolandığı saptanmıştır (Tolunay ve Çömez, 2007).

Schulp vd. (2008) Hollanda'da yaptıkları araştırmada, ağaç türlerine göre ölü örtü karbon stoku 11,1 t/ha ile 29,6 t/ha, toprak karbonu stoku da 53,3 t/ha ile 97,1 t/ha arasında bulunmuştur. İşletilen ormanlarda karbon stokları işletilmeyenlere oranla daha düşük bulunmuştur.

Sever ve Makineci (2008) tarafından Ağaçlı-İstanbul maden sahalarında sahil çamında yaptıkları çalışmada ortalama toplam ölü örtü ağırlığı 17.973,2 kg/ha olarak bulunmuştur. Ölü örtü örnekleri her örnek alanda alanı temsil edecek şekilde ağaç altından veya alanın tamamen kapalı olduğu noktalardan 20x20 cm²'lik alandan alınarak ortalama ölü örtü ağırlığı belirlenmiştir.

Ülkemizde 2006 yılı sonuna kadar yapılmış araştırmaların derlendiği çalışmada, orman topraklarındaki organik karbon miktarının 0,8-448 t/ha, ölü örtüdeki organik karbon miktarının ise 0,3-41,8 t/ha arasında değiştiği hesaplanmıştır (Tolunay ve Çömez, 2008).

Keskin ve Makineci (2009) tarafından Ağaçlı-İstanbul maden sahalarında fıstık çamı ve salkım ağacı ağaçlandırmalarında yaptıkları çalışmada dikimlerden 17 yıl sonra,

salkım ağacı ağaçlandırmalarında 6.107,15 kg/ha, fıstık çamında ise 13.700,00 kg/ha toplam ölü örtü miktarı belirlenmiştir.

Sarıçam meşcerelerinde yapılan çalışmada, gövde, kabuk, canlı dal, kuru dal, ibre, ölü örtünün yaprak ve çürüntü tabakası, humus tabakası ve diri örtünün karbon içerikleri sırasıyla %51,20; 53,46; 54,69; 53,83; 53,02; 50,08; 40,08; 47,64 olarak bulunmuştur (Tolunay 2009).

Türkiye ormanlarındaki karbon stokunun canlı bitkisel kütle, ölü örtü, ölü odun ve toprakta sırasıyla 479,87 milyon ton, 84,07 milyon ton, 3,76 milyon ton ve 1,684 milyar ton; toplam karbon stokunun ise 2,51 milyar ton olduğu hesaplanmıştır. Yine aynı çalışmada 2005 yılında Türkiye ormanları tarafından yıllık olarak bağlanan karbonun 6,82 milyar/ton/yıl (ya da 24,96 milyar CO₂/ton/yıl) olduğu ve ormanlar tarafından bağlanan karbonun Türkiye'nin toplam sera gazı salınımlarının ancak %7,99'unu oluşturduğu hesaplanmıştır (Tolunay 2010).

Batı Karadeniz Bölgesi (BKB) ormanlarında karbon birikimini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, 2007 yılında BKB ormanları, canlı bitkisel kütle karbon havuzunda 2,886 milyar ton karbon ve bunun eşdeğeri 10,581 milyar ton atmosferik CO₂'i bağladığı bildirilmektedir (Duyar 2010).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışma; Isparta Orman Bölge Müdürlüğü, Eğirdir Orman İşletme Şefliği sınırları içinde, Eğirdir-Aksu ilçelerini bağlayan yol üzerinde yer alan Çamyol mevkiindeki saf karaçam meşcerelerinde yürütülmüştür. Tezde kullanılan materyal ve yöntemlere geçmeden önce karaçam türünün genel özelliklerinin kısaca tanıtılması uygun görülmüş ve aşağıda özetlemiştir

Çalışmaya konu sahada saf tür konumunda bulunan karaçam (*Pinus nigra* Arnold), *Gymnospermae*'lerin *Pinopsida* sınıfına ait *Pinales* takımının *Pinaceae* familyasında yer alan bir taksondur (Yalıtık ve Efe, 2000). Ülkemizde, *Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe alt türünün dört varyetesi bulunmaktadır (Alptekin, 1986; Yalıtık, 1993). Bu varyeteler,

- Anadolu Karaçamı (*P. nigra* var. *pallasiana*)
- Ehrami Karaçamı (*P. nigra* var. *pyramidata*)
- Ebe Çamı (*P. nigra* ssp. *pallasiana* var. *şeneriana*)
- Büyük Kozalaklı Karaçam (*P. nigra* var. *yaltırıkiana*)'dır.

Karaçam, iğne yapraklı ağaç türlerimiz arasında, Kızılçam'dan sonra ülkemizde en geniş yayılış alanına sahip bir ağaç türüdür. 2.392.079,3 ha verimli koru ve 1.810.218,8 ha bozuk koru olmak üzere toplam 4.202.298,2 ha alanda yayılış gösteren karaçam, 296.724.186 m³'lük dikili kabuklu gövde hacmi ile servet yönünden birinci sırada yer alan önemli bir asli ağaç türümüzdür (Anonim, 2006).

Karaçam Türkiye'de en geniş yayılışını batıda yapmaktadır (Alptekin, 1986). Karadeniz'de (doğusu hariç) 400-1400 m, Akdeniz'de 1200-2000 m yüksekliklerde saf meşcereler teşkil eder. Batı Anadolu'da, daha ziyade yüksek yerlerde bulunur, denize bakan yamaçlarda vadilere kadar iner. Anadolu'da stepe en çok giren bir çam

türüdür. Burada 900-1400 m yükseltilere ve bazen daha yukarılara çıkar (Bernhard, 1931; Krause 1936; Yiğitoğlu, 1941; Gökmen 1953; Saatçioğlu, 1959).

Ekolojik ve ekonomik öneme sahip bir orman ağacı türü olan karaçam dünya üzerinde çok geniş bir yayılışa sahiptir. Güney Avrupa'dan başlayarak, Türkiye'ye doğru uzanan bir yayılış göstermektedir (Anşin, 1988; Yaltırık, 1993; Kaya vd., 1994). Dünya üzerinde en batıdaki yayılışını Fas ve Cezayir'de yapmaktadır (Gaussen vd., 1993). Bu alanlarda doğal bir yayılış gösteren karaçam tipik bir Güney Avrupa ağaç türüdür (Critchfield, 1966). Özellikle, İspanyanın kuzeyi ve doğusu, Fransa'nın güneyi, İtalya'nın kuzeydoğusu ve Korsika, Avusturya, Yugoslavya, Balkanlar, Kırım, Güney Kıbrıs, Suriye ve Türkiye'de geniş bir yayılışa sahiptir (Yücel, 2000). Dünyadaki en geniş yayılışını ise İspanyanın doğusu, Balkanlar ve Türkiye'nin batısında gerçekleştirir (Critchfield, 1966).

Ülkemizde önemli bir yayılış alanı, kuzeybatı, orta, kuzey Anadolu' nun suböksin enine vadilerinde, adalar halinde de Kastamonu ve Erbaa yakınında bulunmaktadır (Mayer ve Aksoy, 1986). Yayılış alanı Kuzeybatı Anadolu'dan ve Ege dağlık alanından, ağırlık merkezi ortada ve kuzey bakıda olmak üzere Toroslar üzerinden (900- 1500/ 1800 m) Amanos dağlarına kadar uzanır. Torosların güney yamaçlarında denizin etkisiyle karaçam bulunmaz. Bu yayılışında submediteran sınırlardan (1100/ 1200 m) başlayarak çoğunlukla mediteranmontan yetişme ortamlarına (1400/1500-1800/1900 m) yerleşmiştir. Orta Toroslarda 2100/2200 metrelere çıkan saf meşcereleri vardır (Mayer ve Aksoy, 1986).



Şekil 3.1. Karaçamın Türkiye'deki yayılış alanları (Anonim, 2010a).

Karaçam genellikle kireçli topraklar üzerinde görülür. Buna karşılık porfir, granit, gnays, kuvars şisti, mikaşisti, volkanik tüfler, amfibolit, serpantin gibi anataşlardan oluşan topraklar üzerinde de yetişir (Kalıpsız, 1963; Saatçioğlu, 1976). Toroslarda ve Amanoslarda kireçtaşı, silikat, serpantin ve filiş üstünde yer almaktadır (Mayer ve Aksoy, 1986). Karaçam, deniz kenarına yakın saf kum topraklarında, ağır balçık ve killi topraklarda yetişebilir; anataşı kalker olan kireççe zengin topraklarda daha iyi gelişme göstermektedirler (Yaltırık ve Efe, 2000).

Karaçam ülkemizde 600-1600 mm yıllık yağış ve 7-14°C yıllık ortalama sıcaklık arasında, bu iki iklim faktörünün kombinasyonlarındaki geniş bir alan içerisinde saf meşcereler oluşturmaktadır. Türkiye şartlarında yıllık yağış miktarı optimumu 1000 mm (900-1100), yıllık ortalama sıcaklık optimumu 11-12°C'dir. Bu optimumlardan uzaklaştığı oranda toprağın su muhtevası ve sıcaklığı ile lokal iklim şartlarının önem kazandığı belirtilmektedir (Kalıpsız, 1963).

Nem isteği bakımından kanaatkâr olan karaçamın gelişiminde nem koşullarının önemli rol oynadığı ve gelişimini sınırladığı belirlenmiştir (Eruz, 1984). Karaçamın yarı kurak (300-400 mm yağış), kışları soğuk (-4/-6°C) iklimde yalnızca marn (Ayaş) ve serpantin (Beyman, 1200-1500 m) üzerinde düşük bir gelişme gösterdiğini belirtmektedirler (Mayer ve Aksoy, 1986).

Toprak istekleri bakımından çok kanaatkârdır. Karaçam derin topraklarda kazık kök, sığ ve sert topraklarda kalp kök sistemini oluşturur. Nemli derin ağır balçıkla, kumlu-balçık ve balçıklı- kum topraklarında iyi yetişir. Karaçam deniz kenarına yakın saf kum topraklarında yetişebildiği gibi denizden esen kuvvetli rüzgârlara karşı koyabilir ve çok önemli bir rüzgâr perdesi görevi görür. Bu türü yangın ve kar zararları tehdit eder. Fırtına zararları sığ topraklarda ve seyrek yetiştiği alanlarda tehlikeli olabilmektedir. Dona ve kuraklığa dayanıklı bir ağaç türüdür (Anonim, 2010b).

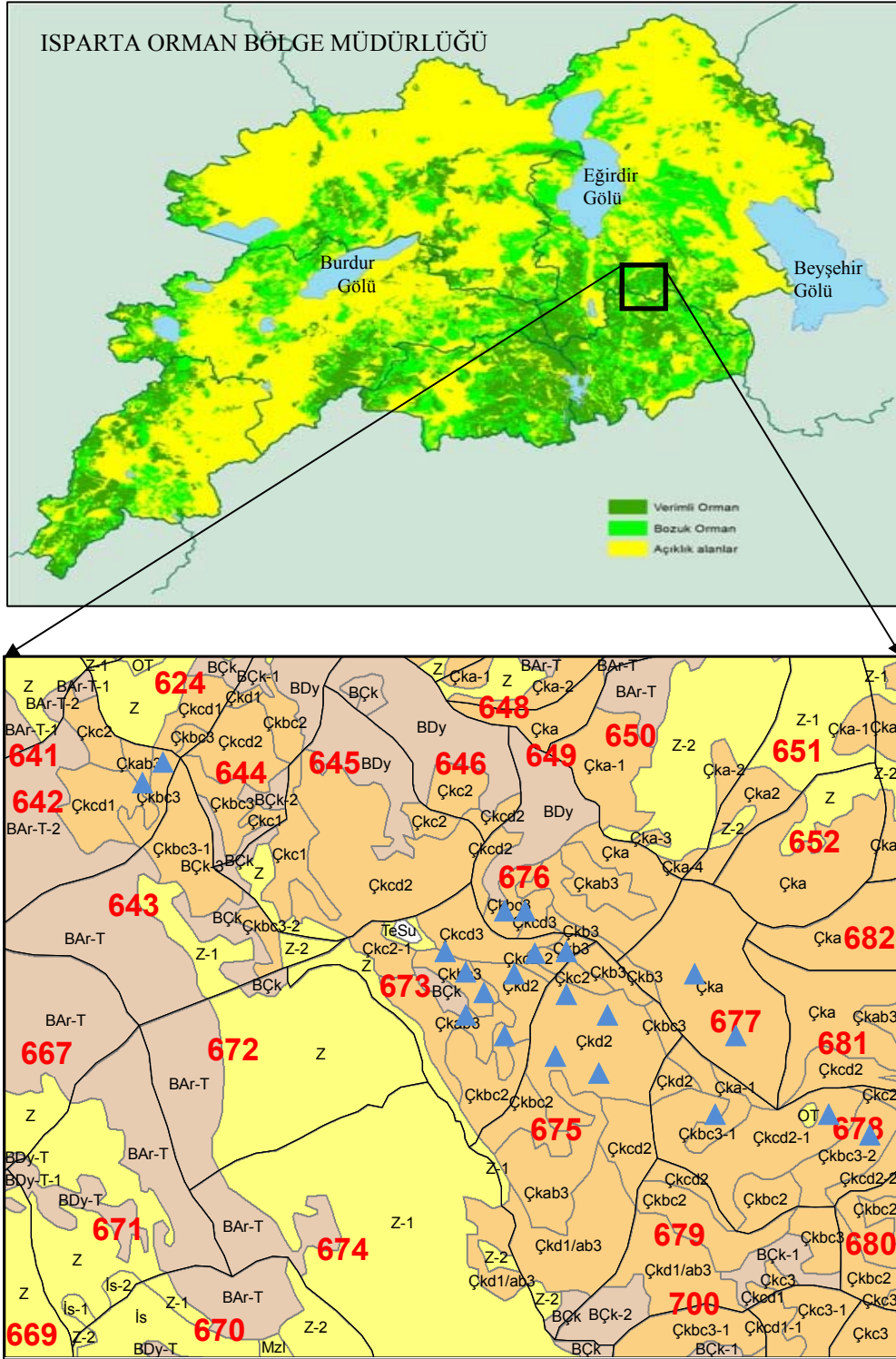
Ülkemizin hemen hemen her bölgesinde görülür. Coğrafi olarak en geniş yayılışa sahip çam türü olan karaçam ülkemizde 400-2100 m yükseltilerde yer alır (Anonim, 2010b). Karaçam geniş yayılış alanı içinde iklim bakımından çok geniş bir

varyasyona sahiptir. Bir taraftan rutubetli iklim mntıklarında (Bursa yakınlarında Uludağ ve eteklerinde), diğer taraftan kurak kontinental iklim mntıklarında (İç Anadolu'da Ankara'nın güneyi) bulunmaktadır (Saatçioğlu, 1976).

Karaçamın yayılışındaki tipik bir nokta, Anadolu'nun kuzeyinde güney yamaçlarda, batısında doğuya bakan yamaçlarda, Toroslarda da kuzey yamaçlarda yayılmasıdır. Bu durumu onun ancak buralarda egemen olabildiğini, denize bakan yamaçlarda ise, diğer ağaç türleriyle rekabet yeteneğinde olmadığını göstermektedir (Aksoy, 1993).

3.1.1. Araştırma alanının genel tanıtımı

Eğirdir Orman İşletme Şefliği Ormanları, Greenwich başlangıç meridyenine göre 37°40'45"-38°05'58" kuzey enlemleri ile 30°41'25"-31°04'11" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Şeflik ormanları Eğirdir Gölü (900 m) ile Ulparçukur Tepe (2635 m) arasındaki zonda yer almaktadır. İşletme Şefliği ormanları 900-1800 m arasında yer almaktadır. Araştırma sahasının ortalama yüksekliği 1250 m olarak bulunmuştur (Anonim, 1996) Araştırma sahasının bulunduğu Isparta Orman Bölge Müdürlüğü Orman Durumu Sınır Haritası ve Eğirdir Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı Meşcere Haritası Şekil 3.2.' de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Çalışma alanı ve alandaki örnek alanların bulunduğu yerler (Anonim, 2010c; Anonim, 2010d)

3.1.2. Çalışma alanının büyüklüğü

Eğirdir Orman İşletme Şefliği toplam 81.988,0 ha alandan oluşmaktadır. Şeflik ormanları, A- Karaçam, B-Sedir ve C-Muhafaza Karakterinde İşletme Sınıfı olmak üzere 3 işletme sınıfına ayrılmış ve bu işletme sınıflarına göre işletilmektedir. (Anonim, 1996).

Çizelge 3.1. Eğirdir Orman İşletme Şefliği alanlar dağılımı (Anonim, 1996)

İşletme Sınıfları	Ormanlık Alan (ha)	Ormansız Alan (ha)	Toplam Alan (ha)
A- Karaçam	12196,5	11704,0	23900,5
B- Sedir	1196,5	38,0	1234,5
C- Muhafaza	20289,0	36564,0	56853,0
Toplam	33682,0	48306,0	81988,0

3.1.3. Çalışma alanının toprak özellikleri

Eğirdir Orman İşletme Şefliği ormanları 1/500000 ölçekli Türkiye Jeolojik haritasına göre ikinci zamanın (Mesozoik) Kretase döneminde oluşmuştur. Genellikle tortul kütleleri ve konglomeraları içermektedir. Marnlar, greler, kalkerler, nehir ve göl konglomeraları kretase döneminin en önemli tortulanmaları arasında yer almaktadır. Tebeşirli kalker genellikle üst kretasede bulunmaktadır. Ormanların büyük bir bölümünde kalker hâkimdir. Bu bakımdan arazi, killi-kumlu topraklardan oluşmuştur. Kalker toprakları iyi drenejlı, sığ, kırıntı bünyeli ve biyolojik faaliyetleri yüksek topraklardır (Anonim, 1996).

3.1.4. Çalışma alanının iklim özellikleri

Şeflik ormanları, Akdeniz iklim kuşağının üst sınırında, Akdeniz iklim kuşağı ile İç Anadolu iklim kuşağı geçiş zonunda göller mıntıkasında bulunmaktadır. Kış ve sonbahar ayları yağmurlu karasal iklim tipini karakterize etmektedir (Anonim, 1996).

Isparta-Eğirdir Meteoroloji İstasyonununun 1930-1970 yılları rasatlarına ait ortalama ve ekstrem değerler enterpole edilmesi neticesinde, yıllık ortalama sıcaklık 13.5°C, yıllık ortalama yağış 673.6 mm olarak hesaplanmıştır. Yıllık ortalama yağışın %91'i ekim-mayıs ayları arasında düşmekte ve yörenin yaz ayları periyodu nispeten kurak geçmektedir (Anonim, 1996).

3.2. Yöntem

3.2.1. Örnek alanların seçimi

Çalışma sahasına ait meşcere haritası incelenmiş ve farklı nitelikteki meşcereler tespit edilmiştir. Saha içindeki tüm meşcere tiplerini temsil edecek biçimde 20 adet örnek alan alınmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Örnek alanlara ilişkin bazı veriler

Deneme alanı no	Bölme No	Bonitedi	Meşcere Tipi	Y	X
1	675	IV	Çkd2	319684	4184770
2	678	IV	Çkcd2	320950	4184342
3	678	IV	Çkbc3	321024	4184280
4	673	IV	Çkd2	319400	4184960
5	675	IV	Çkd2	319525	4184873
6	673	IV	Çkc2	319570	4185019
7	673	IV	Çkcd3	319494	4185051
8	673	IV	Çkcd3	319163	4185155
9	676	IV	Çkbc3	319165	4185305
10	676	IV	Çkcd3	319047	4184947
11	673	IV	Çkbc3	319155	4184901
12	673	IV	Çkbc3	319314	4184805
13	673	IV	Çkd2	319316	4184737
14	673	IV	Çkd2	320275	4184255
15	678	IV	Çkbc3	319570	4184486
16	675	IV	Çkbc2	319677	4184588
17	675	IV	Çkd2	319137	4184789
18	673	IV	Çkab3	317724	4185931
19	642	IV	Çkbc3	317724	4185931
20	642	IV	Çkab3	317743	4185839

Ülkemiz için tasarlanan Ulusal Orman Envanteri (UOE) sisteminde deneme alanlarının büyüklüğü 400 m² olarak düşünüldüğünden, tez çalışmasında da örnek alanlar için bu büyüklük temel alınmıştır. 400 m² büyüklüğündeki örnek alanlarda, hem çizgi hem de farklı yoğunlukta alan örnekleme kullanılarak ÖLOM kestirilmeye çalışılmıştır. Çalışma sahası genel olarak güney, güneydoğu ve güneybatı bakılarda yer almaktadır. Örnek alanların bulunduğu arazinin eğimi %10 ile 40 arasında değişmektedir. Örnek alanların güney bakılarda ve belirli eğim derecesi içinde seçilmesinin sebebi, özellikle fotoğraf ile tahminde diğer faktörlerin etkisinin en aza indirilmesinin hedeflenmiş olmasıdır. Ayrıca arazi ölçümleri çok yoğun olduğundan ve zaman aldığından 20 örnek alanla yetinilmek zorunda kalınmıştır. Farklı üç eğim kategorisi ve iki farklı bakı grubu oluşturulduğunda, doğru bir değerlendirme için ihtiyaç duyulan örnek alan sayısı yüzden fazla olması gerekirdi ki, bunun bir yüksek lisans çalışmasının hacmini aşacağı açıktır. Sonuç olarak, bu çalışmada edafik faktörlerin etkisi en az düzeyde tutulmuş ve meşcere tiplerindeki değişimlerin ÖLOM miktarına etkilerini belirlemeye odaklanılmıştır.



Şekil 3.3. Çalışma sahasındaki ormanlık alanlardan genel görünüm

3.2.2. Ölü organik materyal

Ölü organik materyal; uç çapı 5 cm ve üstündeki odunlar ile çapı 5 cm'nin altındaki odun parçaları ve diğer bitkisel artıklar olarak iki kısımda değerlendirilebilmektedir. (Kaneko, 2009). Ancak çalışılan yörede kalın odun enkazının (uç çapı 5 cm'den büyük) yok denecek kadar az olması ya da bazı örnek alanlarda hiç bulunmaması sebebiyle, çalışmada böyle bir ayırım yapılmayacaktır. Tezde kullanılan ÖLOM terimi ile kastedilen; sahadaki tüm odun parçaları ve diğer bitkisel artıklardır. Ancak çürüntü tabakası ile ÖLOM arasındaki ayırım, materyalin bitki organlarından hangisine ait olduğunun belirlenip belirlenemediğine göre yapılmıştır. Daha başka bir ifadeyle, sadece ne olduğu ayırt edilebilen organik materyal değerlendirmeye alınmıştır.

3.2.3. Örnek alanlarda yapılan ölçüm ve gözlemler

Örnek alanlarda yapılan çalışmalar; meşcere yapısal parametrelerinin belirlenmesi, ÖLOM kalınlığının ölçülmesi, alan örneklemelerinden elde edilen ÖLOM miktarının tartılarak belirlenmesi, gözlemlenen ÖLOM miktarının tartılarak ortaya koyulması ve boşluk oranının belirlenmesi amacıyla fotoğraf örneklerinin alınması biçiminde gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.1. Meşcere yapısal parametrelerinin belirlenmesi

Örnek alanlar içerisine giren ağaçların 1,30 göğüs yüksekliğinden çap değerleri ölçülmüştür. Ölçülen bu değerlere göre meşcere orta çapı, göğüs yüzeyi, göğüs çaplarının standart sapması ve Reineke'nin meşcere sıklık indeksi (RSI) tespit edilerek, dört adet meşcere yapısal parametresi belirlenmiştir.

Meşcere Orta Çapının belirlenirken örnek alanların tümünde orta çap olarak, meşcere göğüs yüzeyi aritmetik orta ağacın çapı değerlendirmeye alınmıştır. Bir ağacın göğüs yüzeyi, hacmi ile doğru orantılıdır. Bu yüzden hâsılat araştırmalarında da göğüs yüzeyi orta ağacı, hacim bakımından da meşcereyi temsil eden ortalama nitelikte

sayılabilmektedir (Kalıpsız, 1984). Ayrıca meşcere göğüs yüzeyinin ve hacminin hesaplanmasında, aritmetik orta çapa göre göğüs yüzeyi orta ağacının çapının daha çok etkili olduğu belirtilmektedir (Husch vd., 1963). Göğüs yüzeyi orta ağacının çapı (d_g) örnek alanlarda tespit edilen hektardaki göğüs yüzeyleri, hektardaki toplam ağaç sayısına bölünerek bulunan göğüs yüzeyine (denklem 3.1) karşı gelen çap değeri (denklem 3.2) olarak bulunmuştur (Kalıpsız, 1984; Fırat, 1973).

$$\bar{g} = \frac{G}{N} \quad (3.1)$$

$$d_g = \sqrt{\frac{4 * \bar{g}}{\pi}} \quad (3.2)$$

d_g = Göğüs yüzeyi orta ağacının çapı (cm), g = Ortalama göğüs yüzeyi

Meşcere Göğüs Yüzeyi belirlenirken, her örnek alanda ölçülen ağaçların göğüs yüzeyleri daire alanı biçiminde hesaplanmıştır (denklem 3.3). Örnek alandaki tüm ağaçların göğüs yüzeyleri hektara çevirme katsayısı ile çarpıldıktan sonra toplanmış ve örnek alanın toplam göğüs yüzeyi m^2/ha cinsinden bulunmuştur (denklem 3.4) (Eler, 2001).

$$g = \frac{\pi}{4} d^2 \quad (3.3)$$

$$G = \left[\left(\sum_{i=1}^{n=11} g_i \right) / 10000 \right] * H\check{C}K \quad (3.4)$$

g_i =i. ağacın göğüs yüzeyi (m^2), d =göğüs çapı (cm), π =pi sayısı (3.14159), G =meşcere göğüs yüzeyi (m^2), $H\check{C}K$ =hektara çevirme katsayısı, n =ağaç sayısı (adet).

Göğüs Çaplarının Standart Sapması meşcerenin önemli bir yapısal göstergesi olarak kabul edilmektedir. Diğer yapısal çeşitlilik ile yüksek ilişki göstermesinden dolayı genellikle tercih edilmektedir (Zenner, 2000). Hesaplanması oldukça basit olup, formülü (denklem 3.5) aşağıda verilmiştir.

$$SSGÇ = \sqrt{\frac{\sum (d_i - \bar{d})^2}{n-1}} \quad (3.5)$$

Formülde; d_i = örnek alanda ölçülen göğüs çaplarını, \bar{d} = ortalama göğüs çapını, n = örnek alandaki ağaç sayısını göstermektedir.

Reineke'nin Meşcere Sıklık İndeksi (RSI), ÖLOM miktarı ile göreceli meşcere sıklığı arasındaki ilişkiyi ortaya koymak amacıyla kullanılmıştır. Bu indeksin yetiştirme ortamı verimliliğinden ve meşcere yaşından bağımsız olarak hesaplandığı varsayılmaktadır. Formülü 3.6 ve 3.7'da verilmiştir.

$$Dq = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n dbh_i^2}{n}} \quad (3.6)$$

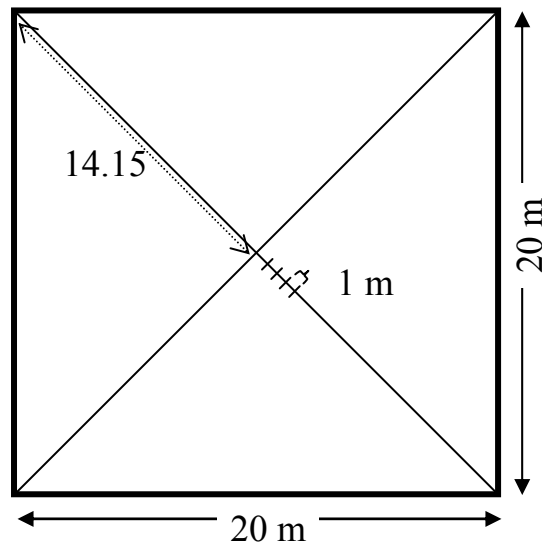
$$RSI = N * (Dq / 25)^{1,6} \quad (3.7)$$

Formülde; N = hektardaki ağaç sayısını, Dq = quadratik orta çapı (cm) göstermektedir.

3.2.3.2 Çizgi ölçümüne dayalı kalınlık örnekleme

Kalınlık ölçümüne dayanan çizgi örnekleme ölü organik materyalin belirlenmesinde pratik bir yöntem olarak uygulanmaktadır (Chojnacky ve Amacher, 2009). Bu amaçla bir örnek alanda belirli kesitler alınarak belirli aralıklarla ÖLOM'nin kalınlığı ölçülmektedir. Örneğin Amerika Birleşik Devletlerinde yapılan bir uygulamada 25 m'lik hat boyunca 1 m'lik aralıklarla kalınlık ölçümü biçiminde

yapılmaktadır. Bu çalışmada çizgi örnekleme güney-batı, güney-doğu, kuzey-batı ve kuzey-doğu yönler olmak üzere, merkezden 4 yönde yapılmıştır. Örnek alanın köşegenlerini bağlayan ve merkezden geçen 28,3 m uzunluğundaki hat üzerinde, merkezden ara yönlere doğru 1 m aralıklarla kalınlık ölçmeleri yapılarak çürüntü tabakasına kadar örtü kalınlığı mm cinsinden belirlenmiştir (Şekil 3.4.). Bu işlem köşegenlerin arasına çelik metre serilerek uygulanmıştır. Kalınlık ölçümü için keskin bir bıçakla doğal derinliğe zarar vermeyecek biçimde ölü örtüde bir kesit açılmış ve ÖLOM'ın kalınlığı ölçülmüştür.



Şekil 3.4. Çizgi örneklemesine dayalı kalınlık ölçümü deseni

Daha sonra her örnek alanda yapılan kalınlık ölçümlerinin aritmetik ortalaması alınarak (denklem 3.8), bulunan bu değerlerle gözlemlenen ÖLOM arasında regresyon analizi yapılmış ve en uygun regresyon denklemi belirlenmiştir. Bu denklemler vasıtasıyla ÖLOM tahmin edilmiştir.

$$\bar{ÖL}_{KAI} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n} \quad (3.8)$$

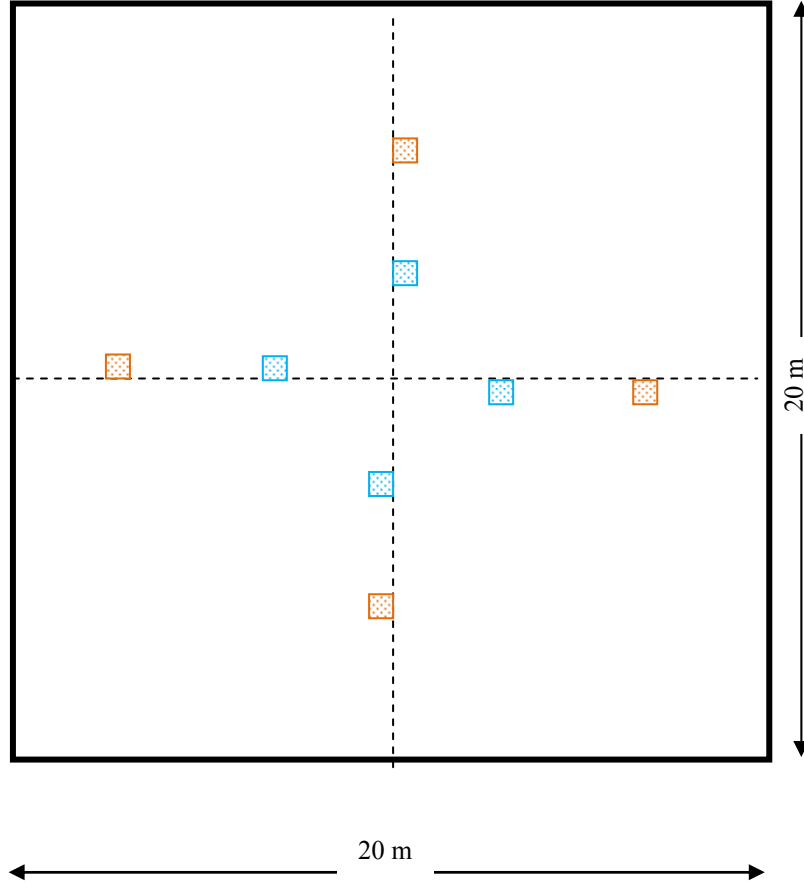
Formülde, a_i = derinlik ölçümleri, n = ölçüm sayısını göstermektedir.



Şekil 3.5. Kalınlık ölçümü yapılan bir noktadan görünüm

3.2.3.3. Alan örnekleme

Alan örneklemeinde öncelikle deneme alanının merkezinden kuzey, güney, batı ve doğu yönlerine doğru 3 ve 7'nci metrelerde çalışma yapılacak alt örnek alanlarının yerlerinin tespiti yapılmıştır. Tespit edilen bu yerlerde 20x20, 30x30, 40x40 ve 50x50 cm büyüklükte alanlardaki ölü örtü ağırlığı, suntadan yapılmış latalar ve poşet vasıtasıyla hassas terazide tartılarak gram cinsinden bulunmuştur. Bu işlem için lata kenarlarından hassas bir şekilde ölü örtüyü alabilmek için 50 cm uzunluğunda keskin yüzeyi olan 2 adet özel yaptırılmış tahradan yararlanılmıştır. Bu sayede alt örneklerde yapılan ölçümlerde lata alanı içerisindeki ÖLOM hassas bir şekilde alınmıştır. Çıkarılan ÖLOM hassas terazi ile tartılmıştır. Hassas terazi, yüzeyi düzgün bir sehpanın üzerine konmuş ve su terazisi ile de ayarlanmıştır. Bu sayede tartım işlemlerinin hassas bir şekilde yapılması sağlanmıştır. Çalışma yapılan örnek alanlarda kullanılan poşetlerin boş ağırlığı öncelikle tartılarak bulunmuştur. Tartılan miktarlardan poşet ağırlığı düşülerek veriler kaydedilmiştir.



Şekil 3.6. Ölü organik materyalin tahmin edilmesinde çalışılan alan örnekleme deseni (3'üncü m örnekleri mavi, 7'nci m örnekleri turuncu renkte gösterilmiştir)

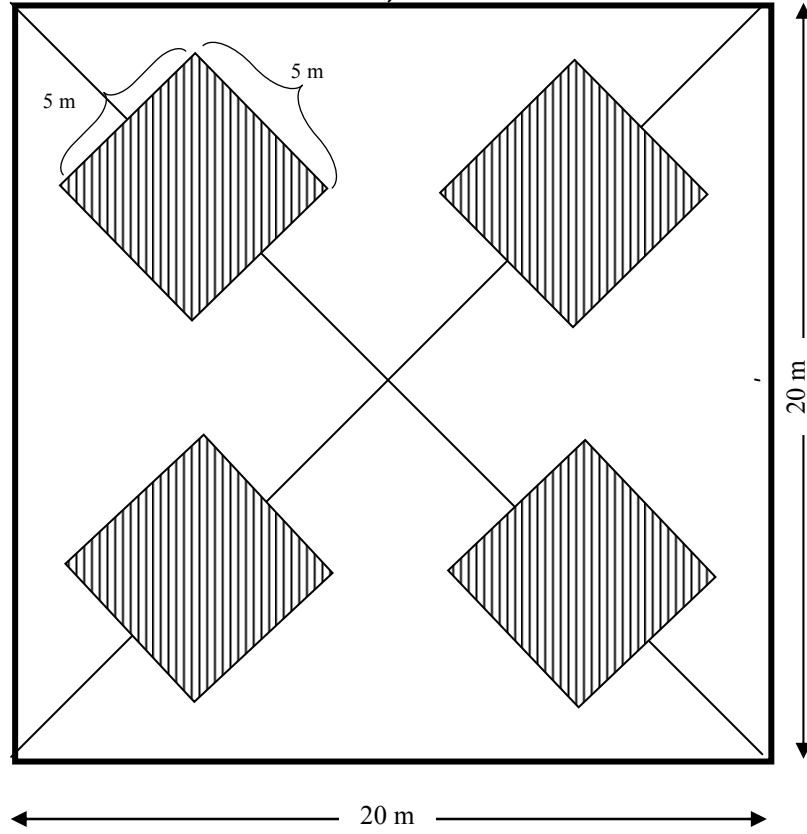
Her deneme alanında 8 adet alt örnek alınmıştır. Örnek alanlarda elde edilen bulguların 20x20, 30x30, 40x40 ve 50x50 cm büyüklüklerdeki alt örneklerdeki ortalama değerleri, 3'üncü metrelerde elde edilen bulguların 20x20, 30x30, 40x40 ve 50x50 cm büyüklüklerdeki alt örneklerdeki ortalama değerleri ve 7'nci metrelerde elde edilen bulguların 20x20, 30x30, 40x40 ve 50x50 cm büyüklüklerdeki alt örneklerdeki ortalama değerleri gram cinsinden bulunmuştur. Alt örneklerde gram cinsinden elde edilen bulgular ton birimine dönüştürülerek hektardaki tahmini ölü organik materyal miktarı ton cinsinden hesaplanmıştır. Böylelikle farklı örnek büyüklükleri test etmek amacıyla alınan örnek alanların değişik kombinasyonlarına göre tahmin değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 3.7. Alan örnekleme çalışmaları ve çalışma sonrası örnek alandan görünüm

Gözlemlenen (gerçeğe yakın) ÖLOM miktarının belirlenmesi, farklı yaklaşımlarla elde edilen tahmin değerlerinin doğruluğunu test etmek amacıyla örnek alanların gerçek ÖLOM miktarının ölçülmesi gerekmektedir. Ölü örtü tabakasının nispeten homojen bir yapıda olması ve alanın tamamında çalışılmasının pratikte çok zor olması sebebiyle, alanın 100 m²'lik bölümünün örnekleme için yeterli olacağına karar verilmiştir. Bu karar ışığında deneme alanını iyi temsil etmesi için bir desen tasarlanmıştır (Şekil 3.9). Buna göre merkezden ara yönler doğrultusunda köşe noktasına kadar olan mesafenin tam orta noktası merkez kabul edilmiş ve 5x5=25 m² olacak şekilde kare desen oluşturulmuştur. Örnek alanda ilk olarak kuzeybatı yöndeki 25 m²'lik örnek büyüklüğünde yapılan çalışmada, toplanan ÖLOM plastik elma sandığı içerisine koyularak tartılmış ve bulunan değerden sandık ağırlığı düşülerek miktar belirlenmiştir. 25 m²'lik alandaki tüm materyal tartıldıktan sonra örnek alanda sırasıyla kuzeydoğu, güneydoğu ve güneybatı yönlerdeki 25 m²'lik alanda ÖLOM

tartılarak bulunmuştur. Her deneme alanında böylece 4 adet 25 m²'lik alanda ÖLOM tartılarak, toplam 100 m²'lik alandaki gözlemlenen ÖLOM miktarı belirlenmiştir. Bulunan değerler gram cinsinden olup, ton birimine dönüştürülmüş ve hektardaki gözlemlenen ÖLOM miktarı belirlenmiştir.



Şekil 3.8. Gözlemlenen ölü organik materyalin belirlenmesinde kullanılan alan örnekleme deseni



Şekil 3.9. Çalışmalarda kullanılan hassas terazi



Şekil 3.10. 5x5 m'lik alanda ölü organik materyal alındıktan sonraki görünüm

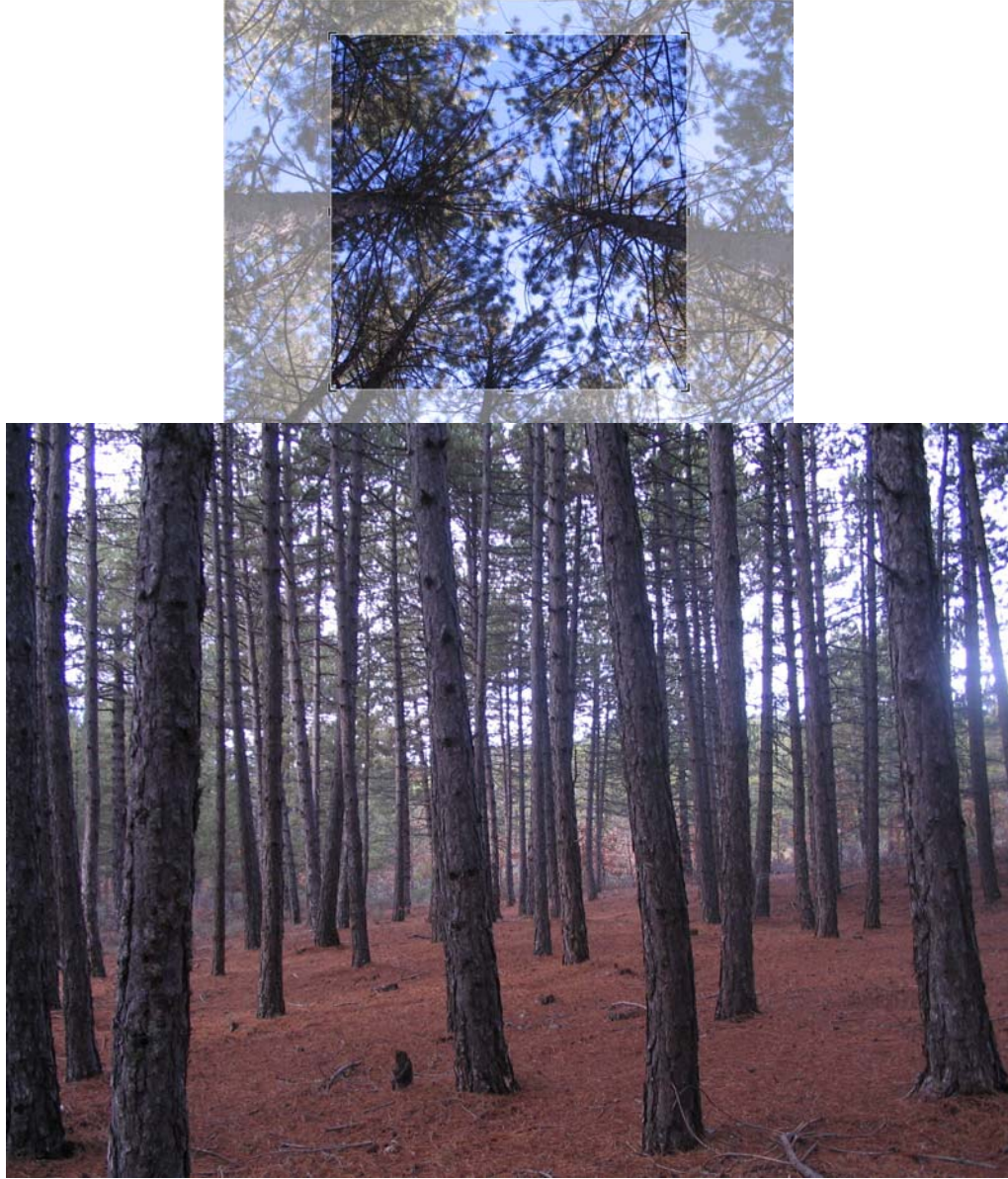
3.2.3.4. Yerden fotoğraf yöntemi

ÖLOM miktarının kestirilmesi amacıyla ister çizgi örnekleme isterse de alan örnekleme kullanılsın, sonuçta zor ve zaman alıcıdır. Meşcere çatısı ile meşcere tabanında biriken organik madde miktarı arasında bir ilişki bulunmaktadır. Meşcere çatısının kapalılığı, meşcere içine ışığın sızmasını etkiler, dolayısıyla ölü materyalin

ayrışmasında önemli rol oynar. Bunun yanında, yaprak yüzey indeksi ne kadar fazlaysa dökülen ÖLOM miktarı da o kadar artmaktadır. Bu bilgilerden yola çıkarak örnek alanlarda, meşcere çatısına doğru dik biçimde çekilecek fotoğraflarla boşluk oranının belirlenmesi ve bununla ÖLOM miktarı arasındaki ilişkilerin ortaya koyulmasının mümkün olabileceği varsayılmıştır. Her ne kadar tepe çatısının değerlendirilmesinde (örneğin yaprak yüzey indeksi) geniş açılı (balıkgözü) objektifler yaygın olarak tercih edilse de, dar açılı objektiflerle de tatminkâr sonuçlara ulaşılabilmektedir (Pekin ve Macfarlane, 2009).

Fotoğraf çekilirken örnek alanın merkezinden doğu, batı, güney ve kuzey yönlerine doğru 5 m uzaklıktaki noktaya en yakın 4 adet ağaç tespit edilmiştir. Bu ağaçlara en yakın 3 komşu ağacın tam ortasında durularak yukarıya doğru dik olarak fotoğraflar alınmıştır. Böylece, 4 örnek ağaçta 3'er adet olmak üzere, her örnek alanda toplam 12 adet fotoğraf çekilmiştir.

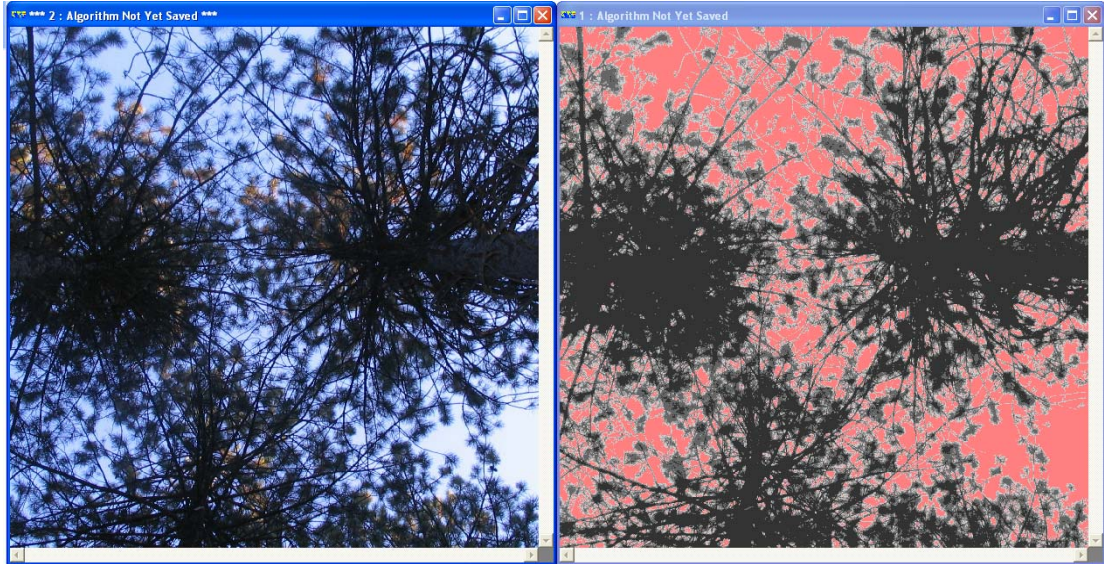
Fotoğraf çekiminde Canon fotoğraf makinesi kullanılmıştır. Elde edilen sayısal fotoğrafın boyutları 2048x1536 pikseldir. Bu ebatlar kare biçiminde olmadığından doğrudan kullanılması sakıncalıdır. Çünkü fotoğraf kenarlarının merkeze uzaklığının eşit olması gerekmektedir. Bu yüzden hem bu sakıncayı gidermek hem de çekim esnasındaki kayma hatalarını en aza indirmek amacıyla, orijinal fotoğrafların merkezindeki 1280x1280 piksellik kısım değerlendirmeye alınmıştır.



Şekil 3.11. Yerden yukarı doğru dikey olarak çekilen fotoğraf ve 1280x1280 piksellik alan ve fotoğrafın alındığı örnek alan

Boşluk oranını belirlenmesi, gökyüzünü gösteren piksellerin sayısının toplam piksel sayısına bölünmesi suretiyle gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla sayısal görüntü işleme yöntemlerinden birisi olan görüntü sınıflandırma işlemi kullanılmıştır. Sınıflandırma için, hızlı bir değerlendirme sağlaması dikkate alınarak “kontrolsüz sınıflandırma” algoritması tercih edilmiştir. Kontrolsüz sınıflandırma yinelemeli bir yöntem olup, bir görüntüdeki piksellerin özellik uzayında karşılaştırılan kriterlere göre gruplandırılmasına dayanmaktadır. Bu işlem için ER Mapper yazılımı kullanılmıştır.

Sınıflandırmada kullanılan kriterlerden yineleme sayısı her zaman yüksek tutulmuştur (999), ancak çoğunlukla 15-20 yinelemeden sonra sınıflandırma başarıyla tamamlanmıştır. Bir sınıf içindeki minimum üye sayısı %0,01, maksimum standart sapma 4,5 ve sınıf ortalamaları arasındaki minimum uzaklık 3,2 olarak sabit tutulmuştur. Her görüntünün sayısallaştırılmasında zaman alıcı olan ve sürekli test edilen kriter sınıf sayısı olmuştur. Fotoğrafların çekimi esnasında gökyüzünün durumu (pus, bulutluluk gibi faktörler) ve güneşin konumuna bağlı olarak ışığın geliş yönü farklı olduğundan, fotoğraflardaki piksellerin değerleri daha geniş ya da daha dar bir spektral aralıkla yayılmaktadır. Bu yüzden sınıflandırma işlemine 2 sınıfla başlanmış ve en uygun sınıflandırma işlemi gerçekleşinceye kadar sınıf sayısı artırılmıştır. Çalışmada kullanılan en yüksek sınıf sayısı 9 olmuştur. Sınıflandırma işleminin doğruluğu görsel olarak kontrol edilmiştir. Sonuç olarak gökyüzüne ait olan piksellere ait bir veya birkaç sınıfın piksel sayıları otomatik olarak belirlenmiştir. Elde edilen rakamlar toplam piksel sayısına yani $1280 \times 1280 = 1638400$ 'e bölünerek, boşluk oranı hesaplanmıştır. Bu işlem 12 fotoğraf için yapılmış ve bunların aritmetik ortalaması alınarak her örnek alandaki oran hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 3.12. a- orijinal görüntü, b- sınıflandırılmış görüntü (kırmızı renkli pikseller tepe çatısındaki boşluğu göstermektedir)

3.2.3.5. İstatistiksel değerlendirme

Örnek alanlar içerisine giren tüm ağaçların göğüs yüksekliğinden çap değerleri ölçülmüş ve yöntemde belirtilen formüllere göre meşcere orta çapı, göğüs yüzeyleri, göğüs çaplarının standart sapması ve Reineke'nin meşcere sıklık indeksi (RSI) değerleri belirlenmiştir. Belirlenen bu parametreler ile gözlemlenen ÖLOM miktarı arasındaki ilişkiler, doğrusal regresyon denklemi kullanılarak ortaya koyulmuştur.

Ölü örtü kalınlığı ve fotoğraf örnekleme ile hesaplanan boşluk oranı ile gözlemlenen ÖLOM miktarı arasındaki ilişkiler regresyon analizi ile ortaya koyulmuştur. Çalışmada doğrusal, logaritmik, ekponansiyal ve kuadratik olmak üzere dört model denenmiştir. Öncelikle modellerin açıklayıcılığı ve standart hatası karşılaştırılmıştır. Ayrıca karşılaştırmada denklem katsayılarının önemli olması ($p < 0.01$) dikkate alınmıştır. Genel olarak doğrusal olmayan regresyon modellerinde r^2 'nin kullanımına ilişkin olarak, çeşitli tartışmalar olmasına rağmen, modelin uygunluğunun ölçülmesinde genel bir fikir vermesi nedeniyle çeşitli yazarlar tarafından kullanılabilir olduğu belirtilmektedir (Ryan, 1997; Corral-Rivas vd., 2007). Son olarak da, modellere ait denklemler vasıtasıyla tahmin değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra tahmin değerleri ile gözlemlenen ÖLOM arasındaki farklar (artıklar) incelenmiştir.

Alan örnekleme ile elde edilen tahmini ÖLOM miktarı ile gözlemlenen ÖLOM miktarı arasındaki ilişkiler ortaya koyulmuştur. Tahmin değerlerinin doğruluğu standart hata ve r^2 değerlerine göre yapılmıştır (Denklem 3.9 ve 3.10) (Schlaegel, 1981). Gözlemlenen (100 m²'lik örnek alanlar için hesaplanan) ile tahmin edilen değerler karşılaştırılarak en uygun örnekleme yöntemi ve örnek büyüklüğü tespit edilmiştir.

$$r^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{i-est})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (3.9)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{i-est})^2}{n}} \quad (3.10)$$

Burada kullanılan;

Y_i = i. gözlemin gerçek değeri (bağlı değişken),

Y_{i-est} = i. Gözlemin tahmin değeri,

\bar{Y} = Y_i 'nin ortalaması;

k = tahmin edilen değişken sayısı ve

n = gözlem sayısıdır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Örnek alanlara ait; meşcere orta çapı, göğüs yüzeyleri, göğüs çaplarının standart sapması ve Reineke'nin meşcere sıklık indeksi (RSI) değerleri Çizelge 4.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Örnek alanlarda belirlenen meşcere yapısal parametreleri

Örnek Alan No	Ağaç Sayısı	Meşcere Orta Çapı (cm)	Örnek Alan Göğüs Yüzeyi	Göğüs Yüzeyi (ha)	Göğüs çaplarının standart sapması (SSGÇ)	Reineke'nin meşcere sıklık indeksi(RSI)
1	10	21,20	0,357	8,925	2,44	4,60
2	20	21,85	0,997	24,934	12,89	4,67
3	29	17,21	0,710	17,751	3,00	4,15
4	8	24,88	0,394	9,842	3,04	4,99
5	24	31,42	1,934	48,360	6,44	5,61
6	27	32,22	2,331	58,263	7,98	5,68
7	34	30,12	2,497	62,408	5,39	5,49
8	12	40,00	1,525	38,143	4,63	6,32
9	39	27,26	2,718	67,955	12,20	5,22
10	28	29,79	2,136	53,380	9,35	5,46
11	18	33,44	1,646	41,158	7,02	5,78
12	11	34,09	1,132	28,305	12,80	5,84
13	33	21,91	1,295	32,364	4,51	4,68
14	34	20,94	1,205	30,132	3,67	4,58
15	36	29,39	2,554	63,868	6,44	5,42
16	30	26,30	1,673	41,811	4,37	5,13
17	19	28,37	1,658	41,430	17,98	5,33
18	43	16,16	0,921	23,022	3,18	4,02
19	37	23,19	2,016	50,395	12,22	4,82
20	58	15,10	1,146	28,645	3,71	3,89

Kalınlık ölçümüne dayanan çizgi örnekleme yöntemiyle örnek alanlarda çürüntü tabakasına kadar ölü örtü kalınlığı ölçülerek bulunmuştur. Örnek alanlarda yapılan ölçümlere göre bulunan ölü örtü kalınlıklarına ilişkin ortalama değerler Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Çizgi örneklemesine göre elde edilen kalınlıklara ait ortalama değerler

Örnek Alan No	Ölü Örtü Kalınlığı (mm)	Örnek Alan No	Ölü Örtü Kalınlığı (mm)
1	19,06	11	31,93
2	35,11	12	22,70
3	34,45	13	20,72
4	18,24	14	23,93
5	36,34	15	33,90
6	34,48	16	26,40
7	35,47	17	25,48
8	30,15	18	14,54
9	32,15	19	28,29
10	20,94	20	19,13

Alan örneklemesinde alt örneklerde gram cinsinden elde edilen bulgular ton birimine dönüştürülmüştür. Buradan da 20x20, 30x30, 40x40 ve 50x50 cm'lik alanlarda tartılan ölü organik materyal miktarlarına göre hektardaki tahmini ölü organik materyal miktarı ton cinsinden hesaplanmıştır. Bulunan değerlere ilişkin veriler Çizelge 4.3.'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Alan örneklemesine göre tahmin edilen ölü organik materyal miktarları

Örnek Alan No	Lata Ebatlarına Göre Elde Edilen Ortalama Değerler (ha/ton)											
	20x20 cm	30x30 cm	40x40 cm	50x50 cm	7/20x20 cm	7/30x30 cm	7/40x40 cm	7/50x50 cm	3/20x20 cm	3/30x30 cm	3/40x40 cm	3/50x50 cm
1	23,00	22,33	22,44	23,35	27,13	23,39	23,25	23,70	18,88	21,28	21,63	23,00
2	41,94	39,56	40,86	39,07	33,38	36,44	38,72	39,00	50,50	42,67	43,00	39,14
3	39,16	37,26	36,07	32,49	48,31	41,78	40,17	35,84	30,00	32,75	31,97	29,13
4	21,50	22,14	22,20	22,55	25,50	26,33	25,91	24,72	17,50	17,94	18,50	20,38
5	38,47	33,69	31,77	28,86	45,56	37,83	34,23	28,34	31,38	29,56	29,31	29,38
6	36,56	38,28	40,88	41,33	38,13	34,67	36,94	37,18	35,00	41,89	44,81	45,48
7	32,81	34,25	36,19	36,08	39,75	40,00	43,03	39,50	25,88	28,50	29,34	32,66
8	24,06	24,78	24,63	24,82	25,50	27,06	27,38	26,32	22,63	22,50	21,88	23,32
9	35,13	35,86	39,08	37,69	26,13	24,50	28,00	28,06	44,13	47,22	50,16	47,32
10	26,75	27,17	27,84	29,44	23,00	26,78	28,97	31,44	30,50	27,56	26,72	27,44
11	30,75	28,50	29,19	28,93	31,00	28,67	30,41	30,02	30,50	28,33	27,97	27,84
12	17,94	17,78	18,78	19,91	13,63	15,06	17,16	18,91	22,25	20,50	20,41	20,90
13	23,88	24,00	23,98	23,88	27,25	25,81	24,36	23,70	20,50	22,19	23,61	24,06
14	26,44	24,87	24,52	24,68	27,44	23,72	23,80	24,75	25,44	26,03	25,23	24,61
15	34,72	34,10	34,93	34,33	28,56	27,56	28,53	27,18	40,88	40,64	41,33	41,47
16	27,13	27,56	27,21	28,83	22,19	23,39	24,50	25,65	32,06	31,72	29,92	32,00
17	20,66	20,19	20,05	19,23	13,56	15,39	15,63	15,07	27,75	25,00	24,48	23,39
18	13,91	13,35	13,45	13,78	11,50	11,28	10,97	10,66	16,31	15,42	15,94	16,89
19	27,69	33,15	33,20	33,88	32,75	37,94	38,34	37,28	22,63	28,36	28,06	30,48
20	18,72	19,01	20,60	21,35	20,56	21,42	23,02	24,31	16,88	16,61	18,19	18,39

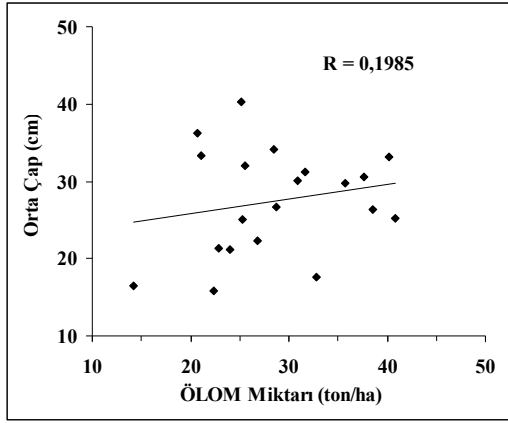
Gözlemlenen (gerçek miktara yakın olarak kabul edilen) ÖLOM miktarını hesaplamak için örnek alan içerisinde 25 m²'lik dört ayrı noktada ölü organik materyal miktarı tartılmıştır. Gram cinsinden ölçülen değerler ton birimine çevrilmiş ve hektardaki ÖLOM miktarı ton biriminde belirlenmiştir (Çizelge 4.4.).

Çizelge 4.4. 100 m²'de ölçülen (gözlemlenen) ölü organik materyal ağırlığı

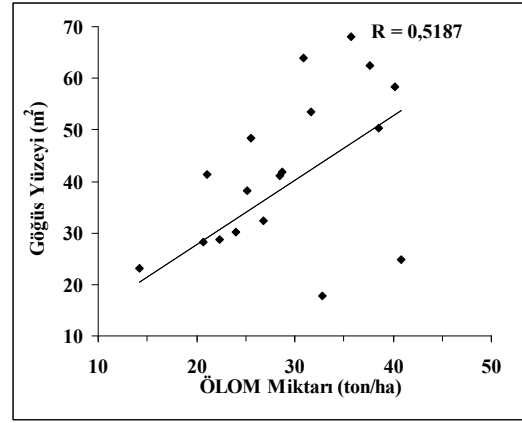
Örnek Alan No	100 m ² /ton	ha/ton
1	0,228066	22,81
2	0,408674	40,87
3	0,328227	32,82
4	0,252411	25,24
5	0,254957	25,50
6	0,401340	40,13
7	0,375960	37,60
8	0,251025	25,10
9	0,357943	35,79
10	0,316695	31,67
11	0,284481	28,45
12	0,207131	20,71
13	0,267952	26,80
14	0,239865	23,99
15	0,309327	30,93
16	0,287241	28,72
17	0,210259	21,03
18	0,141685	14,17
19	0,385535	38,55
20	0,223809	22,38

4.1. Meşcere Parametreleri ile ÖLOM Arasındaki İlişkiler

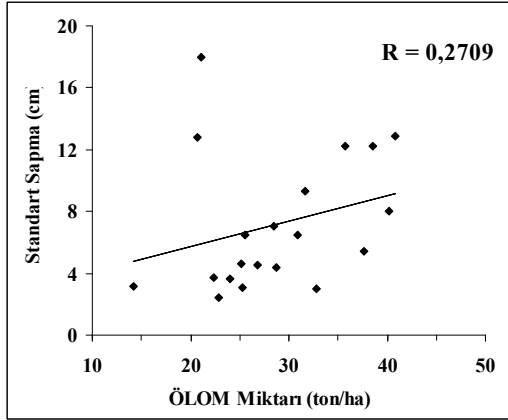
Meşcere göğüs yüzeyi, meşcere orta çapı, Reineke'nin sıklık indeksi ve göğüs çaplarının standart sapması ile ÖLOM miktarı arasındaki ilişkiler Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



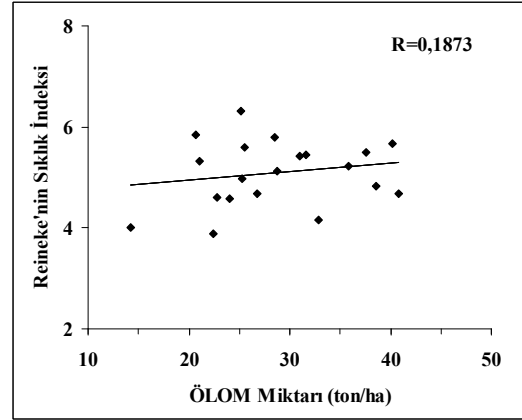
(a)



(b)



(c)



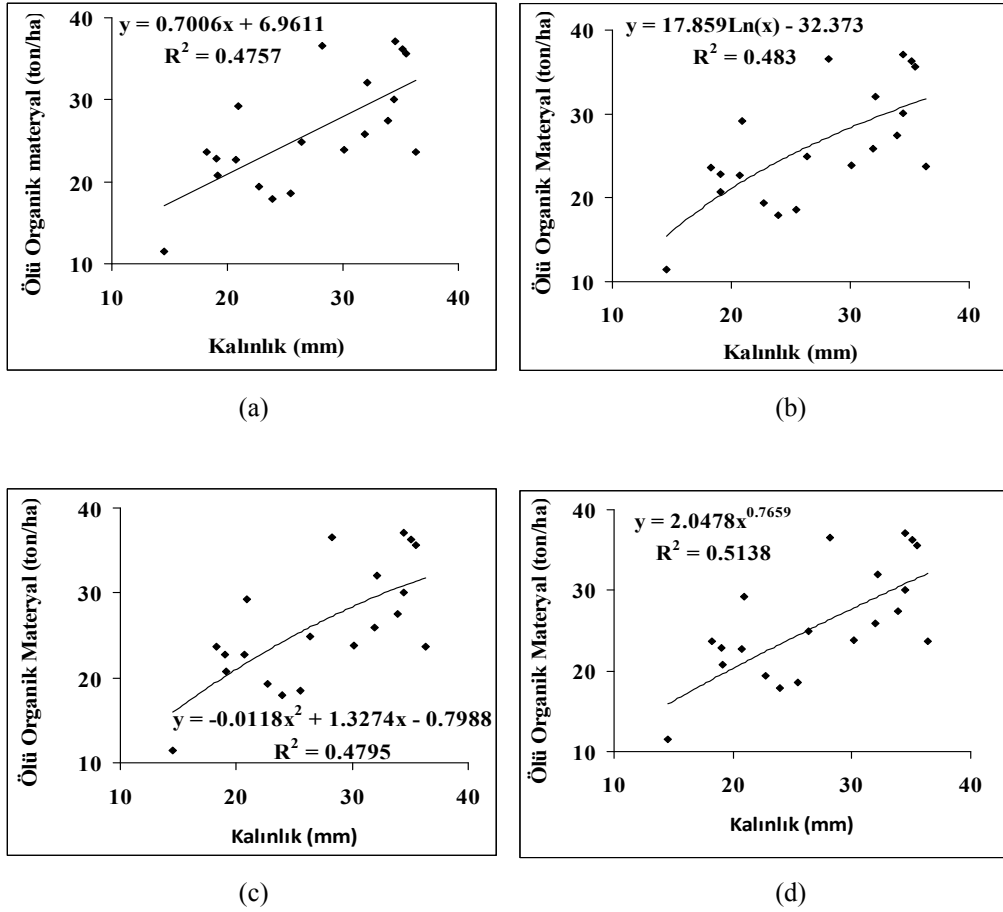
(d)

Şekil 4.1. Gözlemlenen ÖLÖM miktarı ile meşçere parametreleri arasındaki ilişki
a) Orta çap, b) Göğüs yüzeyi, c) Standart sapma d) Sıklık indeksi

Grafiklere göre; ÖLÖM miktarı ile meşçere orta çapı arasında herhangi bir istatistiksel ilişki bulunmamaktadır. Diğer taraftan, ÖLÖM miktarı ile meşçere göğüs yüzeyi arasında, zayıf bir ilişki göze çarpmaktadır. Meşçere göğüs yüzeyi arttıkça ölü örtü miktarında bir artış söz konusudur. Ancak bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0,05$). Bunun yanında, ÖLÖM miktarı ile göğüs çaplarının standart sapması ve Reineke'nin sıklık indeksi arasında herhangi bir istatistiksel ilişki bulunmamaktadır.

4.2. Kalınlık ölçümü ile ÖLOM'in Tahmin Edilmesi

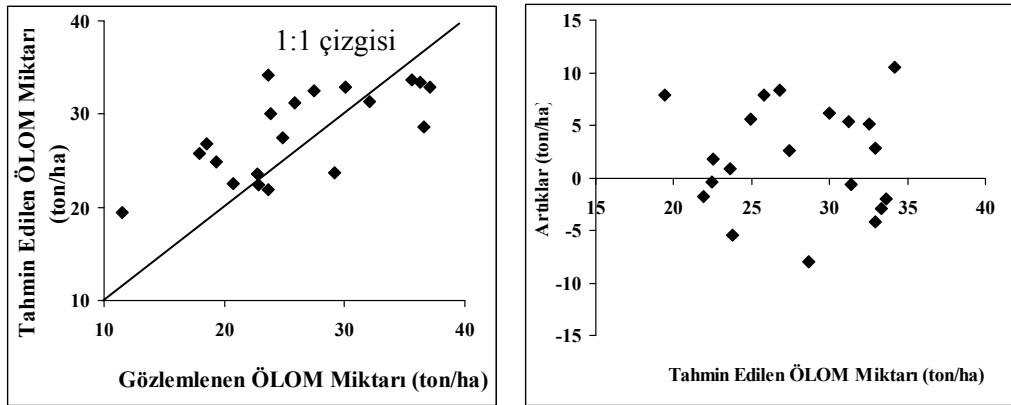
Örnek alanların köşe noktalarını birleştiren çizgiler boyunca, 1 m aralıklarla gerçekleştirilen kalınlık ölçümlerinin ortalamaları ile gözlemlenen ÖLOM arasında regresyon denklemleri geliştirilmiştir. Buna göre örnek alanlarda yapılan kalınlık ölçümleriyle elde edilen ortalama kalınlık değerleri ile ÖLOM'in tahmin edilmesinde doğrusal, logaritmik, quadratik ve eksponansiyel regresyon denklemleri test edilmiştir. Gözlemlenen ÖLOM bağılı değişken, kalınlık değerleri bağımsız değişken alınarak regresyon denklemleri elde edilmiştir (Şekil 4.2.).



Şekil 4.2. Kalınlık değerleri ile gözlemlenen ÖLOM arasındaki ilişkilere ait modeller a- doğrusal, b- logaritmik, c- quadratik d- eksponansiyel

Test edilen tüm modellerin r^2 değerleri birbirine yakın değerlerdir. r^2 değerleri doğrusal, logaritmik, quadratik ve eksponansiyel modeller için sırasıyla; 0.48; 0,48;

0,48 ve 0,51 olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, kalınlık değerleri ile ölü organik materyal arasında kuvvetli olmasa da nispeten bir ilişki olduğunu göstermektedir ($p<0.01$). Doğrusal modelden elde edilen tahmin değerleri ile gözlemlenen ÖLOM miktarı arasındaki ilişkiyi gösteren grafik (Şekil 4.3.) incelendiğinde, 1:1 çizgisinden önemli miktarda bir sapma olduğu görülmektedir. Ayrıca artıkların tahmin değerleri boyunca dağılımı da artı yönde bir tahmin hatasına (bias) işaret etmektedir.



Şekil 4.3. Doğrusal modelin tahmin değerleri ile ölçülen değerleri arasındaki ilişki ve artıkların dağılımı

4.3. Alan Örnekleme ile ÖLOM'in Tahmin Edilmesi

Alan örnekleme ile elde edilen tahmin değerleri ile gözlemlenen ÖLOM miktarı arasındaki ilişkilere ait r^2 ve RMSE değerleri Çizelge 4.5.'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Belirtme katsayısı (r^2) ve ortalama hata kareleri toplamının karekökü (RMSE) değerleri

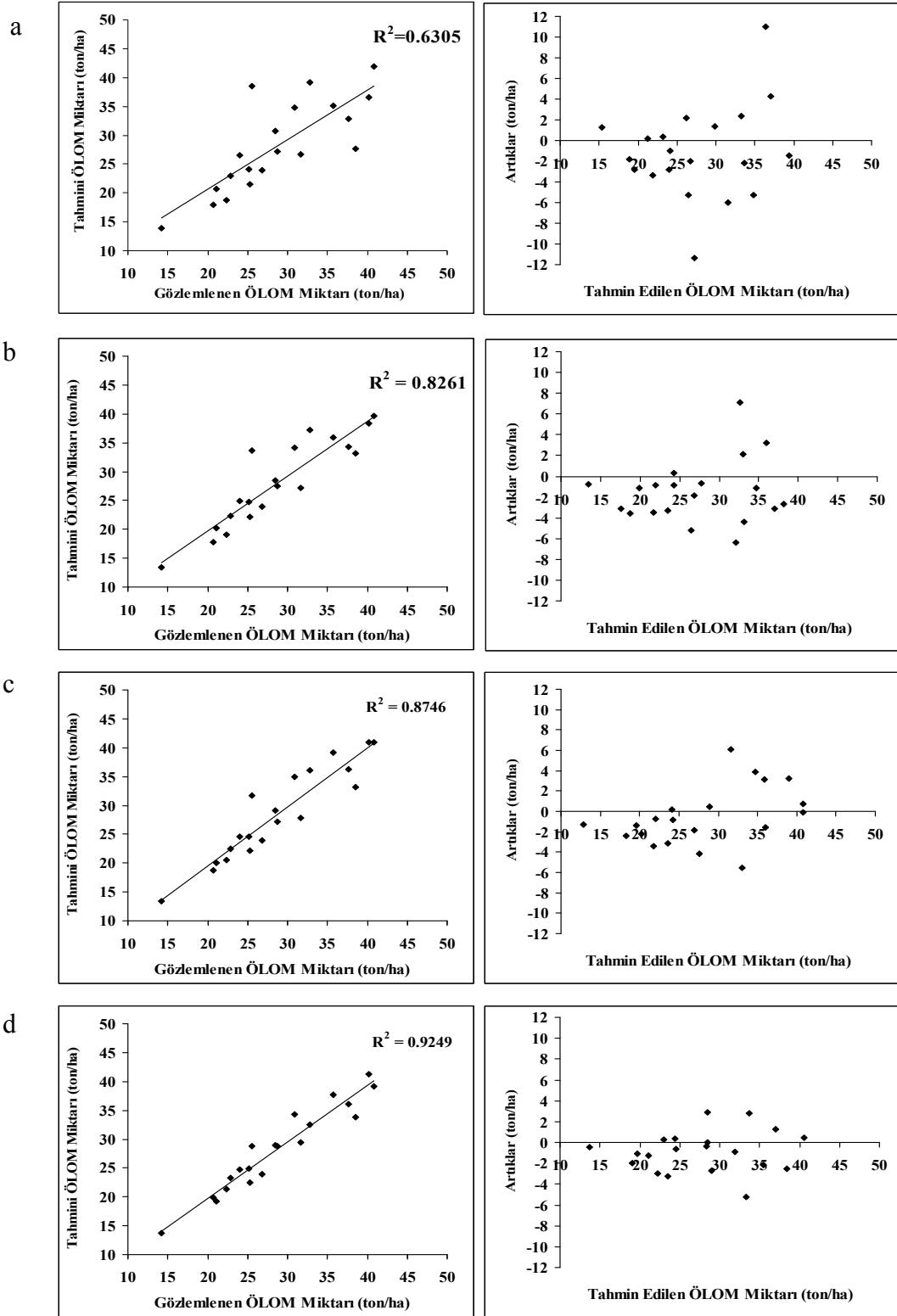
Örnekleme düzeni	Örnek alan boyutu (cm)	Örneklenen Alan Büyüklüğü (%)	R^2	RMSE (ton/ha)
A	20*20	0,08	0,6305	4,55
B	30*30	0,18	0,8261	3,36
C	40*40	0,32	0,8746	2,99
D	50*50	0,50	0,9249	2,14
E	20*20	0,04	0,4101	6,73
F	30*30	0,09	0,6195	5,36
G	40*40	0,16	0,7614	4,32
H	50*50	0,25	0,8546	3,54
I	20*20	0,04	0,4421	6,16
J	30*30	0,09	0,6138	5,35
K	40*40	0,16	0,6107	5,85
L	50*50	0,25	0,6624	4,82

Çizelge 4.5.'de; A harfi örnek alanda boyutu 20x20 cm olan 8 adet alt örneği, B harfi örnek alanda boyutu 30x30 cm olan 8 adet alt örneği, C harfi boyutu 40x40 cm olan 8 adet alt örneği, D harfi boyutu 50x50 cm olan 8 adet alt örneği ifade etmektedir.

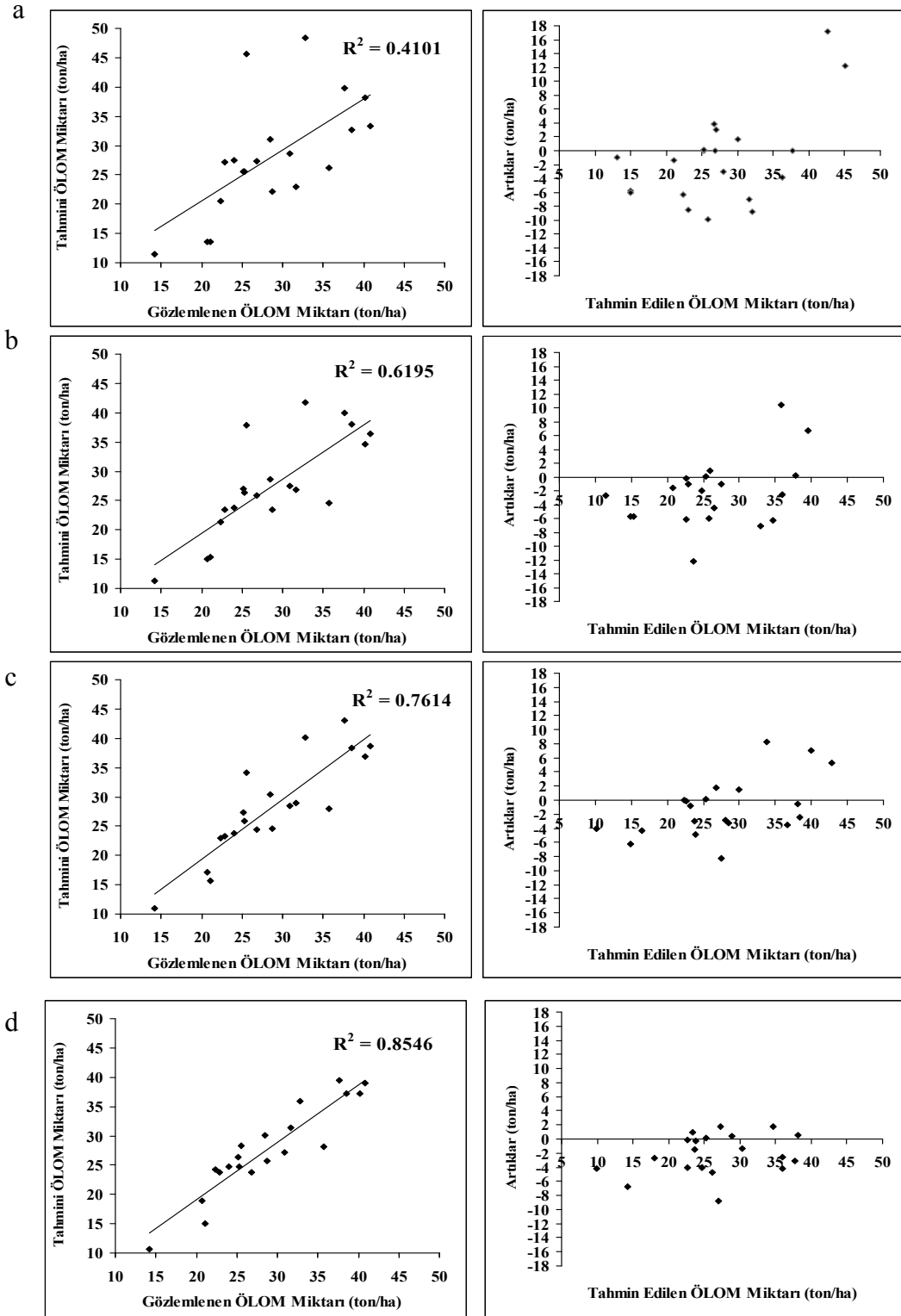
E, F, G ve H harfleri örnek alanda 7'nci metrelerde çalışılan farklı boyutlardaki 4 adet alt örneği ifade etmektedir. E harfi örnek alanda boyutu 20x20 cm olan 4 adet alt örneği, F harfi örnek alanda boyutu 30x30 cm olan 4 adet alt örneği, G harfi boyutu 40x40 cm olan 4 adet alt örneği, H harfi boyutu 50x50 cm olan 4 adet alt örneği ifade etmektedir.

I, J, K ve L harfleri örnek alanda 3'üncü metrelerde çalışılan farklı boyutlardaki 4 adet alt örneği ifade etmektedir. I harfi örnek alanda boyutu 20x20 cm olan 4 adet alt örneği, J harfi örnek alanda boyutu 30x30 cm olan 4 adet alt örneği, K harfi boyutu 40x40 cm olan 4 adet alt örneği, L harfi boyutu 50x50 cm olan 4 adet alt örneği ifade etmektedir.

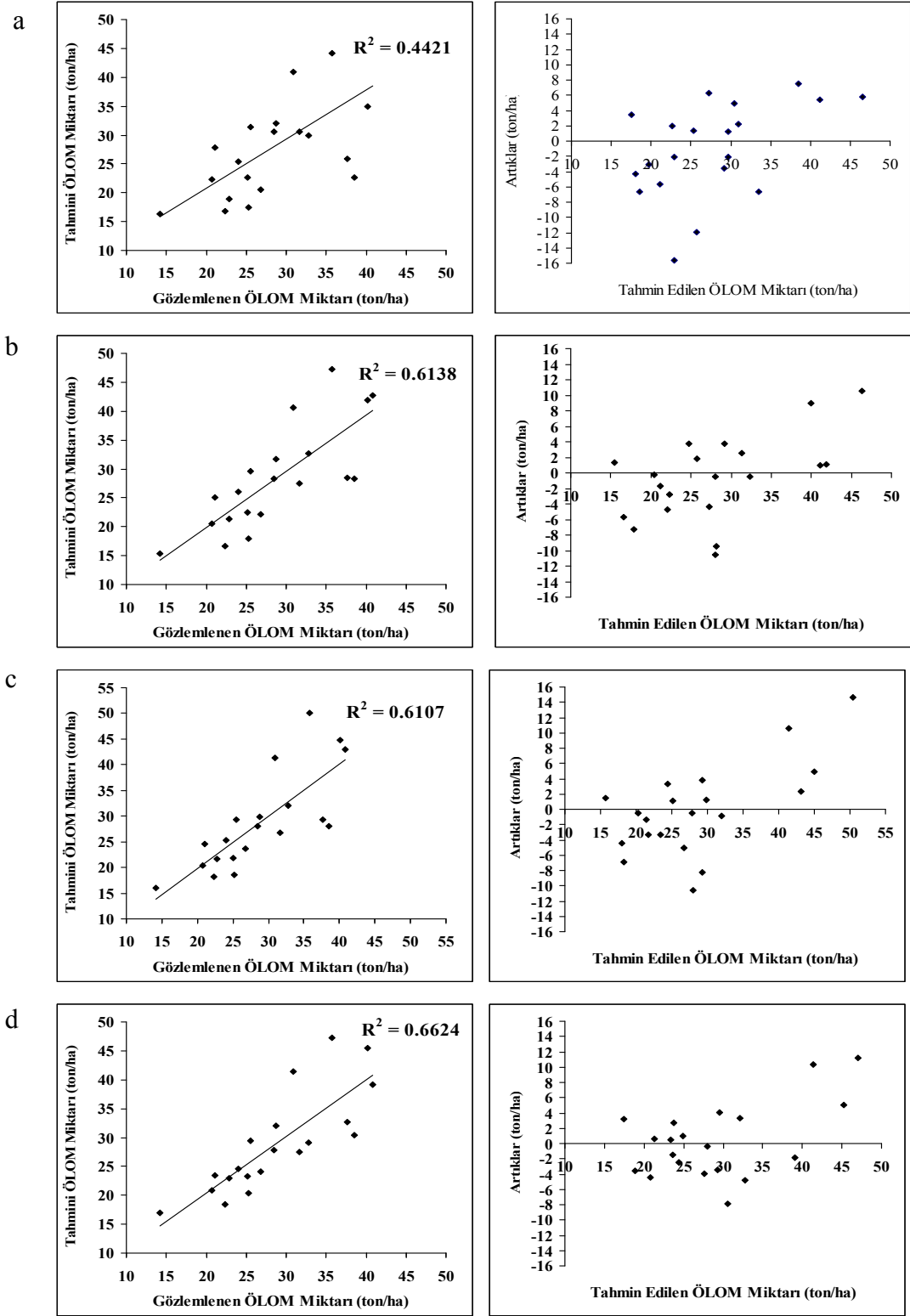
Ayrıca ilişkilere ait grafikler ve artıklar Şekil 4.4-4.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Alan örnekleme ile elde edilen tahmin değerleri (örnek alandaki tüm örneklerden) ve gözlemlenen değerleri arasındaki ilişki ve artıkların dağılımı (a-20x20, b-30x30, c-40x40 ve d-50x50 alan örnekleme)



Şekil 4.5. Alan örnekleme ile elde edilen tahmin değerleri (7'nci m'lerdeki tüm örneklerden) ile gözlemlenen değerler arasındaki ilişki ve artıkların dağılımı (a-20x20, b-30x30, c-40x40 ve d-50x50 alan örnekleme)



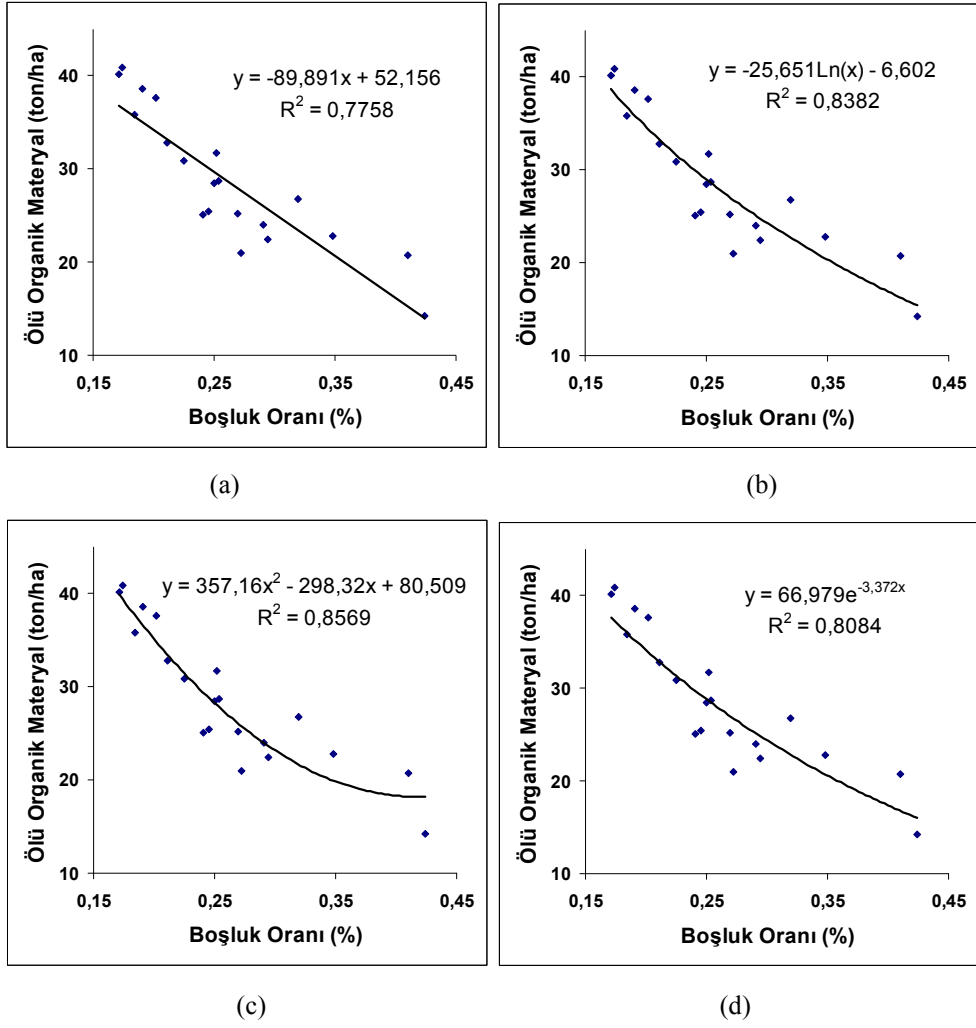
Şekil 4.6. Alan örnekleme ile elde edilen tahmin değerleri (3'üncü m'lerdeki tüm örneklerden) ile gözlemlenen değerler arasındaki ilişki ve artıkların dağılımı (a-20x20, b-30x30, c-40x40 ve d-50x50 alan örnekleme)

Şekil 4.4-4.6'daki grafiklerde de görüldüğü gibi, örnekleme yapılan alanın büyüklüğü arttıkça, tahmini ve gözlemlenen ÖLOM miktarları arasındaki ilişkiye ait r^2 değerleri artmakta ve RMSE değerleri düşmektedir. Sekiz adet alt örnek alanın tamamı değerlendirildiğinde, 20x20, 30x30, 40x40 ve 50x50 cm için sırasıyla RMSE değerleri 4,55, 3,36, 2,99 ve 2,14 ton/ha olarak hesaplanmıştır. Yine örnek alan büyüklüğü arttıkça, noktalar belirgin biçimde 1:1 çizgisine daha yakın bir dağılım göstermekte ve artıkların tahmin değerleri boyunca varyansları küçülmektedir.

Dört örnek alan dikkate alındığında yine hata değerlerinde belirgin bir azalma gözlemlenmektedir. Yedinci metrede alınan örneklerde (bakınız çizelge 4.6) RMSE değerleri, 20x20, 30x30, 40x40 ve 50x50 cm için sırasıyla; 6,73, 5,36, 4,32 ve 3,54 ton/ha olarak bulunmuştur. Merkezden 3 m uzaklıkta alınan örneklerde ise, RMSE değerlerinde örnek alan büyüklüğüne bağlı olarak yine bir düşüş olmaktadır. RMSE değerleri 20x20, 30x30, 40x40 ve 50x50 cm için sırasıyla; 6,16, 5,35, 5,85 ve 4,82 ton/ha dır. Diğer bir dikkat çekici sonuç; üçüncü metrede alınan örneklerden 40 x40 ve 50x50 cm büyüklükler için elde edilen RMSE değerleri, yedinci metrede alınan örneklere oranla daha büyük hesaplanmıştır. Bu durum isabetli bir tahmin yapabilmek için 4 örnek alanın yeterli olmadığını göstermektedir.

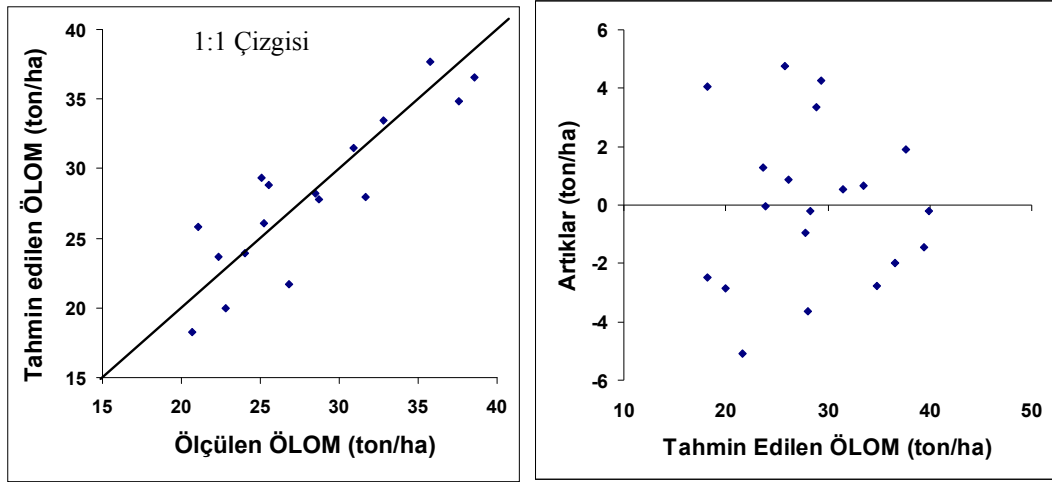
4.4. Boşluk Oranı ile ÖLOM'in Tahmin Edilmesi

Boşluk oranı ile ÖLOM'in tahmin edilmesinde doğrusal, quadratik, logaritmik ve eksponansiyel regresyon denklemleri test edilmiştir. Gözlemlenen ÖLOM bağlı değişken, boşluk oranı bağımsız değişken alınarak regresyon denklemleri elde edilmiştir (Şekil 4.7.).



Şekil 4.7. Boşluk oranı ile ÖLOM arasındaki ilişkilere ait modeller
a- doğrusal, b- logaritmik, c- quadratik, d- eksponansiyel

Elde edilen tüm modeller istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.01$). En yüksek açıklayıcılığa sahip modellerin, doğrusal olmayan logaritmik ve quadratik modeller olduğu görülmektedir. Belirleme katsayısı (r^2) değerleri doğrusal, logaritmik, quadratik ve eksponansiyel modeller için sırasıyla; 0,78; 0,84; 0,86 ve 0,81 olarak bulunmuştur. Modellerin RMS hataları yine sırasıyla 3,539; 3,002; 2,909 ve 2,12 ton/ha olarak hesaplanmıştır. Model katsayılarının önem dereceleri t testi ile denetlenmiş ve logaritmik denklemin sabiti ($p = 0,092$) dışındaki tüm katsayılar önemli çıkmıştır ($p < 0.01$). Elde edilen sonuçlar, boşluk oranı ile ölü organik materyal arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermektedir. Meşçere tepe çatısı açıldıkça ÖLOM miktarında bir azalma olmaktadır.



Şekil 4.8. En uyumlu modelin tahmin değerleri ile ölçülen değerleri arasındaki ilişki ve artıkların dağılımı

En uyumlu regresyon modeli kullanılarak ÖLOM miktarı kestirilmiştir. Tahmin edilen değerler ile gözlemlenen değerler arasındaki ilişkiyi gösteren grafik (Şekil 4.8.) incelendiğinde, noktaların 1:1 çizgisi etrafında iyi biçimde dağıldığı görülmektedir. Bu da tahmin hatasının (bias) düşük olduğunu göstermektedir. Ayrıca artıklar da, tahmin değerlerine göre özel bir eğilim göstermemektedir. Yani regresyon tahminindeki önemli varsayımlardan birisi olan varyansların sabit dağılmış olması (homoscedasticity) ön koşulu yerine getirilmiştir. Sonuç olarak elde edilen modelin ÖLOM miktarını tahmin etmede güvenilir biçimde kullanılacağı söylenebilir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bugün çoğu bilim insanlarınca kabul edilen bir gerçek; “küresel ısınma ve küresel iklim değişikliğinin” en önemli sebebinin atmosferdeki sera gazlarından karbon olduğudur. Bu durum, karasal ekosistemler içinde en önemli karbon yutak alanı olan ormanların önemini bir kat daha arttırmıştır. Dolayısıyla, ormancılık ile ilgili çalışan araştırma kurumlarında, orman alanlarında tutulan karbon miktarını belirlemeye yönelik çabalar artmıştır. Bu çerçevede ele alınan bu tez çalışmasında, orman ekosisteminde depolanan karbonun önemli bir bileşeni olan, ölü organik madde (ÖLOM) miktarını kolay ve hızlı biçimde tahmin etmek amacıyla farklı yaklaşımlar test edilmiştir.

İlk olarak meşcere parametreleri ile ÖLOM miktarı arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Bu amaçla; meşcere orta çapı, meşcere göğüs yüzeyi, çap çeşitliliği ve Reineke’ nin sıklık indeksi olmak üzere dört adet parametre kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre ÖLOM miktarının meşcere parametreleri kullanılarak kestirilmesi mümkün gözükmemektedir. Hesaplanan en yüksek korelasyon katsayısı değeri 0,52 olup, istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0.05$). Diğer yandan, yapılan bazı çalışmalar düşen yaprak ve döküntü miktarı ile göğüs yüzeyi arasında kuvvetli ilişki olduğunu göstermektedir (Sukardjo, 1996). Bu tez çalışmasında böyle ilişkinin elde edilememesinin sebebi olarak, çalışılan orman alanlarının farklı koşullara sahip olması gösterilebilir.

Ölü örtü kalınlığı ile ÖLOM miktarı arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki bulunmuştur ($p<0,01$). Doğrusal ilişkiye ait modelin açıklayıcılığı 0,48 ve doğrusal olmayan modellerin ise açıklayıcılığı en yüksek 0,51’dir. Kalınlık ölçümü uygulamada yaygın olarak tercih edilen bir yöntemdir. Stephens ve Finney (2002) tarafından yapılan çalışmada ölü örtü kalınlığı, iki hat boyunca 2-3 m aralıklarla ölçülmüş ve elde edilen regresyon denklemlerinin ölü örtü miktarını açıklama payları 0,81 ile 0,96 olarak oldukça yüksek hesaplanmıştır. Benzer bir çalışmada, Chojnacky (2009) döküntü miktarını kalınlık ölçümüyle kestirmiş ve elde edilen model ile döküntü miktarındaki varyasyonun %66’sı açıklanabilmiştir. Bu iki çalışmayla

kıyaslandığında, tez çalışmasında elde edilen modellerin performansının daha düşük olduğu görülmektedir. Bu farklılık yöresel koşullardan ya da bu çalışmada az örnek alan alınmasından ileri gelmiş olabilir. Bu yüzden daha fazla örnek alanla, ÖLOM miktarının tahmin edilmesinde kalınlık ölçümünün potansiyeli çalışılması yararlı olacaktır.

Farklı büyüklükteki alan örnekleme vasıtasıyla tahmin edilen ÖLOM miktarı ile gözlemlenen (toplam 100 m²'lik alanda) ölü miktarı arasındaki ilişkilere göre; hassasiyet gerektiren araştırmalar için, 8 ayrı noktada 50x50 cm ya da 40x40 cm büyüklükteki alanlarda örnekleme yapmak, 400 m² büyüklüğündeki bir deneme alanında ÖLOM miktarını kestirmede uygun gözükmektedir. Bu örnek büyüklükleriyle yapılan tahminlerin RMSE değerleri sırasıyla 2,14 (göreceli RMSE (GRMSE) %7,4) ve 2,99 ton/ha (GRMSE %10,4)'dır. Daha kaba çalışmalar için 4 ayrı noktada yine 50x50 cm ya da 40x40 cm büyüklükteki alanlarda örnekleme yeterli olabilecektir. İki değişik biçimde (merkezden 7 ve 3 m uzaklıkta) dört noktada yapılan örnekleme ile elde edilen tahmin miktarlarının RMSE değerleri, 50x50 cm büyüklük için 3,54 ton/ha (GRMSE %12,3) ve 4,82 ton/ha (GRMSE %16,8), 40x40 cm büyüklük için ise 4,32 ton/ha (GRMSE %15,0) ve 5,85 ton/ha (GRMSE %20,4)'dır. Bu konuda yapılmış bir araştırma bulunamadığından, elde edilen sonuçların karşılaştırılması mümkün olamamıştır. Ancak, literatürde bazı araştırmacıların 400 m² büyüklüğündeki bir deneme alanı için döküntü tabakasını örneklerken, 2x2 m büyüklüğünde 5 adet örnek aldıkları görülmektedir (Cseresnyes vd., 2006; Csontos vd., 2007). Tez çalışması bulguları ile birlikte değerlendirildiğinde, ölü örtü tabakasının kütesinin tahmin edilmesinde örnek alanların büyük alınmasının ne derece önemli olduğu anlaşılmaktadır. Çünkü örnek alanların kenarlarındaki ibre artıklarını keserken, ne kadar dikkat edilirse edilsin, materyal gevşek olduğundan hatalar yapılabilmektedir. Eğer örnekler küçük alınırsa bu hatanın etkisi daha da büyümektedir.

Bazı çalışmalarda ölü örtü tabakasının çok hızlı değerlendirilmesi gerekli olabilir. Bu çalışmanın sonuçları, fotoğraf ile belirlenen tepe çatısının boşluk oranının ÖLOM miktarını tahmin etmede hızlı ve güvenilir bir araç olduğunu göstermektedir.

Meşcere içinden tepe çatısına doğru dik olarak çekilen fotoğraflardan, kontrolsüz görüntü sınıflandırma yöntemiyle boşluk oranı sağlıklı bir biçimde belirlenmiştir. Farklı regresyon modelleri kullanılarak, boşluk oranıyla ÖLOM miktarı arasında oldukça kuvvetli ilişkiler elde edilmiştir. En uyumlu regresyon modelinin (kuadratik) belirtme katsayısı 0,86'dır. Bu eğrisel modelin açıklayıcılığının doğrusal modele oranla fazla olması, nokta dağılımları incelendiğinde (Şekil 4.7.) anlaşılmaktadır. Dikkat edilirse, boşluk oranında yaklaşık %30'lara kadar, doğrusal bir ilişki göze çarpmaktadır. Yani boşluk oranı arttıkça ÖLOM miktarı da azalmaktadır. Fakat boşluk oranı %30'u geçtiğinde ÖLOM miktarındaki azalma aynı eğilimde gerçekleşmemektedir. Böylece en uyumlu model bu değişikliği yansıtan kuadratik model olmuştur. Boşluk oranının fazla olduğu örnek alanlar genç ve boşluklu meşcerelere aittir. Fotoğraf çekimi yaklaşık 1,8 metreden (insan boyu) yapılmıştır. Bu durumda fotoğraf makinesinin açısı dar ve ağaç boyları kısa olduğundan ağaçların çok az bir kısmı fotoğraf çerçevesine girmiştir. Bu yüzden de boşluk oranları oldukça yüksek hesaplanmıştır. Bu sakıncayı gidermenin en iyi yolu, geniş açılı (balık gözü) objektiflerle çalışmaktır.

Neticede boşluk oranının ÖLOM miktarının kestirilmesinde ümit verici bir yöntem olduğu söylenebilir. Boşluk oranı sadece yersel fotoğraflarla değil, hava fotoğrafları ya da yüksek çözünürlüklü uydu verileri (Quickbird, Worldview vb) ile de belirlenebilir. Diğer taraftan, çalışma alanının seçilmesinde nasıl bir yol izlendiğinin tekrar altının çizilmesinde yarar görülmektedir. Çünkü tez çalışmasında bakı ve yükselti gibi faktörler çok sınırlı tutulmuştur. Yani boşluk oranı ile geniş coğrafi bölgeler için buradaki gibi kuvvetli ilişkileri bulmak zor olabilir. Ancak, ÖLOM miktarının tahmin edilmesi amacıyla, coğrafi bilgi sistemi teknolojilerinin de desteğiyle, bir ağaç türünün değişik bakı, yükselti ve iklim bölgeleri için ayrı ayrı modeller geliştirilebilir.

Sonuç olarak, meşcere tabanında biriken organik madde miktarı farklı yöntemlerle kestirilebilir. Bu çalışmada, yersel yöntemlerden alan örneklemesinin çok daha güvenilir bir yaklaşım olduğu tespit edilmiştir. Eğer 400 m²'lik bir deneme alanı için ÖLOM miktarı hesaplanacaksa ve standart hatanın %10'un altında olması

isteniyorsa, alan örneklemesinin, 50x50 cm büyüklüğünde en az 6-8 adet noktada yapılmasının uygun olduğu söylenebilir. Öte yandan, kalınlık ölçümü ile ÖLOM miktarı tahmin edilirken temkinli olunması gerekmektedir. Yine çalışma sahası için, meşcere tepe çatısının boşluk oranı da, ÖLOM miktarının kestirilmesinde güvenilir bir yaklaşım olarak gözükmektedir. Fakat bu yaklaşımın daha geniş ormanlık alanlarda test edilmesi gerekmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Aksoy, H., 1993. Silvikültür I. Silvikültürün Biyolojik Temeli (Ders Notları-Rota Baskı). İ.Ü. Orman Fakültesi, İstanbul.
- Alptekin, Ü., 1986. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)'nın Coğrafik Varyasyonları. İ.Ü. Doktora Tezi, İstanbul.
- Alvarez, R., Lavado, R.S., 1998. Climate, organic matter and clay content relationships in the Pampa and Chaco soils. *Geoderma*, 83, 127-141.
- Anonim, 1996. Isparta Orman Bölge Müdürlüğü, Eğirdir Orman İşletme Müdürlüğü, Eğirdir Orman İşletme Şefliği, Orman Amenajman Planı, II. Yenileme, 4-85, Eğirdir, Isparta.
- Anonim, 2006. Orman Varlığımız. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, 160s, Ankara.
- Anonim, 2010a. Ağaç Türlerimiz. Orman Genel Müdürlüğü, <http://www.ogm.gov.tr/agaclarimiz/agac3.htm>, Erişim Tarihi: 15.12.2010, Ankara.
- Anonim, 2010b. Ormanlarımızda Yayılış Gösteren Asli Ağaç Türleri. Orman Genel Müdürlüğü, <http://www.ogm.gov.tr/agacturleri/agac2.htm>, Erişim Tarihi: 15.12.2010, Ankara.
- Anonim,2010c. Isparta Orman Bölge Müdürlüğü Orman Durumu Haritası. <http://ispartaobm.ogm.gov.tr>. Erişim Tarihi: 15.12.2010.
- Anonim, 2010d. Eğirdir Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı Meşcere Haritası. Orman Genel Müdürlüğü, <http://www.ogm.gov.tr/maps/imudmaps/1602.jpg>. Erişim Tarihi: 15.12.2010.
- Anonymous, 2011. Estimates of organic matter and carbon on the forest floor by region and forest type. <http://iere.org/ilea/birdsey/tables/table1.4.html>. Erişim Tarihi: 08.01.2011
- Anşin, R., 1988. Tohumlu Bitkiler. I.Cilt, *Gymnospermae*, KTÜ Orman Fakültesi Yayınları, 122 (15), 25s, Trabzon.
- Asan, Ü., 1995. Global İklim Değişimi ve Türkiye Ormanlarında Karbon Birikimi, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri:B, 41(1-2), 23-38.
- Asan, Ü., 1998., Climate change, carbon sinks and the forests of Turkey. Proceedings: International Conference on Tropical Forests and Climate Change (TFCC '98), 12-22 October 1998, Makati City, The Philippines, 157-170.

- Asan, Ü., Yeşil, A., Özdemir, İ., Sağlam, S., 2005. Ormanlarda Karbon Birikimi ve Yıllık Değişimin Belirlenmesinde Başvurulan Temel Yaklaşımlar. http://www.ogm.gov.tr/iklim/karbon_uasan.ppt. Erişim Tarihi: 15.12.2010.
- Başaran, M., 2004. Türkiye'nin Organik Karbon Stoğu. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 8 (3/4), s.31-36.
- Bernhard, R., 1931. Die Kiefern Kleinasiens. Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft, 31-33.
- Brown, S., 1997. Ormanlar ve İklim Değişikliği: Karbon Rezervi Olarak Ormanlık Alanların Rolü, XI. Dünya Ormancılık Kongresi Bildirileri, 1, 89-102, 13-22 Ekim, Antalya.
- Chojnacky D.,C., Amacher, M., Gavazzi, M., 2009. Separating Duff and litter for Improved Mass and Carbon Estimates. 29-34.
- Corcal-Rivas, J.J., Diequej-Aranda, U., Cornal Rivas, S., Castedo Donado, F., 2007. A merchantable volume system for major pine species in El Salto. Forest Ecology and Management, 238, 118-129.
- Critchfield, W.,B., Little, E.,L, 1966. Geographic Distribution of the Pines of the World. USDA Forest Service, Miscellaneous Publications, 991, 97, Washington, USA.
- Cseresnyés, I., Csontos, P., Bózsing, E., 2006. Stand age influence on litter mass of Pinus nigraplantations on dolomite hills in Hungary. Can. J. Bot, 84, 363-370.
- Csontos, P., Rocchini, D., Bacaro, G., 2007. Modelling factors affecting litter mass components of pine stands. Community Ecology, 8(2), 247-255.
- Csontos, P., 2010. Light Ecology and Regeneration on clearings of sessile Oak-Turkey Oak Forests in the Visegrád Mountains Hungary. Acta Botanica Hungarica, 52(3-4), 265-286.
- Duyar, A., 2010. Batı Karadeniz Bölgesi Ormanlarında Karbon Birikimi. Çölleşme ile Mücadele Sempozyumu, 17-18 Haziran 2010, Çorum, 227-234.
- Eler, Ü., 2001. Orman Amenajmanı. Süleyman Demirel Üniversitesi, Yayın No 17, 199s. Isparta.
- FAO., 1992. Protect and Produce: Putting the Pieces Together. (United Nation Food and Agriculture Organization). Rome. <http://archive.sjc.edu.hk/bio>. Erişim Tarihi: 15.12.2010.
- Fırat, F., 1973. Dendrometri. İÜ Orman Fakültesi, 1800/193, 359s. İstanbul.

- Ganuza, A., Almendros, G., 2003. Organic carbon storage in soils of the Basque Country (Spain): the effects of climate, vegetation type, and edaphic variables. *Biol Fertil Soils*, 37, 154-162.
- Gausсен, H., Heywood, V.,H., Chater, A.,O., 1993. *Pinus* In: Tutin T.,G., Burges, N.,A., Chater, A.,O., (eds), *Flora Europaea, Psilotaceae*, 1, Cambridge University Press. Cambridge, UK,
- Gökmen, H., 1953. Gynospermiler (Çıplak Tohumlular). 127–131, Ankara.
- Güler, Ç., Çobanoğlu, Z., 1997. Enerji ve Çevre, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No. 41, Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, Ankara.
- Hicke, A. J., Asner, G. P., Randerson, J. T., Tucker, C., Los, S., Birdsey, R., Jenkins, J. C., Field, C., Holland, E., 2002. Satellite-Derived Increases in Net Primary Productivity Across North America, 1982-1998. *Geophysical Research Letters*, 29(10).
- Husch, B., Miller, C.I., Beers, T.W., 1963. *Forest Mensuration*. The Ronald Pres Company, 402s. New York.
- IPCC, 2000. *The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Pres, Cambridge.
- Kalıpsız, A., 1963. Türkiye’de Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Meşcerelerinin Tabii Büyümesi ve Verim Kudreti Üzerine Araştırmalar. Orman Genel Müdürlüğü Yayını, 141s, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1984. *Dendrometri*. İÜ Orman Fakültesi, Yayın No 3194/354, 407s. İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1998: *Orman Hasılat Bilgisi*. İ.Ü.Orman Fakültesi, Yayın No: 4060 /448, ISBN 975-404-484-8, 349 s. İstanbul.
- Kaneko, S., 2009, Japanese Forest Soil Carbon Inventory Project. www.jstage.jst.go.jp/browse/jfsc/121/0/_contents/3. ErişimTarihi:15.12.2010
- Kantarıcı, M.D. 1979. Aladağ Kütlesinin (Bolu) Kuzey Aklanındaki Uludağ Göknarı Ormanlarında Yükselti İklim Kuşaklarına Göre Bazı Ölü Örtü ve Toprak Özelliklerinin Analitik Olarak Araştırılması. İÜ Orman Fakültesi, Yayın No 2634/274, 220 s., İstanbul.
- Kantarıcı, M. D., 1987. *Toprak İlimi*. İÜ Orman Fakültesi, Yayın No 3444/387, 370 s. İstanbul.
- Karatepe, Y. 2004. Gölcük’te (Isparta) Karaçam Meşcerelerinin Topraklarındaki Toplam Azot ve Organik Karbon ile Ölü Örtülerindeki Toplam Azot ve

Organik Madde Miktarlarının Karşılaştırılması. S.D.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 2, 1-16.

- Karatepe, Y., 2005. Gölcük'te (Isparta) Dikimle Yetiştirilmiş Salkım Ağacı ve Karaçam Ormanlarının Topraklarındaki Organik Karbon ve Azot Birikimi. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt 55, 1:209-219.
- Karaöz, Ö., 1993. Bazı Yerli ve Yabancı İğne Yapraklı Ağaç Türlerine Ait Plantasyonlarda Ölü Örtü Miktarı ile Bunlardaki Besin Maddesi Rezervleri Üzerine Araştırmalar. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt 43, 1, 93-115.
- Kaya, Z., Temert, A., 1994. Genetic Structure of Marginally Located *Pinus nigra* var. *pallasiana* Populations in Central Turkey. *Silvae Genetica*, 43 (513), 272–277.
- Keskin, T., Makineci, E., 2009. Ağaçlı-İstanbul Maden Sahalarında Fıstık Çamı ve Salkım Ağacı Ağaçlandırmalarında Bazı Ölü Örtü ve Toprak Özellikleri. S.D.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Sayı 1, 38-51.
- Kraenzel, M., Castillo, A., Moore, T., Potvin, C., 2003. Carbon storage of harvest-age teak (*Tectonia grandis*) plantations. *Forest Ecology and Management*, 173, 213-225.
- Krause, K., 1941. Türkiye'nin Gymnospermleri (Türkçeye Çeviren: S. Fehmi), 24s, Ankara.
- Laclau, P., 2003. Biomass and carbon sequestration of ponderosa pine plantations and native cypress forests in northwest Patagonia. *Forest Ecology and Management*, 180, 317-333.
- Mayer, H., Aksoy, H., 1986. Wälder der Türkei. Gustav Fischer Verlag-Stuttgart.
- Namayanga, L.N., 2002. Estimating Terrestrial Carbon Sequestered in Aboveground Woody Biomass from Remotely Sensed Data. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede, The Netherlands.
- Nesotto, M.D., Jobbagy, E.G., Paruelo, J.M., 2006. Carbon sequestration in semi-arid rangelands: Comparison of *Pinus ponderosa* plantations and grazing exclusion in NW Patagonia. *Journal of Arid Environments*, 67, 142-156.
- Pekin, B., Macfarlane, C., 2009. Measurement of Crown Cover and Leaf Area Index Using Digital Cover Photography and Its Application to Remote Sensing. *Remote Sens.*, 1(4), 1298-1320.
- Ranger, J., Gelhaye, D., 2001. Bellowground biomass and nutrient content in a 47 year-old Douglas-fir plantation, *Annals of Forest Science*, 58, 423-430.

- Reichle, D., Houghton, J., Kane, B., Ekman, J., 1999. Carbon Sequestration Research and Development. Office of Science of Fossil Energy. USA Department of Energy.
- Ryan, T.P., 1997. Modern Regression Methods. John Wiley and Sons, 978-0-470-08186-0, 424s. New York.
- Saatçioğlu, F., 1959. Silvikültür Ders Notları (Roto Baskısı), 127–131, İstanbul.
- Saatçioğlu, F., 1976. Silvikültür Tekniği (Silvikültür II). İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 2490, O.F. Yayın No:268, 2. Baskı, İstanbul.
- Scarascia-Mugnozza, G., Deangelis, M.P., Sabtti, M., Matteucci, M., 2000. A Free Atmospheric Carbon Enrichment Experiment on Short Rotation. Intensive Poplar Plantation.
- Schlaegel, B.E., 1981. Testing, reporting, and using biomass estimation models. Bildiri kitabı, Southern Forest Biomass Workshop, 95-112.
- Schulp, C.J.E., Nabuurs, G.J., Verburg, P.H., Waal, R.W., 2008. Effects of tree species on carbon stocks in forest floor and mineral soil and implications for soil carbon inventories. Forest Ecology and Management, 256, 482-490.
- Sever, H., Makineci, E., 2008 Ağaçlı-İstanbul Maden Sahalarında Sahil Çamı Ağaçlandırmalarında Bazı Ölü Örtü ve Toprak Özellikleri. S.D.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Sayı 2, 136-146.
- Sevgi, O. 2003. Bayramiç İşletmesi'nde (Kaz Dağları) Karaçam'ın (Pinus nigra Arn. supsp. pallasiana (Lamb.) Holmboe) Yükseltiye Göre Beslenme Büyüme İlişkileri. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlmi ve Ekoloji Programı Doktora Tezi, 221s., İstanbul.
- Stephens, S.L., Finney, M.A., 2002. Prescribed fire mortality of Sierra Nevada mixed conifer tree species: Effects of crown damage and forest floor combustion. Forest Ecology and Management, 162, 261–271.
- Sukardjo, S., 1996. The Relationship of litterfall to Basal Area and Climatic Variables in the Rhizophora mucronata Lamarck Plantation at Tritih. <http://repository.kulib.kyotou.ac.jp/dspace/handle/2433/56595?locale=en>. Erişim Tarihi: 22.01.2011
- Tan, Z.X., Lal, R., Smeck, N.E., Calhoun, F.G., 2004. Relationships between surface soil organic carbon pool and site variables. Geoderma, 121, 187-195.
- Taşkınsu Meydan, H.S., 2008. Yukarı Seyhan Havzası'nda Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Arazi Örtüsünün Sınıflandırılması ve Bazı Orman Meşcerelerinde Verimliliğin Modellenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen

Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 194, Adana.

- Tolunay, D., Çömez, A., 2007. Orman Topraklarında Karbon Depolanması ve Türkiye'deki Durum. Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar Sempozyumu, 13-14 Aralık 2007, İstanbul, 97-107.
- Tolunay, D., Çömez, A., 2008. Türkiye Topraklarında Toprak ve Ölü Örtüde Depolanmış Organik Karbon Miktarları. Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu, 22-25 Ekim 2008, Hatay.
- Tolunay, D., 2009. Carbon concentrations of tree components, forest floor and understory in young *Pinus sylvestris* stands in North-western Turkey. Scandinavian Journal of Forest Research, 24, 394-402.
- Tolunay, D., 2010. Total carbon stock and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 34, 1-15.
- Wayburn, L.A, Franklin, F.J., Gordon, J.C., Binkley, C.S., Mladenoff, D.J., and Christian, N.L., JR. 2000. *Forest Carbon in the United States: Opportunities & Options for Private Lands*. The Pacific Forest Trust, Inc., Santa Rosa, CA.
- Woodall C, Williams MS 2005 Sampling protocol, estimation, and analysis procedures for the down woody materials indicator of the FIA program. General Technical Report NC-256, U.S.D.A. Forest Service, North Central Research Station, St. Paul, MN.
- Yaltırık, F., 1993. Dendroloji (Gymnospermae) Kitabı. İÜ Orman Fakültesi Yayın No 386, 320s, İstanbul.
- Yaltırık, F., Efe, A., 2000. Dendroloji Ders Kitabı (Gymnospermae-Angiospermae). İÜ Orman Fakültesi Yayın No: 4265/465, 382s., İstanbul.
- Yücel, E., 2000. Ebe Karaçamının (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *şeneriana*) Biyolojik ve Ekolojik Özellikleri. Birlik Ofset Matbaacılık, 13s, Eskişehir.
- Zengin, H., Asan, Ü., Destan, S., Özkan, U.Y., 2007. Küresel Isınmanın Önlenmesinde Ormanların Rolü ve Önemi. web.iklim.ogm.gov.tr. Erişim Tarihi: 11.12.2010.
- Zenner, E., 2000. Do residual trees increase structural heterogeneity in Pasific Northwest Coniferous forests. Ecological Applications, 10(3), 800-810.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Ramazan KOLSUZ

Doğum Yeri ve Yılı: ELMALI/ 12.08.1978

Medeni Hali: Evli

Yabancı Dili: İngilizce



Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise: Elmalı, 1995.

Lisans: SDÜ Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 1999.

Çalıştığı Kurum /Kurumlar ve Yıl :

Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü

İnebolu Orman İşletme Müdürlüğü- 2003

Doğanyurt Orman İşletme Şefliği 2003-2006

Isparta Orman Bölge Müdürlüğü

Eğirdir Orman İşletme Müdürlüğü-2006

Şarkikaraağaç Orman İşletme Şefliği 2006-2007

Eğirdir Orman İşletme Şefliği 2007-Devam Ediyor