UZAKTAN ALGILANMIŞ GÖRÜNTÜLER İLE ÜRETİLEN AĞAÇ KAPALILIK YÜZDESİ VERİLERİNİN ORMAN BİYOKÜTLE TAHMİNLERİNDE KULLANIMI

Merve ERSOY,[1]Süha BERBEROĞLU[2], Ahmet ÇİLEK[3]

[1]Doktora Öğrencisi, Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Adana, mersoy@student.cu.edu.tr
[2] Prof. Dr. Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Adana, suha@cu.edu.tr
3 Araş. Gör. Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Adana, acilek@cu.edu.tr

ÖZET

Seragazı oluşumlarının tetikleyicisi olarak sayılan karbon bileşikleri küresel ısınma eğilimlerini belirleyen en büyük etmendir. Orman ekosistemleri ise toprakta ve bitkide (biyokütle yapısında) depoladıkları karbon miktarı ile doğal karbon tutunumunu (carbon sequestration) sağlayarak karasal karbon yutaklarını meydan getirmektedir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye Doğu Akdeniz Bölgesi-Ceyhan ve Seyhan Havzaları sınırında yer alan Kozan İlçesi'nde orman biyokütlesi haritasının ağaç kapalılık yüzdesi verisi ile üretilmesini sağlamaktır. Ağaç kapalılık yüzdesi, doğal bitkilerin, yatay ve dikey olarak alan yayılışı ile yeryüzü alanının örtülülüğünün yüzde cinsinden miktarıdır. Ülkemizde LULUCF (Land Use Land Use Change and Forestry) uygulamaları kapsamında birim alan yöntemine göre hesaplanan klasik biyokütle tahminlerinde orman kapalılığına ilişkin verilerin yeterli hassasiyette olmadığı gözlenmiştir. Bu çalışma kapsamında biyokütle; (i)meşcere tipleri haritası, (ii) meşcere tipinin kapladığı alan miktarı, (iii) ağaç hacim değeri, (iv) BEF(Biomass Expansion Factor), WD (Wood Density) ve R (Root/Shoot Ratio) katsayıları ile belirlenmiştir. Buna ek olarak ağaç kapalılık yüzdesi verisinden yararlanılmıştır (LANDSAT ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü). Bu araştırma kapsamında ülkemizde vektör formatında üretilen klasik biyokütle tahminlerine katkıda bulunması açısından biyokütle miktarının ağaç kapalılık yüzdesi verileri entegrasyonu sağlanarak yersel veri dağılımlarının detaylı ve homojen olarak tahmin edilmesi sağlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Küresel İklim Değişikliği, Karbon Yutakları, Orman Biyokütlesi, Ağaç Kapalılık Yüzdesi, CBS ve UA

FOREST BIOMASS ESTIMATION USING PERCENT TREE COVER DATA DERIVED FROM REMOTELY SENSED IMAGES

ABSTRACT

Carbon compounds considered as a trigger of greenhouse gas formation, is the most important factor that determines the global warming trends. Forest ecosystems with the carbon content in the soil and (in the biomass) plant bring into being terrestrial carbon sinks by providing natural carbon sequestration. The purpose of this study was to produce forest biomass map of Kozan district located at the intersection of Ceyhan and Seyhan Basins, at the Eastern Mediterranean Region of Turkey with tree percent cover data. Percent tree cover is the amount in percentage of horizontal and vertical distribution of natural vegetation an earth space. It has been observed that estimation of biomass using conventional technique called unit area method, within the scope of LULUCF application, were insufficiently accurate. In this study, biomass has been determined by (i) stand types map, (ii) the amount of space covered by stand types, (iii) tree volume data, (iv) BEF (Biomass Expansion Factor), WD (Wood Density) and R (Root/Shoot Ratio) coefficients. Additionally, percent tree cover data (LANDSAT and higher resolution satellite image) were also utilised. This study demonstrated the integration of percent tree cover data to the traditional biomass estimation techniques in vector format for detailed spatial distribution of biomass.

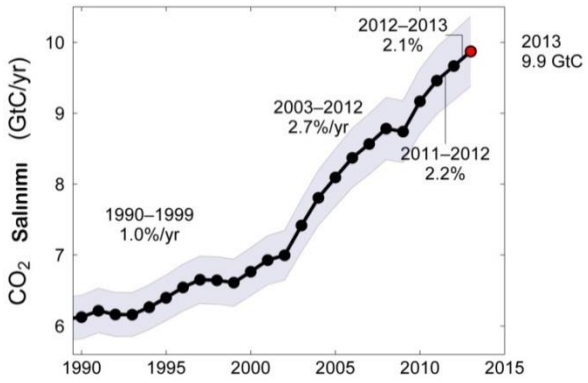
Key Words: Global climate change, Carbon sinks, Forest biomass, Percent tree cover, GIS and RS

1. GİRİŞ

Sanayi devrimi sonrasında artan nüfus ve enerji gereksinimi her geçen gün büyümektedir. Nüfus artışı ile birlikte doğru orantılı olarak gelişim gösteren kentsel ve tarımsal alanların genişlemesi, yanlış arazi kullanımlarının yaygınlaşması ekosistemler üzerinde baskı oluşturmaktadır. Çevresel tahribatın en büyük göstergelerinden biri küresel iklim değişikliğidir. Özellikle doğal kaynakların sürdürülebilir biçimde yönetilememesi ve insan kaynaklı salınımlarının artması ile atmosferde biriken sera gazı emisyonları küresel ısınma ve iklim değişimi ile sonuçlanmaktadır. İklim değişikliği doğal ekosistemler ve gelişen ekonomiler

üzerinde büyük etkiler göstermektedir (Stern, 2006). İnsan kaynaklı bu unsurların çevreye olan etkilerinin en aza indirgenmesi adına 1992 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin eki olarak kabul edilen Kyoto Protokolü Dünya kamuoyuna sunulmuştur. 1997 yılında Kyoto'da çerçevesi bütünü ile oluşturulan protokol 1998 yılında imzaya açılmış, detaylı hükümlerin bütünü ise 2001 yılında kabul edilmiştir. Protokolün temel amacı, atmosferdeki seragazı emisyonun (yoğunluğunun), iklim değişimine etki yapmayacak düzeyde dengede kalmasını sağlamaktır. Kyoto protokolünün birinci taahhüt süresi 2012 yılında bitmiştir. Ancak Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği konferansında alınan karar ile protokolün ikinci taahhüt süresi 2020'ye kadar uzatılmıştır.

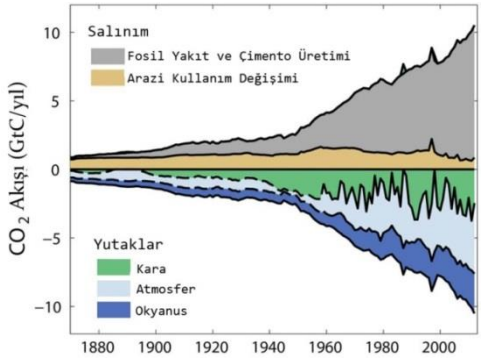
Seragazı oluşumlarının tetikleyicisi olarak sayılan karbon bileşikleri küresel ısınmada eğilim ve değişimleri belirleyen en büyük etmendir (Şekil 1). Seragazı emisyonlarının engellenmesi amacı ile düşük karbon temelli politikaların ekolojik, ekonomik ve sosyal platformlara yön vermesi güncel tartışmaları meydana getirmektedir. Kyoto Protokolüne göre sera gazları; Karbondioksit (CO2), Metan (CH4), Diazot Monoksit (N2O), Hidroflorokarbonlar (HFC), Perflorokarbonlar (PFC) ve Kükürt Heksaflorid (SF6) olmak üzere altı temel gaz olarak belirlenmiştir. Farklı etki ve etkenlerle açığa çıkarak sera etkisi oluşturan bu gazların ortak noktası ise karbondur (IPCC, 2013).



Şekil 1. Küresel CO_2 salınım diyagramı (Quéré, Canadell ve ark., 2013)

Stern 2006'nın belirttiğine göre iklim değişikliği mekanizmasını doğrudan ve dolaylı olarak etkileyen mekanizmalar; enerji üretimi, sanayi, ulaşım, tarım, atık ve arazi kullanımı olmak üzere beş farklı başlık altında genelleştirilmektedir. Özellikle artan karbon salınımlarının engellenmesi ve çevresel problemlerin önüne geçilmesi bakımından uluslararası düzeyde arayışlar ve çözümlemelerin geliştirilmesi kaçınılmaz bir hal almaktadır. Kyoto protokolü aracığı ile ortaya konulan "düşük karbon ekonomisi" yaklaşımı kalkınmaya yönelik faaliyetlerin yönlendirilmesini sağlayan akılcı politikalar üretilmesi amacını gütmektedir. Düşük karbon ekonomisi, sera gazları ve karbon salınımlarına en yüksek düzeyde neden olan sanayi sektörü ve enerji üretimi için oluşturulmuş işlevsel bir platformdur. Lal (2008)'in belirttiğine göre insan kaynaklı karbon salınımına sebep olan unsurların yeryüzünde emilimini ve depolanmasını sağlayan yeryüzü sistemleri atmosfer, okyanus ve karasal ekosistemlerdir. Karasal ekosistem yapısı içerisinde karbon yutakları olarak işlev gören arazi (kara) sistemleri ve arazi kullanım değişimi arasında karbon salınımını azaltıcı yönde uygulamalar adına dayanak noktasına ihtiyaç duymaktadır.

Karbon yutakları olarak fonksiyon gösteren orman alanları ekosistem hizmetlerinin en büyük yarar sağlayıcılarından biridir (Şekil 2). Ormanlar insanlar için kereste ve pek çok ürün açısından hammadde sağlayarak tedarik sağlayıcı hizmet (provisioning service) olarak nitelendirilmesinin yanı sıra aynı zamanda canlılar için yaşam kaynağı olan oksijen ve karbon döngüsünde hayati bir rol oynadığından dolayı destekleyici hizmet (supporting service) olarak görev almaktadır. Uluslararası literatür çalışmalarında orman ekosistemlerinin hem destekleyici hem de kaynak sağlayıcı hizmetler kategorinde değerlendirilerek insanlara ekonomik ve ekolojik yönde yarar sağladığı kanıtlanmıştır. Bu doğrultuda ekosistem hizmetlerinin (orman biyokütlesi, karbon deposu vb.) niceliksel temele dayanan indikatörler ile değerlendirilmesi karbon temelli arazi planlama/peyzaj planlama çalışmalarının önünü açacak bir yaklaşım sergileyecektir. Nitekim konumsal planlama yaklaşımlarında planlama/çalışma alanına ilişkin ekosistem yapısının karbon tutma kapasitesinin belirlenmesi ile düşük karbon ekonomisi bakış açısına uygun arazi kullanım kararlarının geliştirilmesinde insan algı ve yanılgısından uzak biçimde kullanım olanaklarının geliştirilmesi sağlanabilir. Bu bakımdan özellikle karasal ekosistemler içerisinde karbon depolama görevi ile öne çıkan orman ekosistemleri bu çalışmanın çatısını oluşturmaktadır.

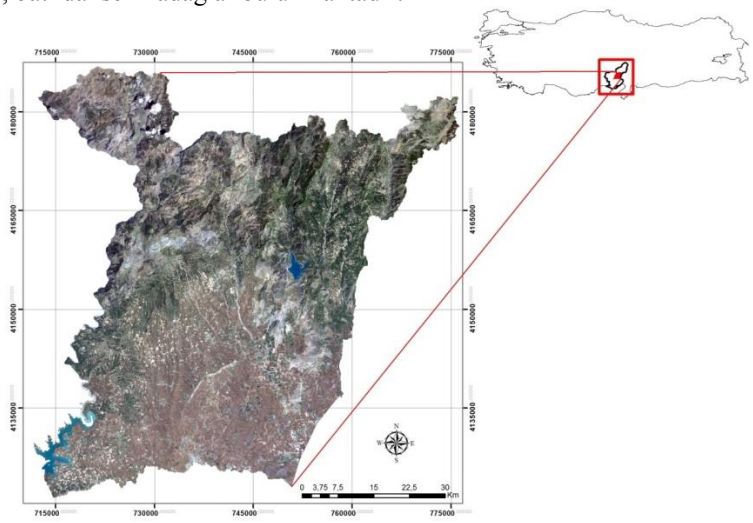


Şekil 2. Küresel Karbon Yutak ve Salınım Mekanizmaları (Quéré, Canadell ve ark., 2013)

Ormanlar, diğer ekosistemlere oranla daha fazla CO_2 tüketmeleri ve bağladıkları karbonu çok uzun süre bünyelerinde tutmalarından dolayı karasal ekosistemler içerisinde önemli bir yere sahiptir. Bolin ve ark. (2000)'ın bildirdiğine göre, karasal ekosistemler içerisinde yer alan orman alanları, atmosferde bulunan karbonu depolama ve ayırma mekanizmasına sahiptir. Bu mekanizma ile toprak ve bitki örtüsünde doğal olarak büyük miktarda karbon depolanmakta ayrıca fotosentez ve solunum yoluyla da atmosferde karbon değişiminde bulunulmaktadır. Bu bakımdan karasal ekosistemler karbon açısından kaynak ve birikim havuzlarını oluşturmaktadır. Karbon döngüsü havuzlar ve akımlar yaklaşımları ile de temsil edilmektedir. Ormanlardaki karbonun barındığı havuzlar; orman toprağı, yeraltı ve yerüstü biyokütleleri olarak ele alınmaktadır (Byrne ve Black, 2003). Biyokütle toprak altı ve toprak üstü olmak üzere iki bölümde ele alınmaktadır. Bu çalışma kapsamında Kozan işletmesine bağlı orman biyokütlesinin belirlenmesinin yanı sıra orman örtüsünün yoğunluğunu yüzde cinsinden ifade eden ağaç kapalılık yüzdesi verisi önemli bir değişken olarak kullanılmıştır. Böylelikle vektör tabanında elde edilen orman biyokütlesi verisi ağaç kapalılık yüzdesi ile entegre edilerek klasik biyokütle çalışmalarında kullanılabilecek bir girdi oluşturulmuştur.

1.1. Materyal

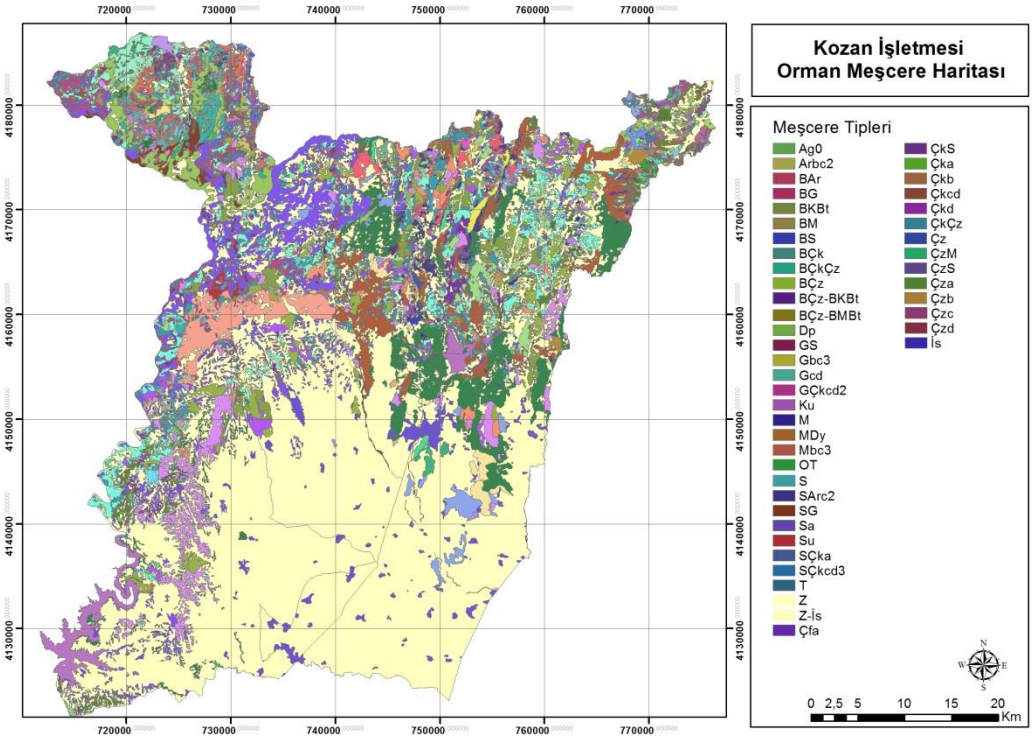
Meşcere düzeyinde biyokütle tahmininin gerçekleşeceği çalışma alanı Doğu Akdeniz Bölgesi Seyhan Havzası'nda bulunan ve Adana iline bağlı Yukarı Ova olarak isimlendirilen Kozan İlçesi olarak belirlenmiştir (Şekil 3). Kozan ilçesinin kuzeyinde Kayseri, Yahyalı, Feke, Saimbeyli, doğuda Osmaniye ve Kadirli, güneyde Ceyhan ve İmamoğlu, batı da ise Aladağlar bulunmaktadır.



Şekil 3. Çalışma Alanının Konumu

Çalışma alanının büyüklüğü 2293,5 km^2 olup, düzlüklerle birlikte dağlık kesimlerle meydana gelmektedir. Alana ilişkin yükselti 19m-1991m aralığında dağılım göstermektedir. Yükseklik dağılımlarının farklılığı flora ve faunayı etkileyen temel unsurlardan biri olmakla birlikte alanın yaklaşık %51'lik kısmı 19 m ve 400 m aralığında yükseltiye sahiptir. Bu durum arazi kullanım yapısını etkileyerek bu kesimlerde yerleşim ve

tarım alanlarının gelişmesini sağlamıştır. Orman alanlarının genel olarak 400 m. ve üzerinde (özellikle zirveye yakın kuzeybatı, kuzey ve kuzeydoğu kesiminde) yer aldığını söylemek mümkündür. Çalışma alanında orman biyokütlesine ilişkin tahminlerin üretilmesi adına temel girdi olarak orman meşcere haritaları (Şekil 4) ve ağaç servet değerleri kullanılmıştır. Bu doğrultuda 2002 yılına ait orman amenajman planları ve ağaç servet değerlerine ilişkin envanter dokümanları Kozan Orman İşletme Müdürlüğü'nden elde edilmiştir. OGM (2012)'nin belirttiğine göre ağaç serveti envanteri, 10-20 yıl aralığını kapsayan orman amenajman planları kapsamında deneme alanlarından sistematik biçimde alınan örneklemler ile tespit edilmektedir. Orman amenajman planları kapsamında elde edilen örneklemler hektardaki ağaç serveti (hacmi) olarak belirlenmektedir.

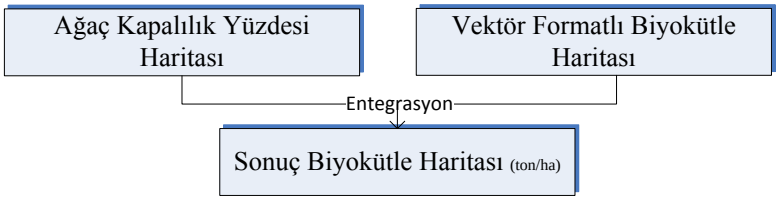


Şekil4. Kozan Orman İşletmesi Meşcere Haritası

Bu çalışmada meşcere tipleri düzeyinde tahmin edilen biyokütle değerlerinin uzaktan algılama verileri ile desteklenmesini amaçlanmıştır. Bu doğrultuda arazideki orman örtüsünün değişken yoğunluğunun tahmin edilmesi adına ağaç kapalılık yüzdesi kullanılmıştır. Bu verinin üretilmesi sırasında 30m çözünürlüklü TM LANDSAT verilerinden ve yüksek çözünürlüklü görüntülerden yararlanılmıştır.

1.2. Yöntem

Bu araştırmada Adana İli Kozan İlçesi'nin orman biyokütlesinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) aracı, orman biyokütlesinin hesaplanması ve haritalandırılması sürecinde işlevsel olarak kullanılmıştır. Buna ek olarak vektör formatında üretilen biyokütle tahminlerine katkıda bulunması açısından uzaktan algılama görüntüleri yardımı ile elde edilen ağaç kapalılık yüzdesi verisi kullanılmıştır. Böylelikle üretilen orman biyokütlesine ilişkin yersel veri dağılımında daha gerçekçi ve homojen bir dağılım elde edilmiştir (Şekil 5). Nitekim orman amenajman planları dâhilinde elde edilen veriler sayesinde her bir meşcere tipi sahip olduğu geometride eşit miktarda biyokütle ile tahmin edilebilmektedir. Ancak orman alanlarında vejetasyon dağılımı her meşcere geometrisi içerisinde eşit miktarda bulunmamaktadır. Arazinin veya orman alanındaki vejetasyonun yersel dağılımı değişkenliğe sahip olmakla birlikte meşcere tipini ifade eden her bir poligon eşit miktarda biyokütle içermemektedir. Bu çalışmada orman alanındaki vejetasyon yoğunluğunun biyokütle tahmininde dikkate alınması sağlanmıştır. Böylelikle meşcere tipleri bazında eşit olarak tahmin edilen biyokütle değerleri ağaç kapalılık yüzdesi (orman kapalılığı) verisi ile entegre edilerek klasik biyokütle tahminlerinde işlevsel olarak kullanılabilecek bir girdi hesaplama çalışmasına dahil edilmiştir.

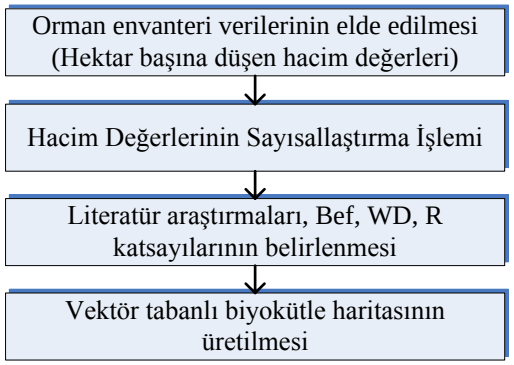


Şekil5. Akış Diyagramı

1.2.1. Biyokütle Haritasının Üretilmesi

Biyokütle, bir türe veya çeşitli türlerden oluşan bir topluma ait yaşayan organizmaların belirli bir zamanda sahip oldukları toplam kütle miktarı olarak tanımlanmaktadır. Orman alanlarında yer alan ağaç ve ağaççıkların kök, gövde ve dal odunu ile birlikte odunsu olmayan kabuk ve yapraklarından oluşan bütüne orman biyokütlesi denilmektedir. Biyokütle ormanın ölçülen zamandaki kapasitesini ifade etmektedir. Daha basit şekilde biyokütle, depolanan enerji olarak tanımlanabilir. Karasal ekosistemler içerisinde yer alan orman alanları ekosistem hizmetleri içerinde pek çok fonksiyona sahip olduğu gibi aynı zamanda karbon yutakları olarak işlev görmektedir. Orman alanlarında karbon yutakları (i) canlı biyokütle, (ii) ölü organik madde ve (iii) toprak olmak üzere üç temel grupta değerlendirilmektedir. Bu çalışma kapsamında orman alanlarında canlı biyokütlesi ele alınmıştır. Canlı biyokütlesi (i) toprak üstü biyokütlesi ve (ii) toprak altı biyokütlesi olmak üzere iki bölümden meydana gelmektedir Toprak üstü biyokütle; toprak üstündeki gövde, kütük, dallar, kabuk, tohum ve dallardır. Toprak altı biyokütle ise; toprak altındaki kökleri kapsamaktadır (Alemdağ 1981, Ashton, MacDonell ve Barnes 2010, Saraçoğlu 2011).

Orman alanlarında biyokütle miktarının tahmini için; (i) birim alan yöntemi, (ii) orta ağaç yöntemi, (iii) regresyon yöntemi olmak üzere üç farklı klasik yöntem bulunmaktadır (Sarkıcı ve Ercanlı, 2004). Bu araştırma kapsamında birim alan yöntemi yaklaşımı ile elde edilen ağaç servet değerleri kullanılmıştır. Birim alan yönteminde biyokütle miktarları belirlenmek istenen alandan alınan örneklemler ile tüm ağaçların biyokütle miktarını belirleyerek hektar değerine dönüştürülmesi ile hesaplanmaktadır. Bu araştırmada orman biyokütlesinin tahmin edilmesinde Asan, (1995); Brown, (1997); Dewarve ve Cannel (1992); FRA (2008); Levy (2004) ve Tolunay, (2009) tarafından orman alanlarındaki karbon birikimi üzerine yapılan çalışmalarda kabul edilen yaklaşımlar benimsenmiştir (Şekil 6). Bu yaklaşım genelinde öncelikle toprak üstündeki biyokütle (ağaçların dal, gövde ve yaprakları) belirlenmekte, daha sonrada toprak üstü biyokütle miktarına bağlı olarak toprak altı biyokütle tahmin edilmektedir (Özçelik 2005).



Şekil 6. Vektör tabanlı biyokütle verisinin üretilmesi

Araştırma alanında orman biyokütlesinin tahminine ilişkin aşağıdaki denklem kullanılmıştır.

$$Toplam\ Biyokütle = (V \times B_{ef} \times WD) \times (1 + R)$$

Kozan İlçesi orman alanlarını kapsayan biyokütlenin hesaplanması için gerekli olan 2002 yılına ait hacim (servet) değeri (V) (m^3/ha), fırın kurusu ağırlık veya odun yoğunluğu (WD) (t/m^3), Bef ve R katsayıları elde edilmiştir. Hacim değerleri sayısal ortamda elde edilemediğinden meşcere haritasına ilişkin meşcere tiplerinin hacim değerleri ilgili şefliklerin orman amenajman planından elde edilerek veritabanına aktarılmıştır. Çalışmada farklı çalışmaların her birinde arazi çalışması yapılarak ağaç ve kök sökme gibi işlemleri yapılması, ağırlıkların ölçülmesi ve oranlanması gerçekleşemeyeceğinden ötürü bu konuda daha önceden yapılmış literatür

çalışmalarından yararlanılmıştır. Araştırma alanında bulunan bitki türlerinin fırın kurusu ağırlıkları üzerine literatür araştırması yapılmış ve benzer coğrafi alanlardaki örnek çalışmalardan yararlanılarak WD katsayıları kullanılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1: Meşcere Tiplerine göre WD Katsayıları

BİTKİ TÜRLERİ	WD	KAYNAK
Abies sp.	0,35	Çömez, 2012
Cedrus libani	0,48	As, Koç vd., 2001
Diğer yapraklılar	0,638	FRA, 2010
Fagus orientalis	0,53	GEF, 2012
Juniperus exelsa	0,508	As, Koç vd., 2001
Pinus brutia	0,478	GEF, 2012
Pinus maritima	0,43	As, Koç vd., 2001
Pinus nigra	0,47	Çömez, 2012
Pinus pinea	0,47	Çömez, 2012
Quercus sp.	0,57	GEF,2012

Gövde kütlesinin hesaplanmasının yanı sıra bir ağaca veya meşcereye ilişkin gövde kütlesinin genişletilmesi işlemi gerçekleştirilmektedir. Bef katsayısının belirlenmesi için toplam toprak üstü biyokütlenin (gövde ve dal kütlelerinin tamamı) yalnızca gövdeden çıkan kereste kütlesine oranlanması ile elde edilmektedir (Çömez 2012, FRA 2010, Levy, Hale ve Nicoll 2003).

Çizelge 2: Çalışmada Kullanılan Bitki Türlerine İlişkin Bef Katsayıları

BİTKİ TÜRLERİ	BEF	KAYNAK
Abies sp.	1,195	Çömez, 2012
Cedrus libani	1,195	Çömez, 2012
Diğer yapraklılar	1,240	FRA,2010
Fagus orientalis	1,228	GEF,2012
Juniperus exelsa	1,195	Çömez,2012
Pinus brutia	1,319	Tolunay, 2009
Pinus maritima	1,220	FRA, 2010
Pinus nigra	1,701	Çömez, 2012
Pinus pinea	1,195	Çömez, 2012
Quercus sp.	1,324	GEF, 2012

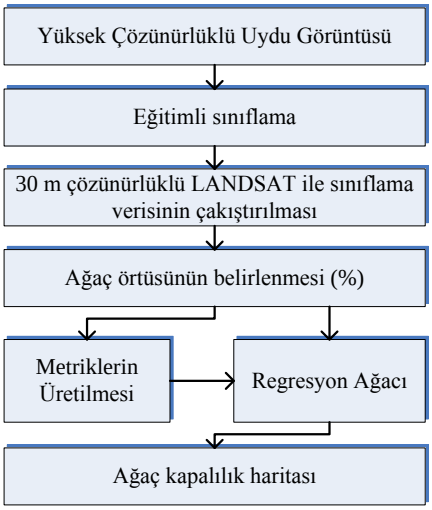
Meşcere türleri esas alınarak elde edilen toprak üstü biyokütlenin toprak altı biyokütleye dönüştürülmesi için R katsayısı (root/shoot ratios) kullanılmaktadır. R katsayısı sayesinde toprak üstü biyokütleden, toprak altı biyokütle elde edilebilmektedir. Bunun için toprak altı biyokütle ile toprak üstü biyokütle ağırlıkları birbirleri ile oranlanmaktadır (Çömez 2012; FRA 2010; Levy et al. 2003). Bu çalışmada da önceden yapılmış çalışmalardan yararlanılmış ve IPCC (2003)'e göre toprak üstü biyokütle miktarına göre R katsayısı belirlenmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3: Çalışmada Kullanılan Bitki Gruplarına İlişkin R Katsayısı (IPCC, 2003)

TÜR GRUPLARI	TOPRAK ÜSTÜ BİYOKÜTLE (mg/ha^{-1})	R
İbreliler	< 50	0.46
	50-150	0.32
	>150	0.23
Yapraklılar	<75	0.43
	75-150	0.26
	>150	0.24

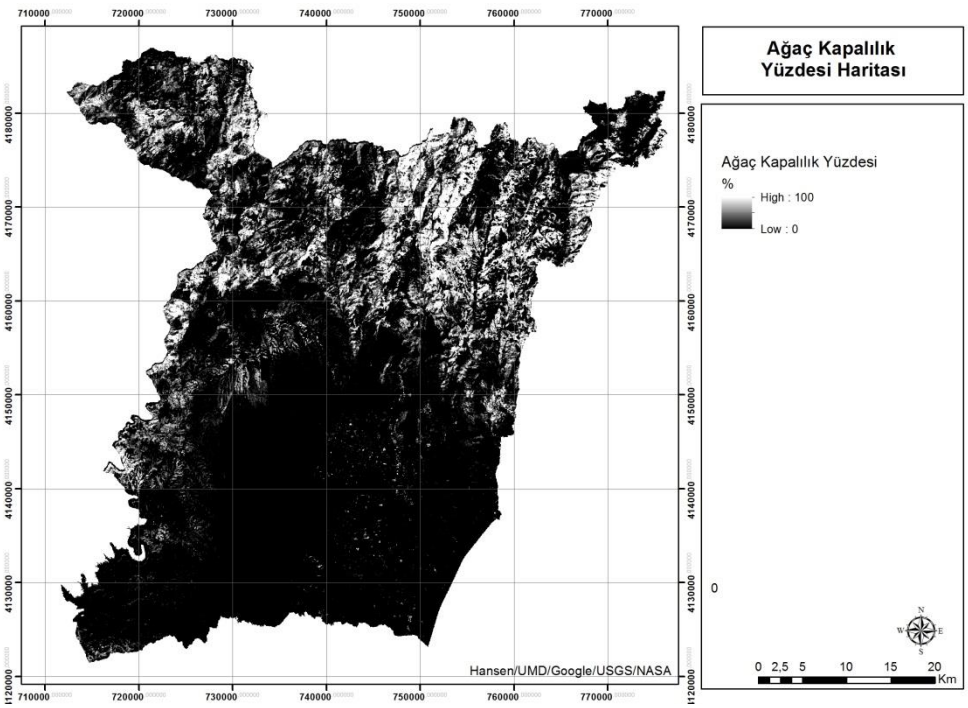
1.2.2. Ağaç Kapalılık Yüzdesi Haritası

Bölgesel ve küresel ölçekteki karbon dinamiklerinin, doğru olarak belirlenebilmesi için karbon modellerinde, ormanların bölgesel yayılışlarını temsil eden ağaç kapalılık yüzdesinin kullanılması, modellerde güvenilir sonuçlara ulaşılması için en etkin yollardan birisidir (Rokhmatuloh ve ark., 2005; Berberoğlu ve ark., 2007). Birim alandaki kapalılık değerleri, % 0 ile 100 arasında değişir ve birim alanda yüzde değerlerinin artması, o bölgedeki orman örtülülüğünün de fazla olduğunu ifade eder. Ağaç Kapalılık Yüzdesi, biyokimyasal ve iklimsel döngülerin hesaplanması için oluşturulan modellerde kullanılan önemli bir değişkendir (Şekil 7) (Dönmez, 2008; Sellers ve ark., 1997; Townshend ve ark., 1994).



Şekil 7. Ağaç kapalılık yüzdesi verisi akış diyagramı

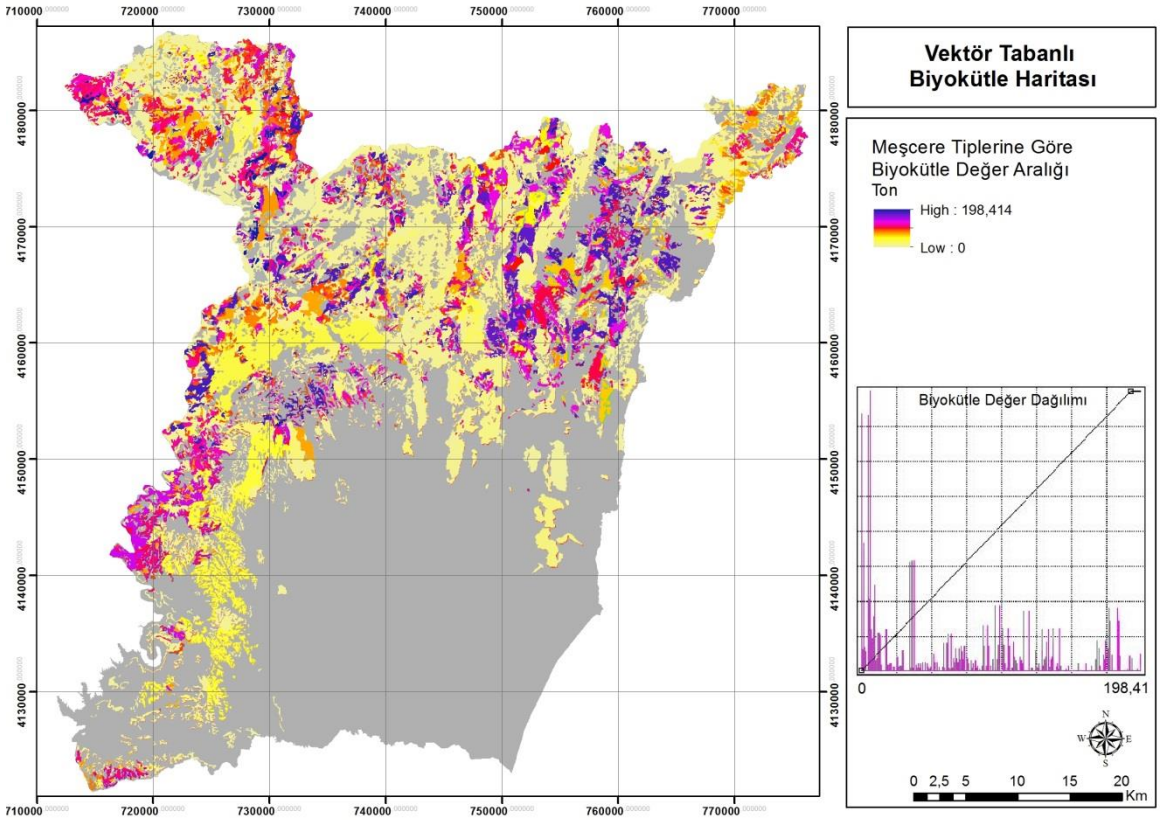
Hansen ve ark., (2013) gerçekleştirdikleri çalışmada küresel düzeyde orman kayıplarını ortaya koymak adına 2000-2012 yıllarını temel alan ağaç kapalılık yüzdesi (30 m çözünürlük) verilerini ortaya koymuşlardır. Gerçekleştirilen çalışma için 30 m çözünürlüklü LANDSAT ve yüksek çözünürlüklü veriler kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında Hansen ve ark., (2013) çalışması esas alınarak ağaç kapalılık yüzdesi haritasından yararlanılmıştır (Şekil8).



Şekil 8. Ağaç Kapalılık Yüzdesi Haritası (Hansen ve ark., 2013)

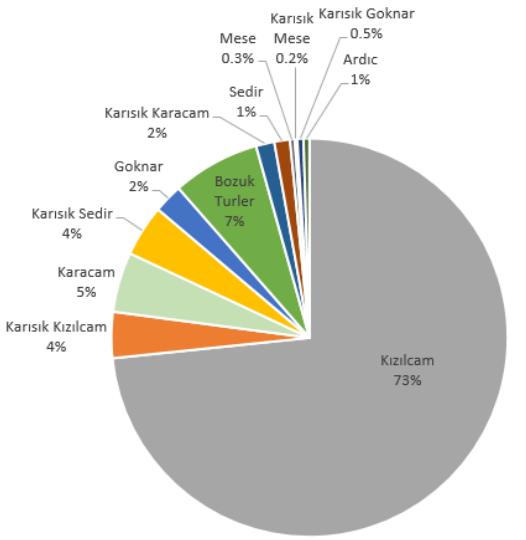
2. SONUÇLAR

Araştırma alanına ilişkin orman biyokütlesinin hesaplanması büyük oranda meşcere türüne, yaşına ve dağılımına bağlı olarak değişim göstermektedir. Meşcere verilerine dayalı olarak üretilen vektör tabanlı biyokütle haritasında (Şekil 9) temel yoğunluğun kızılçam ve bozuk türlere ait olduğu gözlenmektedir. Elde edilen haritaya göre hacim değerlerine sahip olmayan ziraat, yerleşim ve açık alanların biyokütle değerleri göz ardı edilmiştir.



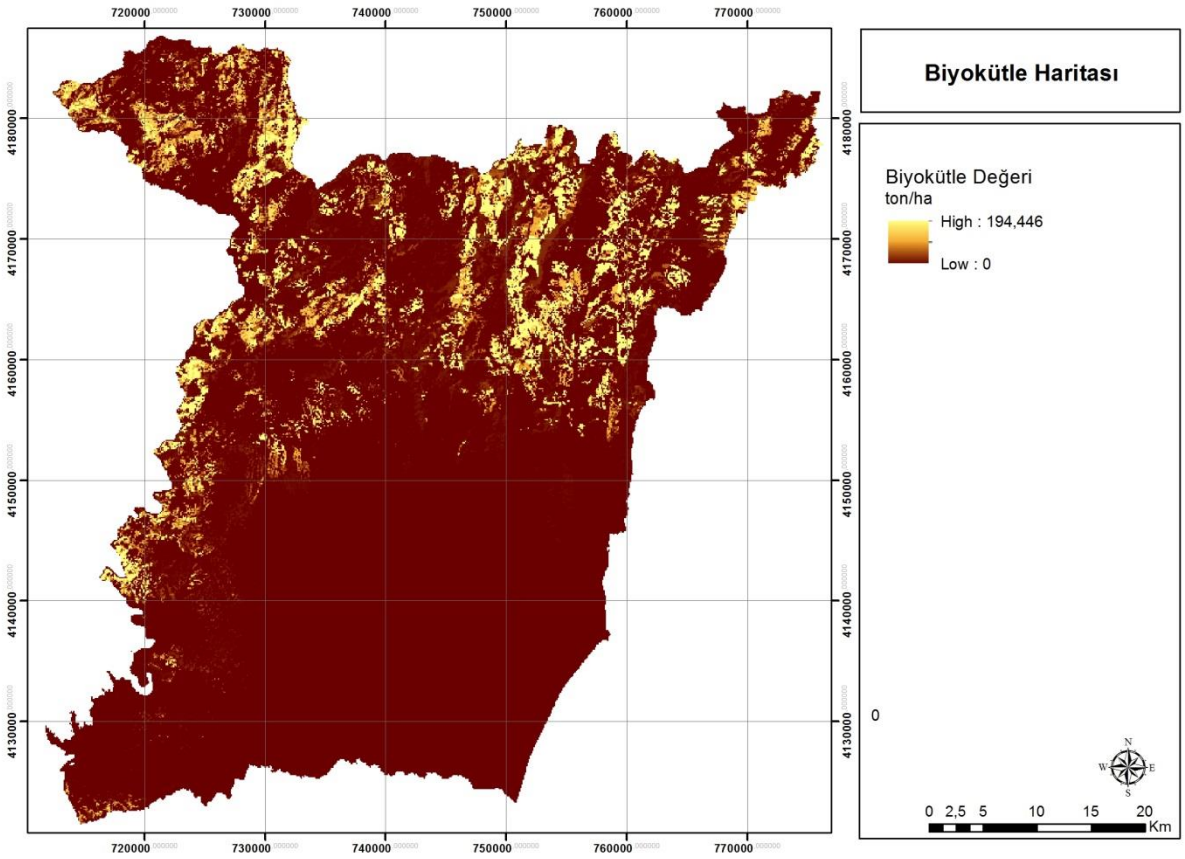
Şekil 9. Meşcere Tiplerine İlişkin Vektör Tabanlı Biyokütle Haritası

Çalışma alanında en düşük biyokütle miktarı BAr meşcere türünde (0,029 ton) iken en yüksek biyokütle miktarı Çzd3 (198,414 ton) meşcere türünde gözlenmektedir. Elde edilen sonuçlar meşcere tipleri ile ilişkilendirildiğinde alanda genel olarak yaşlı (c-d sınıfı) kızılçam, karışık göknar ve sedir ormanlarında yüksek miktarda biyokütle tahmin edilmiştir. Alanda en düşük biyokütle değerlerini ise genel olarak bozuk türler ve genç kızılçam, sedir meşcerelerinde gözlenmektedir. Hesaplamalar göstermiştir ki, alan geneline yayılan meşcere türünün yüksek hacim değerine sahip olması, meşcere türünün olgun ve yaşlı meşcerelerden oluşması biyokütle miktarını arttıran temel faktörler olarak öne çıkmaktadır. Kızılçam meşceresinin hacim değerlerinin yüksek olması sebebi ile hektar başına düşen biyokütle miktarı da yüksek değer almıştır. Bunun yanı sıra çalışma alanında kızılçam türünün en geniş araziye yayılması sebebi ile (%44.3) toplam biyokütle de diğer türlere nazaran en yüksek değeri vermiştir. Orman alanlarının karakterizasyonu doğrultusunda 12 kategoride toplanılan genel meşcere türlerine göre hesaplanan toplam biyokütle değerleri incelendiğinde kızılçam türüne ait toplam biyokütle tüm biyokütlenin %73'üne tekabül etmektedir (Şekil 10). Buna ek olarak %42.6 oranında yayılım gösteren bozuk türlerin toplam biyokütle oranı incelendiğinde %7 düzeyine indirgendiği gözlemlenmiştir. Bunun temel sebebi çalışma alanında seyrek aralıklar ve düşük hacim miktarlarına sahip olan bozuk türler biyokütle miktarına düşük oranda katkı sağladığı düşünülmektedir. Toplam biyokütle açısından diğer türler ele alındığında ise toplamda %20 oranında biyokütleyi oluşturduğu ortaya çıkmıştır (karışık kızılçam, karaçam, karıçık sedir, göknar, sedir, meşe, karışık meşe karışık göknar ve ardıç).



Şekil 10. Biyokütle miktarının meşcere tiplerine göre dağılımları

Çalışmada hektara düşen biyokütle miktarının ton cinsinden hesaplanması adına ağaç kapalılık yüzdesi verisi 100 metre çözünürlüğe dönüştürülmüştür. Çözünürlükleri eşitlenen vektör tabanlı biyokütle haritası ve ağaç kapalılık yüzdesi haritaları birbirleri ile entegre edilerek sonuç biyokütle haritasını oluşturulmuştur (Şekil 11). Orman biyokütle miktarının alansal dağılımını detaylı ve homojen bir biçimde haritalandırılmıştır. Hektara düşen (100mx100m çözünürlük) biyokütle miktarının konumsal olarak haritalandırılmasının yanı sıra alandaki toplam biyokütle değerinin elde edilmesi adına zonal istatistik analizi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre çalışma alanında toplam 1,94 Tg (Teragram) orman biyokütlesi tahmin edilmiştir.



Şekil 11. Sonuç Biyokütle Haritası

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK-BMBF (Almanya) Intensified Cooperation (IntenC) programı kapsamında desteklenmiştir (proje no: 110Y338).

KAYNAKLAR

Alemdağ, İ. (1980). Aboveground-mas equations for six hardwood species from natural stands of the research. Forest at Petawawa. Canada, Petawawa National Forest Institure

As, N., Koç, H., Doğu, D., Atik, C., Aksu, B., & Erdinler, S. (2001). Türkiye'de Yetişen Endüstriyel Öneme Sahip Ağaçların Anatomik, Fizik, Mekanik ve Kimyasal Özellikleri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi.

Asan, Ü., 1995. Global İklim Değişimi ve Türkiye Ormanlarında Karbon Birikimi, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri:B, Cilt:41, Sayı:1-2, s.23-38.

Ashton, S., McDonell, L., Barnes, K., (2010). Wood Biomass Desk Guide & Toolkit. United State of America, U.S. Department of Interior and the USDA Forest Service.

Berberoğlu S., Dönmez C., Curran, P.J., (2007). Quantifying Forest Ecosystem Productivity of Eastern Mediterrenean Using Envisat MERIS Data, European Space Agency Environment Satellite Symposium, Switzerland.

Brown, S. (1997). Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest: A Primer. United States of America, Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Çömez, A. (2012). Sündiken Dağları'ndaki (Eskişehir) Sarıçam (Pinus slyvestris L.) Meşcerelerinde Karbon Birikiminin Belirlenmesi. Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitü Müdürlüğü. Eskişehir.

Deware, R., Cannell, M. (1992). Carbon seuestration in the trees, products and soil of forest plantations: an analysis using UK examples. Tree Physilogy, 11, 49-72.

FRA, (2008). Guidelines For Country Reporting to FRA 2010 Global Forest Resources Assessment 2010 Rome.

FRA, (2010). Global Forest Resource Assessment Country Report. Forest Department Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

GEF, (2012). Integrated Approach to Management of Forests in Turkey, with Demonstration in High Conservation Value Forests in the Mediterranean Region Project Report. Turkey: Global Environment Facility Investing in Our Planet.

Hansen, M. C., P. V. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S. A. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S. V. Stehman, S. J. Goetz, T. R. Loveland, A. Kommareddy, A. Egorov, L. Chini, C. O. Justice, and J. R. G. Townshend. 2013. "High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change." Science 342 (15 November): 850–53.

IPCC, (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. In J. Perman, M. Gytarsky, T. Hiraiski, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe & F. Wagner (Eds.), IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES).

IPCC, (2013). Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (AR5), Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Chapter 6: Carbon and Other Biogeochemical Cycles - Final Draft Underlying Scientific-Technical Assessment Switzerland.

Lal, R. (2008). "Carbon sequestration." Philosophical Transactions of Royal Society 363: 815-830.

Levy, P., Hale, S., Nicoll, B. (2003). Biomass Expansion Factor and Root: Shoot Ratios for Coniferous Tree Species in Great Britain. Forestry, 77, 421-430.

Levy, P. (2004). Biomass Expansion Factor and Root:Shoot Ratios for Coniferous Tree Species in Great Britain: Center for Ecology & Hydrology (CEH). England.

OGM, (2012). Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı Hizmet İçi Eğitim Ders Notları. Ankara, Orman Genel Müdürlüğü.

Özçelik, R. (2005). Değişik Statülerdeki Bazı Korunan Alanlarda Karbon Depolama ve Oksijen Üretiminin Tahmini. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 9-1: 86-94.

Rokhmatuloh H., Al-Bılbısı K., Arıhara T., Kobayashı D., Nıtto B., Erdene K., Hırabayashı T.A., Javzandulam S.A., Lee E., Migita N., Solıman Y., Ouma M., Tateıshı R. (2005). Application of Regression Tree Method for Estimating Percent Tree Cover of Asia with QuickBird images as training data.

Quéré, C. L., Canadell, G., Ciais, P., Moriarty, R., Andrew, R., Friedlingstein, P., Andres, B., Boden, T., Houghton, S., Marland, G. (2013). Global Carbon Project, International Geosphere-Biosphere Programme.

Saraçoğlu, N. (2011). Küresel İklim Değişiminin Yavaşlatılmasında Ormanların Rolü. Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim 135: 60-71.

Sarkıcı, O., Ercanlı, İ. (2004). Klasik Biyokütle Tahmin Yöntemleri ve Yeni Yaklaşımlar. Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi 3: 165-171.

Sellers, P. J., Dickinson, R. E., Randall, D. A., Betts, A. K., Hall, F. G., Mooney, H. A., Nobre, A., Sato, N., Field, C. B., Henderson-Sellers, A., (1997). Modeling The Exchanges Of Energy, Water and Carbon Between Continents and The Atmosphere. Science, sf. 275, 502– 509.

Stern, N. (2006). The Stern Review on the Economic Effect of Climate Change Great Britain Cambridge.

Tolunay, D. (2009). Total Carbon Stock and Carbon Accumulation in Living Tree Biomass in Forest Ecosystems of Turkey. TÜBİTAK, 265-279.

Townshend, J.R.G., Justıce, C. O., Skole, D., Malıngreau, J.-P., Cihlar, J., Teillet, P., Sadowski, F., Ruttenberg, S., (1994). The 1 km Resolution Global Data Set: Needs of The International Geosphere-Biosphere Programme. International Journal of Remote Sensing, 17, 231– 255.