

## Meşcere Tepe Çatısının Boşluk Oranı ile Ölü Organik Materyal Miktarının Tahmin Edilmesi

\*İbrahim ÖZDEMİR<sup>1</sup>, Ramazan KOLSUZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta

<sup>2</sup>Isparta Orman Bölge Müdürlüğü, Eğirdir Orman İşletme Müdürlüğü, Isparta

\*Sorumlu yazar: ibrahimozdemir48@gmail.com

### Özet

Bu çalışma, meşcere tepe çatısının boşluk oranını kullanarak, orman ekosisteminde depolanan karbonun önemli bileşenlerinden birisi olan ölü organik madde (ÖLOM) miktarını tahmin etmek amacıyla yapılmıştır. Araştırma, Isparta-Eğirdir yöresindeki saf karaçam meşcerelerinde ve 400 m<sup>2</sup> büyüklüğündeki 20 adet deneme alanında yürütülmüştür. ÖLOM miktarı deneme alanı içinde dört farklı noktada alınan 5x5 m büyüklüğündeki örnek alanlara dayalı olarak hesaplanmıştır. Her deneme alanında yerden meşcere çatısına doğru toplam 12 adet fotoğraf çekilmiştir. Boşluk oranı ile ÖLOM arasındaki ilişkiler doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon analizleriyle ortaya koyulmuştur. Yapılan değerlendirmeler, fotoğraflardan hesaplanan tepe çatısının boşluk oranı ile ÖLOM miktarı arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermiştir (kuadratik model için, r<sup>2</sup>=0.86 ve RMSE=2.9 ton/ha). Bu sonuç, meşcere tepe çatısının boşluk oranının, karaçam meşcerelerinde biriken ÖLOM miktarının kestirilmesinde güvenilir bir değişken olabileceğini göstermektedir. Fakat bu yaklaşımın, özellikle balıkgözü objektifler kullanılarak, farklı bakı ve eğim gruplarını kapsayan daha geniş ormanlık alanlarda test edilmesi önem taşımaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Anadolu Karaçamı, Biokütle, Orman Envanteri, Karbon

### Estimation of Dead Organic Material Amount with Space Ratio within Stand Crown

#### Abstract

This study was carried out in order to estimate dead organic material (DOM) as an important component of carbon stocked in forest ecosystems using canopy gap fraction. The research was conducted using 20 sampling plot with the size of 400 m<sup>2</sup> taken from the Anatolian Black Pine stands located in Isparta-Eğirdir. DOM was calculated based on four sub-sampling areas with the size of 5 x 5 m. Twelve photographs were vertically taken from ground upward stand canopy in each sampling plot. The relationships between DOM and canopy gap fraction were determined by linear and non-linear regression analyses. The results showed a strong relation between the canopy gap fraction derived from photos and the amount of accumulated DOM (for quadratic model, r<sup>2</sup>=0.86 ve RMSE=2.9 ton/ha) of Anatolian Black Pine stands. In conclusion, canopy gap fraction may be a reliable variable for estimating the dead organic material. However, it is important that this approach should be tested in wide geographic regions covering different aspect and slope groups using hemispheric photos.

**Keywords:** Anatolian Black Pine, Biomass, Forest Inventory, Carbon

#### Giriş

Küresel iklim değişimiyle mücadelede en önemli iki faaliyet, sera gazlarının atmosfere salınımının azaltılması ve sera gazları içinde en büyük paya sahip olan karbondioksit (CO<sub>2</sub>) tutulması amacıyla karbon yutak alanlarının artırılması olarak gösterilmektedir. Bu durum, karasal ekosistemler içinde en büyük karbon havuzu olan ormanlara bakış açısını değiştirmiş ve orman ekosistemlerinin küresel karbon döngüsüne katkısının korunması; Montreal sürecinde kararlaştırılan altı adet sürdürülebilir ormancılık ölçütlerinden birisi olarak yerini almıştır. Ayrıca, Rio-Helsinki sürecine dâhil olan ve Kyoto protokolüne imza veren ülkelerden ormanlarındaki karbon stok değişimlerini her yıl standart bir formata göre açıklamaları zorunlu hale gelmiştir. Bu yüzden orman ekosistemlerinde tutulan karbonun sağlıklı olarak belirlenmesi ve izlenmesi amacıyla hızlı değerlendirme

ve envanter yöntemlerinin geliştirilmesi son derece önemli görülmektedir (Asan, 1995; Asan, 1998).

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 (Jenkins ve ark., 2003). Bu konuda ülkemizde de bazı ağaç türleri için düzenlenmiş biokütle tabloları mevcuttur (Saraçoğlu, 1990; Saraçoğlu, 1998; Durkaya ve ark., 2009). 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 mevcuttur.

Bir orman ekosisteminde ÖLOM miktarının doğru biçimde tahmin edilmesi, tutulan toplam karbon miktarının daha doğru tahmin edilmesine ve izlenmesine yardımcı olmaktadır. Bununla beraber, orman ekolojisi ve orman yangınlarıyla ilgili değerlendirmeler için de ÖLOM miktarının bilinmesi son derece önemlidir. Yersel yöntemlerle (alan örnekleme ve kalınlık ölçümü) birim alanda biriken ÖLOM miktarının belirlenmesi çok zaman alıcı ve yoğun emek gerektirmektedir. Bu yüzden hızlı değerlendirme yöntemlerine ihtiyaç bulunmaktadır. Meşcere çatısı ile meşcere tabanında biriken organik madde miktarı arasında bir ilişki olduğu belirtilmektedir (Kara ve ark., 2008). Meşcere çatısının kapalılığının, meşcere içine ışığın sızmasını etkiler dolayısıyla ölü materyalin ayrışmasında önemli rol oynadığı bilinmektedir. Bunun yanında, yaprak yüzey indeksi ne kadar fazlaysa dökülen ÖLOM miktarı da o kadar artmaktadır. Bu bilgiler ışığında, 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

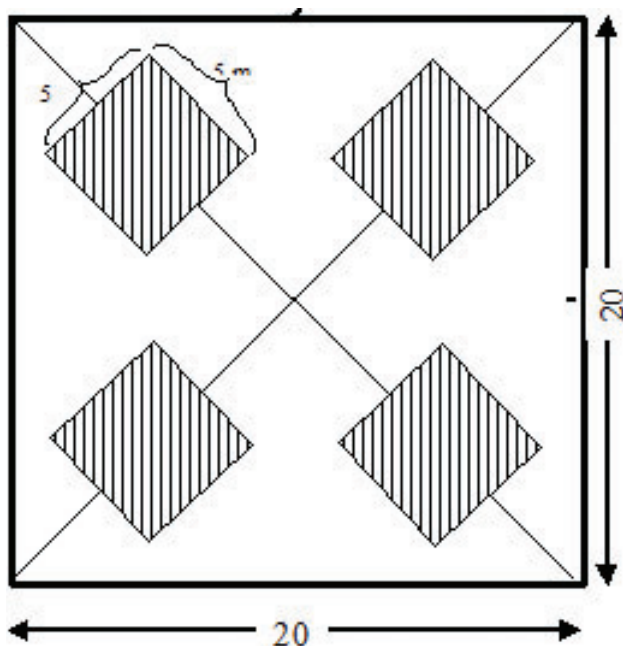
ulaşılabilir (Pekin ve Macfarlane, 2009).

Sonuç olarak bu çalışmada; Eğirdir-Çamyol mevkiinde bulunan Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) meşcerelerinde, dar açılı objektifle meşcere çatısına doğru dik olarak çekilen fotoğraflardan çıkarılan “boşluk oranı” ile orman tabanında biriken ölü organik materyal miktarının tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Arazi çalışmaları

Çalışma sahasına ait meşcere haritası incelenerek farklı nitelikteki karaçam meşcereleri tespit edilmiş ve bunları temsil edecek, 400 m<sup>2</sup> büyüklüğünde 20 adet deneme alanı alınmıştır. Çalışma sahası genel olarak güney, güneydoğu ve güneybatı bakılarda yer almakta ve arazi eğimi %10 ile 40 arasında değişmektedir. ÖLOM miktarının ölçümü, 5x5 m büyüklüğünde 4 adet kare biçiminde örnek alanda gerçekleştirilmiştir. Ölü Örtü tabakasının nispeten homojen bir yapıda olması ve alanın tamamında çalışılmasının pratikte çok zor olması sebebiyle, alanın 100 m<sup>2</sup>'lik kısmının örnekleme için yeterli olacağı düşünülmüştür (Şekil 1). Özel olarak tasarlanmış keskin tahrallar yardımıyla, kalan ÖLOM plastik torbalar içine koyularak, araziye getirilen hassas terazide tartılmıştır. Arazi çalışmaları yaz mevsiminde yürütülmüş ve bölgede, gerek çalışma boyunca gerekse yaklaşık bir ay öncesinden itibaren herhangi bir yağış gerçekleşmemiştir. Dolayısıyla değerlendirmede hava kurusu ağırlıklar kullanılmıştır.



Şekil 1. Gözlemlenen ölü organik materyalin belirlenmesinde kullanılan alan örnekleme deseni ve 5x5 m lık örnek alanın ölçüm yapıldıktan sonraki görüntüsü

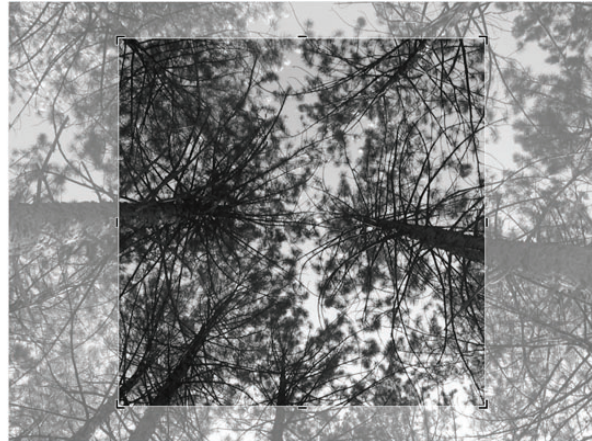
Dört örnek alan için bulunan değerler 400 m<sup>2</sup>'lik alana dönüştürülmüş ve hektardaki ton değerleri elde edilmiştir.

Ölü organik materyal; uç çapı 5 cm ve üstündeki odunlar ve çapı 5 cm'nin altındaki odun parçaları ve diğer bitkisel artıklar olarak iki kısımda değerlendirilebilmektedir. 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 yapılmamıştır. Böylece çalışmada adı geçen 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.

Fotoğraflardan boşluk oranının hesaplanması

Yarım küre (balıkgözü) objektiflerle, meşcere içinde tepe çatısına doğru fotoğraf çekerken oldukça

geniş bir alan resmedilmektedir. Bu çalışmada, dar açılı bir objektif kullanıldığından tek bir noktada çekilen fotoğraf deneme alanının tamamını temsil etmeyeceğinden, farklı noktalarda birden çok çekim yapılmıştır. 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 2048 x 1536 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 2).



şekil 2. Yerden yukarı doğru dikey olarak çekilen fotoğraf ve 1280 x 1280 piksellik alan ve fotoğrafın alındığı örnek alan

Boşluk oranını belirlenmesi, gökyüzünü gösteren piksellerin sayısının toplam piksel sayısına bölünmesi suretiyle gerçeleştirilmiştir. Bu amaçla sayısal görüntü işleme yöntemlerinden birisi 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 kararlaştırılan kriterlere göre gruplandırılmasına dayanmaktadır. Bu işlem için ER Mapper görüntü işleme yazılımı kullanılmıştır.

Sınıflandırmada kullanılan kriterlerden yineleme sayısı her zaman yüksek tutulmuştur (999), ancak çoğunlukla 15–20 yinelemeden sonra

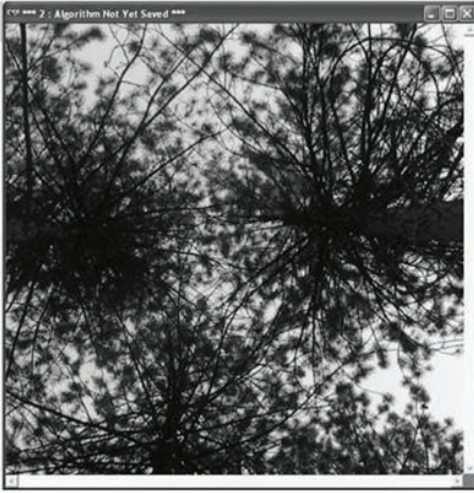
sınıflandırma başarıyla tamamlanmıştır. Bir sınıf içindeki minimum üye sayısı %0,01; maksimum standart sapma 4.5 ve sınıf ortalamaları arasındaki minimum uzaklık 3.2 olarak sabit tutulmuştur. Her görüntünün sayısallaştırılmasında zaman alıcı olan ve sürekli test edilen kriter sınıf sayısı olmuştur. Fotoğrafların çekimi esnasında gökyüzünün durumu (bulutluluk, pus gibi faktörler) ve güneşin konumuna bağlı olarak işığın 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 gerçeleşinceye kadar sınıf sayısı



arttırılmıştır. 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  $2048 \times 1536 = 1638400$ 'a bölünerek, boşluk oranı hesaplanmıştır (şekil 3). Bu işlem 12 fotoğraf için yapılmış ve bunların aritmetik ortalaması alınarak her örnek alandaki oran hesaplanmıştır.

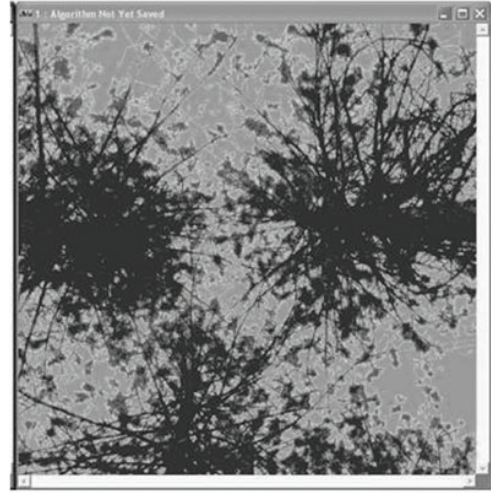
Orijinal Fotoğraf



Kontrolsüz  
sınıflandırma



Sınıflandırılmış Fotoğraf



şekil 3. Boşluk oranının hesaplanmasına esas olan piksellerin belirlenmesi, a) orijinal görüntü, b) sınıflandırılmış görüntü (kırmızı renkli pikseller tepe çatısındaki boşluğu göstermektedir)

### İstatistiksel değerlendirme

Fotoğraflardan ıkarılan boşluk oranı ile ÖLOM miktarı arasındaki ilişkiler regresyon analizi ile ortaya koyulmuştur. Çalışmada doğrusal, logaritmik, ekponansiyel ve quadratik olmak üzere dört model denenmiştir. Öncelikle modellerin açıklayıcılığu karşılaştırılmıştır. Ayrıca karşılaştırmada denklem katsayılarının önemli olması ( $p < 0.01$ ) dikkate alınmıştır. Son olarak da, modellere ait denklemler vasıtasıyla tahmin değerleri hesaplanmıştır. Buradan Ortalama Hata Kareleri Karekökü (RMSE) kıyaslanmıştır. Daha sonra tahmin değerleri ile gerçek değerler arasındaki farklar (artıklar) incelenmiştir.

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

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

Burada kullanılan  $Y_i$  i. gözlemin gerçek değer (bağlı değer),  $Y_{i-est}$  i. gözlemin tahmin değer,  $\bar{Y}$   $Y_i$ 'nin ortalaması;  $k$  tahmin edilen değer sayısı ve  $n$  gözlem sayısıdır.

### Sonuçlar ve Tartışma

Elde edilen tüm modeller istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.01$ ). En yüksek açıklayıcılığa sahip modellerin, doğrusal olmayan üssel ve logaritmik modeller olduğu görölmektedir (şekil 4). Belirme katsayısı ( $r^2$ ) değerleri doğrusal, logaritmik, quadratik ve ekponansiyel modeller için sırasıyla; 0.78, 0.84, 0.86 ve 0.80 olarak bulunmuştur. Modellerin RMS hataları yine sırasıyla 3.539 ton/ha; 3.002 ton/ha; 2.909 ton/ha 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 negatif ilişki olduğunu göstermektedir. Meşcere tepe çatısı açıldığıça ÖLOM miktarında bir azalma olmaktadır.

En uyumlu regresyon modeli (quadratik) kullanılarak kestirilen tahmin edilen değerler ile gözlemlenen değerler arasındaki ilişkiyi gösteren grafik (şekil 5) 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 yani “eşvaryanslık” (homoscedasticity) ön koşulu yerine getirilmiştir. Sonuç olarak elde edilen modelin ÖLOM miktarını tahmin etmede güvenilir biçimde kullanılabileceği söylenebilir.

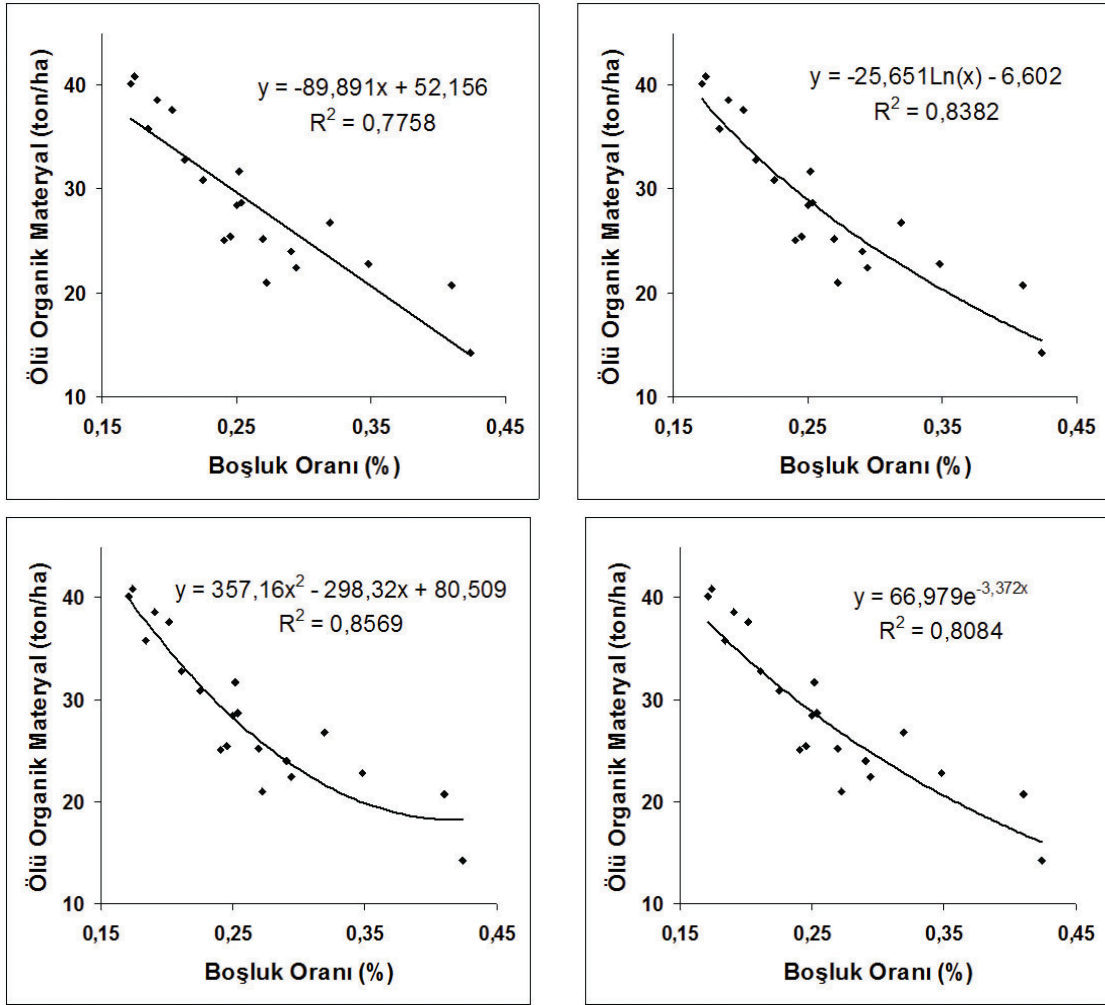
Meşcere içinden tepe çatısına doğru dik olarak çekilen fotoğraflardan, kontrolsüz görüntü sınıflandırma yöntemiyle boşluk oranı sağlıklı bir biçimde belirlenebildiği görülmüştür. Farklı regresyon modelleri kullanılarak da, boşluk oranıyla ÖLOM miktarı arasında oldukça kuvvetli ilişkiler tespit edilmiştir. Bu durum, fotoğraf ile belirlenen tepe çatısının boşluk oranının ÖLOM miktarını tahmin etmede hızlı ve güvenilir bir araç olabileceğini göstermektedir. En uyumlu regresyon modelinin (kuadratik) belirtme katsayısı 0.86’dır. Bu eğrisel modelin açıklayıcılığının doğrusal modele oranla fazla olması, nokta dağılımları incelendiğinde (Şekil 3) anlaşılmaktadır. Dikkat edilirse, boşluk oranı yaklaşık %30'lara kadar, doğrusal bir ilişki göze çarpmaktadır. Yani boşluk oranı arttıkça ÖLOM miktarı doğrusal olarak azalmaktadır. Fakat boşluk oranı %30 geçtiğinde ÖLOM miktarındaki azalma aynı eğilimde gerçekleşmemektedir. Böylece en uyumlu model bu eğilimi yansıtan kuadratik model olmuştur. Boşluk oranının fazla olduğu örnek alanlar genç ve kapalılığın düşük olduğu 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. Geniş açılı (balıkgözü) objektiflerle çalışılması, bu sakıncayı belirli oranda giderebilecektir. Ayrıca çok yüksek çözünürlüklü uydu verileri de (örneğin, Quickbird, WorldView-2), meşcere kapalılığını, dolayısıyla boşluk oranını hesaplamak amacıyla kullanılabilir. Uydu sistemlerinin geniş alanlar için görüntü ürettiği düşünüldüğünde, ölü organik materyalin güvenilir biçimde tahmin edilmesi ve belirli zaman aralıklarıyla izlenmesi mümkün olabilir.

Burada elde edilen sonuçların, doğrudan karşılaştırılabileceği ne ulusal ne de uluslararası bir çalışmaya rastlanmamıştır. Öte yandan, meşcere yaşı ya da göğüs yüzeyi gibi meşcere tepe çatısının boşluk oranıyla bağlantılı kabul edilebilecek bazı

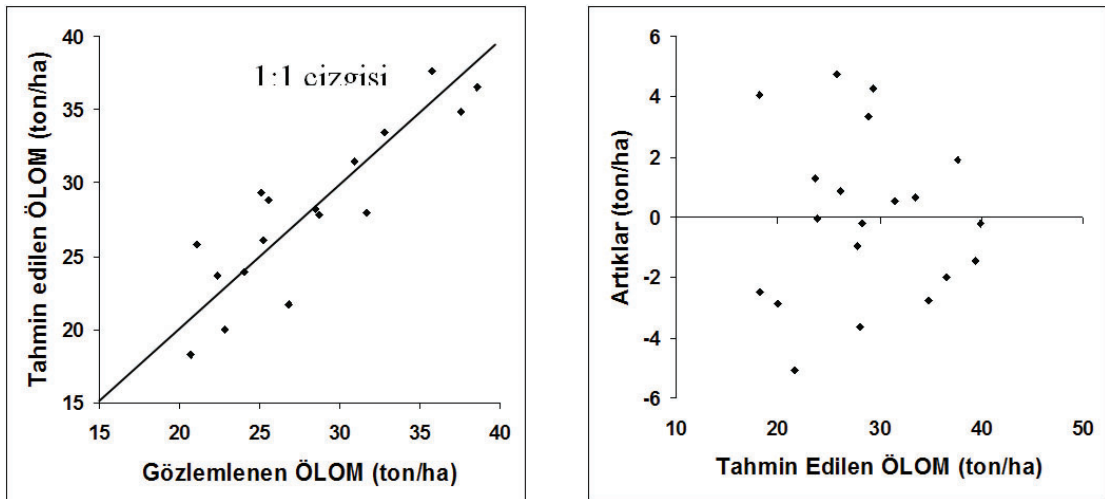
değişkenler ile düşen yaprak miktarı ve döküntü kütlesi arasında bir ilişki olduğunu ortaya koyan araştırmalar bulunmaktadır. Örneğin Macaristan’da karaçam meşcerelerinde yapılan bir çalışmada, döküntü kütlesinin 21–40, 41–60, 61–80 yaş sınıflarına bağılı olarak arttığı, 80 yaşından sonra ise bir düşüş gösterdiği bulunmuştur (Cseresnyes ve ark., 2005). Bazı türler için, meşcere kapalılığının belirli bir yaşa kadar arttığı ve bu yaştan sonra ayrılan ağaçların etkisiyle tepe çatısının açılmaya başladığı bilinmektedir. Dolayısıyla, ÖLOM kütlesi ile meşcere boşluk oranı arasında bir ilişkinin varlığı, bu araştırma için de söylenebilir. Sukardjo (1996) tarafından gerçekleştirilen benzer bir araştırmada ise, düşen yaprak ve döküntü miktarı ile göğüs yüzeyi arasında kuvvetli ilişki olduğu tespit edilmiştir ( $r^2=0.87$ ).

Boşluk oranının ÖLOM kütlesini modellemede sıkça kullanılan “örtü kalınlığı” yöntemine bir alternatif olduğu söylenebilir. Örtü kalınlığı yöntemi, burada çalışılan fotoğraf yönteminden daha zaman alıcı, diğer taraftan alan örneklemeyle kıyaslandığında nispeten daha pratik bir yöntemdir. Chojnacky ve ark. (2009)’nin Amerikanın değişik eyaletlerindeki 57 bölgede (North Carolina, Virginia, and West Virginia) yaptıkları çalışmada, ÖLOM’in kalınlığını temel değişken alan ve bazı yapay (dummy) değişkenlerin kullanıldığı, ilgili yörelerde yayılış gösteren iğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaçlar için ortak kullanılabilecek bir model (açıklayıcılığı %66) geliştirmişlerdir. Boşluk oranı yöntemiyle de, bu araştırmada kullanılan benzer bir yaklaşımla, tüm ağaç türleri ya da iğne yapraklılar ve geniş yapraklıların farklı grupları için, tahmin modelleri geliştirilebilir.

Sonuç olarak, boşluk oranının ÖLOM miktarının kestirilmesinde ümit verici bir değişken olduğu söylenebilir. Ancak elde edilen bu bulguların yaygınlaştırılması ve pratik uygulamalarda kullanılmasının, geniş alanlarda yapılacak daha kapsamlı çalışmalarla desteklenmesi kaydıyla mümkün olabileceği de unutulmamalıdır. Bu noktada, çalışma alanının seçilmesinde nasıl bir yol izlendiğinin altının çizilmesinde yarar görülmektedir. Çalışmada, boşluk oranının ÖLOM miktarıyla ilişkisini tam olarak anlayabilmek amacıyla, bakı ve yükselti gibi diğer faktörler çok sınırlı tutulmuştur. Dolayısıyla, boşluk oranı kullanılarak geniş coğrafi bölgeler için, bu çalışmada olduğu gibi kuvvetli ilişkileri bulmak mümkün olmayabilir. Ancak, ÖLOM miktarının tahmin edilmesi amacıyla, coğrafi bilgi sistemi teknolojilerinin de desteğiyle, bir ağaç türünün değişik bakı, yükselti ve iklim bölgeleri için



Şekil 4. Boşluk oranı ile ÖLOM arasındaki ilişkilere ait modeller; a) doğrusal, b) logaritmik, c) kuadratik, d) ekspansiyel



Şekil 5. En uyumlu modelin tahmin değerleri ile ölçülen değerleri arasındaki ilişki ve artıkların dağılımı

birbirinden bağımsız modeller geliştirilebilir. Bu sebeple, geniş açılı (balıkgözü) objektiflerle, daha geniş ormanlık alanlarda benzer çalışmaların yapılması yararlı olacaktır. Bu çalışmalarda geliştirilecek uygun modeller, orman ekosistemlerindeki karbon stok değişimlerinin izlenmesine önemli katkılar sağlayabilecektir.

### Teşekkür

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı tarafından desteklenmiştir (Proje no: 2198-YL-10).

### Kaynaklar

Anonim, 2010. available at <http://iere.org/ilea/birdsey/tables/table1.4.html> (Verified 10 December 2010).

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.

Chojnacky, D., Amacher, M., Gavazzi, M., 2009. Separating Duff and Litter for Improved Mass and Carbon Estimates. Southern Journal of Applied Forestry 33, 29-34.

Cseresnyes, I., Csontos, P., Bozsing, E., 2006. Stand age influence on litter mass of *Pinus nigra* plantations on dolomite hills in Hungary. Canadian Journal Of Botany- Revue Canadienne De Botanique 84, 363-370.

Durkaya, A., Durkaya, B., Unsal, A., 2009. Predicting the above-ground biomass of calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) stands in Turkey. African Journal of Biotechnology 8, 2483-2488.

Jenkins, J.C., Chojnacky, D.C., Heath L.S., Birdsey, R.A., 2003. National-scale biomass estimators for United States tree species. Forest Science 49, 12-35.

Kara, Ö., Bolat, İ., Çakıroğlu, K., Öztürk, M., 2008. Plant canopy effects on litter accumulation and soil microbial biomass in two temperate forests. Biology Fertility of Soils 45, 193-198.

Pekin, B., Macfarlane, C., 2009. Measurement of Crown Cover and Leaf Area Index Using Digital Cover Photography and Its Application to Remote Sensing. Remote Sensing, 1, 1298-1320.

Saraçoğlu, N., 1998. Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) Biyokütle Tabloları, Turkish. Journal of Agriculture and Forestry 22, 93-100.

Saraçoğlu, N., 1990. Construction of biomass tables in Turkey, IUFRO XIXth World Congress, Division 1, Volume 2, Montreal, p. 422.

Sukardjo, S., 1996. The Relationship of Litterfall to Basal Area and Climatic Variables in the *Rhizophora mucronata* Lamarck Plantation at Tritih, Central Java, Indonesia. The Southeast Asian Studies 34, 424-432.

Woodall, C., Williams M.S., 2005. Sampling protocol, estimation, and analysis procedures for the down woody materials indicator of the FIA program. General Tech. Report NC-256, USDA Forest Service, North Central Research Station, St.Paul, MN.