

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ARTVİN ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ BORÇKA ORMAN İŞLETME
MÜDÜRLÜĞÜ SARIÇAM BİYOKÜTLE TABLOLARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Orm. Müh. Çiğdem AYDIN

EKİM 2010

TRABZON

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ARTVİN ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ BORÇKA ORMAN İŞLETME
MÜDÜRLÜĞÜ SARIÇAM BİYOKÜTLE TABLOLARI**

Orm. Müh. Çiğdem AYDIN

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Orman Yüksek Mühendisi”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05.10.2010
Tezin Savunma Tarihi : 28.10.2010**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Nuray MISIR
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Hakkı YAVUZ
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Cengiz ACAR**

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2010

ÖNSÖZ

“Artvin Orman Bölge Müdürlüğü Borçka Orman İşletme Müdürlüğü Sarıçam Biyokütle Tabloları” adlı bu çalışma K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle, konu seçiminden çalışmanın son aşamasına kadar, ilgili ve yol gösterici tutumuyla çalışmalarımı destekleyen ve yardımını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Nuray MISIR’a teşekkürlerimi sunarım.

Ormancılıkla ilgili her konudaki engin bilgileri ile çalışmama katkıda bulunan hocam Sayın Prof.Dr. Hakkı YAVUZ’a ve bu çalışma süresince her konuda yardımcı olan hocam Sayın Doç.Dr. Mehmet MISIR’a teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisans eğitimime başlamama öncü olup, tez aşamamda da yardımlarını gördüğüm hocam Sayın Dr. Oytun Emre SAKICI’ya teşekkür ederim.

Tez çalışması süresince, hem arazi çalışmalarında hem de laboratuvar çalışmalarında desteklerini gördüğüm meslektaş ve arkadaşlarım Mete GÜLSUNAR, Servet PEHLİVAN, Cemile ÜLKER, Pembegül MORADAOĞLU, Alper BULUT ve Erhan BÜLBÜL’e ve Borçka Orman İşletme Müdürlüğündeki meslektaşlarıma teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde maddi ve manevi destekleri ile sürekli yanımda olan aileme şükranlarımı sunarım.

Çiğdem AYDIN
Trabzon 2010

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.) Hakkında Genel Bilgiler.....	13
1.2.1. Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.)' in Dünya ve Türkiye Üzerindeki Doğal Yayılışı.....	13
1.2.2. Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.)' in Botanik Özellikleri.....	16
1.2.3. Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.)' in Ekolojik Özellikleri.....	17
1.2.4. Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.)' in Silvikültürel Özellikleri ve Meşcere Kuruluşları.....	17
1.2.5. Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.)' in Anatomik Özellikleri.....	18
1.2.6. Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.)' in Sistematikteki Yeri.....	19
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	20
2.1. Araştırma Alanının Tanıtımı.....	20
2.2. Örnek Ağaçların Nitelikleri ve Seçimi.....	20
2.2.1. Laboratuarda Yapılan Ölçme ve Değerlendirmeler.....	21
2.3. Yöntem.....	24
2.3.1. Gövde Yaş ve Fırın Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi.....	24
2.3.2. Dal Yaş ve Fırın Kuru Ağırlığının Belirlenmesi.....	25
2.3.3. İbre Yaş ve Fırın Kuru Ağırlığının Belirlenmesi.....	25
2.3.4. Kabuk Yaş ve Fırın Kuru Ağırlığının Belirlenmesi.....	25
2.4. Toprak Üstü Biyokütle Denklemlerin Belirlenmesi.....	27
2.5. Biyokütle Denklemlerinin Kontrolü.....	27
3. BULGULAR.....	28
4. TARTIŞMA.....	37

5.	SONUÇLAR.....	44
6.	ÖNERİLER.....	47
7.	KAYNAKLAR	49
8.	EKLER	54
	ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Artvin Orman Bölge Müdürlüğü Borçka Orman İşletme Müdürlüğü Sarıçam meşcerelerinin biyokütlesinin belirlenmesidir. Bu amaç için Borçka İşletme Müdürlüğü sınırları içerisindeki doğal Sarıçam meşcerelerinden 46 örnek ağaç alınmıştır.

Örnek ağaçlar belirlenirken her çap basamağından ve aynı çap basamağı içerisindeki her boy basamağından olabildiğince eşit sayıda olmasına dikkat edilmiştir. Her örnek ağacın göğüs çapı, boyu, 2 m' lik seksiyonlar halinde gövde çapları, ağaç üzerindeki tüm canlı dalların çapları ve boyları ölçülmüştür.

Biyokütle tablolarının oluşturulmasında "Aşamalı Regresyon Analizi" yöntemi kullanılmıştır. Uygulanan regresyon analizi sonucunda gövde ve kabuk biyokütlesi için d^2 , dal biyokütlesi için $1/d$ ibre biyokütlesi için $\ln^2 d$ ve bu bileşenlerin tamamından oluşan topraküstü biyokütle için d ve d^2 değişkeninin 0.05 önem düzeyi ile anlamlı değişkenler olduğu sonucuna varılmıştır. Bu değişkenler kullanılarak geliştirilen her bir biyokütle bileşenine ilişkin biyokütle denklemi, 16 örnek ağaç verisinden oluşan bağımsız bir veri kümesi ile test edilmiş ve ilgili biyokütle denklemlerinin 0.05 önem düzeyi ile Borçka yöresi sarıçam meşcereleri için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Biyokütle denklemlerinin belirtme katsayıları 0.760 ile 0.987, standart hataları ise 1 kg ile 16 kg arasında değişmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyokütle, Sarıçam, Regresyon Analizi

SUMMARY

Construction of Biomass Tables of *Pinus sylvestris* in Artvin Forest Regional Headquarter (A Case Study of Borçka Planning Unit)

In this study, estimating biomass of *Pinus sylvestris* stands in Borçka Forest Enterprise was aimed. To prepare biomass tables based on oven dry weights, 46 sample trees from natural *Pinus sylvestris* stands in Borçka were sampled.

As much as possible, taking equal sample trees from each diameter class in stands and each height classes within same diameter class was taken into account when selecting sample trees. Diameter at breast height, tree height, diameters at intervals of 2 m and diameters and heights of all living branches were measured on each sample tree.

Stepwise Regression Analysis was used to prepare biomass tables. According to results of analysis, d^2 for stem and bark biomasses, $1/d$ for branch biomass, $\ln^2 d$ for needle biomass, d and d^2 for aboveground biomass were found important at 0.05 significant level. Biomass equations which were fitted using these variables were tested in independent data set, consisting of 16 sample trees. Test results indicated that biomass equations were statistically usable at 0.05 significant level for Scotch pine natural stands in Borçka. Regression coefficients of biomass tables were varying between 0.760 to 0.987 and standard errors were 1 to 16 kg.

Key Words: Biomass, *Pinus sylvestris*, Regression Analysis

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Biyokütle bileşenlerinin ağaç üzerindeki dağılımı	6
Şekil 2.	Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.)' in dünyadaki doğal yayılışı	14
Şekil 3.	Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.)' in Türkiye' deki doğal yayılışı	15
Şekil 4.	Çalışma alanı	20
Şekil 5.	Gövde kuru ağırlığının göğüs çapına göre değişimi	29
Şekil 6.	Dal kuru ağırlığının göğüs çapına göre değişimi	30
Şekil 7.	İbre kuru ağırlığının göğüs çapına göre değişimi	30
Şekil 8.	Kabuk kuru ağırlığının göğüs çapına göre değişimi	31
Şekil 9.	Topraküstü kuru ağırlığın göğüs çapına göre değişimi	31
Şekil 10.	Gözlenen gövde biyokütlesi ile tahmin edilen gövde biyokütlesi arasındaki ilişki	32
Şekil 11.	Gözlenen dal biyokütlesi ile tahmin edilen dal biyokütlesi arasındaki ilişki	32
Şekil 12.	Gözlenen ibre biyokütlesi ile tahmin edilen ibre biyokütlesi arasındaki ilişki	33
Şekil 13.	Gözlenen kabuk biyokütlesi ile tahmin edilen kabuk biyokütlesi arasındaki ilişki	33
Şekil 14.	Gözlenen topraküstü biyokütle ile tahmin edilen topraküstü biyokütle arasındaki ilişki	34
Şekil 15.	Gövde biyokütle denkleminin hata dağılımı	34
Şekil 16.	Dal biyokütle denkleminin hata dağılımı	35
Şekil 17.	İbre biyokütle denkleminin hata dağılımı	35
Şekil 18.	Kabuk biyokütle denkleminin hata dağılımı	36
Şekil 19.	Topraküstü biyokütle denkleminin hata dağılımı	36
Şekil 20.	Sarıçamın farklı yayılış alanları için yapılan çalışmalarda elde edilen gövde biyokütlesinin göğüs çapına göre değişimi	38
Şekil 21.	Sarıçamın farklı yayılış alanları için yapılan çalışmalarda elde edilen dal biyokütlesinin göğüs çapına göre değişimi	39
Şekil 22.	Sarıçamın farklı yayılış alanları için yapılan çalışmalarda elde edilen ibre biyokütlesinin göğüs çapına göre değişimi	39
Şekil 23.	Sarıçamın farklı yayılış alanları için yapılan çalışmalarda elde edilen toplam topraküstü biyokütlesinin göğüs çapına göre değişimi	40

- Şekil 24. Ağaç türleri bakımından göre gövde biyokütlesinin çapa göre değişimi43
- Şekil 25. Ağaç türleri bakımından topraküstü biyokütlenin çapa göre değişimi.....43

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Türkiye ormanlarının verimlilik ve meşcere kuruluşuna göre alansal alansal dağılımı	10
Tablo 2. Türkiye ormanlarının verimlilik ve meşcere kuruluşuna göre servet dağılımı	11
Tablo 3. Türkiye ormanlarına ilişkin toplam biyokütle dağılımları.	12
Tablo 4. Örnek ağaçların çap ve boy basamaklarına dağılımı	22
Tablo 5. Örnek ağaçlardan alınan örneklere ait yaş ve kuru ağırlıklar	23
Tablo 6. Tek ağaç bileşenlerinin yaş ve fırın kuru ağırlık tablosu	26
Tablo 7. Tek ağaç bileşenlerine ilişkin biyokütle denklemleri, denklemlere ilişkin parametrelerin tahmin değerleri ile önemlilik düzeyleri	28
Tablo 8. Eşlendirilmiş <i>t</i> -testine ilişkin bulgular	29
Tablo 9. Sarıçam farklı yayılış alanları için yapılan çalışmalarda çap değişimine göre ağaç bileşenlerinin biyokütle miktarları	38

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

İnsanoğlu ile doğa ve ormanlar arasındaki ilişki ilk çağlardan günümüze kadar süregelmiştir. İnsanlığın ilk dönemlerinde yalnızca barınak ve gıda kaynağı olarak görülen ormanlar, zaman içerisinde meydana gelen nüfus artışı ve teknolojik gelişmelerle birlikte insanoğlunun çeşitli alanlarda yararlanabileceği bir doğal kaynak halini almıştır. Ancak bu yararlanmanın genellikle doğayı ve ormanları tahrip edecek şekilde gerçekleştirilmiş olması sonucunda; toprak kayıpları, su kaynaklarının kirlenmesi ve yok olması, evre kirliliği, biyolojik çeşitliliğin azalması, ormanların yapılarının bozulması ve orman alanlarının parçalanması gibi olumsuzluklar ortaya çıkmış ve tüm bu olumsuzlukların doğrultusunda genel olarak da orman ekosistemlerinin yapısı sürekli şekilde bir gerileme göstermiştir. Bu durum, ormanların göreceği ekonomik, ekolojik ve sosyo-kültürel fonksiyonların sürekliliğini tehlikeye sokmuştur (Eraslan, 1982; Kapucu, 2004).

Ormanlardan düzensiz yararlanılmasına bağlı olarak, ormanlara olan gereksinim ile ormanların bu gereksinimi karşılama olanakları arasındaki açık giderek bym ve 16. yüzyıldan itibaren ciddi boyutlara ulaşmaya başlamıştır. Bu olumsuz gelişmelerin sonucunda 18. yüzyıl başlarında ortaya çıkan süreklilik ilkesine bağlı olarak ormanlardan yararlanmanın bir plan çerçevesinde yapılabileceği görüşleri önem kazanmıştır. İlk yıllarda yalnızca odun üretimini düzenlenmesi şeklinde bir planlama yaklaşımı benimsenmiş ve bu yaklaşım günümüze kadar sürekli bir gelişim göstererek ormanların odun timini dışındaki diğer fonksiyonlarını da dikkate alan çok yönlü yararlanmanın düzenlenmesi şeklinde bir planlama yaklaşımı şeklini almıştır (Eraslan, 1982; Eler, 2001; Kapucu, 2004).

Ülkemizde 19. yüzyılın sonlarına doğru düzenli bir ormancılığın kurulması gerektiği anlaşılmış ve 1870 yılında ‘‘Orman Nizamnamesi’’ çıkarılarak ülkemiz ormancılığı ilk yasal düzenlemesine kavuşmuştur. 1917 yılında çıkarılan ilk orman amenajman kanunu olan ‘‘Ormanların Usul İdarei Fenniyeeri Hakkında Kanun’’ ile tüm ormanlarımızın orman amenajman planlarına göre işletilmesi zorunluluğu getirilmiştir. Bu yasaya bağlı olarak da ülkemizde ilk orman amenajman planı 1918 yılında hazırlanmıştır. Bu şekilde başlayan planlama çalışmalarına 1960’lı yıllara kadar süreklilik ilkesi göz ardı edilerek devam edilmiştir (Eraslan, 1982; Mısıır, 2001).

Ormanların planlanması ile ilgili olarak gelişmiş ülkelerdeki sürece bakıldığında geçmişten günümüze dört farklı yaklaşımın birbirini izlediği görülmektedir. Bunlar sırası ile;

- Ormanların koruma amaçlı işletilmesi,
- Sürekli odun hasılatına yönelik işletmecilik,
- Ormanlardan çok amaçlı yararlanma, ve günümüzdeki
- Ekosistem amenajmanıdır.

Orman amenajmanının gelişimindeki bu süreç çeşitli uluslararası platformlarda da ele alınmıştır. Ormancılık sektörü dünya genelinde uluslararası boyutta ilk kez 1972’de Birleşmiş Milletler tarafından Stockholm’de düzenlenen konferansta ele alınmıştır. Ancak, bu toplantıyı izleyen 10 yıllık süreç içerisinde, konferansta benimsenen ilkelere uyulmadığı ve alınan kararların uygulanmadığı görülerek 1983’te yine Birleşmiş Milletler tarafından bir komisyon oluşturulmuştur. Bu komisyon tarafından 1987’de yayımlanan “Ortak Geleceğimiz” adlı raporda çevre sorunlarının önemli boyutlara ulaştığı, ekonomik kalkınma planlarının çevre sorunlarını ikinci plana attığı, tarımsal ve endüstriyel yayılmanın devam ettiği ve bu nedenlerle de ormanlara olan baskıların giderek arttığı vurgulanmıştır. Bu bulgulara bağlı olarak 1992’de Rio’da Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (UNCED) toplanmıştır. Bu toplantıda beş temel belge ortaya çıkmıştır. Bunlar; Rio Deklarasyonu, Gündem 21, Orman Prensipleri, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi’dir.

Rio Konferansı’nın hemen ardından 1993’te Helsinki’de Avrupa Ormanlarının Korunması Orman Bakanları Konferansı toplanmıştır. Bu konferansta “Sürdürülebilir Orman Yönetimi”nin bir tanımı yapılmış ve bu tanıma göre, ormanların ekolojik, ekonomik ve sosyal olmak üzere temel fonksiyonun olduğu da kabul edilmiştir. Sürdürülebilir orman yönetiminde 3 ana başlıkta toplanan bu fonksiyonlar, izlenecek ve değerlendirilecek normlar şeklinde 6 kritere ayrılmıştır. Bunlar:

1. Orman kaynakları ve bunların küresel karbon döngüsüne katkısı
2. Orman ekosisteminin sağlığı ve canlılığı
3. Ormanların odun ve odun dışı üretim fonksiyonları
4. Biyolojik çeşitlilik
5. Ormanların koruma fonksiyonları
6. Ormanların sosyo-ekonomik ve diğer fonksiyonlarıdır.

1992 Rio Konferansı belgelerinden “İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi” 24 Mayıs 2004 itibariyle 189. ülke olarak ülkemiz tarafından kabul edilmiştir. Ormanların karbon depolaması, dünyayı tehdit eden en önemli çevresel problemlerden biri olan küresel ısınmaya karşı alınabilecek en önemli önlemlerden biridir. Havadaki CO₂'in organik madde haline dönüşmesi, bitkilerin yaprak miktarına bağlıdır. Ormanlar diğer bitki topluluklarına göre en fazla yaprak miktarına sahip olduklarından meralara ve tarımsal bitki topluluklarına oranla daha fazla CO₂ tüketmektedir. Bu nedenle küresel ısınmanın önlenmesinde en önemli faktör olarak ormanlarımız öne çıkmaktadır. Küresel ısınma ile ilgili yapılan en büyük atılım 1997'de imzalanan Kyoto Protokolü'dür. Kyoto Protokolü küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda mücadeleyi sağlamaya yönelik uluslararası tek çerçevedir ve Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi içinde imzalanmıştır. Bu protokolü imzalayan ülkeler, CO₂ ve sera etkisine neden olan beş gazın (CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆) salınımını azaltmayı veya bunu yapamıyorsa salınım ticareti yoluyla haklarını arttırmayı taahhüt etmişlerdir. Protokol, ülkelerin 2008-2012 döneminde atmosfere saldıkları karbon miktarını 1990 yılındaki düzeylere düşürmeleri gerektiğini hedef olarak belirlemiştir. 1997'de imzalanan bu protokol, ancak 2005'te yürürlüğe girebilmiştir. Bunun nedeni, protokolün yürürlüğe girebilmesi için taraf ülkelerin 1990'daki karbon emisyonlarının (atmosfere saldıkları karbon miktarının) yeryüzündeki toplam emisyonun %55' ini bulması gerekmesi ve bu orana ancak 8 yılın sonunda Rusya'nın katılımıyla ulaşılabilmiş olmasıdır (Anonim, 2001).

2005 yılı itibariyle Kyoto protokolüne imza koymamış olsa da Türkiye, Rio-Helsinki sürecinin içinde yer almış ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı'na uyacağını 1992 yılında bildirmiştir. Ancak, gerek Türkiye'nin Kyoto Protokolü'ne henüz dahil olmaması ve gerekse Çevre ve Orman Bakanlıkları'nın önceden iki ayrı bağımsız birim halinde örgütlenmiş bulunması nedeniyle Türkiye, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin öngördüğü ulusal bildirimini 2006 yılına kadar yapamamıştır. Bu eksiklik, Çevre ve Orman Bakanlığı'nın 2005 yılında başlattığı “Birinci Ulusal Bildirim Hazırlık Çalışmaları (Enabling Activities for the Preparation of Turkey's Initial National Communication to the UNFCCC)” adlı proje ile giderilmeye çalışılmıştır.

Dünyada, bir bölümü doğal olarak karşılanan ancak özellikle 1850 yılında başlayan sanayi devriminin ardından hızı normal boyutların üstüne çıkan bir iklim değişimi söz konusudur. Küresel iklim değişimi kısaca; son 150 yıl içinde atmosferin doğal yapısında fosil yakıt tüketimi ile doğrudan ya da sonucu ormansızlaşmaya varan arazi kullanım

değişikliği ile dolaylı yoldan insan etkisiyle oluşan süreç sonucunda atmosfer içindeki CO₂ düzeyinin yükselmesiyle iklimde ortaya çıkan değişimlerdir. Bu nedenle, küresel ısınmayı önlemenin ya da en azından geciktirmenin tek yolu, bir taraftan atmosfere salınan sera gazlarının miktarını azaltırken bir taraftan da atmosferden emilen CO₂ miktarını giderek arttırmaktır. Ormanlar, hem diğer ekosistemlere oranla daha fazla CO₂ tüketmeleri ve hem de bağladıkları karbonu çok uzun süre bünyelerinde tutmalarından ötürü, bu bağlamda etkili araç olarak görülmektedir.

Atmosferdeki CO₂ sera etkisi adı verilen bir yolla güneş ısısını tutarak yeryüzünün ısınmasında önemli bir rol oynar. Sera etkisi, doğal bir ısınma sürecidir. CO₂ ve belirli bazı gazlar atmosferde sürekli bulunurlar. Bu gazlar, tıpkı seralarda olduğu gibi Dünya'nın gerekli sıcaklığının korunmasını sağlarlar. Sera etkisinin ortaya çıkma nedenlerinin yaklaşık %55'i CO₂ konsantrasyonundaki artıştan kaynaklanmaktadır. Artışa neden olan emisyonun %77'si fosil yakıt kökenli, % 23'ü ise büyük ormanlık sahaların yok edilmesinden kaynaklanmaktadır. Orman ekosistemleri, doğada atmosfere hızlı bir şekilde salınamayan atmosferik CO₂ gazını yakalayıp ve depolayarak karbon depolanmasına katkı sağlayabilir (Jacobs vd., 2009).

Doğa ve evrenin ayrılmaz bir ögesi olan enerjinin tarihi de tıpkı insan-orman ilişkisi gibi insanlık tarihi kadar eskidir. Enerji, dünyadaki gelişmenin büyük hedeflerine anahtar olmuş ve olmaya devam etmektedir. Enerji tüketiminin hızla arttığı ve bu alandaki tüketimin yüksek boyutlara ulaştığı günümüzde, insanın alışlageldiği enerji kaynaklarının tükeneyeceği gerçeğini, bilimsel bulgular da ortaya koymaktadır (Acaroğlu, 2008).

Enerji kaynakları yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynakları olmak üzere iki ana başlık altında gruplandırılmaktadır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının giderek azalması ve bunun yanı sıra kullanımının çevre açısından da başta küresel ısınma ve sera gazı etkisi gibi bazı olumsuzluklar ortaya çıkarması, gözleri yenilenebilir enerji kaynaklarına çevirmiştir (Başçetinçelik vd., 2004).

Geçmişte insanlığın en önemli ısınma ve enerji kaynağı olan odunun yerini zamanla petrol, kömür, doğalgaz gibi fosil yakıtlar almıştır. Fosil yakıtlara bağımlı enerji kullanımı; yakıt konusunda dışa bağımlılık, yüksek ithalat giderleri ve çeşitli çevre sorunları gibi önemli olumsuzlukları da beraberinde getirmektedir. Bunun yanında dünya fosil yakıtlarının hızla tükenmesi de dikkate alındığında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi açıkça ortaya çıkmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları (güneş, rüzgar, biyokütle enerjisi vb.), sürekliliği nedeni ile sürdürülebilir olmasının yanında dünyanın hemen her

ülkesinde bulunabilmesi ile de büyük önem taşımaktadır. Ayrıca çevresel etkileri yenilenemeyen (fossil) enerji kaynaklarına oranla çok daha azdır. Mevcut teknik ve ekonomik sorunların çözümlenmesi halinde 21. yüzyılda en önemli enerji kaynağının yenilenebilir enerji kaynakları olacağı kabul edilmektedir (Kumbur vd., 2005).

2005 yılı Dünya Enerji Durumuna Bakış (WEO) Raporu'nda, birincil enerji tüketimi içinde yenilenebilir enerjilerin payının artırılması durumunda CO₂ emisyonlarının %16 oranında azalabileceğine işaret edilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları, CO₂ ve sera gazı emisyonlarının olmaması ya da çok az olması nedeniyle küresel ısınmayı önleme konusunda seçenekler sunar (OGM, 2009) .

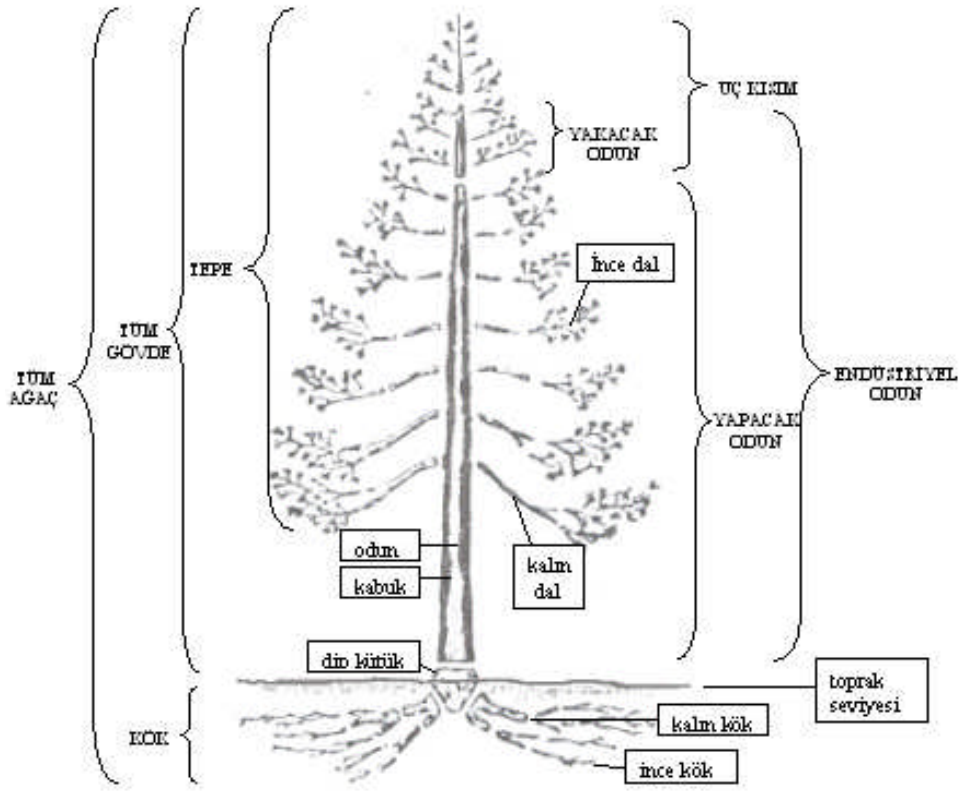
Yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yönelim ve bu kaynakların en önemlisi olan ormanlardan elde edilecek enerjinin, ağaçların yalnız gövde odunu ve kalın dal odunu olarak değil tüm ağaç bileşenleri şeklinde değerlendirilmesi gerekliliği ormancılık terminolojisine “Biyokütle (Biomass)” kavramını kazandırmıştır.

Saraçoğlu (2008) biyokütleyi; bitkiler, ağaçlar ve tarım bitkilerinin oluşturduğu bütün organik maddeleri tanımlayan bir terim olarak esasen fotosentez ile güneş enerjisinin toplandığı ve depolandığı ortamlar olarak tanımlamaktadır. Yine biyokütle, belirli büyüklükteki bir orman alanında ağaç ve ağaççık topluluğunun ağırlığı olarak da tanımlanabilmektedir (Saraçoğlu, 1998).

En genel ifadeyle biyokütle; gövde, dal, yaprak, kabuk ve köklerden oluşan bir ağacın ve bu ağaçların oluşturduğu meşcerenin toplam kütle (ağırlık) miktarı olarak tanımlanabilir. Biyokütle, yaş veya fırın kurusu ağırlık (kg veya ton) olarak ifade edilebilir olmasına karşın, kuru ağırlık değerleri, yaş ağırlık değerlerine kıyasla tercih edilmekte ve uygulamada daha çok kullanılmaktadır (Saraçoğlu, 1992). Bunun nedenleri olarak; nem miktarının ağaç türüne, yetiştirme ortamına, kesim zamanına, iklim koşullarına vb. bağlı olması, ağaç içerisinde gövdenin alt bölümü ile üst bölümü arasında gövdedeki su miktarı bakımından farklılıklar olması ve yine ilkbahar ve yaz odunu ile dal odunu ve öz odunu arasında da nem bakımından farklılıklar gözlenmesi verilebilir.

Ulusal çıkarlarımız açısından, kaynaklarımızı en ekonomik ve akılcı bir yol ile değerlendirmek, ürün savurganlığını önlemek gerekmektedir. Bugüne değin yurdumuzda, ormanlardan üretilen odun hammaddesi ağaçların gövdesinden elde edilmektedir. Gerçekte bu biçim değerlendirme, hızla artan nüfus ve gelişen teknolojiye göre yeterli görülmemektedir. Ormancılığı ileri ülkeler, bu nedenle entansif bir işletmeciliğe başlangıç olarak tüm ağaç ve biyokütle kavramlarını ortaya atmışlardır. Ormanların odunsu lif

potansiyelini incelemeye yeni bir bakış açısı getiren tüm ağaç kavramı, ağacın bir bütün halinde “kök ucundan yaprak ucuna kadar” ele alınması ve yine tüm biyokütle bileşenlerinden (gövde, dal, yaprak, kabuk ve kök) yararlanma olanaklarının biyolojik ve teknolojik yönlerden araştırılmasıdır (Uğurlu, 1994). Biyokütle bileşenleri ağaç üzerinde buldukları yere göre toprak üstü (gövde, dal, yaprak ve kabuk) ve toprak altı (ince ve kalın kökler) bileşenler olarak adlandırılırlar. Şekil 1’de bu bileşenlerin ağaç üzerindeki dağılımı verilmiştir.



Şekil 1. Biyokütle bileşenlerinin ağaç üzerindeki dağılımı

Yukarıda biyokütle kavramı ile ilgili verilen tanımlama ve bilgilere bağlı olarak, orman biyokütlesi terimi de bir orman ekosistemi içerisindeki organizmaların miktarını kütle olarak açıklamaktadır (Alemdağ, 1981). Biyokütlenin hesaplanmasında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler;

- Birim Alan Yöntemi,
- Orta Ağaç Yöntemi,
- Regresyon Yöntemi

olarak 3 sınıfta toplanabilir.

- Birim alan yönteminde;

Bu yöntemde, bir orman alanına ilişkin biyokütle tahmini için belirli büyüklükteki örnek alanlardan yararlanır. Söz konusu örnek alanlar içerisinde yer alan tüm ağaçlar kesilip bileşenlerine ayrılarak (kök, gövde, dal, yaprak ve kabuk) her bir bileşene ilişkin toplam ağırlık (yaş veya kuru olarak) ölçülmektedir. Daha sonra elde edilen değer hektara çevrilerek meşçereye ilişkin biyokütle miktarları ağaç bileşenlerine göre ayrı ayrı elde edilmiş olmaktadır. Bileşenlere ilişkin biyokütle değerlerinin toplanması ile de alana ilişkin toplam biyokütle miktarı tahmin edilir.

Bu yöntemin uygulanışı sırasında örnek alanların sayısı, büyüklükleri ve meşçere içerisindeki dağılımları konularında verilecek kararlar oldukça önemlidir. Alınan örnek alanlar meşçereye temsil edecek sayıda olmalı ve nitelikleri ile de meşçereyi temsil etmelidirler.

Saraçoğlu (1990), bu yöntemin genç meşçerelerde, çok tabakalı tropik ormanlarda ve alçak vejetasyonlarda bulunan ormanlarda kullanımının uygun olduğunu belirtmektedir.

- Orta ağaç yönteminde;

Örnek alanlar alınarak bu örnek alanlara ilişkin orta ağacın kesilmesi ile biyokütle belirlenir. Orta ağaç olduğuna karar verilen ağaç kesilerek bu ağacın biyokütlesi belirlenir. Elde edilen değer örnek alandaki ağaç sayısı ile çarpılarak örnek alana ilişkin biyokütle ve bu değer hektara çevrilmesiyle de meşçere biyokütlesi belirlenmiş olur. Birim Alan Yönteminde olduğu gibi bu yöntemde de gerek ağaç bileşenleri için ayrı ayrı, gerekse tüm ağaç için toplam biyokütle miktarı belirlenebilir.

Bu yöntemin önemli eksikliklerinden birisi, biyokütle miktarının toplam değer olarak elde edilmesi ve çap basamaklarına ilişkin ayrıntılı bilgilerin sağlanamamasıdır. Bir diğer olumsuzluk ise yine farklı çap basamaklarındaki ağaç gövdelerinin bileşenlerinin (kök, gövde, dal, yaprak ve kabuk) ayrı ayrı tahmin edilmesi istendiğinde, bu bileşenlerin ağaçların büyüklüklerine bağlı olarak çeşitli farklılıklar göstereceği ve bu yöntemde de yine tek bir genel değer elde edileceğinden bu farklılıkların belirlenemeyeceğidir.

- Regresyon yönteminde ise amaç;

Birçok örnek ağaçtan alınan ölçümlere göre regresyon denklemlerinin düzenlenerek bu denklemler yardımıyla biyokütlenin tahmin edilmesidir. Bu denklemlerin geliştirilmesinde göğüs çapı ve boy gibi kolay ölçülebilen çeşitli parametreler bağımsız değişkenler olarak alınmaktadır. Ölçümü daha zor ve karmaşık olan biyokütle değerleri de

bağımlı değişkenler olarak sözü edilen bağımsız değişkenlerin fonksiyonu olarak tahmin edilmektedir. Bu denklemler ağaç bileşenleri için ayrı ayrı geliştirilebileceği gibi tüm ağaç için de elde edilebilir.

Biyokütle tahmininde kullanılan regresyon denklemleri sadece göğüs çapını (d) dikkate alan Tek Girişli Denklemler veya göğüs çapı (d) ve ağaç boyunu (h) birlikte dikkate alan Çift Girişli Denklemler biçiminde iki ayrı yaklaşımla düzenlenebilir.

Regresyon yöntemi, tek ağacın bileşenlerinin ve tüm ağacın biyokütle miktarlarının belirlenebilmesi ve diğer yöntemlere kıyasla daha güvenilir sonuçlar vermesi nedeniyle dünyada en çok tercih edilen ve uygulanan yöntemdir (Saraçoğlu, 1990).

Son yıllarda, yukarıda açıklanan üç temel biyokütle tahmin yönteminden farklı olarak, orman alanlarının toplam biyokütle miktarlarının belirlenmesinde uzaktan algılama teknikleri de kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemle, orman alanında herhangi bir yersel ölçüm yapmadan doğrudan hava fotoğrafları ya da uydu görüntüleri yardımıyla biyokütle miktarı belirlenebilmektedir (Bergen vd., 1998). Örneğin, Lucas vd. (1999) Avustralya'daki *Eucalyptus* spp. ormanları için hazırladıkları biyokütle tabloları için uzaktan algılama tekniklerinden yararlanmışlardır. Ancak, tek ağaçlara ilişkin biyokütle miktarının hesaplanmasında bu yöntem doğrudan kullanılamamaktadır.

Benzer şekilde Macias (2002) da Meksika tropik ormanlarında yayılış gösteren farklı meşcere tipleri için uydu görüntüleri yardımıyla biyokütle miktarını tahmin etmiştir. Söz konusu araştırma alanına ilişkin uydu görüntüleri alındıktan sonra bu görüntülerdeki reflektans (yansıtma) değerleri ile meşcereye ilişkin toprak üstü biyokütle miktarı ilişkiye getirilmeye çalışılmış ve regresyon modelleri oluşturulmuştur. Bu amaçla öncelikle yersel ölçümler yapılarak, alanın gerçek biyokütlesi belirlenmiştir. Daha sonra uydu görüntülerinden elde edilen reflektans değerlerinin bağımsız değişkenler olarak kullanıldığı Regresyon denklemleri yardımıyla tahmini biyokütle miktarları belirlenmiş ve gerçek değerler ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sırasında Landsat 7 TM uydu görüntülerinden yararlanılmış ve bu görüntülerin 3, 4, 5 ve 7. bantlarına ilişkin reflektans değerleri denenmiştir.

Orman biyokütlesi, yeryüzündeki toprak üstü karbonun %80'ini ve toprakaltı karbonun da %40'mı içermektedir (Dixon vd., 1994; Goodale vd., 2002). Bu yönleriyle ormanlar atmosferik karbondioksit (CO₂) için önemli bir havuz olarak görülürler ve atmosferik CO₂ için potansiyel bir geçici depo görevi üstlenirler. Bir orman alanının hayat döngüsü boyunca topraküstü ve toprakaltı biyokütlesindeki gelişim ile ilgili bilgiler,

bölgesel ve ulusal bazda doğru biyokütle ve karbon havuzu miktarlarının bilinmesini gerektirmektedir (Vogt, 1991; Kurz vd., 1996; Brown, 2002; Peichl ve Arain, 2007).

Orman alanlarının bu bağlamdaki önemli etkisinden ötürüdür ki, karbon bilançosu sürdürülebilir orman işletmeciliğinin altı ana kriteri arasında da yerini almış ve Rio-Helsinki sürecine dahil olan ve Kyoto Potokolüne imza veren ülkelere ormanlarındaki karbon stok değişimlerini her yıl deklere ederek, ülkelerinin dünya karbon döngüsüne ve küresel ısınmaya ne yönde etki yaptıklarını standart bir formata göre açıklama zorunluluğu getirilmiştir.

Genellikle diğer tek ağaç bileşenlerinde olduğu gibi topraküstü biyokütleyle ilişkin bölgesel ve ulusal biyokütle ve karbon stoku değerleri de örnek alanlara dayalı orman envanter verilerinden yararlanılarak geliştirilen allometrik biyokütle eşitlikleri ve biyokütle faktörleri (BEF) yardımıyla hesaplanır (Jenkins vd., 2001; Brown, 2002; Goodale vd., 2002). Coğrafik ve ekolojik olarak farklı bölgelerde bulunan çok sayıda ağaç türü için alometrik biyokütle eşitlikleri geliştirilmiştir (Peichl ve Arain, 2007).

Karbon birikimini saptamaya yönelik çalışmalarda önce ormanda fotosentez yoluyla oluşan bitkisel kütle miktarı saptanarak bu kütle içindeki karbon miktarı belirlenmekte, sonra da bu karbon miktarına eşdeğer CO₂ hesaplanmaktadır. Ormanlardaki karbon birikimi ve bilançosu orman alanları üzerindeki bitkisel kütlelerin ağaç türleri itibariyle dağılımına ve bunların fırın kurusu hale dönüştürülmüş ağırlıklarına dayanılarak saptanmaktadır. Günümüze kadar orman ekosistemlerindeki karbon miktarının belirlenmesinde Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (Land Use, Land-Use Change and Forestry – LULUCF) kılavuzundan faydalanılmıştır. LULUCF kılavuzunda, orman ekosistemindeki canlı biyokütleyle ait karbon havuzlarında yıllık karbon stok değişimleri, çeşitli denklemler ve faktörler yardımıyla belirlenmektedir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006). Son yıllarda ise bu kılavuzdaki denklemlerin dışında, doğrudan biyokütle ve doğrudan karbon depolama kapasitesinin bulunmasına yönelik çalışmalar başlatılmıştır. Bu çalışma da bu kapsamda yapılan çalışmaların bir parçasıdır.

LULUCF kılavuzunda orman alanlarındaki karbon stoklarının yıllık değişimini belirleyebilmek için ormanlık alanların önce iklim tiplerine, sonra da orman tipi ve yönetim biçimine göre alt kategorilere ayrılması gerekmektedir. Kılavuz içindeki diğer formülleri kullanabilmek için de orman alanları üzerindeki servet ve artımın, bu denklemlerde istenen biçimde sınıflandırılması önerilmektedir.

LULUCF kılavuzunda belirtilen değerlerin elde edilebilmesi için öncelikle bu verilerin biyokütleyle dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunun için mevcut olan tek yol, önce dikili gövde hacmine karşılık gelen biyokütle miktarını fırın kurusu ağırlıklar yardımıyla belirlemek, sonra da bu miktarları dal ve yapraklara ait biyokütleyle de kapsayacak biçimde genişletmektir. Esasen, kılavuzdaki BEF_1 ve BEF_2 faktörleri bu amaç için gerekli görülen “Biyokütle Çevirim Katsayıları”dır. BEF_1 ve BEF_2 katsayıları bu açıdan ele alındığında;

- BEF_1 faktörü, “Yıllık net hacim artımını (kabuk dahil) toplam topraküstü ağaç biyokütle artışına çevirmek için gerekli olan biyokütle çevirim faktörü”,
- BEF_2 faktörü de, “Kesimler ile ormandan çıkartılan mamül (yapacak ve yakacak) haldeki ağaç hacmini toplam topraküstü biyokütleyle (kabuk dahil) çevirmek için gerekli olan biyokütle çevirim faktörü”,

olarak ifade edilebilir. Ancak Türkiye’de mevcut orman istatistikleri, amenajman planlarındaki veriler ile sınırlı olup sadece birim alandaki toprak üstü dikili gövde hacmi ve hacim artımını gösterecek biçimde düzenlenmiş olduğundan kılavuzda belirtilen bu katsayılar ülkemiz de olduğu gibi kullanılmamaktadır. Ülkemiz koşullarına uygun olacak şekilde LULUCF çalışma grubu tarafından bu katsayılar hesaplanmıştır. Toprak üstü biyokütleyle bulmak için kullanılan bu katsayılardan BEF_1 faktörü ibreli ağaçlarda 1.22, yapraklılarda 1.24 ve BEF_2 faktörü de ibreli ağaçlarda 1.24 ve yapraklılarda 1.26 olarak hesaplanmıştır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006).

FAO’nun 2008 yılı envanter sonucuna göre Türkiye de toplam orman alanı 21.363 milyon hektar olup bu değer ülke alanının % 27.2’sine karşılık gelmektedir. Türkiye ormanlarının verimlilik ve meşcere kuruluşu bakımından dağılımları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Türkiye ormanlarının verimlilik ve meşcere kuruluşuna göre alansal dağılımı (x1000) (FAO, 2008)

	Verimli		Verimsiz		Toplam	
	Hektar	%	Hektar	%	Hektar	%
Koru	93.254,44	44.0	6.797,19	31.0	16.122,63	75.0
Baltalık	1.529,77	6.8	3.710,81	18.2	5.240,58	25.0
Genel Toplam	10.855,21	50.8	10.508,01	49.2	21.363,21	100.0

Tablo 1'den de anlaşılacağı gibi, Türkiye orman varlığının % 75'i koru, % 25'i baltalık ormandır. Ormanların ancak % 50.8'i verimli orman niteliğindedir. Diğer % 49.2'lik kısmı oluşturan bozuk orman alanlarının iyileştirme çalışmalarında ortaya çıkan ince ve düşük vasıflı materyalin endüstriyel odun olarak değerlendirilmesi hem bozuk ormanların ıslahı hem de endüstriyel odun talebini karşılamada bir şans oluşturmaktadır.

Ülkemiz ormanlarında bulunan toplam servet ise 2008 yılı itibariyle 1 milyar 368 milyon m³'tür. Orman alanlarımızın kuruluş yapısı ve verimliliğine göre toplam servet miktarı Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Türkiye ormanlarının verimlilik ve meşcere kuruluşuna göre servet dağılımı (x1000) (FAO, 2008)

Ağaç Türleri	Koru (m ³)			Baltalık (ster)			Toplam(m ³)		
	Verimli	Verimsiz	Toplam	Verimli	Verimsiz	Toplam	Verimli	Verimsiz	Toplam
İbrelî	862.419	51.878	914.297	0	0	0	862.419	51.878	914.297
Yapraklı	356.948	11.945	368.894	63.858	21.520	85.378	420.806	33.465	454.271
Toplam	1.219.267	63.823	1.283.191	63.858	21.520	85.378	1.283.225	85.343	1.368.568

Orman Genel Müdürlüğü (2006) verilerine göre Türkiye ormanlarına ait toplam biyokütle dağılımları Tablo 3'te verilmiştir.

OGM ülkemizde var olan bu biyokütle potansiyelini değerlendirmek için temel stratejilerini belirlemiş olup mevcut biyokütleden enerji üretiminde yararlanmanın iki yolu olduğunu (elektrik üretimi ve yakıt olarak) saptamıştır ve bu potansiyelden yararlanabilmek için her türlü hazırlığı yapmaktadır (OGM, 2009).

Tablo 3. Türkiye ormanlarına ilişkin toplam biyokütle dağılımları (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006)

Toprak Üstü, Toprak Altı ve Ölü Odun İçindeki Biyokütle (Milyon ton)							
		Normal Orman		Bozuk Alan		Toplam	
		2005	2010	2005	2010	2005	2010
Toprak üstü	İbrelili	703.319	751.106	176.517	179.961	879.836	931.067
	Yapraklı	485.812	550.559	90.933	92.706	576.745	643.265
	Toplam	1189.131	1301.665	267.450	272.667	1456.581	1574.332
Toprak altı	İbrelili	203.962	217.821	70.607	71.984	274.569	289.805
	Yapraklı	116.595	132.134	41.829	42.645	158.424	174.779
	Toplam	320.557	349.955	112.436	114.629	432.993	464.584
Ölü Odun	İbrelili	7.033	7.511	1.765	1.800	8.798	9.311
	Yapraklı	4.858	5.506	909	927	5.767	6.433
	Toplam	11.891	13.017	2.674	2.727	14.565	15.744
Toplam Biyokütle		1521.581	1664.637	382.560	390.023	1904.139	2054.660

Ekonomik değeri yüksek ve hızlı büyüyen akkavak, titrek kavak, kızılbaş, kızılçam, fıstık çamı, meşe, dişbudak, karaçam, sedir ve servi gibi yerli türler alternatif enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Bu amaçla kullanılan orman ağaçlarının, tüm yönleriyle değerlendirilebilmesi önemlidir. Ormanların en büyük biyokütle kaynağı olan ağaçların, yalnız odun varlığının bilinmesi yeterli olmayıp, ayrıca ekosistem araştırması ve orman ekosistemi içindeki biyolojik ilişkilerin açıklanmasında, ormanların toprak üstü ve toprak altı üretiminin de bilinmesi gerekmektedir (Saraçoğlu, 1998).

Ülkemizde birçok araştırmacı çeşitli ağaç türlerinin biyokütle değerlerini bulmaya yönelik çalışmalar yapmış ve biyokütle tabloları düzenlemiştir. Sun vd. (1976), stepe geçiş yörelerindeki sarıçam meşcerelerinde gövde, dal, ibre ve tüm ağacın yaş ve fırın kurusu ağırlıklarını göğüs yüzeyi orta ağacının çapı ve boyuna bağlı olarak hesaplayan doğrusal ilişkileri ve bileşenlerin hektardaki yaş ve fırın kurusu ağırlıklarını orta ağaç yöntemi ile belirlemişlerdir. Sun vd. (1980) Antalya Bük Araştırma Ormanı'nda Kızılçamda yaptıkları araştırmalarda orta ağaç yöntemi ile tek ağaç ve hektardaki bileşenlerin yaş ve fırın kurusu ağırlıklarını belirlemek için eşitlikler geliştirmişlerdir. Saraçoğlu (1988), Kızılbaş biyokütle tablolarını gövde odunu, gövde kabuğu, yaşayan dallar, dalcık ve yapraklar ile tüm ağaç için, regresyon modelleri yöntemine göre, ülkemizde ilk örnek çalışma olarak düzenlemiştir. Saraçoğlu (1992), Doğu Karadeniz Bölgesi Doğu Kayını meşcerelerinin,

Durkaya (1998), Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü içerisindeki Meşe meşcerelerinin, İkinci (2000), Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Kestane meşcerelerinin, Ünsal (2007), Adana Orman Bölge Müdürlüğü, Karaisalı Orman İşletme Müdürlüğü Kızılcım meşcerelerinin, Atmaca (2008), Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü Sarıçam meşcerelerinin, Çakıl (2008), Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam meşcerelerinin tek ağaç ve hektardaki biyokütle miktarlarının tahmin edilmesi konusunda çalışma yapmışlardır. Ülker (2010), Amasya Orman Bölge Müdürlüğü içerisindeki Sarıçam meşcerelerinin, Mısır vd. (2010) Maçka Orman İşletme Müdürlüğü, Eğitim ve Araştırma işletme Şefliği Ladin meşcerelerinin tek ağaç biyokütle miktarlarının tahmin edilebilmesi amacıyla çalışma yapmışlardır.

Yukarıda verilen açıklamalardan da anlaşılacağı gibi ülkemizdeki pek çok asli ağaç türü için henüz biyokütle tabloları düzenlenmiş değildir. Bu nedenle; ülkemizdeki değişik ağaç türleri için biyokütle tablolarının düzenlenmesi, ormandan çıkartılan üründen tam kapasite ile faydalanılabilmesi, bunun yanında gerek doğaya gerekse çeşitli uluslararası sözleşmelere karşı olan sorumluluklarımızı yerine getirmek için gerekli bilgilerin ortaya konulması ve ayrıca karbon birikimi ve bilançosu araştırmaları için daha sağlıklı bilgilerin elde edilmesi açısından oldukça önemlidir.

Bu çalışmada, Artvin Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Borçka Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde kalan saf Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcereleri için biyokütle tablolarının düzenlenmesi amaçlanmıştır. Bu tablolar yardımıyla gerek tüm ağaç ve gerekse gövde, dal, ibre ve kabuktan oluşan ağaç bileşenleri için biyokütle değerleri kolaylıkla belirlenebilecektir.

1.2. Sarıçam Hakkında Genel Bilgiler

1.2.1. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)'ın Dünya ve Türkiye Üzerindeki Doğal Yayılışı

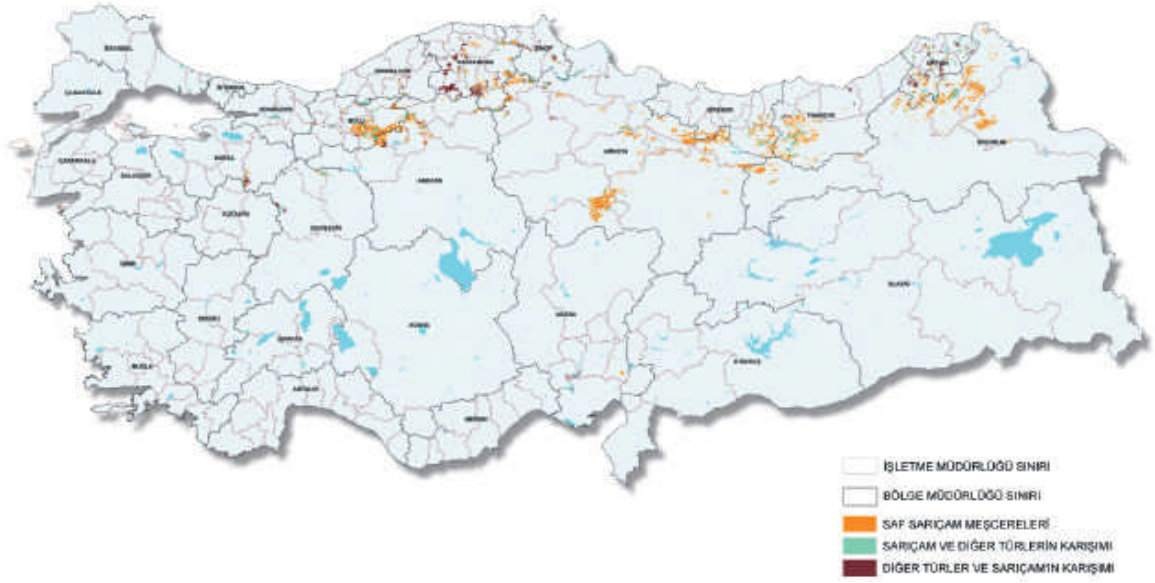
Mevcut çam türleri içerisinde en geniş coğrafi yayılışı olan sarıçam, Avrupa ve Asya'da takriben 3700 km eninde ve 14700 km uzunluğunda çok geniş doğal yayılış alanına sahiptir. Kuzey sınırını İskoçya, İsveç ve Finlandiya'nın kuzeyinde 70 inci enlem derecesine kadar olan yerlerde, Sibiryaya steplerinde Sibiryaya melezi ile birlikte iğne yapraklıların orman sınırını teşkil eder. Güney sınırı ise İspanya'da Pirene dağlarının

yüksek kesimlerinde, Alp'lerde, Karpat'larda, serpilmiş durumda Yugoslavya ve Bulgaristan'da, Anadolu'da, Kırım ve Kafkas'larda bulunmaktadır (Alemdağ, 1967).



Şekil 2. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)'ın dünyadaki doğal yayılışı (URL-1)

Yurdumuzda Eskişehir'in Yeşildağ'dan başlayıp doğuya doğru Kuzey Anadolu dağlarının yüksek kesimlerini kaplayarak Sarıkamış üzerinden Kafkas'lara geçen sarıçam, 38°34'-41°48' kuzey enlemleri (Pınarbaşı-Ayancık hattı) ile 28°00'-43°05' (Orhaneli-Kağızman hattı) doğu boylamları arasında doğal yayılışa sahiptir (Çepel vd., 1977).



Şekil 3. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)'ın Türkiye' deki doğal yayılımı (URL-2)

Karadeniz Bölgesinde Of, Sürmene dolaylarında deniz kıyısına inen sarıçam; Artvin, Rize çevresinde doğu ladini ile karışık orman kurarak 2100 m'ye kadar çıkar. Zigana dağlarında, Gümüşhane ve Giresun dolaylarında 100–2400 m arasında saf ya da karışık, Amasya, Sinop, Ayancık, İnebolu, daha içlere doğru Boyabat, Tosya ve Kastamonu dolaylarında, Ilgaz Dağları'nda, Bolu yöresinde Seben, Köroğlu ve Abant çevresi ormanlarında saf ya da göknar ve kayınla karışık durumda 700–2000 m yüksekliklerde geniş bir yayılma gösterir (Çepel vd., 1977).

Orta Anadolu'da Refahiye'nin Dumanlı dağında, Sivas çevresinde Yıldız dağında, Akdağmadeni'nin Akdağ'ında saf orman kuruluşunda 1000–2300 m yüksekliklerde, Tokat çevresinde, Yozgat dolaylarında, Kayseri'nin Pınarbaşı ilçesinin batısında, Kızılıcahamam dolaylarında, Mihaliçcik-Eskişehir ve Eskişehir-Kütahya arasındaki dağlık yerlerde saf veya karışık orman kuruluşunda görülür (Çepel vd., 1977).

Kuzeybatı ve Batı Anadolu'da Bursa çevresinde Uludağ'da, Domaniç yaylasında, Balıkesir dolaylarında Dursunbey Alaçam ormanlarında karışık topluluklar halinde bulunur (Çepel vd., 1977).

Karadeniz etkisinin hissedildiği Karadeniz dağlarının güney yamaçlarında ve Çoruh vadisinde 700 m'ye kadar inen Sarıçam; Kuzeydoğu Anadolu'da Ardahan, Oltu, Göle, Şenkaya ve Sarıkamış dolaylarında çoğunlukla saf olarak 2700 m'ye kadar yükselir. Posof

yöresinde saf veya ladin, göknar gibi diğer ağaç türleri ile karışık olarak geniş sahalar kaplayan sarıçam, hemen daima 2000 m'nin üzerinde yayılış gösterir (Anonim, 1994).

Ülkemizde bu kadar geniş bir yayılışa sahip olan sarıçamın dikey yayılışı Sürmene yakınlarında deniz seviyesinden (Çamburnu) Sarıkamış'ta 2700 m'ye (Ziyarettepe) kadar çıkmakta ise de, ortalama olarak 1000-2500 m'ler arasında saf ve diğer türlerle karışık olarak yayılış gösterir (Tetik, 1986).

Türkiye'deki doğal yayılış sahalarının iklim şartlarından da anlaşılacağı üzere sarıçam genellikle kışları uzun, karlı ve soğuk geçen dağlık alanlarda yaygındır. Nitekim sarıçamın yayılış alanlarında ortalama karla örtülü günler sayısı genelde 45 günden fazladır. Erzurum-Kars platolarında da bu değer 75 günün üstündedir. Yıllık ortalama sıcaklık ise daima 8 °C'nin altındadır ve yılın iki aydan fazlası donlu geçmektedir (Atalay, 1977).

1.2.2. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)'ın Botanik Özellikleri

Yetiştirme ortamına göre 20–40 m boylarında, narin gövdeli, sivri tepeli ve ince dallı, ya da dolgun ve düzgün gövdeli, yayvan tepeli ve kalın dallı herdem yeşil bir ağaç türüdür. Aslında bu özellikleri ağacın yaşlılığı ile oluşur. Kabuk, genç bireylerde ve yaşlı ağaçların üst kesimlerinde tilki sarısı, kirli sarımsı kırmızı ya da kırmızımsı kahverengi bir renktedir. Gövdenin altlarında ve yaşlı ağaçlarda önceleri sarı olan renk koyulaşmakta ve gri kahverengi, kalın ve çatlaklı bir biçim almaktadır (Alemdağ, 1967; Anşin, 2001).

Tomurcuklar, uzun yumurta biçiminde, 6–12 mm uzunluğunda, kırmızı kahverengi ve az çok sivri veya küt uçlu, genellikle reçinesizdir. Ancak kurak yetiştirme ortamında tomurcuğun korunması amacıyla üstleri reçineyle örtülüdür. İğne yaprakların boyları yetiştirme ortamına göre 3–8 cm'dir. Kısa sürgünlerde ikişer adet, sert, mavimsi yeşil renkte, uçları sivri batıcı ve kenarları ince dişlidir. İğne yapraklar ortalarından dikkati çekecek şekilde kıvrıktır (Anşin, 2001; Davis, 1965).

Erkek çiçekler kükürt sarısı rengindedir ve polenlerini Mayıs ayında dökerler. Dişi çiçeklerde erkek çiçeklerle aynı zamanda belirir ve sürgünlerin uçlarına doğru çevresel olarak dizilmiş yan tomurcuklardan oluşmaktadır (Anşin, 2001).

Kozalaklar çiçek evresinde pembe, sonra yeşilimsi, olgun evrede ise mat koyu sarı renktedir. Kozalaklar 3–6 cm uzunluğunda olup ve dip tarafları çarpıktır. Fazla ışık gören

taraftaki apofizler çıkıktır. Göbek orta durumlu, küçük ve parlak açık kahverengidir. Tohum küçük 3–4 mm' dir ve kanat kendisinden 3–4 kez daha uzundur (Anşın, 2001).

1.2.3. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)'ın Ekolojik Özellikleri

Sarıçam, Avrupa ve Asya kıtalarında 14700 km boyunda çok geniş bir şerit üzerinde yayılmaktadır. Yayılış alanlarında ekolojik özelliklerinin çeşitliliği, sarıçamın çok farklı ortamlarda yaşayabildiğini göstermektedir. Bir taraftan polar iklim kuşağına yaklaşırken, diğer taraftan subtropik iklim kuşağı içinde yayılış göstermektedir. Sarıçama, denizden yükseltisi 0-2700 m arasında olan çeşitli yükselti kademelerinde rastlanır. Genellikle dağlık bölgelerde yayılmakta ise de, yüksek ovalarda ve dar vadi tabanlarında da görülür. Sarıçam ormanları genellikle kuzey bakılı yamaçları tercih etmektedir ve çok eğimli (%18-36) ve orta eğimli (%10-17) yamaçlarda daha fazla bulunmaktadır (Çepel vd., 1977).

Sarıçamın yetiştiği yerlerde 2-9 aylık vejetasyon süresinin olduğu, yıllık ortalama sıcaklığın 4-10 °C arasında bulunduğu; +40 °C ile -60 °C gibi ekstrem sıcaklıklara karşı duyarlı olmadığı ve ilkbahar donlarından etkilenmediği belirtilmektedir. Yine bu yayılış alanlarında yıllık yağış 400-600 mm ve kurak devre ise temmuz ve ağustos aylarında bulunmaktadır. Buradan da anlaşılacağı gibi sarıçam kuraklığa dayanıklı olup fazla yağış istememektedir. Sarıçam ormanlarında şiddetli rüzgarlar nedeniyle devrilme ve kırılma gibi zararlar görülebilmektedir (Çepel vd., 1977).

Sarıçam tipik bir ışık ağacıdır ve ışık isteği yetişme ortamının fakirleşmesi oranında artar. Ancak toprak isteği bakımından kanaatkardır. Çünkü sarıçam, bu geniş yayılışında çeşitli toprak ve anakayaların üzerinde bulunmaktadır. Gevşek, derin ve nemli kum toprakları bu türün isteklerine çok uyar. Büyümesi yavaşlamakla birlikte kuru kum ve çakıl topraklarında ve ıslak turbalıklarda bile gelişebilir. Değişken nemli topraklara, özellikle su taşkınlarına karşı duyarlıdır (Çepel vd., 1977; Demirci, 2006).

1.2.4. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)'ın Silvikültürel Özellikleri ve Meşcere Kuruluşları

Sarıçamlarda derine giden kazık kök tipiktir. Bu bakımdan derin köklü ağaçlar sınıfındandır. Taze derin topraklarda kazık kök çok uzar ve köklerin yatay yönde yayılışı sınırlı kalır. Toprak besin maddelerince fakirleştikçe, köklenme sahası da o oranda

genişler. Besin maddeleri ile birlikte toprak nemi de azaldıkça yan kökler çatallaşır ve yüzeye yakın toprak tabakasında uzun ince kökler halinde gövdeden uzak mesafelere kadar yayılır. Sarıçamın derin köklü olması meşcereleri fırtına tehlikesine karşı dayanıklı hale getirmektedir. Bu durum, bu ağaç türünün silvikültürel açıdan önemli hale getirmektedir. Doğal sarıçam meşcereleri, yüksek boylar yaparak çok sık ve sıkışık büyürler. Bu yüzden zamanında bakım işlemi uygulanmamış genç ve orta yaşlı meşcerelerde kar kırması, kar devirmesi ve hatta fırtına büyük zararlar yapar. Bunun yanında Çamkeseböceği (*Thaumetopoea pityocampa*) ve K.S.Ç. antenli yaprakarı (*Neodiprion sertifer*) iğne yapraklarda, büyük orman bahçevanı (*Blastophagus piniperda*) ve küçük orman bahçevanı (*B. minor*) böcekleri kabukta zararlı olurlar (Saatçioğlu, 1969; Demirci, 2006).

Sarıçam, özellikle normal kapalı saf meşcerelerinin doğal yolla büyük alanlarda gençleştirilmesinde başarılıdır. Sarıçamın büyük maktalı siper işletmesiyle gençleştirilmesi tekniğinde, onun bazı ekolojik ve kanaatkar olması, gençliklerinin ileri derecede siper ihtiyacı duymaması, zengin tohum yıllarının sık olması gibi bazı silvikültürel özellikleri önemli rol oynar (Anonim, 1994).

Sarıçam ekstrem ve ekstreme yakın iklim (tipik kara iklimi) ve toprak koşulları (sığ, kuru, iskeletçe zengin ve genellikle fakir) altında saf ormanlar oluştururlar. Karışık sarıçam ormanları ise iklim bakımından, göknar, kayın, ladin, karaçam ve meşenin daha elverişli olduğu yörelerde bulunur. Titrek kavak ve birçok ağaççık ve çalı türleri de sarıçam meşcerelerini tür bakımından zenginleştirir. Işık ağacı olarak sarıçam, karışık meşcerelerin kurulmasına uygundur. Ancak gençlikte hızlı büyümesi ve bazı orijinleri itibariyle kötü şekiller (azmanlar) geliştirebilme özelliğinin oluşu zorluklar yaratabilmektedir (Saatçioğlu, 1969; Demirci, 2006).

1.2.5. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)'ın Anatomik Özellikleri

Yetiştirme muhiti odunun özellikleri üzerine çok etkilidir. Yüksek rakımlarda yıllık halkalar dar, deniz seviyesine yakın yerlerde ise geniştir. Dağlık bölgelerde yetişen üstün özellikli odunlarda koyu renkli bir özodunu vardır. Alçak yerlerde yetişen üstün özellikli odunlarda da koyu renkli özodunu oluşur. Kötü yetiştirme koşullarında ise özodunu oluşmaz. Boyuna reçine kanalları enine, radyal ve teğet kesit düzlemlerinde çıplak gözle rahatlıkla görülür. İlkbahar odunu traheitlerinin radyal çeperlerindeki kenarlı geçitler çoğunlukla üniseridir. Yaz odunu traheitlerinin teğet çeperlerinde de nadiren küçük çaplı kenarlı

geçitlere rastlanabilir. Özışınları üniseri ve heterojendir. Özışını paranzim hücrelerinin horizontal çeperleri bazen ince ve geçitsiz, bazen kalın ve geçitlidir. Enine traheitler marjinal ve ara durumludur ve çeperleri belirgin testere dişi gibi kalınlaşma içerir. Enine traheitler bol miktarda küçük kenarlı geçitlidir. Boyuna traheitlerle özışını paranzim hücrelerinin karşılaşma yerlerinde pencere şeklinde geçitler vardır. Reçine kanalları normal boyuna ve enine kanallardır. Boyuna kanallar genellikle yaz odunu zonunda yer alır (Merev, 2003).

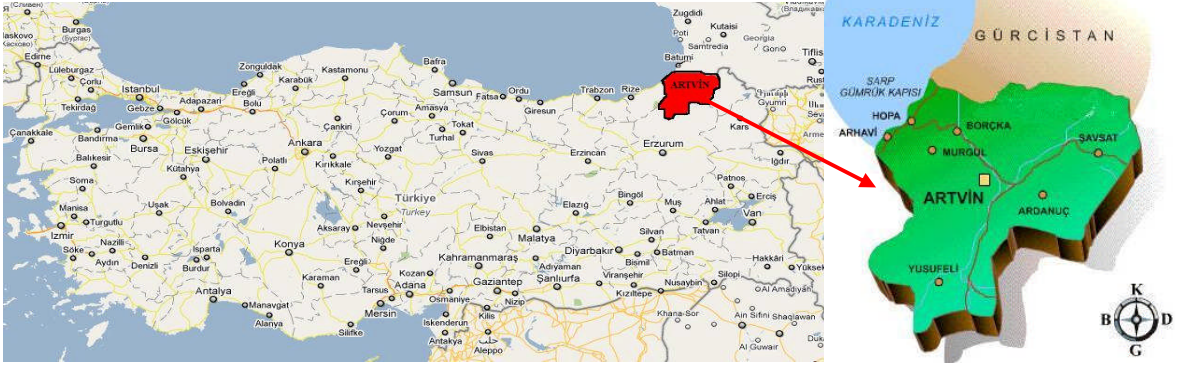
1.2.6. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)'ın Sistematikteki Yeri

Sarıçam, açık tohumlu bitkilerden (Gynospermae) Coniferea sınıfının, Pinaceae familyasının, *Pinus* (Çam) cinsinin bir türüdür. Çok değişik iklim ve toprak koşulları altında yetişebilen Sarıçam, birçok alttür, varyete ve formlara sahip bir türdür (Anşın, 2001).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Araştırma Alanının Tanıtımı

Borçka Orman İşletme Müdürlüğü'nün genel alanı 118.785 hektardır. Bunun 82.429,3 hektarı ormanlık, 36.355,7 hektarı ise açıklık alanlardır. Ormanlık alanın 56.026,4 hektarı normal kuru, 26.402,9 hektarı bozuk kuru ormandır (Şekil 4).



Şekil 4. Çalışma alanı

Çalışma alanı Borçka İşletme Müdürlüğü Sarıçam ormanları Doğu Karadeniz ikliminin tipik özelliklerini gösterir. Yılın hemen her ayında düşen bol yağışlı, mutedil bir iklime sahiptir. Vejetasyon süresi Nisan-Ekim ayları arasındadır. Borçka Meteoroloji İstasyonu iklim verileri dikkate alındığında yıllık ortalama yağış 1010.2 mm'dir. Günlük en fazla yağış Kasım ayında 98.7 mm, en düşük yağış Nisan ayında 22.9 mm'dir. Yıllık ortalama sıcaklık 13.5 °C'dir. En yüksek sıcaklık 2001 yılı Ağustos ayında 42.4 °C ve en düşük sıcaklık 1993 yılı Şubat ayında -9.8 °C olarak gerçekleşmiştir. Yıllık ortalama kar yağışlı gün sayısı 15.6 gün, ortalama bağıl nem % 70 olup, en düşük bağıl nem %5 ile Mart, Nisan ve Kasım aylarında tespit edilmiştir (URL-3).

2.2. Örnek Ağaçların Nitelikleri ve Seçimi

Örnek ağaçların seçiminde, ağaçların değişik çap ve boy basamağında, canlı, tepesi sağlam, tek gövdeli ve sağlıklı olmasına özen gösterilmiştir. Örnek ağaçlar yerden 30 cm

yükseklikten kesilmiş 2 m' lik seksiyonlar şeklinde 1.3, 3.3, 5.3, ... m'deki çapları ölçülmüştür. 46 adet örnek ağacın tümünde ağaç üzerindeki tüm canlı dalların çap ve boyları ölçülmüştür. Daha sonra kesilmiş örnek ağacın dalları gövdesinden ayrılmış, dal kümelerinden yeteri kadar örnek dal alınmış, dallar yapraklarından ayrılmış ve dal ile yaprak ağırlıkları ayrı ayrı tartılmıştır. Tüm örnek ağaçlardan bir adet 5-7 cm kalınlığında enine kesit alınmış, bu kesitin alındığı yüksekliğin ağacın boyunun ortasına gelmesine dikkat edilmiştir. Bu şekilde alınan 46 adet örnek ağacın yaklaşık % 70'ine tekabül eden 30 adeti biyokütle denklemlerinin geliştirilmesi için kullanılırken, yaklaşık % 30'luk kısmı (16 adeti) ise geliştirilen biyokütle denklemlerinin kontrolünde kullanılmıştır. Hem denklem geliştirmede kullanılan örnek ağaçların hem de geliştirilen denklemlerinin kontrolünde kullanılan örnek ağaçların çap ve boy basamaklarına dağılımı Tablo 4'de verilmiştir. Tablo 4'de parantez içinde gösterilen ağaçlar kontrol veri kümesini oluşturmaktadır. Alınan örnek ve enine kesitlerin yaş ağırlıkları arazide tartılmış ve elde edilen yaş ağırlıklar Tablo 5'te verilmiştir.

2.2.1. Laboratuarda Yapılan Ölçme ve Değerlendirmeler

Arazide yaş ağırlıkları ayrı ayrı belirlenen gövde, dal ve yaprak örnekleri torbalara konularak laboratuara getirilmiştir. Örneklerin kuru ağırlıklarının belirlenebilmesi için, kurutma fırınında 105 ± 3 °C'de değişmez ağırlığa gelinceye kadar gövde ve dal odunları 96 saat süre ile yaprak örnekleri ise 24 saat süre ile bekletilerek kurutulmuş ve örneklerle ait kuru ağırlıklar Tablo 5'te verilmiştir. Her örnek ağacın yaklaşık orta yerinden alınan enine kesitlerin de çevresinden yararlanılarak yaş hacimleri hesaplanmıştır. Daha sonra fırına atılan bu enine kesitlerin önce kabuklu ağırlığı ölçülmüş ve hacimlendirilmesi yapılmış (kabuklu kuru) daha sonra kabuğu soyularak tekrar hacimlendirilmiş (kabuksuz kuru) ve kabuk kuru ağırlığı ölçülmüştür. Arazi çalışmaları sırasında her bir örnek ağaç üzerinde ölçülen gövde çapları yardımıyla, her örnek ağacın toplam gövde hacmi hesaplanmıştır. Dal örneklerinin de yaş hacimleri ve fırında bekletildikten sonra kuru hacimleri hesaplanmıştır.

Tablo 4. Örnek ağaçların çap ve boy basamaklarına dağılımı

Çap Basamakları(cm)	Boy (m)							Toplam
	9	11	13	15	17	19	21	
10	2	1						3
14	3	2						5
18	2	2	2	(1)				6 (1)
22	1	2	2	1				6
26		1 (1)	2 (2)	(1)				3 (4)
30			1 (1)	2				3 (1)
34			1 (2)	1		(1)		2 (3)
38					(2)	1		1 (2)
42				(1)			(2)	(3)
46				(1)			1	1 (1)
50					(1)			(1)
Toplam	8	8 (1)	8 (5)	4 (4)	(3)	1 (1)	1 (2)	30 (16)

Tablo 5. Örnek ağaçlardan alınan örneklere ait yaş ve kuru ağırlıklar

Örnek No	Çap (cm)	Gövde Örneği		Dal Örneği		İbre Örneği		Kabuk Örneği	
		Yaş Ağırlık (gr)	Kuru Ağırlık (gr)	Yaş Ağırlık (gr)	Kuru Ağırlık (gr)	Yaş Ağırlık (gr)	Kuru Ağırlık (gr)	Yaş Ağırlık (gr)	Kuru Ağırlık (gr)
1	12.7	160.6	76.2	91.5	45	276.2	83.7	21.7	10.3
2	18.1	179.9	108.5	217.2	130	288.8	96.8	19.4	11.7
3	31.2	614.9	292.1	741.6	385	509.6	160	21.1	10
4	32.5	1406	720	130.7	95	428.8	145	39.3	20.1
5	28.8	705.8	324.3	210.4	160	502.9	190	33.5	15.4
6	28.9	570.6	326.9	300.9	210	1579.3	480	26.7	15.3
7	21.8	334	209.8	151.8	105	297.7	115	13.5	8.5
8	32.6	926.9	448	156	85	424.1	115	52.1	25.2
9	27.3	870.4	413.4	134.2	100	431.5	145	43.0	20.4
10	12.3	125.4	51.5	31.7	15	293.6	95	20.0	8.2
11	17.5	203.2	95.2	58.3	30	391.6	120	26.9	12.6
12	23.5	347.2	145.5	179.6	90	647.4	193	29.1	12.2
13	27.5	388.6	172.1	223.8	120	447.6	140	19.6	8.7
14	38.8	813.4	383.5	428.7	260	2188.5	600	33.1	15.6
15	39.4	1412.7	740	427.4	240	981.5	300	35.9	18.8
16	41.5	2320.9	1150	867	470	2110.9	675	51.9	25.7
17	40.9	1535.6	750	299.2	185	1204	375	43.6	21.3
18	46.2	756.4	360.7	369.8	215	645.7	195	32.9	15.7
19	39.9	1157.7	550.1	546.4	325	1681.2	540	32.0	15.2
20	43.0	1561.2	765	594.6	350	1134.5	365	49.0	24
21	32.6	1282.8	670	236.4	120	1818.8	650	24.1	12.6
22	25.5	665.2	345	112.6	60	385.2	110	38.6	20
23	11.1	96	43.8	36	15	126.6	50	15.3	7
24	18.7	282.8	128.1	153.9	80	547.2	190	11.0	5
25	21.7	502.3	211.3	127.4	80	1071.2	390	36.6	15.4
26	12.4	65.9	28	19.5	10	85.4	30	13.9	5.9
27	8.7	64.9	29	27.5	10	125	40	4.7	2.1
28	11.0	29.6	13.8	18.6	10	75.6	20	14.2	6.6
29	34.3	1302.9	630	433.2	205	257.6	75	51.7	25
30	47.3	1459	730	185.2	90	402.4	145	40.0	20
31	11.9	89.9	45.4	15.7	5	38.4	10	5.9	3
32	34.7	846.6	373	191.5	110	741.1	225	34.0	15
33	16.7	490	365	260	140	145	65	40.3	30
34	27.0	2225	1615	700	355	460	160	68.9	50
35	26.0	1325	910	2015	1010	915	395	43.7	30
36	23.0	660	495	1280	765	480	235	26.7	20
37	19.8	1485	695	2235	925	975	275	96.2	45
38	16.0	700	330	775	350	540	205	63.6	30
39	29.5	1450	680	555	255	195	75	96.0	45
40	51.0	5575	3485	5860	2965	1930	1090	303.9	190
41	27.7	760	1220	1790	910	415	225	46.7	75
42	20.0	690	565	2485	620	375	190	36.6	30
43	13.0	290	230	225	175	70	40	6.3	5
44	12.5	295	130	315	135	195	65	22.7	10
45	19.6	270	215	1020	615	160	70	6.3	5
46	26.8	2570	1245	1050	455	510	190	196.1	95

2.3. Yöntem

Biyokütle tablolarının düzenlenmesinde Regresyon Analizi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin amacı, örnek ağaçlarda yapılan ölçümlere göre tüm ağaç ve ağaç bileşenlerinin biyokütlelerini, göğüs çapı ve boy gibi kolay ölçülebilen parametreler ile tahmin etmektir. Biyokütle tabloları yaş ve kuru biyokütle tabloları biçiminde düzenlenmektedir. Yaş ağırlık mevsimden mevsime değiştiğinden kuru biyokütle tablolarının düzenlenmesi uygun görülmüştür (Saraçoğlu, 1992). Kuru ağırlığa dayanan biyokütle denklemleri, ağacın her bir bileşeni (gövde, dal, ibre ve kabuk) için ve bu bileşenlerin toplamından oluşan tüm ağaç için düzenlenmiştir.

Bu çalışmada, ağacın gövde, dal, ibre ve kabuğundan oluşan, topraküstü biyokütlesinin hesaplanmasında bağımsız değişken olarak sadece çap kullanılmıştır. Boyun modele dahil edilmesi modelin başarısını arttırmakla birlikte, ölçümü çok zaman almakta ve çoğu kez güvenilirlik düzeyi düşük ölçümler yapılmaktadır (Nogueira vd., 2008). Bu çalışmada da kullanılabilirliğe önem verilerek sadece çapı bağımsız değişken olarak kullanan diğer bir ifade ile tek girişli biyokütle denklemleri geliştirilmiştir.

2.3.1. Gövde Yaş ve Fırın Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi

Gövde yaş ve fırın kuru ağırlıklarının belirlenebilmesi için örnekleme yöntemi kullanılmıştır. İlk olarak 46 örnek ağacın, seksiyon ölçümleri yardımıyla yaş hacimleri bulunmuştur. Daha sonra ise tüm örnek ağaçlarda gövdenin yaklaşık orta kısmından alınan örnek enine kesitlerin çevre ölçümlerinden yararlanılarak örnek enine kesit yaş hacimleri bulunmuştur. Bu örnek enine kesitlerin kuru ağırlıklarının belirlenebilmesi için, kurutma fırınında 105 ± 3 °C'de değişmez ağırlığa gelinceye kadar 96 saat süre ile bekletilerek kurutulmuş ve örnek enine kesitlere ait kuru ağırlıklar bulunmuştur. Fırın kuru haline gelen örnek enine kesitlerinin önce kabuklu ağırlığı ölçülmüş ve hacimlendirilmesi (kabuklu kuru) yapılmış, daha sonra kabuğu soyularak tekrar hacimlendirilmiş (kabuksuz kuru) ve böylece örnek enine kesitlerin kabuklu ve kabuksuz kuru ağırlıkları ve hacimleri bulunmuştur.

Son olarak seksiyon yöntemi yardımıyla hesaplanan gövdenin toplam hacmi, tüm örnek ağaçlarda gövdenin yaklaşık orta kısmından alınan örnek enine kesitin hacmine oranlanmıştır. Bulunan bu oran ile örnek enine kesitin yaş ağırlığı çarpılarak örnek ağacın

gövde yaş ağırlığı, fırın kuru ağırlığı çarpılarak örnek ağacın gövde fırın kuru ağırlığı bulunmuştur.

2.3.2. Dal Yaş ve Fırın Kuru Ağırlığının Belirlenmesi

Her bir örnek ağacın canlı tüm dallarının taban çapları ile boyları ölçülmüş ve tüm dalların hacimleri hesaplanmıştır. Daha sonra bu dal hacimlerinin hepsi toplanarak örnek ağacın toplam dal hacmi bulunmuştur. Bu dalların tümünü temsil edecek bir adeti örnek dal olarak seçilerek ibrelerden temizlenmiş ve tartılarak yaş ağırlığı ve hacmi hesaplanmıştır.

İbrelerden temizlenen dal örneği fırına konularak (105 ± 3 °C'de 96 saat) fırın kuru ağırlığı bulunmuştur. Ağacın toplam dal hacmi, örnek dalın hacmine oranlanmıştır. Bulunan bu oran ile örnek dalın yaş ağırlığı çarpılarak örnek ağacın dal yaş ağırlığı, fırın kuru ağırlığı çarpılarak örnek ağacın dal kuru ağırlığı elde edilmiştir.

2.3.3. İbre Yaş ve Fırın Kuru Ağırlığının Belirlenmesi

Bu amaç için her bir örnek ağacın toplam dal ağırlığından yararlanılmıştır. Ağacın dallanmasını temsil edecek şekilde seçilen örnek daldaki ibre ağırlığı belirlenerek tüm ağacın dal ağırlığıyla ilişkilendirilmiştir. Bulunan bu oran ile örnek daldan toplanan ibrenin yaş ağırlığı çarpılarak örnek ağacın ibre yaş ağırlığı, fırın kuru ağırlığı çarpılarak örnek ağacın ibre kuru ağırlığı elde edilmiştir.

2.3.4. Kabuk Yaş ve Fırın Kuru Ağırlığının Belirlenmesi

Örnek ağacın kabuklu yaş hacmi, gövdenin yaklaşık orta yerinden alınan örnek enine kesitin kabuklu yaş hacmi ile ilişkilendirilmiştir. Bulunan bu oran ile örnek enine kesitin kabuk yaş ağırlığı çarpılarak örnek ağacın kabuk yaş ağırlığı, örnek kesitin kabuk kuru ağırlığı çarpılarak örnek ağacın kabuk kuru ağırlığı hesaplanmıştır.

Yukarıda belirtilen şekilde hesaplanan örnek ağaçların her bir bileşeni ve tüm ağacın yaş ve kuru ağırlıkları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Tek ağaç bileşenlerinin yaş ve fırın kurusu ağırlık tablosu

Ağaç No	Göğüs Çapı (cm)	Gövde		Dal		İbre		Kabuk		TOPLAM	
		Yaş Ağırlık (kg)	Kuru Ağırlık (kg)	Yaş Ağırlık (kg)	Kuru Ağırlık (kg)	Yaş Ağırlık (kg)	Kuru Ağırlık (kg)	Yaş Ağırlık (kg)	Kuru Ağırlık (kg)	Yaş Ağırlık (kg)	Kuru Ağırlık (kg)
1	12.7	29.86	14.17	5.61	2.76	6.20	1.88	5.01	2.43	46.69	21.23
2	18.1	67.90	40.95	9.69	5.80	4.76	1.60	8.66	5.27	91.02	53.62
3	31.2	204.99	97.38	57.75	29.98	7.91	2.48	8.42	4.35	279.08	134.19
4	32.5	250.62	128.34	8.74	6.35	21.19	7.16	7.86	3.98	288.40	145.84
5	28.8	154.55	71.01	13.53	10.29	27.48	10.38	7.75	4.07	203.31	95.75
6	28.9	187.06	107.17	40.94	28.58	85.69	26.04	10.66	6.36	324.35	168.15
7	21.8	109.87	69.01	8.31	5.75	11.30	4.36	5.04	3.22	134.51	82.35
8	32.6	232.43	112.34	40.05	21.82	57.68	15.64	15.32	7.84	345.48	157.64
9	27.3	173.04	82.19	33.04	24.62	32.45	10.91	10.35	5.60	248.89	123.31
10	12.3	30.42	12.49	6.21	2.94	14.17	4.59	6.27	2.51	57.07	22.53
11	17.5	37.74	17.68	5.78	2.97	10.46	3.20	6.32	2.99	60.30	26.85
12	23.5	107.61	45.09	25.98	13.02	20.97	6.25	11.27	4.97	165.83	69.33
13	27.5	139.73	61.88	28.28	15.17	6.49	2.03	8.99	4.11	183.49	83.19
14	38.8	465.45	219.45	57.38	34.80	96.39	26.43	21.89	10.90	641.11	291.58
15	39.4	472.01	247.25	85.55	48.04	14.46	4.42	13.86	7.65	585.87	307.36
16	41.5	549.24	272.15	314.63	170.56	335.71	107.35	15.45	9.43	1215.03	559.49
17	40.9	384.85	187.96	31.81	19.67	31.43	9.79	12.40	6.19	460.49	223.61
18	46.2	633.08	301.89	149.95	87.18	86.14	26.01	32.83	16.89	902.00	431.98
19	39.9	543.19	258.11	116.70	69.41	182.87	58.74	17.51	8.84	860.27	395.10
20	43	589.84	289.03	84.94	50.00	34.37	11.06	21.07	10.75	730.22	360.83
21	32.6	344.28	179.82	37.74	19.16	74.19	26.51	7.42	3.78	463.63	229.27
22	25.5	137.00	71.05	21.16	11.28	34.47	9.84	9.69	5.23	202.32	97.40
23	11.1	26.16	11.93	5.41	2.25	12.27	4.85	5.54	2.55	49.38	21.59
24	18.7	84.26	38.17	32.21	16.74	52.26	18.15	4.26	2.14	172.99	75.20
25	21.7	102.41	43.08	35.13	22.06	51.97	18.92	9.76	4.52	199.28	88.59
26	12.4	24.32	10.34	1.07	0.55	6.72	2.36	6.63	2.36	38.74	15.61
27	8.7	12.35	5.52	0.78	0.28	4.45	1.42	1.17	0.45	18.75	7.68
28	11	24.32	11.34	3.83	2.06	5.20	1.38	13.92	6.21	47.27	20.99
29	34.3	203.88	98.59	32.98	15.61	12.76	3.72	9.68	5.05	259.31	122.96
30	47.3	430.35	215.32	12.32	5.99	17.52	6.31	13.14	6.38	473.33	234.00
31	11.9	20.79	10.50	3.35	1.07	5.92	1.54	1.66	0.80	31.72	13.91
32	34.7	201.41	88.74	31.26	17.95	20.80	6.32	9.76	4.54	263.23	117.54
33	16.4	47.87	35.66	16.28	8.77	9.08	4.07	5.00	3.57	78.23	52.07
34	27	255.64	185.56	44.20	22.42	29.05	10.10	9.23	6.44	338.12	224.52
35	26	175.80	120.74	87.49	43.85	39.73	17.15	7.13	4.56	310.14	186.30
36	23	117.93	88.45	12.42	7.42	4.66	2.28	5.70	4.00	140.72	102.16
37	19.8	219.96	102.94	54.06	22.37	23.58	6.65	17.12	7.79	314.71	139.76
38	16	102.27	48.21	9.45	4.27	6.58	2.50	11.31	5.08	129.61	60.06
39	29.5	312.74	146.66	42.29	19.43	14.86	5.72	24.20	11.53	394.09	183.34
40	51	843.46	527.26	206.09	104.28	67.88	38.33	53.79	48.67	1171.22	718.54
41	27.7	93.44	150.00	77.06	39.17	17.86	9.69	7.28	10.87	195.64	209.73
42	20	73.17	59.92	41.04	10.24	6.19	3.14	5.07	3.93	125.47	77.22
43	13	32.10	25.46	5.68	4.42	1.77	1.01	0.87	0.64	40.41	31.52
44	12.5	40.52	17.86	33.63	14.41	20.82	6.94	4.57	1.92	99.54	41.13
45	19.6	74.68	59.47	13.11	7.91	2.06	0.90	2.11	1.54	91.95	69.81
46	26.8	300.51	145.58	79.83	34.59	38.77	14.45	29.40	14.73	448.51	209.34

2.4. Topraküstü Biyokütle Denklemlerin Belirlenmesi

Tek ağaç bileşenlerine ait biyokütle tablolarının oluşturulmasında “ Aşamalı Regresyon Analizi” Yönteminden yararlanılmıştır. Hesaplanan tek ağacın kuru ağırlıkları ağaçların göğüs çapı ($d_{1.3}$) ile göğüs çapından çeşitli değişkenler (d^2 , $\ln d$, $\ln^2 d$, $\ln^4 d$, $1/d$, $1/d^2$, ...) türetilerek analize sokulmuştur. Yapılan Aşamalı Regresyon Analizi sonucunda bağımlı değişkenlerle (gövde, dal, kabuk kuru ağırlığı vb.) en anlamlı bağımsız değişkenler saptanarak her bir biyokütle bileşeni ve toplam ağaç biyokütlesi için biyokütle denklemleri oluşturulmuştur.

2.5. Biyokütle Denklemlerinin Kontrolü

Bir denklemin kullanılabilirliğinin kontrolü bağımsız bir veri grubu ile yapılmalıdır. Bu çalışma kapsamında geliştirilen biyokütle denklemleri de bağımsız bir veri grubu ile kontrol edilmiştir. Bu bağlamda toplam veri iki gruba ayrılmıştır. Birinci veri grubu denklem oluşturmak için kullanılırken, ikinci veri grubu denklemin kontrolü için kullanılmıştır. Vanclay (1994), bu tip verileri ayırmada çok sayıda yöntem olduğunu belirtmekle birlikte, bu çalışmada da onlardan biri olan rastgele örnekleme kullanılmıştır.

Denklem geliştirmek amacıyla kullanılan veri toplam verinin yaklaşık % 70'ini (30 adet) oluştururken, geri kalan yaklaşık %30'luk (16 adet) kısım geliştirilen denklemin kontrolünü yapmak amacıyla kullanılmıştır. Denklem gelişimi için ayrılan gözlem sayısının, denklem gelişimine olanak sağlayacak yeterlilikte, test grubundaki gözlem sayısı da test yapmaya ve uygun istatistiksel analiz yapmaya elverişli olmalıdır.

Geliştirilen denklemler Student'in Eşleştirilmiş t -testi ile kontrol edilmiştir.

$$t = \frac{\bar{d}}{S_{\bar{d}}}$$

burada \bar{d} : bağımsız örnekler için bağımlı değişkenin ölçülen değeri (Y_i) ile regresyon denkleminde tahmin edilen (\hat{Y}_i) değerleri arasındaki farkların ortalamasını $S_{\bar{d}}$: farkların standart hatasını göstermektedir.

3. BULGULAR

Biyokütle tablolarının düzenlenmesi için yöntem bölümünde de değinildiği gibi Aşamalı Regresyon Analizi kullanılmıştır. Her bir biyokütle bileşeni için farklı değişkenlerin anlamlı olduğu görülmüştür. Elde edilen bulgular Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Tek ağaç bileşenlerine ilişkin biyokütle denklemleri, denklemlere ilişkin parametrelerin tahmin değerleri ile önemlilik düzeyleri

Biyokütle bileşeni	Model	Katsayılar			R ²	S _{y.x} (kg)	F _h	Önem Düzeyi
		b ₀	b ₁	b ₂				
Gövde	$Y = b_0 + b_1 d^2$	-6.358	0.139		0.942	16.345	456	P<0.001
Dal	$\ln Y = b_0 + b_1 / d$	4.6431	-48.739		0.838	4.721	145	P<0.001
İbre	$\ln Y = b_0 + b_1 \ln^2 d$	-0.837	0.265		0.760	4.669	89	P<0.001
Kabuk	$Y = b_0 + b_1 d^2$	1.186	0.05		0.887	0.988	220	P<0.001
Topraküstü	$Y = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$	4.9289	-1.2465	0.226	0.987	16.002	967	P<0.001

Regresyon denklemlerinde Y: ağacın biyokütle bileşen değerini (kg), d ise göğüs çapını (cm) göstermektedir.

Dal ve ibre biyokütle tablolarının düzenlenmesinde logaritmik denklemlerin kullanılmış olması nedeniyle, bu değerlere düzeltme faktörü uygulanmıştır. Logaritmik değerlerde düzeltme faktörü;

$$f = e^{\left(\frac{1}{2} SE^2\right)}$$

şeklindedir (Baskerville, 1972).

Bu çalışmada hesaplanan düzeltme faktörü dal biyokütle denklemi için f=1.1311, ibre biyokütle denklemi için f=1.1062’dir.

Sarıçam biyokütle tablosunun düzenlenmesinde kullanılmasına karar verilen denklemlerin yöresel bazda uygulanabilirliğinin denetimi için 16 adet kontrol verisi kullanılarak, her bir bileşen için ayrı ayrı olmak üzere normal dağılımlı toplumlarda eşlendirilmiş örneklerin karşılaştırılmasında eşlendirilmiş t-testi sonuçlarına göre

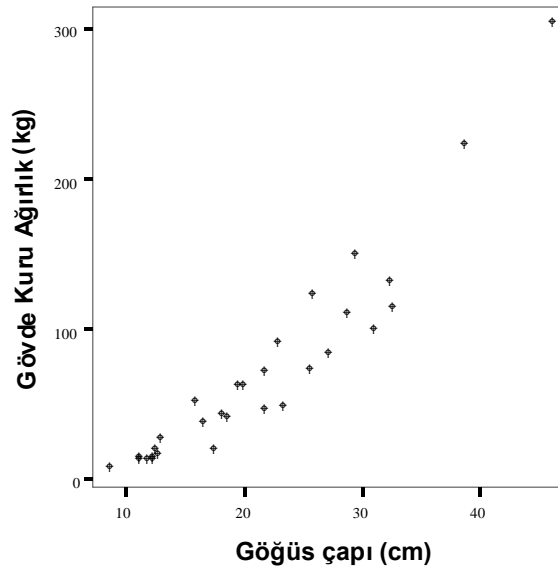
geliştirilen biyokütle denklemlerinin 0.05 önem düzeyinde yöresel bazda kullanılabilceği sonucuna varılmıştır. Eşlendirilmiş *t*-testine ilişkin bulgular Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Eşlendirilmiş *t*-testine ilişkin bulgular

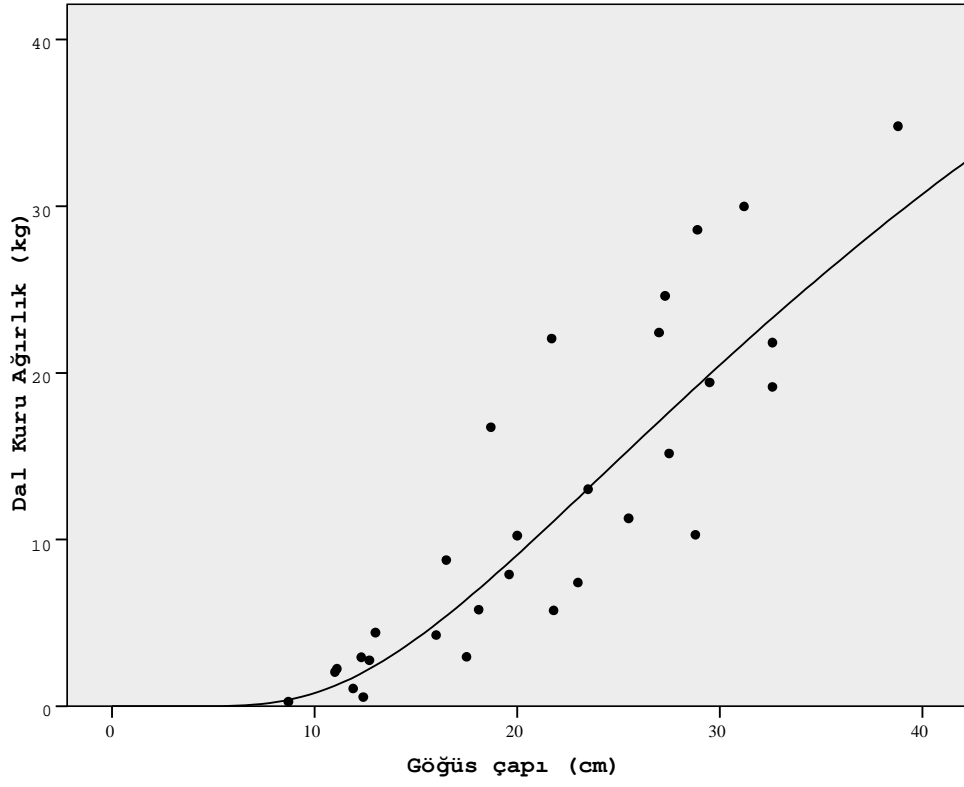
	<i>t</i>	<i>P</i>
Gövde	1.038	0.316
Dal	1.649	0.123
İbre	1.450	0.168
Kabuk	1.219	0.157
Topraküstü	0.054	0.957

Bu çalışma ile elde edilen Sarıçam türünün her bir biyokütle bileşeni ve bu bileşenlerden oluşan toprak üstü biyokütle ile göğüs çapı arasındaki ilişkileri Şekil 5–9’da verilmiştir. Bu şekillerden de görüldüğü gibi tüm biyokütle miktarları göğüs çapı ile doğru orantılı olarak değişmekte, diğer bir ifade ile göğüs çapı arttıkça tek ağacın tüm biyokütle miktarları artmaktadır.

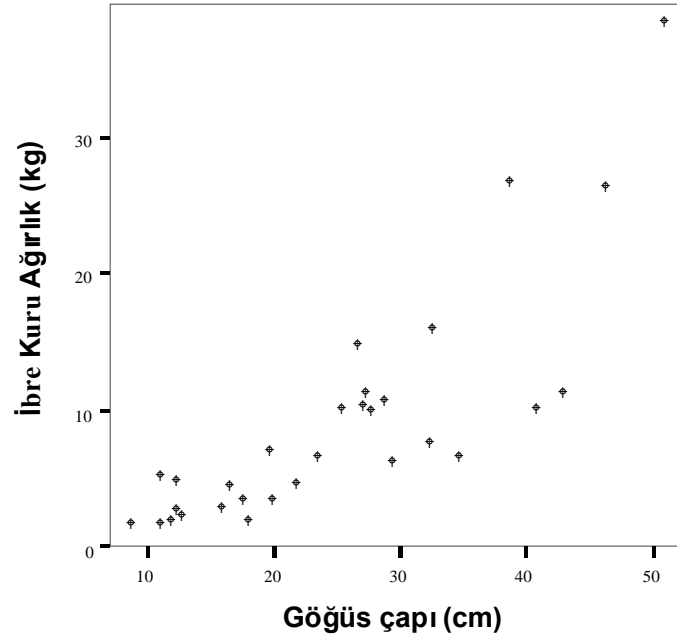
Geliştirilen biyokütle denklemlerinin hata terimleri arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Diğer bir ifade ile hatalar rastgele bir dağılım göstermektedir. Gözlenen biyokütle değerleri ile tahmin edilen biyokütle değerleri arasındaki ilişkiler Şekil 10–14 arasında, hataların dağılım grafikleri ise Şekil 15–19 arasında verilmiştir.



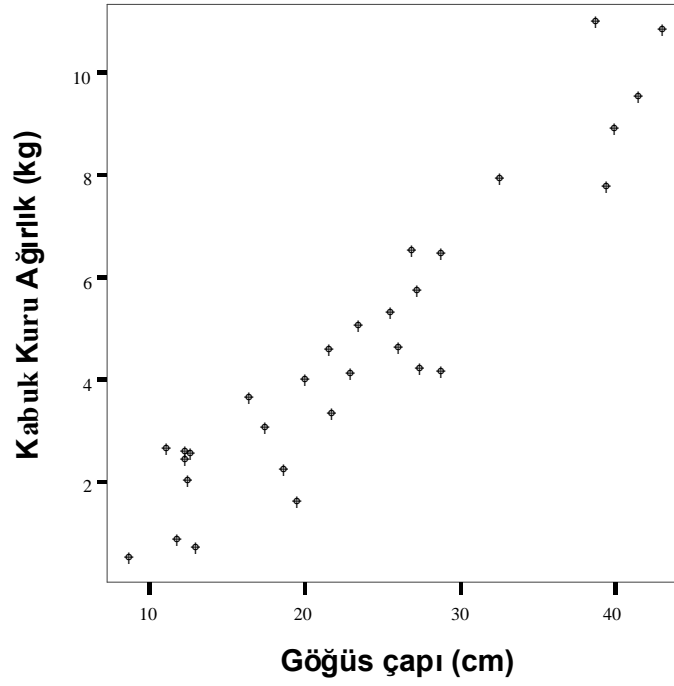
Şekil 5. Gövde kuru ağırlığının göğüs çapına göre değişimi



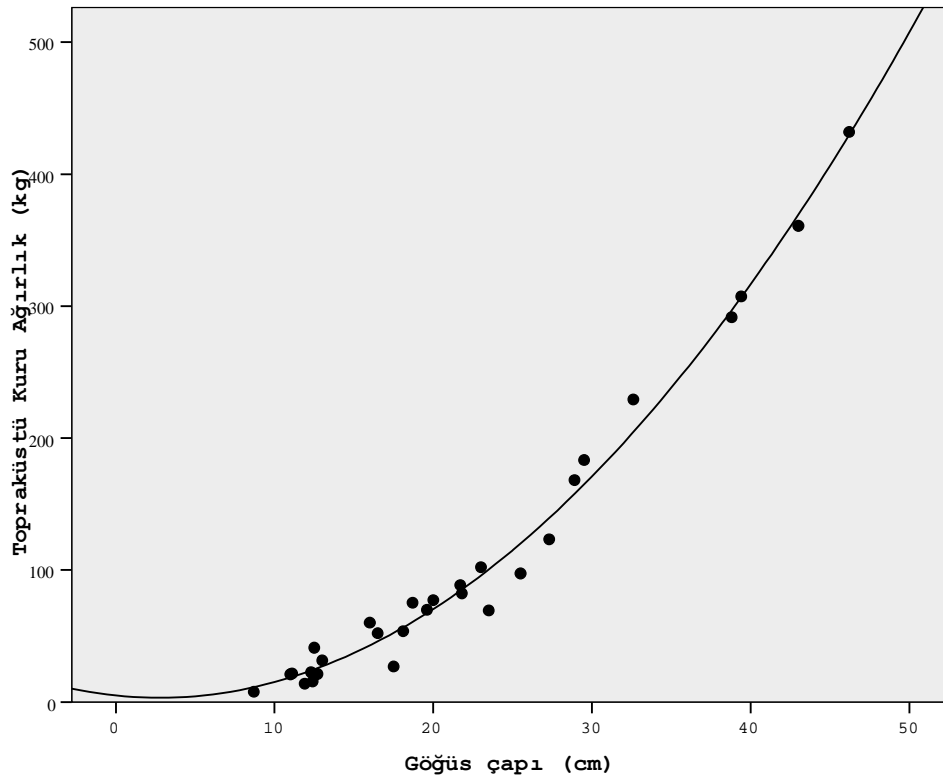
Şekil 6. Dal kuru ağırlığının göğüs çapına göre değişimi



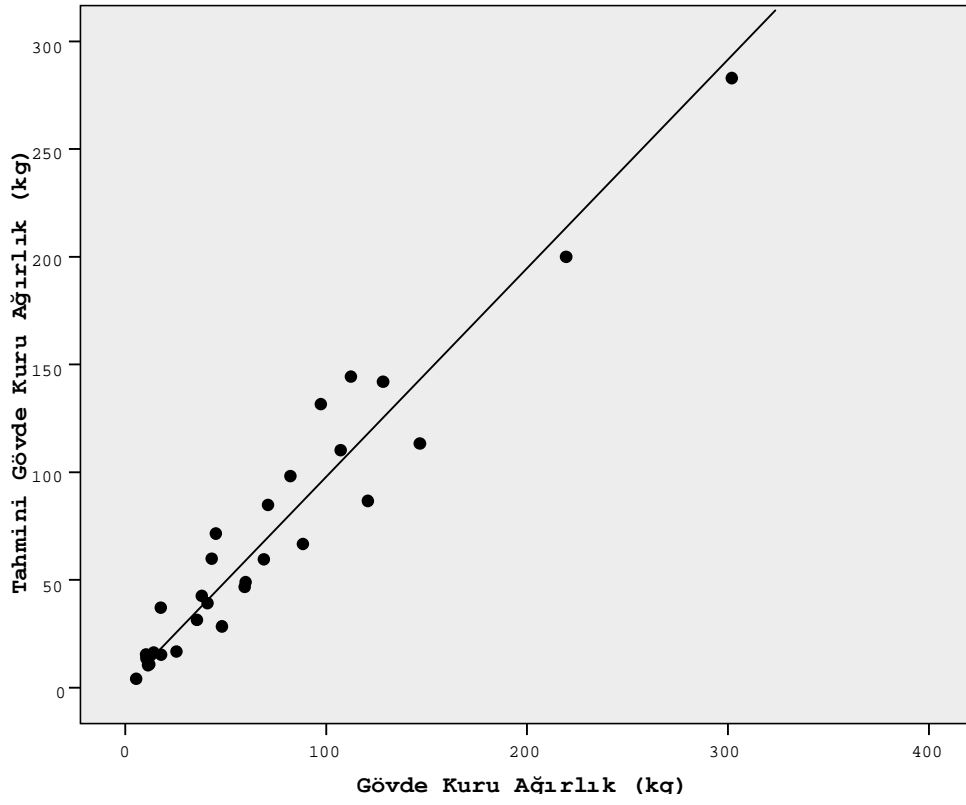
Şekil 7. İbre kuru ağırlığının göğüs çapına göre değişimi



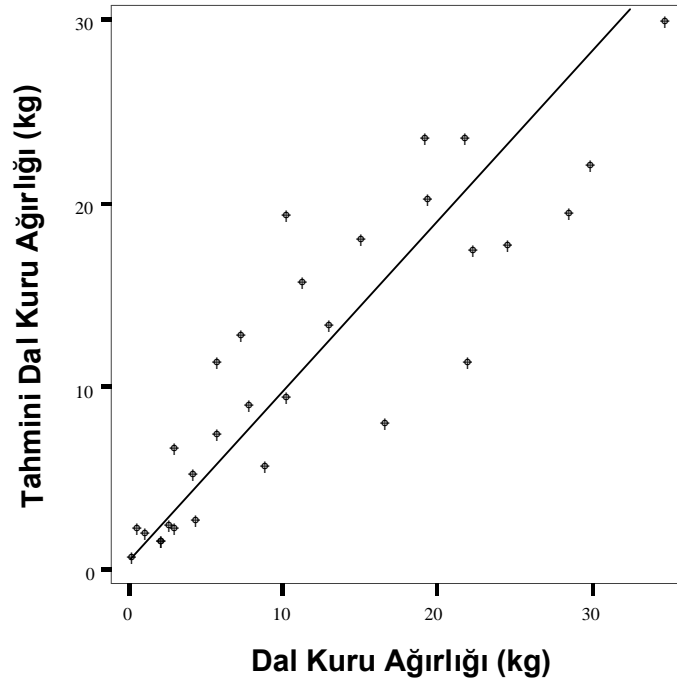
Şekil 8. Kabuk kuru ağırlığının göğüs çapına göre değişimi



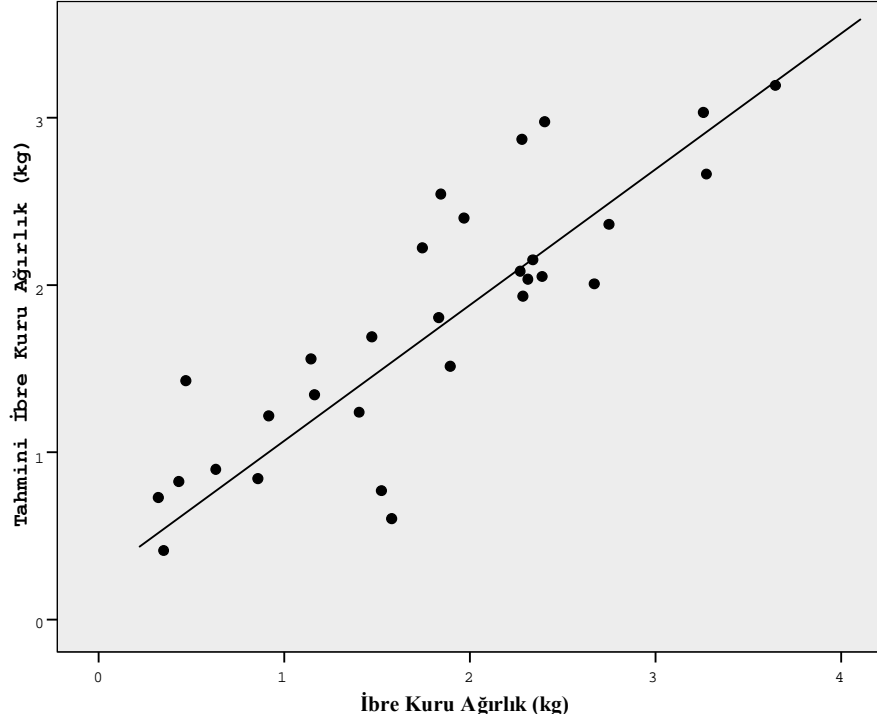
Şekil 9. Topraküstü kuru ağırlığın göğüs çapına göre değişimi



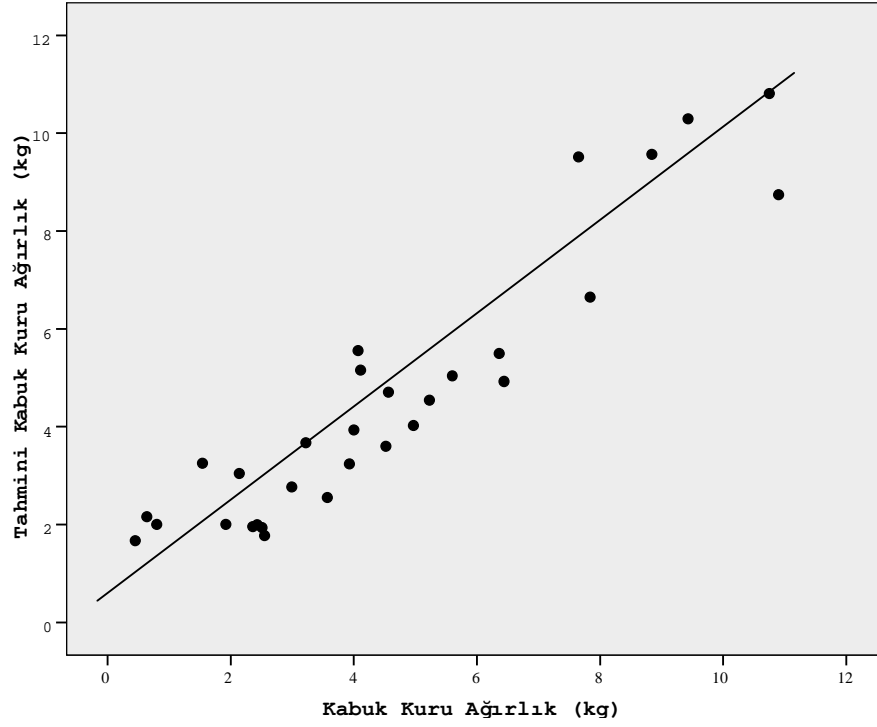
Şekil 10. Gözlenen gövde biyokütlesi ile tahmin edilen gövde biyokütlesi arasındaki ilişki



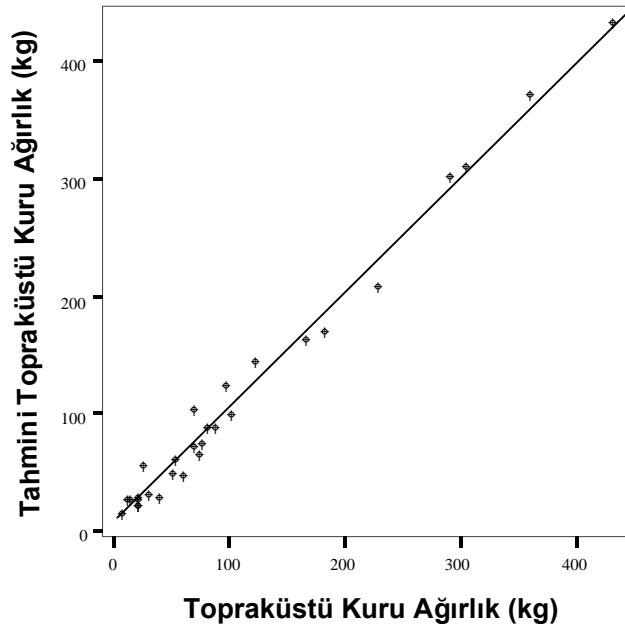
Şekil 11. Gözlenen dal biyokütlesi ile tahmin edilen dal biyokütlesi arasındaki ilişki



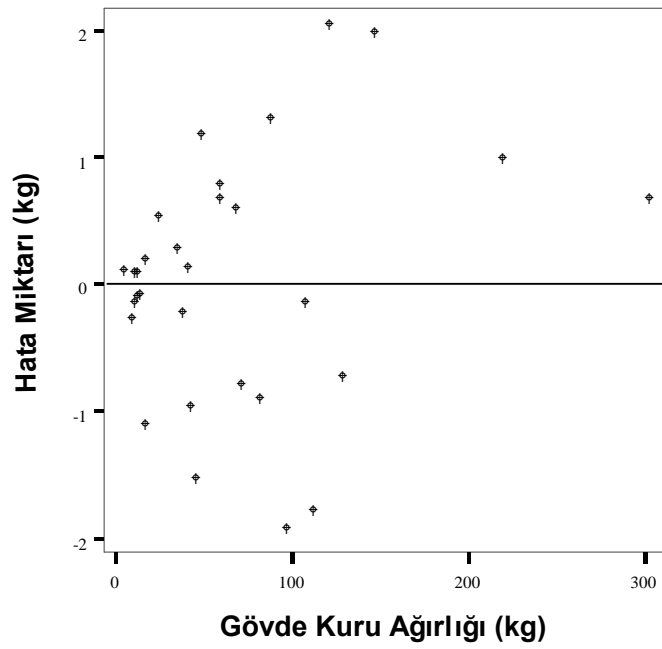
Şekil 12. Gözlenen ibre biyokütlesi ile tahmin edilen ibre biyokütlesi arasındaki ilişki



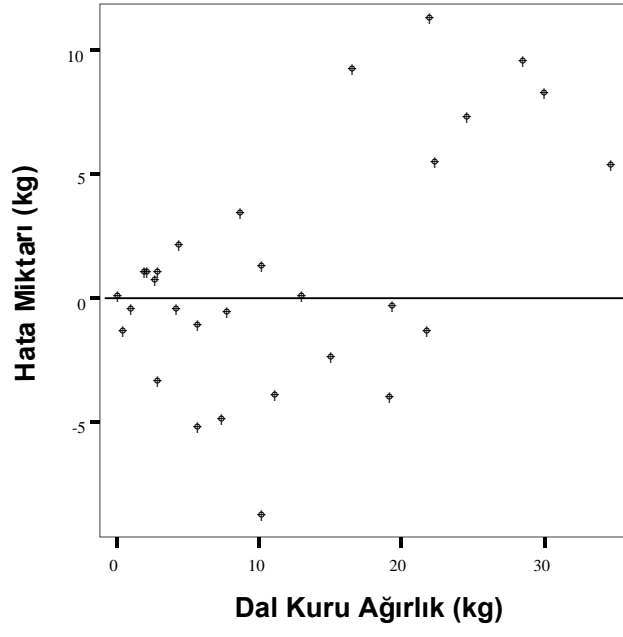
Şekil 13. Gözlenen kabuk biyokütlesi ile tahmin edilen kabuk biyokütlesi arasındaki ilişki



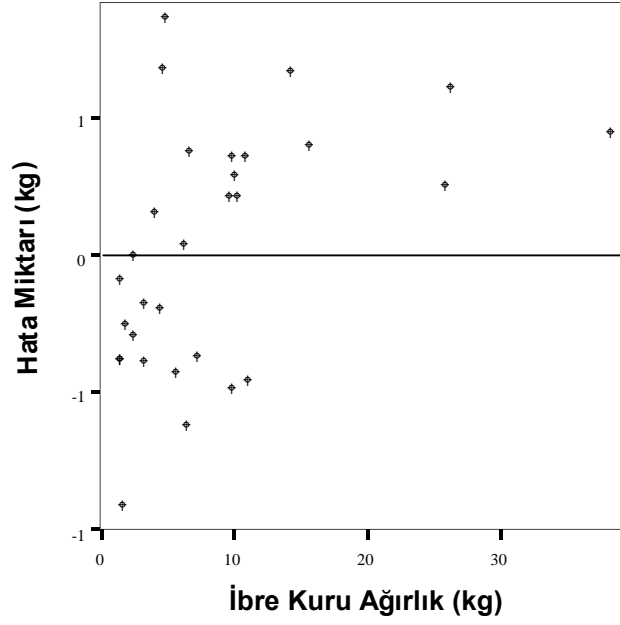
Şekil 14. Gözlenen topraküstü biyokütle ile tahmin edilen topraküstü biyokütle arasındaki ilişki



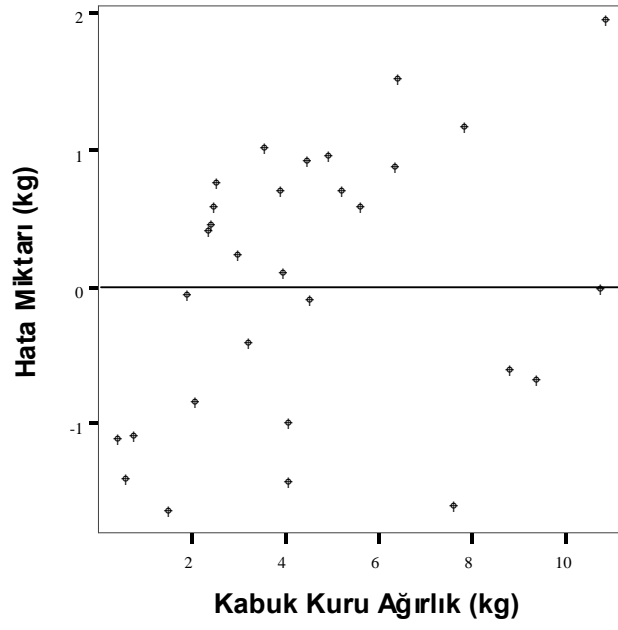
Şekil 15. Gövde biyokütle denkleminin hata dağılımı



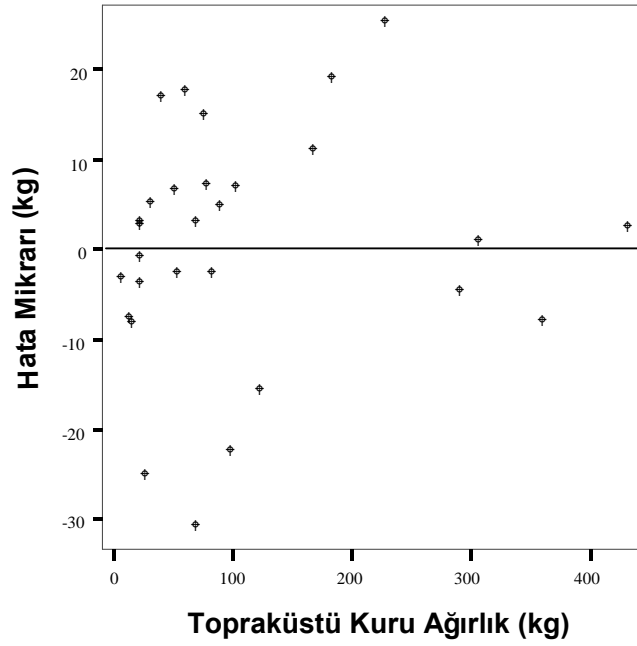
Şekil 16. Dal biyokütle denkleminin hata dağılımı



Şekil 17. İbre biyokütle denkleminin hata dağılımı



Şekil 18. Kabuk biyokütle denkleminin hata dağılımı



Şekil 19. Topraküstü biyokütle denkleminin hata dağılımı

4. TARTIŞMA

Tek girişli gövde biyokütle tablolarının oluşturulması için Regresyon Analizi yardımıyla tek ağaç bileşenlerinin kuru ağırlıkları ile göğüs çapı ($d_{1.3}$) ve göğüs çapından türetilmiş çeşitli bağımsız değişkenler (d^2 , $\ln d$, $\ln^2 d$, ..) ilişkiye getirilmiş ve yeni denklemler oluşturulmuştur.

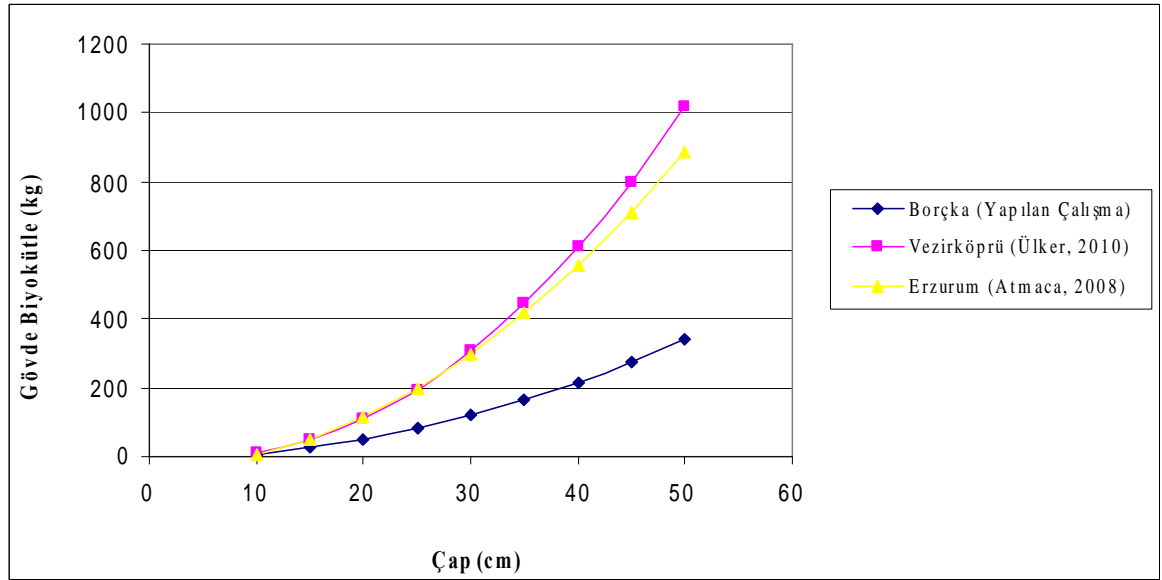
Gövde biyokütle tablosu, gövde kuru ağırlığı ile d^2 'nin ilişkiye getirildiği Aşamalı Regresyon Analizi yönteminden yararlanılarak elde edilen doğrusal denkleme göre, dal biyokütle tablosu logaritmik bir denklem olan S denklemine göre, ibre biyokütle tablosu $\ln^2 d$ 'nin bağımsız değişken olarak kullanıldığı doğrusal denkleme göre, kabuk biyokütle tablosu d^2 'nin bağımsız değişken olduğu doğrusal denkleme göre topraküstü biyokütle tablosu ise parabolik denklem olan quadratic denkleme göre düzenlenmiş olup, bu denklemler sadece göğüs çapının ölçümünü gerektirmeleri nedeniyle uygulanabilirlikleri yüksektir.

Çalışma kapsamında çeşitli bağımsız değişkenler kullanılarak elde edilen tek girişli biyokütle denklemlerinin her biri, bağımsız bir veri grubu ile (kontrol verileri) denetlenmiş ve 0.05 önem düzeyi ile seçilen tüm biyokütle denklemlerinin örnek ağaçların seçildiği Borçka yöresi için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

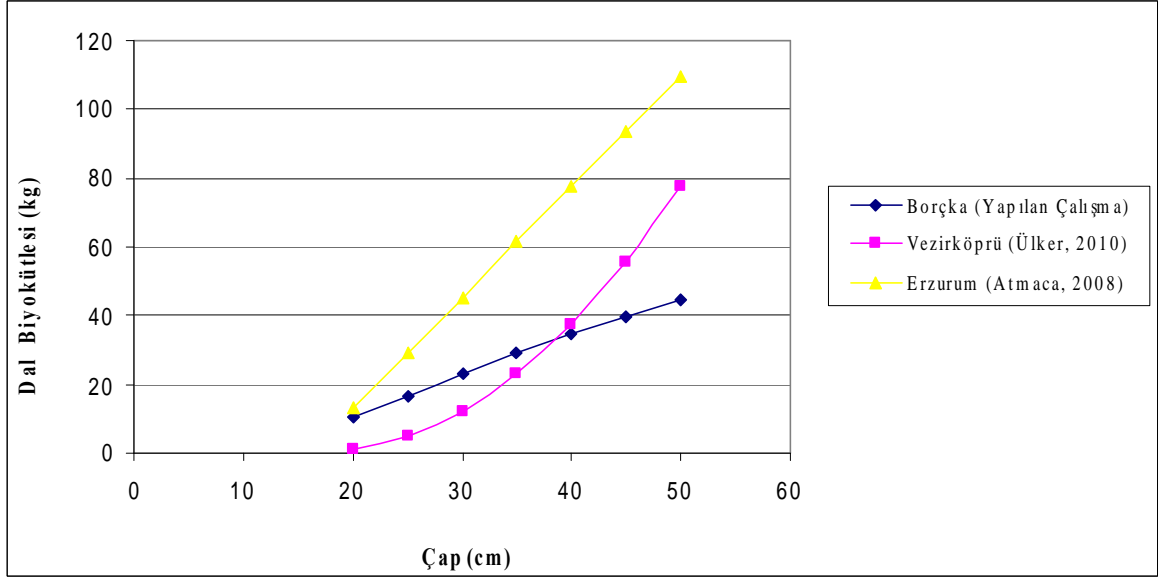
Sarıçamın yayılış alanları arasından Erzurum yöresi için Atmaca (2008) ve Vezirköprü yöresi için de Ülker (2010) tarafından ağaç bileşenlerinin çapa bağlı biyokütle denklemleri geliştirilmiş ve biyokütle tabloları düzenlenmiştir. Atmaca (2008) ve Ülker (2010) tarafından geliştirilen denklemler ile Borçka yöresi için yapılan bu çalışma sonucunda elde edilen biyokütle denklemleri kullanılarak ağaç bileşenlerinin çapa bağlı olarak biyokütle miktarları hesaplanmış ve Tablo 9'da verilmiştir. Bu tabloda verilen değerlere bağlı olarak her üç çalışmaya ilişkin denklemlerle elde edilen biyokütle değerlerinin çapa bağlı olarak değişimleri gövde için Şekil 20'de, dal için Şekil 21'de, ibre için Şekil 22'de ve toplam topraküstü biyokütle için de Şekil 23'te görülmektedir.

Tablo 9. Sarıçamın farklı yayılış alanları için yapılan çalışmalarda çap değişimine göre ağaç bileşenlerinin biyokütle miktarları

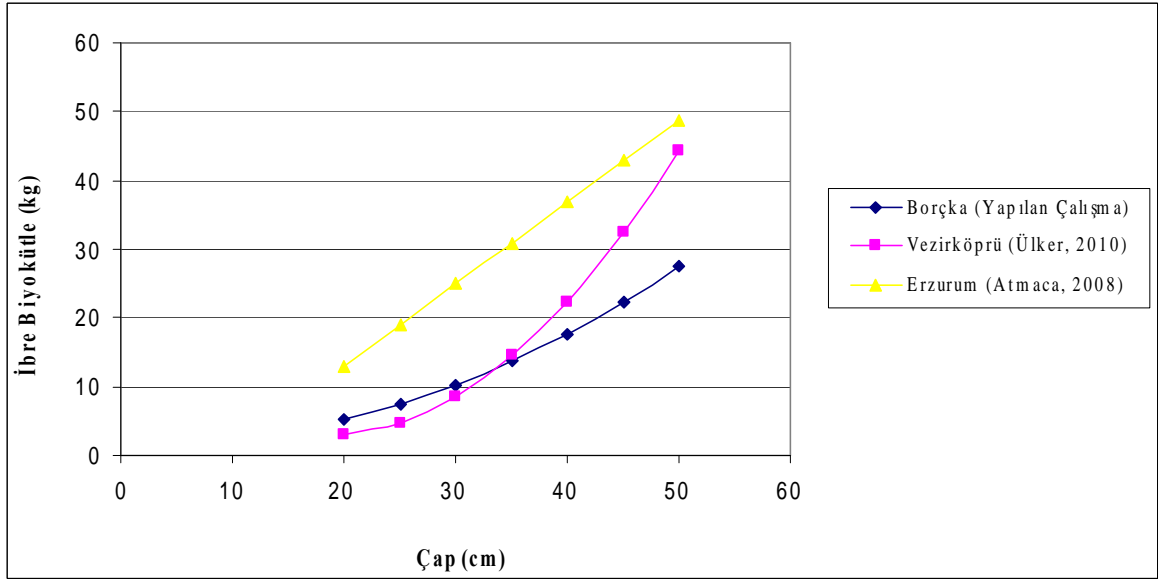
Çap (cm)	Gövde (kg)			Dal (kg)			İbre (kg)			Toprak Üstü(kg)		
	Borçka (Yapılan Çalışma)	Vezirköprü (Ülker, 2010)	Erzurum (Atmaca, 2008)	Borçka (Yapılan Çalışma)	Vezirköprü (Ülker, 2010)	Erzurum (Atmaca, 2008)	Borçka (Yapılan Çalışma)	Vezirköprü (Ülker, 2010)	Erzurum (Atmaca, 2008)	Borçka (Yapılan Çalışma)	Vezirköprü (Ülker, 2010)	Erzurum (Atmaca, 2008)
10	7.54	13.52	4.03	0.90			1.95		1.06	15.06	15.49	17.53
15	24.94	48.14	49.98	4.56			3.34		7.03	37.08	59.32	72.08
20	49.25	108.67	114.30	10.27	1.29	13.09	5.17	2.99	12.99	70.40	131.40	148.45
25	80.52	195.09	197.00	16.72	4.98	29.19	7.46	4.76	18.96	115.02	231.73	246.65
30	118.74	307.42	298.07	23.14	12.28	45.29	10.27	8.59	24.93	170.93	360.31	366.66
35	163.92	445.64	417.53	29.19	23.17	61.39	13.65	14.46	30.89	238.15	517.14	508.50
40	216.04	609.77	555.36	34.74	37.67	77.49	17.64	22.39	36.86	316.67	702.22	672.16
45	275.12	799.79	711.57	39.77	55.76	93.59	22.29	32.36	42.82	406.49	915.55	857.64
50	341.14	1015.72	886.15	44.32	77.46	109.69	27.65	44.39	48.79	507.60	1157.13	1064.94



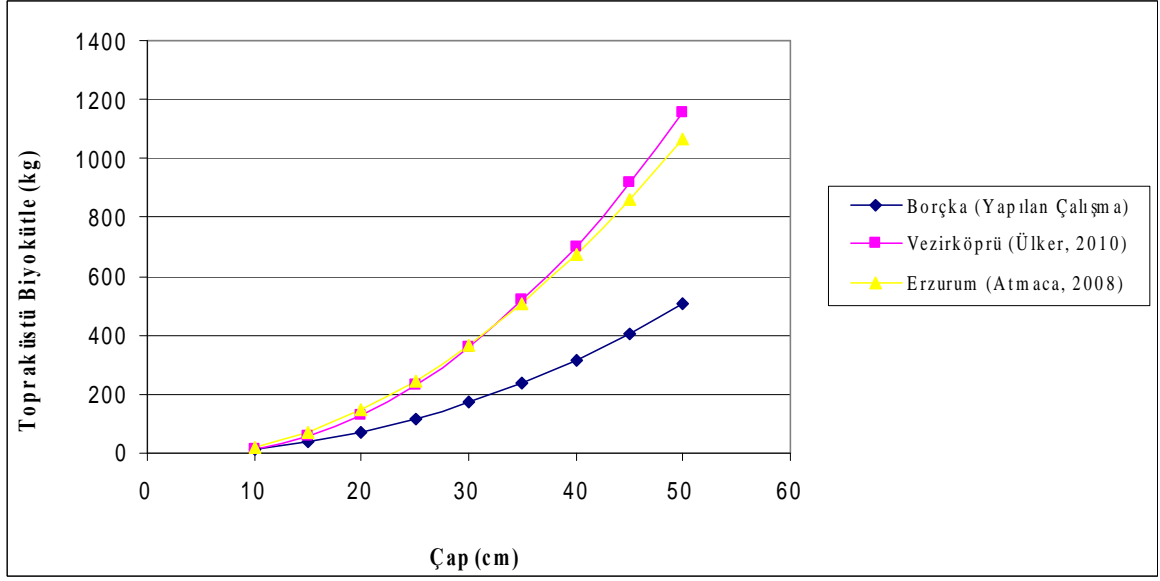
Şekil 20. Sarıçamın farklı yayılış alanları için yapılan çalışmalarda elde edilen gövde biyokütlesinin göğüs çapına göre değişimi



Şekil 21. Sarıçamın farklı yayılış alanları için yapılan çalışmalarda elde edilen dal biyokütlesinin göğüs çapına göre değişimi



Şekil 22. Sarıçamın farklı yayılış alanları için yapılan çalışmalarda elde edilen ibre biyokütlesinin göğüs çapına göre değişimi



Şekil 23. Sarıçamın farklı yayılış alanları için yapılan çalışmalarda elde edilen toplam topraküstü biyokütlesinin göğüs çapına göre değişimi

Tablo 9 ve Şekil 20 incelendiğinde, her üç yöreye ilişkin denklemler yardımıyla elde edilen gövde biyokütle değerlerinin ince çaplarda birbirlerine yakın değerler aldığı görülmektedir. Buna karşın, kalın çap basamaklarında Vezirköprü ve Erzurum yörelerine ilişkin denklemlerle elde edilen gövde biyokütlesinin birbirlerine yakın değerler almalarına karşın Borçka yöresi için bu çalışma kapsamında geliştirilen denklemlerle elde edilen gövde biyokütlesinden önemli oranda farklılıklar gösterdiği ve Borçka yöresine ilişkin değerlerin diğer iki yöreye ilişkin değerlerden oldukça düşük olduğu gözle çarpıcıdır. Örneğin; Vezirköprü ve Erzurum yörelerinde 30-35 cm çapındaki ağaçlarda elde edilen biyokütle değerleri, Borçka yöresinde ancak 45-50 cm çaplarda elde edilmiştir. Kalın çap basamaklarında en yüksek gövde biyokütlesi değerleri Vezirköprü yöresinden elde edilmiştir ki bu da gerçeği yansıtmaktadır.

Şekil 21’de Borçka, Vezirköprü ve Erzurum yöreleri için geliştirilen denklemlere göre elde edilen dal biyokütlesi görülmektedir. Dal biyokütlesi arasında yörelere ilişkin farklılıklar ilk çaplardan itibaren kendini göstermektedir. Erzurum yöresine ilişkin değerler tüm çaplar için en yüksek dal biyokütlesi değerlerine sahip olmuştur. Borçka ve Vezirköprü yöreleri arasındaki dal biyokütlesi ilişkileri incelendiğinde ise yaklaşık 40 cm çapa kadar Borçka yöresine ilişkin dal biyokütlesi daha fazla iken, bu çap değerinden sonra üstünlük Vezirköprü yöresine geçerek, Erzurum yöresine yaklaşmaya başlamıştır.

Gövde biyokütlesinde üstünlük Vezirköprü yöresinde iken, dal biyokütlesinde üstünlüğün Erzurum yöresinde olması bu yörede dallanmanın daha çok olduğu anlamına gelebilmektedir. Aynı durumun ibre biyokütlesinde de geçerli olduğu Şekil 22'de de görülebilmektedir.

İbre biyokütlesinin yöreler arası farklılıklarının gösterildiği Şekil 22 incelendiğinde ince çaplardan kalın çaplara doğru gidildikçe yöreler arası değişimin farklı durumlar gösterdiği göze çarpmaktadır. Özellikle Vezirköprü yöresine ilişkin olarak Ülker (2010) tarafından geliştirilen denklemle elde edilen ibre biyokütlesi değerleri düşük çaplarda en düşük değerler göstermekte, orta çap basamaklarında Borçka yöresine göre yüksek ve Erzurum yöresine göre düşük değerler almakta ve kalın çaplarda ise gerek Erzurum gerekse Borçka yörelerinden daha yüksek olmaktadır. Borçka yöresi ile Erzurum yöresine ilişkin ibre biyokütleleri karşılaştırıldığında ise tüm basamaklarında Borçka yöresine ilişkin değerler daha düşük bulunmuştur.

Topraküstü toplam biyokütle değerlerine ilişkin değişimin gösterildiği Şekil 23 incelendiğinde de gövde biyokütlesindeki dağılıma benzer sonuçlarla karşılaşılmıştır. Gövde biyokütlesinin üç farklı yöredeki gelişiminde olduğu gibi topraküstü biyokütlesi de her üç yöre için ince çaplarda birbirlerine yakın değerler almıştır. Ancak, kalın çaplarda yörelere ilişkin değerler arasındaki benzerlik Vezirköprü ve Erzurum yöreleri için devam ederken Borçka yöresi için negatif yönde ve önemli ayrılıklar gözlemlenmiştir. Bunun anlamı Vezirköprü yöresindeki düzgün gövde gelişimi yetiştirme ortamının iyi olmasından kaynaklanırken, Erzurum yöresindeki dallanmanın çok olması Vezirköprü yöresinin toplam biyokütledeki üstünlüğünü ortadan kaldırmakta ve ona yakın değerlere ulaşmaktadır.

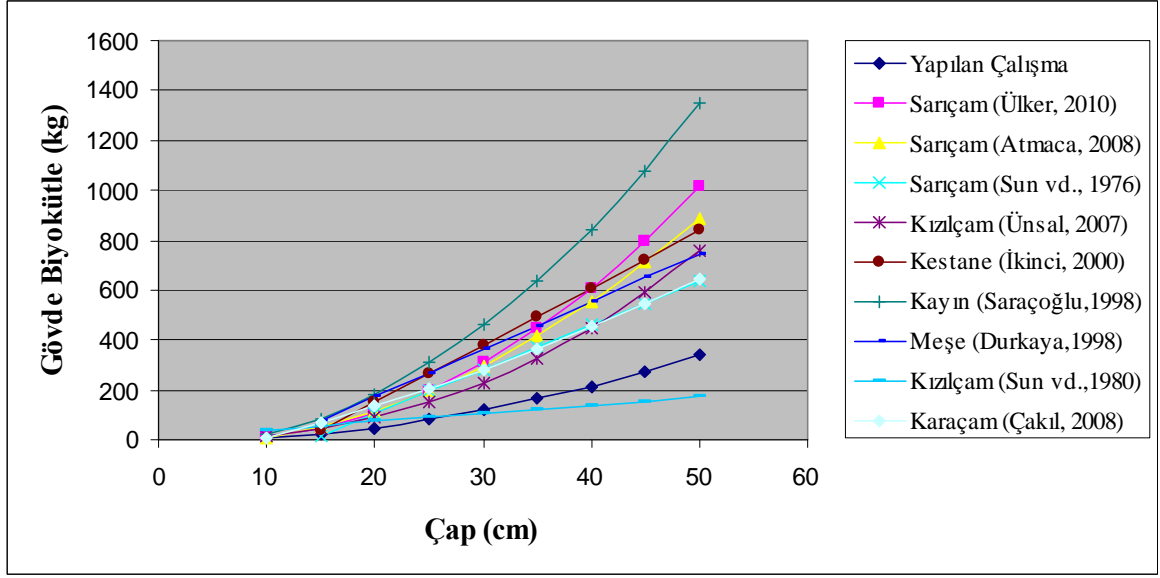
Bu çalışma kapsamında Borçka yöresi için geliştirilen biyokütle denklemleri ile Ülker (2010) ve Atmaca (2008) tarafından sırasıyla Vezirköprü ve Erzurum yöreleri için geliştirilen denklemler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olup olmadığının test edilmesi için Student'in Eşlendirilmiş *t*-testi'nden yararlanılmış ve $\alpha=0.05$ önem düzeyinde gerek Atmaca (2008) ve gerekse Ülker (2010) tarafından geliştirilen denklemler ile bu çalışma sonucunda elde edilen biyokütle denklemleri arasında anlamlı fark olduğu ve her iki yöreye ilişkin denklemlerin de Borçka yöresi için uygun olmadığı ve kullanılamayacağı sonucuna varılmıştır.

Sun vd.'nin (1976) Sarıçamda yaptıkları çalışma sonucunda gövde ve tüm ağacın kuru ağırlığı ile çap arasında doğrusal ilişki olduğu belirtilmiştir.

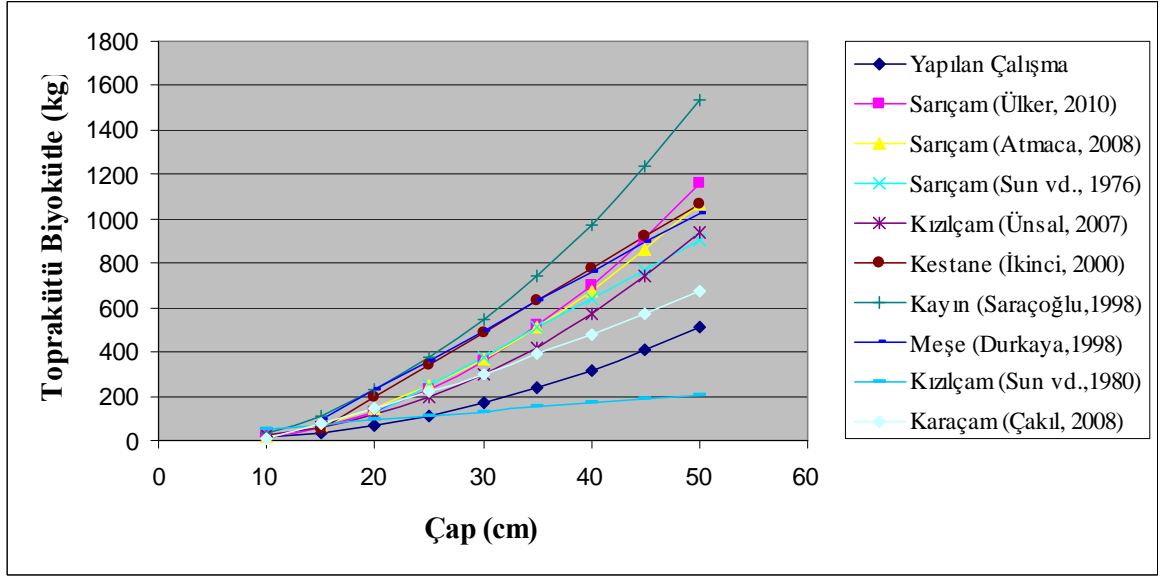
Saraçoğlu (1992) Kayında gövde ve tüm ağacın kuru ağırlığı ile çap arasındaki ilişkinin $\log y = b_0 + b_1 d + b_2 \frac{1}{d}$ şeklinde olduğunu belirtmiştir. Durkaya'nın (1998) meşede, İkinci'nin (2000) Kestanede yaptığı çalışma ile göğüs çapı ile gövde ve tüm ağacın kuru ağırlığı arasındaki ilişkinin doğrusal olduğu ifade edilmiştir. Ünsal'ın (2008) Kızılçamda yaptığı çalışmada ise gövde ve tüm ağacın kuru ağırlığı ile çap arasında logaritmik bir ilişki olduğu belirtilmiştir.

Ülkemizde yayılış gösteren ve biyokütle tabloları düzenlenmiş olan ağaç türleri için gövde ve topraküstü biyokütle değerlerinin çapa göre değişimlerini belirlemek amacıyla her bir ağaç türü için ve bazı ağaç türleri için de farklı yayılış alanları için ayrı ayrı olmak üzere biyokütle değerleri belirlenmiş ve bu değerlere bağlı olarak Şekil 24 ve Şekil 25 elde edilmiştir.

Şekil 24'de de görüleceği gibi aynı göğüs çapına sahip ağaçlara ilişkin gövde biyokütlesi değerleri ince çap basamaklarında birbirlerine oldukça yakın sonuçlar vermiştir. Ancak kalın çap değerlerine bakıldığında bu benzerlik ortadan kaybolmuş ve Saraçoğlu (1998) tarafından geliştirilen modele bağlı olarak Kayın en yüksek gövde biyokütlesine sahipken, Sun vd. (1980) tarafından geliştirilen denkleme bağlı olarak Kızılçam en düşük değeri almıştır. Ancak yine Kızılçam için Ünsal (2007) tarafından geliştirilen denkleme bağlı olarak elde edilen değerler orta sıralarda yer almıştır. Bu çalışmanın konusu olan Sarıçam türüne ilişkin değerler incelendiğinde ise, Vezirköprü ve Erzurum yöreleri için sırasıyla Ülker (2010) ve Atmaca (2008) tarafından geliştirilen denklemlerle elde edilen gövde biyokütlesi değerleri ağaç türleri arasında en yüksek değerler arasında yer almıştır. Ancak bunun tam aksine Borçka yöresi için bu çalışmada geliştirilen denklemlerle hesaplanan gövde biyokütlesi değerleri, hemen tüm çap basamakları için Kızılçamdan sonra en düşük değer olmuştur. Topraküstü toplam biyokütlenin ağaç türlerine göre değişiminin gösterildiği Şekil 25'de de Şekil 24'deki ilişkilerin hemen hemen aynısı gözlemlenmiştir.



Şekil 24. Ağaç türleri bakımından gövde biyokütlesinin çapa göre değişimi



Şekil 25. Ağaç türleri bakımından topraküstü biyokütlenin çapa göre değişimi

5. SONUÇLAR

Sarıçam biyokütle miktarlarının tahmini için, Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Borçka Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde örnek ağaçlar seçilmiştir. Toplam 46 örnek ağaçta yapılan ölçümlerden elde edilen verilerden yararlanılmıştır. Örnek ağaç seçiminde; ağaçların değişik çap ve boy basamağında, canlı, tepesi sağlam, tek gövdeli ve sağlıklı olmasına özen gösterilmiştir.

Biyokütle tabloları kuru ağırlık tabloları şeklinde düzenlenmiştir. Yaş ağırlık, mevsimden mevsime değiştiği için kuru ağırlık tablolarının düzenlenmesi daha uygun görülmüştür. Ağaç bileşenlerinin tüm ağaç üzerindeki yaş ve fırın kurusu ağırlıklarının bulunabilmesi için örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Gövde ağırlıklarının bulunabilmesi için, her bir örnek ağaçtan, ağacın gövdesini temsil edecek şekilde yaklaşık gövdenin orta yerinden bir örnek enine kesit alınmış ve bu örnek kesit arazide tartılarak yaş ağırlığı bulunmuştur. Gövdenin toplam hacmi, laboratuara getirilen örnek kesitin hacmine oranlanmış ve bu oran yardımıyla ağacın yaş ağırlığı belirlenmiştir. Gövde kesitinin kuru ağırlığı, bulunan oran ile çarpılarak ağacın kuru ağırlığı belirlenmiştir. Dal ağırlıklarının bulunabilmesi için, ağacın toplam dal hacmi seçilen örnek dalın hacmine oranlanmış örnek dalın yaş ağırlığı ile çarpılarak dal yaş ağırlığı, kuru ağırlığı ile çarpılarak dal kuru ağırlığı belirlenmiştir. İbre ağırlıklarının bulunabilmesi için tüm ağacın dal ağırlığı, seçilen örnek daldaki ibre ağırlığına oranlanmış ve bu oran ile örnek daldan toplanan ibrenin yaş ağırlığı çarpılarak ağacın ibre yaş ağırlığı, fırın kurusu ağırlığı çarpılarak ibre kuru ağırlığı elde edilmiştir.

Biyokütle tablolarının düzenlenmesinde, regresyon analizi yöntemine göre, göğüs çapının ve göğüs çapından türetilmiş çeşitli değişkenlerin bağımsız değişken olarak kullanıldığı tek girişli 5 adet kuru ağırlığı esas alan biyokütle denklemi oluşturulmuştur.

Gövde biyokütle denklemi;

$$Y = -6.358 + 0.139d_{1..3}^2$$

Dal biyokütle denklemi;

$$\ln Y = 4.6431 - 48.739 / d_{1..3}$$

İbre biyokütle denklemi;

$$\ln Y = -0.837 + 0.265 \ln^2 d_{1..3}$$

Kabuk biyokütle denklemi;

$$Y = 1.186 + 0.05 d_{1..3}^2$$

Topraküstü biyokütle denklemi;

$$Y = 4.9289 - 1.2465 d_{1..3} + 0.226 d_{1..3}^2$$

biçiminde elde edilmiştir.

Tek girişli biyokütle denklemleri arasından seçilen en uygun biyokütle denklemlerinin her biri için 'Kontrol Verileri' ile yöresel bazda uygunluk denetimi Eşlendirilmiş *t*-testi ile yapılarak 0.05 önem düzeyinde, biyokütle denklemlerinin kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Ek Tablo 1'de verilen değerlerin kullanılabilceği bölgeler, verilerin toplandığı Borçka yöresindeki saf Sarıçam meşcereleridir. Tablonun yöre dışındaki ormanlarda kullanılabilmesi mümkün olsa bile uygulama sonuçları ile tablodan elde edilen sonuçların uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir. Çünkü, gerek örnek sayısı, gerekse bu örneklerin toplandığı bölge itibarıyla bu tablo yöresel bir tablodur. Bu nedenle, bu tablonun yöre dışı ormanlarda kullanılması halinde, tablo değerleri ile gerçek değerler arasında **anlamlı** farklılık oluşabilir.

Türkiye, hızlı nüfus artışı ile karşı karşıya kalmıştır. Bu artış sonucu gerek konutlarda gerekse de sanayide enerji taleplerinin hızlı artışı görülmüştür. Enerji ihtiyacını genel olarak fosil yakıtlardan karşılamakta olan ülkemiz için, çevreye zararlı olan ve ülkemizi dışa bağımlı hale getiren bu yakıtların kullanımını azaltmaya yardımcı olacak ülkemizde bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması hem ekonomik, hem de çevresel açıdan oldukça önemlidir. Biyokütle, sürdürülebilirlik,

kolaylıkla bulunabilirlik ve çevre üzerinde istenmeyen etkiye sebep olmama gibi bazı önemli avantajlara sahip olan yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Bu nedenle biyokütle gelecekte ülkemiz için önemli bir enerji potansiyeli olarak görülmelidir.

6. ÖNERİLER

İklim değişimlerini yavaşlatmak için yenilenebilir biyokütlenin enerji üretiminde kullanılmasına olan talebin giderek artması ile birlikte ormandaki biyokütle önemli bir kaynak olmaya başlamıştır.

Orman biyokütlesinin giderek artan önemine karşın ülkemizde biyokütle tahminleri konusunda yeterli sayıda araştırma yapılamamıştır. Yapılan çalışmaların çoğunda ise biyokütle tahmin yöntemlerinden biri olan orta ağaç yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile örnek alanlar yardımıyla meşcere orta ağacının biyokütlesi bulunmakta ve ağaç sayısı ile çarpılarak meşcere biyokütlesi elde edilmektedir. Bu yöntem dal odunu, ibre ya da kabuk miktarlarının belirlenmesinde güvenilir olmayan sonuçlar vermektedir. Bu nedenle meşcere tipi ya da meşcere içerisine göre yeterli ölçüde doğru sonuçlar elde edilemeyebilir. Ayrıca, bu yöntem toplam biyokütle verimini sadece tahmini bir değer olarak verirken, meşcerenin çap basamaklarına göre biyokütle ya da biyokütle verimine ilişkin bir bilgi vermemektedir. Bu çalışmada kullanılan regresyon yönteminde ise birçok örnek ağaçtan alınan ölçümlere göre hem tüm ağacın hem de ağaç bileşenlerinin biyokütleleri göğüs çapı ve boy gibi kolay ölçülebilen parametreler ile tek ağaç bazında belirlenmektedir. Bu yöntem ile tek ağaç öğelerinin ve tek ağacın toplam yaş ve kuru ağırlıklarının saptanabilmesi ve diğer yöntemlere göre daha güvenilir sonuçlar vermesi ile dünyada en çok tercih edilen ve uygulanan biyokütle yöntemidir (Saraçoğlu, 1990).

Hiç şüphesiz ki Türkiye, ormanlarındaki karbon stoklarını artırarak iklim değişikliği üzerine olumlu etkide bulunma fırsatına sahiptir. Yüksek düzeydeki bozuk ormanlar ağaçlandırılarak, karbon yutakları için büyük bir potansiyel olarak değerlendirilebilir. Bozuk ormanların iyileştirilmesi yanında orman biyokütlesinden en üst düzeyde enerji elde edilerek ülkemizin enerji açığının kapatılmasına önemli katkılar sağlanılabilir.

Araştırmalar göstermektedir ki; ormanlarımızda değerlendiremediğimiz fazla miktarda odun artığı bulunmaktadır. Bu artıklar orman yangınlarını tetikleme ve alev sıcaklığını yükseltme potansiyeline sahiptir. Bu riski azaltmak için kömür yerine odun artıklarını kullanmaya yönelik sanayi kolları oluşturulmalıdır.

Orman biyokütlesi terimi incelendiğinde, biyokütlenin sadece toprak üstü ağaç biyokütlesinden (gövde, dal, ibre, kabuk ve tüm ağaç) ibaret olmadığı, toprak üstü biyokütlenin ölü ve diri örtü biyokütlesini de kapsadığı, bunun yanında toprak altı,

endüstriyel odun, yakacak odun ve satılabilir odun biyokütlesinin de orman biyokütlesine dahil olduğu bilinmektedir. Toprakaltı biyokütlesi toplam orman biyokütlesinin önemli bir parçası olduğundan ve önemli bir karbon havuzu özelliği taşıdığından, toplam biyokütle içinde olması gereken toprakaltı biyokütlenin de belirlenmesi gerekir.

Bu çalışmada sadece topraküstü ağaç biyokütlesi belirlenmeye çalışılmış, ancak toprakaltı biyokütleyi belirlemeye yönelik çalışma bu tez kapsamında yapılmamıştır. Çalışmanın eksikliği olarak toprakaltı, endüstriyel, yakacak odun ve satılabilir odun biyokütlesine yönelik çalışma yapılmaması gösterebilir. Ancak bu eksiklik, bu çalışmanın bir parçasını oluşturduğu TÜBİTAK TOVAG-106O274 nolu projede giderilmektedir. Bundan sonra yapılacak olan biyokütle çalışmalarında, hem toprakaltı hem de topraküstü biyokütle değerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

7. KAYNAKLAR

- Acaroğlu, M., 2008. Türkiye’de Biyokütle, Biyoetanol ve Biyomotorin Kaynakları ve Biyoyakıt Enerjisinin Geleceği, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Aralık, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 351-362.
- Alemdağ, Ő., 1962. Türkiye’deki Kızılçam Ormanlarının Gelişimi, Hasılat ve Amenajman Esasları, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 11, Ankara, 160 s.
- Alemdağ, Ő., 1967. Türkiye’deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 20, Ankara, 160 s.
- Alemdağ, İ.Ő., 1981. Aboveground-mass equations for six hardwood species from natural stands of the research forest at Petawawa, Canadian Forestry Service, Information Report, PI-X-6, p. 9, Canada.
- Anonim, 1994. Sarıçam, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, El Kitapları Dizisi: 7, Muhtelif Yayınlar Serisi: 67, Sinem Ofset, Ankara.
- Anonim, 2001. Climate Change: Impacts, Adaptations and Vulnerability, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Working Group II, MacCarthy, J.J. et al., Cambridge University, UK.
- Anşin, R., 2001. Tohumlu Bitkiler: Gymnospermae (Açık Tohumlular), I. Cilt, III. Baskı, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 22, Fakülte Yayın No: 15, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon, 296 s.
- Atalay, İ. 1977. Türkiye Çam Türlerinde Tohum Transfer Rejijyonlaması. Or. Ağaç ve tohum. Islah Enst. Yay. No: 1.
- Atmaca, S., 2008. Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü Sarıçam Biyokütle tablolarının düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Başçetinçelik, A., Karaca, C. ve Öztürk, H.H., 2004. Bazı Avrupa Birliği Ülkelerinde Biyokütle Politikaları, V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Mayıs, İstanbul, Bildiri Kitabı: 439-448.
- Baskerville, G.I., 1972. Use of logarithmic Regression in The Estimation of Plant Biomass. Canadian Journal of Forest 2:49-53.
- Bergen, K.M., Dobson, M.C., Pierce, L.E. ve Ulaby, F.T., 1998. Characterizing Carbon in a Northern Forest by Using SIR-C/X-SAR Imagery, Remote Sensing of Environment, 63, 1, 24-39.

- Brown, S., 2002. Measuring Carbon in Forests: Current Status and Future Challenges, Environmental Pollution, 116, 363–372.
- Çakıl, E., 2008. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Meşçereleri Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Çepel, N., Dündar, M. ve Günel, A., 1977. Türkiye'nin Önemli Yetiştirme Bölgelerinde Saf Sarıçam Ormanlarının Gelişimi İle Bazı Edafik ve Fizyografik Etmenler Arasındaki İlişkiler, Tübitak Yayın No: 354.
- Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006. Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (Land Use, Land-Use Change and Forestry-LULUCF) Çalışma Grubu Raporu, Çevre ve Orman Bakanlığı Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Davis, P.H., 1965. Flora of Turkey and East Aegean Islands, Volume I, Edinburgh.
- Demirci, A., 2006. Silvikültürün Temel İlkeleri, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Ders Notları Serisi No: 83, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon, 198 s.
- Dixon, R.K., Brown, S., Houghton, R.A., Solomon, A.M., Trexler, M.C. ve Wisniewski, J., 1994. Carbon Pools and Flux of Global Forest Ecosystems, Science, 263, 185-190.
- Durkaya, B., 1998. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Meşe Meşçerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Eler, Ü., 2001. Orman Amenajmanı, SDÜ Basımevi, SDÜ Yayın No: 17, Isparta, 199 s.
- Eraslan, İ., 1982. Orman Amenajmanı, Dördüncü Baskı, İÜ Basımevi, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3010, Orman Fakültesi Yayın No: 318, İstanbul, 582 s.
- FAO 2008, Orman Envanteri.
- Goodale, C.L., Apps, M.J., Birdsey, R.A., Field, C.B., Heath, L.S., Houghton, R.A., Jenkins, J.C., Kohlmaier, G.H., Kurz, W., Liu, S., Nabuurs, G., Nilsson, S. ve Shvidenko, A.Z.. 2002. Forest Carbon Sinks in The Northern Hemisphere, Ecological Applications, 12, 891–899.
- İkinci, O., 2002. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Kestane Meşçereleri Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Jacobs, F.D., Selig, M.F. ve Severeid, L.R., 2009. Aboveground Carbon Biomass of Plantation-Grown American Chestnut (*Castanea dentata*) in Absence of Blight, Forest Ecology and Management, 258, 288-294.

- Jenkins, J.C., Birdsey, R.A. ve Pan, Y., 2001. Biomass and NPP Estimation for the Mid-Atlantic Region (USA) Using Plot-Level Forest Inventory Data, Ecological Applications, 11, 1174–1193.
- Kapucu, F., 2004. Orman Amenajmanı, KTÜ Matbaası, KTÜ Yayın No: 215, Orman Fakültesi Yayın No: 33, Trabzon, 515 s.
- Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, H.D. ve Avcı, E.D., 2005. Türkiye’de Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması, Yeksem 2005, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, Ekim, Mersin, 32-38.
- Kurz, W.A., Beukema, S.J. ve Apps, M.J., 1996. Estimation of Root Biomass and Dynamics for the Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector, Canadian Journal of Forest Research, 26, 1973–1979.
- Lucas, R. M., Cronin, N., Milne, A. K., Dong, Y. ve Witte, C., 1999, Estimating Woodland Biomass Stocks in Queensland Using Synthetic Aperture Radar (SAR) Data, Report on the Australian Bureau of Resource Sciences, Canberra, 54 pp.
- Macias, J.G., 2002. Estimation of Tropical Forest Above-ground Biomass by Multispectral Remote Sensing, M Sc. Thesis, Trent University, Faculty of Art and Science, Ontario, Canada.
- Merev, N., 2003. Odun Anatomisi ve Odun Tanıtımı, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 210, Fakülte Yayın No: 32, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon.
- Mısır, M., 2001. Çok Amaçlı Orman Amenajman Planlarının Coğrafi Bilgi Sistemlerine Dayalı Olarak Amaç Programlama Yöntemi ile Düzenlenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Mısır, M., Köse, S., Yavuz, H., Mısır, N., Altun, L., Sakıcı, O.E. ve Karahalil, U., 2010. K.T.Ü Orman Fakültesi, Eğitim Araştırma Ormanının Karbon Depolama Kapasitesinin Belirlenmesi ve Orman Amenajman Planına Aktarılması, K.T.Ü Bilimsel Araştırma Projesi, No: 2007.113.001.13 Sonuç Raporu
- Nogueira, E.M., Fearnside, P.M., Nelson, B.W., Barbosa, R.I. ve Keizer, E.W.H., 2008. Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories, Forest Ecology and Management, 256, 1853-1867.
- OGM, 2009. Türkiye’de Odunsu Biyokütleden Temiz Enerji Üretimi, OGM Biyoenerji Çalışma Grubu, Ankara, 82 s.
- Peichl, M. ve Arain, M.A., 2007. Allometry and Partitioning of Above- and Belowground Tree Biomass in an Age-Sequence of White Pine Forests, Forest Ecology and Management, 253, 68-80.

- Saatçioğlu, F., 1969. Silvikültürün Esasları, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayın No: 138, Kutulmuş Basımevi, İstanbul, 175-182 s.
- Saraçoğlu, N., 1988. Kızılağaç (*Alnus glutinosa* var. *barbata* (C. A. Mey.) Ledeb.) Gövde Hacim ve Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Saraçoğlu, N., 1990. Orman Hasılat Bilgisi Ders Notu, K.T.Ü. Orman Fakültesi Ders Notları, No:37, Trabzon.
- Saraçoğlu, N., 1992. Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) Biyokütle Tabloları, K.T.Ü. Trabzon.
- Saraçoğlu, N., 1998. Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) Biyokütle Tabloları, Tr. J. Of Agriculture and Forestry, 22, 93-100.
- Saraçoğlu, N., 2008. Biyokütleden Enerji Üretiminde Enerji Ormancılığının Önemi, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Aralık, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 265-271.
- Sun, O., Uğurlu, S ve Araslı, B. (1976) Stepe geçiş yörelerindeki sarıçam meşcerelerinde biyolojik kütlelerin saptanması. OEA yayımları, Teknik Bülten Serisi, No.80, Ankara, 48.
- Sun, O., Uğurlu, S. ve Özer, E., 1980. Kızılcım Türüne Ait Biyolojik Kütlelerin Saptanması, OAE Teknik Bülten, No:104, Ankara.
- Tetik, M. 1986. Kuzeydoğu Anadolu'daki Saf Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Ormanlarının Ekolojik Şartları. Or. Araş. Enst. Yay. Teknik Bülten Serisi No: 177.
- Uğurlu, S., 1994. Sarıçamda Biyokütle, Sarıçam El Kitabı, OAE Muhtelif Yayınlar Serisi, No:67, Ankara.
- URL-1, http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/90/ScotsPine_map.jpg 17 Mayıs 2010.
- URL-2, <http://www2.ogm.gov.tr/agacturleri/agac1.htm>. 4 Mart 2010.
- URL-3, <http://www.camili.gov.tr/iklim.html>. 29 Mayıs 2010.
- Ülker, C., 2010. Amasya Orman Bölge Müdürlüğü Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi (Kunduz Örneği), Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ünsal, A., 2007. Adana Orman Bölge Müdürlüğü Karaisalı Orman İşletme Müdürlüğü Kızılcım Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Vanclay, J.K., 1994. Modelling Forest Growth and Yield, Applications to Mixed Tropical Forests, CAB International, Wallingford UK, 312 s.

Vogt, K., 1991. Carbon Budgets of Temperate Forest Ecosystems, Tree Physiology, 9, 69–86.

8. EKLER

Ek Tablo 1. Tek ağaç için kuru biyokütle tablosu

Göğüs Çapı (cm)	Gövde Kuru Ağırlığı (kg)	Dal Kuru Ağırlığı (kg)	İbre Kuru Ağırlığı (kg)	Kabuk Kuru Ağırlığı (kg)	Topraküstü Kuru Ağırlığı (kg)
9	4.90	0.52	1.72	5.24	12.02
10	7.54	0.90	1.95	6.19	15.06
11	10.46	1.40	2.20	7.24	18.56
12	13.66	2.02	2.46	8.39	22.51
13	17.13	2.77	2.74	9.64	26.92
14	20.89	3.61	3.03	10.99	31.77
15	24.92	4.56	3.34	12.44	37.08
16	29.23	5.59	3.67	13.99	42.84
17	33.81	6.68	4.02	15.64	49.05
18	38.68	7.83	4.38	17.39	55.72
19	43.82	9.03	4.77	19.24	62.83
20	49.24	10.27	5.17	21.19	70.40
21	54.94	11.53	5.59	23.24	78.42
22	60.92	12.82	6.02	25.39	86.89
23	67.17	14.11	6.48	27.64	95.81
24	73.71	15.42	6.96	29.99	105.19
25	80.52	16.72	7.46	32.44	115.02
26	87.61	18.02	7.98	34.99	125.30
27	94.97	19.32	8.52	37.64	136.03
28	102.62	20.61	9.08	40.39	147.21
29	110.54	21.88	9.67	43.24	158.85
30	118.74	23.14	10.27	46.19	170.93
31	127.22	24.39	10.90	49.24	183.47
32	135.98	25.62	11.55	52.39	196.46
33	145.01	26.83	12.23	55.64	209.91
34	154.33	28.02	12.93	58.99	223.80
35	163.92	29.19	13.65	62.44	238.15
36	173.79	30.34	14.40	65.99	252.95
37	183.93	31.47	15.17	69.64	268.20
38	194.36	32.58	15.97	73.39	283.91
39	205.06	33.67	16.79	77.24	300.06
40	216.04	34.74	17.64	81.19	316.67
41	227.30	35.79	18.51	85.24	333.73
42	238.84	36.81	19.41	89.39	351.24
43	250.65	37.82	20.34	93.64	369.20
44	262.75	38.81	21.30	97.99	387.62
45	275.12	39.77	22.29	102.44	406.49
46	287.77	40.72	23.30	106.99	425.81
47	300.69	41.65	24.34	111.64	445.58
48	313.90	42.56	25.41	116.39	465.80
49	327.38	43.45	26.51	121.24	486.48
50	341.14	44.32	27.65	126.19	507.60

ÖZGEÇMİŞ

23.04.1984 tarihinde Borçka'da doğdu. İlköğrenimini Ankara'da, ortaöğrenimini Artvin'de tamamladı. 2003 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü'nde başladığı Lisans eğitimini 2008 yılında tamamladı. Aynı yıl Eylül ayında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Amenajmanı Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Halen öğrenimine devam etmekte olup, orta derecede İngilizce bilmektedir.