

BİYOKÜTLE ENERJİSİ VE ENERJİ ORMANCILIĞI

Fahrettin TILKI
Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi, 08000 ARTVİN
Emrah ÇİÇEK
AİBÜ Düzce Orman Fakültesi, DÜZCE

Geliş Tarihi: 05.02.2003

Özet: Biyokütle dünyada temin edilen enerjinin yaklaşık %14'ünü karşılamaktadır. Biyokütle üretimi amacıyla enerji ormancılığı çalışmaları 1960'lı yılların ortalarından itibaren başlamış ve özellikle 1970'li yıllarda ortaya çıkan petrol krizinden sonra hızlanmıştır. Bu sistemde, kavak, okaliptüs ve söğüt gibi hızlı büyüyen türler sık dikim aralıkları ile tarım uygulamasına benzer yoğun bir işletim sistemiyle biyokütle üretimi amacıyla kullanılmaktadır. Ülkemizde, baltalık alanlarında yapılan iyileştirme çalışmaları enerji ormancılığına yönelik olarak değerlendirilmekle birlikte, bu alanlar ve kullanılan türlerin modern anlamda uygulanan enerji ormancılığına uygun olmadığı görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Biyokütle üretimi, enerji ormanı, baltalık

BIOMASS ENERGY AND ENERGY FORESTRY

Abstract: Biomass fuels account for nearly 14% of the world's energy. Energy forestry has been investigated since the mid-1960s to produce fiber for the paper and pulp industry. In the 1970s, following the oil crises, the emphasis switched to producing woody biomass for energy using fast-growing trees. Fast-growing broadleaved trees, such as poplars and willows are grown at close spacing and under intensive management systems more akin to agriculture practice than forestry. In Turkey, rehabilitation studies in especially oak coppice stands are thought to be a part of the energy forestry, but the areas coppice stands grow on and species common in those areas are not suitable for modern energy forestry used in developed countries.

Keywords: Biomass production, energy forestry, coppice

1. GİRİŞ

Biyokütle, dünyada dördüncü en büyük enerji kaynağını oluşturması yönüyle önemli bir enerji kaynağıdır. Sahip olduğu büyük potansiyeli, farklı sosyal ve ekonomik faydaları nedeniyle gelecekte en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından birisinin biyokütle olduğu düşünülmektedir. Biyokütle doğrudan ısınma ve elektrik amacıyla kullanılabilen, katı, gaz ve likit yakıtı çevrilebilmektedir. Endüstri, tarım ve orman artıkları biyokütle olarak kullanılabilen, buna ek olarak ağaç ve şeker kamışı gibi enerji üreten bitkiler yalnızca enerjiye dönüştürülerek kullanılmak amacıyla üretilmektedir (1, 2).

Kağıt hamuru, levha ve enerji endüstrisi için hammadde üretmek amacıyla kısa idare süreli ağaç yetiştirme uygulaması farklı ülkelerde değişik isimler almaktadır. Örneğin İsveç'te kısa idare süreli orman, enerji ormanı, Kuzey Amerika'da kısa idare süreli baltalık, kısa idare süreli yoğun kültür ve İngiltere'de kısa idare süreli baltalık gibi farklı isimlerle anılmaktadır (3, 4).

Kısa idare süreli ormancılık uygulamasına yönelik ilk çalışmalar 1960'lı yılların ortalarından itibaren başlamış, bu bağlamda, kağıt hamuru ve kağıt endüstrisi için lif yetiştirmek amacıyla İsveç'te söğüt ve Kuzey Amerika'da çınar yetiştirme çalışmaları gündeme gelmiştir. Dünyada enerji krizini takiben 1970'li yıllarda, kavak ve söğüt gibi hızlı büyüyen yapraklı türlerin ormancılıktan daha çok tarımsal uygulamalara benzer şekilde sık olarak (20000 ağaç/ha) yetiştirilerek, enerji üretimi amacıyla odun biyokütlesi sağlanmasına yönelme olmuştur (3).

Dünyada mevcut yenilenemeyen enerji kaynaklarının (petrol, kömür, doğal gaz ve uranyum gibi) sınırlı olması ve çoğu ülkenin bu kaynaklar açısından dış ülkelere bağımlı olması nedeniyle, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma yönündeki çalışmalar son

yıllarda daha da büyük önem kazanmıştır. Ülkemizde de bozuk ve çok bozuk baltalık alanlarında yapılan ıslah ve iyileştirme çalışmaları enerji ormancılığını gündeme getirmiştir.

Bu çalışmada, biyokütle enerjisi ve enerji ormancılığı kavramı açıklandıktan sonra modern anlamda enerji ormancılığının uygulanışı ile ülkemizdeki uygulama ortaya konmaya çalışılmış ve genel bir değerlendirme yapılmıştır.

2. BİYOKÜTLE ENERJİSİ VE ENERJİ ORMANI

Biyolojik kökenli, fosil olmayan organik madde olarak tanımlanan biyokütle kaynaklarının enerji amacıyla kullanılması tarihsel bir sürece sahip olup, bu kaynaklar yenilenebilir bir kaynak olarak yenilenemeyen fosil yakıtlarına iyi bir alternatif sunmaktadırlar. Başlıca biyokütle kaynakları tarımsal ve endüstriyel atıklar, uzun idare süreli ağaçlandırmalar, ormandan elde edilen artıklar, aralama materyalleri, kağıt ve orman ürünleri üretiminden elde edilen artıklar ve enerji üretimi amacıyla yetiştirilen özel otsu ve odunsu ürünlerdir (2, 5).

Biyokütle kaynaklarından sağlanan enerji biyokütle enerjisi olarak tanımlanmakta ve biyokütle enerji kaynaklarının esasını enerji ormancılığı oluşturmaktadır. Biyokütle doğrudan ısınma ve elektrik amacıyla kullanılabilen, katı, gaz ve likit yakıtta çevrilebilmektedir.

Petrol krizini takip eden 1970'li yıllardan itibaren kavak ve söğüt gibi hızlı büyüyen yapraklı türlerin sık bir şekilde (<20000 ağaç/ha) enerji üretimi amacıyla, ormancılıktan daha çok tarım uygulamasına benzer bir şekilde yoğun kültür metotları ile biyokütle üretimi amacıyla enerji ormancılığına bir yönelme olmuştur. Böylece petrol, kömür ve doğalgaz gibi yenilenemeyen enerji kaynakları yerine, yenilebilir enerji kaynakları ile ilgili çalışmalar hız kazanmıştır. Avrupa'da enerji ormancılığı daha çok tarım alanlarında, tarım dışı üretim yapmak amacıyla uygulanmaktadır. Özellikle vejetatif olarak üretilen türlerin enerji kaynağı sağlamak amacıyla biyokütle üretimi için kullanılması son yıllarda dünyada daha da yaygınlaşmıştır (3, 5, 6, 7).

Dünyadaki hammadde ve enerji tüketimi özellikle 1980'li yıllardan itibaren önemli oranda artmıştır. Bu artışın 2000'li yıllardan sonra daha da fazla olacağı düşünülmekte ve 2020 yılına kadar dünya enerji talebinin %68 oranında artması beklenmektedir. 1990 yılında dünyada kesilen ağaçların yaklaşık %54'ü yakacak odun ve odun kömürü biçiminde enerji kaynağı olarak kullanılmıştır. Bu oran gelişmemiş ülkelerde gelişmiş ülkelere oranla daha fazladır. Biyokütle (odun, tarımsal bitkiler, talaş, atık gibi) dünyada temin edilen enerjinin yaklaşık %13-15'ini karşılamakta ve sanayileşmiş ülkelerde, toplam enerjinin yaklaşık %3'ünü sağlamakta ve daha çok ısı ve elektrik üretimi amacıyla kullanılmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde ise biyokütle, enerjinin yaklaşık %33'ünü sağlamakta ve bazı geri kalmış ülkelerde ise daha çok geleneksel mekan ısıtma ve mutfakta kullanma ile bu oran %90'lara kadar çıkabilmektedir (1, 2, 8). Biyokütle toplam enerjinin ABD'de %4, Finlandiya'da %18, İsveç'te %16 ve Avusturya'da %13'ünü karşılamakta (2, 9) ve 2050 yılına kadar dünyada doğrudan kullanılan yakıtın yaklaşık %38'ini ve elektriğin %17'sini sağlayabileceği ifade edilmektedir (10). FAO (1985) verilerine göre dünyada 2 milyar insan odun kullanarak yiyeceklerini pişirmekte ve ısıtmaktadır (11). Biyokütle kaynağı olarak ormanlardan aralama veya diğer yollar ile elde edilen düşük kaliteli materyallerin yongalama makineleriyle meşcere kenarında parçalanarak daha sonra özellikle elektrik enerjisi elde etmek amacıyla kullanılması da gelişmiş ülkelerde (İtalya, İngiltere gibi) yaygın olarak kullanılmaktadır (9, 12, 13).

3. ENERJİ ORMANCILIĞININ OLUMLU VE OLUMSUZ YÖNLERİ

Enerji ormancılığı çeşitli fayda ve olumsuzlukları içerebilmektedir. Bunları kısaca aşağıda verilen alt başlıklar şeklinde incelemek mümkündür.

Global Çevresel Faydaları:

Son yıllarda biyokütle enerjisi üretimine yönelik olarak artan çalışmaların nedenleri arasında, dış kaynaklı enerjiye bağımlılığın azaltılması yanında, havayı kirleten ağır toksik metaller, asit yağmurlarına neden olan sülfür ve sera etkisinde bulunan CO₂ üretim miktarının diğer enerji kaynakları ile kıyaslandığında daha az olması şeklinde belirtilmektedir (1, 2, 4, 14). Ayrıca yakma sonucu oluşan kül ve atık ürünler çoğu durumda toprağa dönmektedir.

Lokal Faydası:

Biyokütle plantasyonları yıllık tarımsal ürün alanları, yoğun otlatılan otlak alanları veya bozuk alanlarda kurulduğunda lokal faydası maksimuma ulaşmaktadır (1, 8).

Bu Faydalar;

- Su kalitesini koruma,
- Erozyonu önleme,
- Yangın tehlikesini azaltma,
- Toprak özelliklerini iyileştirme,
- Yaban hayatını ve biyoçeşitliliğin diğer elemanlarını koruma,
- Yağışlı dönemlerde su baskınlarını önleme ve kurak dönemlerde su sağlama,
- Tarımsal amaçlı kullanılan gübre ve kimyasalların kullanımını azaltma ve
- Yerel habitat çeşitliliğinin artırılması olarak sıralanabilir.

Olumsuz Çevresel Etkileri:

Mevcut verimli ormanlar kesilip, yerine kısa süreli enerji plantasyonları kurulduğunda bazı görüşlere göre çeşitli olumsuzluklar ortaya çıkmaktadır. Bunlar;

- Ormanın uzaklaştırılması sonucu erozyonda artma ve su kalitesinde azalma,
- Yüzeysel su akışının artması ve toprağın su tutma kapasitesinin azalması,
- Gübre ve böcek ilaçlarının yoğun şekilde kullanılmasıyla kimyasal kirliliğin artması,
- Toprak kalitesinin düşmesi,
- Orman yapısının değişmesi, monokültürün oluşması ve
- Doğal olmayan ağaç türlerinin kullanılması sonucu biyoçeşitliliğin azalması şeklinde belirtilebilir (1, 2).

Enerji amaçlı üretimlerde söz konusu olumsuzlukları en aza indirebilmek için, biyokütle plantasyonlarının tarım alanlarında kurulması önerilmektedir.

4. ENERJİ ORMANCILIĞINA KONU TÜRLER

Enerji ormancılığında kullanılan türler, Kuzey, Batı ve Orta Avrupa'da kavak (*Populus* sp.) ve söğüt (*Salix* sp.), Akdeniz bölgesinde yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia*), İspanya ve Güney Fransa'da okaliptüs (*Eucalyptus* sp.) türleridir (3,5). İspanya ve Portekiz'de okaliptüs dışında çınar (*Platanus* sp.) da bu amaç için kullanılmaktadır (5). Bu konu ile ilgili olarak ABD'de de söğüt, kavak, kızılâğaç ve okaliptüs ile ilgili çalışmalar uzun zamandan beri yapılmaktadır (13, 15). Özellikle fakir yetişme ortamlarında havanın serbest azotunu bağlayabilen kızılâğaç ve yalancı akasya kullanımı çok ilgi çekmekte ve örneğin İngiltere de bu amaçla kızılâğaç yaygın olarak kullanılmaktadır (5, 16).

Okaliptüs türleri dünyadaki kısa süreli plantasyonların yaklaşık %38'ini oluşturmakta ve tropik bölgelerde ve Güney Amerika'da yaygın olarak bu amaçla kullanılmaktadır. Ilıman

bölgelerde kavak, söğüt ve yalancı akasyanın oluşturduğu plantasyonlar hakim durumda olup, kısa idare süreli plantasyonun (enerji ormanlığı) 10 milyon ha civarında olduğu tahmin edilmektedir. Bununla birlikte bu alanların ancak yarısına yakın bölümü başarılı veya ticari değer taşımaktadır (1).

Enerji ormanlığında kullanılan türlerin önemli özellikleri arasında ilk yıllarda hızlı büyüme, başlangıçtaki yüksek yaşama yüzdesi, yüksek yıllık enerji ve biyokütle üretimi ve sürgün verme yeteneği gibi özellikler sayılabilir (17). Genel olarak doğal türler tercih edilmekle birlikte, bazı durumlarda egzotik tür veya klonlar (melez kavak gibi) ile başarılı sonuçlar alınmaktadır.

5. ENERJİ ORMANLIĞINA KONU YETİŞME ORTAMI

Enerji ormanlığında yüksek ve sürekli biyokütle üretimi yapabilmek için, yetişme ortamının düz, iskelet içeriği düşük ve yeterli nem sahip alanlar olması yanında, toprağın derin, besin içeriğinin yüksek olması ve toksik madde içermemesi gerekmektedir (6, 7, 14).

Biyokütle ağaçlandırmaları için en uygun alanlar, tarımsal amaçlı veya yakın zamanda terk edilmiş tarım alanlarıdır. Toprak derinliği ve nemi, pH, tekstür ve eğim gibi faktörler üretim potansiyelinde önem taşımaktadır. Verimli topraklar arzu edilmekle birlikte, besin maddelerince fakir sahalarda da uygun müdahaleler yapılarak başarılı olunabilmektedir. Bu sahalarda erozyon, su kalitesi ve bitki besin elementi noksanlığı ile ilgili problemlerden sakınmak için iyi bir planlama ve uygulama gerekir. Arazi seçiminde biyolojik, ekonomik ve sosyal faktörler dikkate alınır. Ulusal, bölgesel ve lokal düzeyde arazi seçimi ve planlamasında, toprak ve jeoloji, topografya, doğal vejetasyon, nadir tür, yol, politik durum ve mevcut arazi kullanımı gibi faktörler önem taşımaktadır (1, 2, 6).

Enerji ormanlığı için kullanılan türler yüksek oranda besin maddesine ihtiyaç duymaktadır. Düzenli olarak biyokütlenin alandan uzaklaştırılması toprak verimliliğini düşürmektedir. Yüksek üretim gücünü uzun süre sağlayabilmek için organik veya inorganik gübreleme gerekmektedir (3, 18).

Enerji ormanının işletilmesi geleneksel ormanlık tekniklerinden daha çok tarım uygulamalarına benzemektedir. Bu nedenle, alan hazırlaması, toprak işleme, diri örtüyle mücadele, böcek kontrolü, yangın ve hayvan zararlarını önlemek gibi işlemler büyük önem taşımaktadır (13, 14, 15).

6. ENERJİ ORMANLIĞINDA İDARE SÜRESİ, DİKİM ARALIĞI VE ÜRETİM İLİŞKİSİ

Başlangıçtaki sık dikim ilk yıllardaki zararlı ot kontrolü ihtiyacını azaltmakta ve ilk rotasyon sonunda daha fazla ürün elde edilmesini sağlamaktadır. Enerji ormanlığında elde edilen ürünlerin hasadı önemli bir masraf oluşturmakta, sık tekrar edilen kesimler toprağa zarar verebilmekte ve bitkilerde strese yol açabilmektedir. Sonuçta bitkinin verim gücünde kayba yol açmakta ve ürün azalmaktadır. Daha seyrek aralıklarla yapılan kesimler ise, odun üretiminin birim fiyatını düşürmekte ve plantasyonun idare süresini uzatmaktadır (1,18).

Enerji ormanlığında idare süresi başlangıçtaki dikim sıklığı ve büyüme hızı tarafından belirlenmektedir. Dikim aralığı, tesis masrafını, ağacın büyüme formunu, optimum rotasyon süresini veya kesim yaşını etkilemektedir. Genel olarak 5.000-20.000 adet/ha, 1-5 yıl idare müddeti ile ormanlıktan daha çok tarımsal uygulamalara benzer bir şekilde işletilmektedir (3, 5). Ilıman bölgelerde *Alnus* sp., *Platanus* sp., *Populus* sp. ve *Salix* sp. enerji ormanlığında ümit vermekte, genel olarak idare müddeti 4-5 yıl alınmakta ve sık dikim tercih edilmektedir (1.2x0.8; 1.2x1.2; 1.5x0.9; 0.8x0.8; 0.7x1.0 m gibi) (15, 18, 19, 20).

Enerji ormancılığının başarısı, üretilen biyokütle miktarı ile ölçülmekte ve genellikle fırın kurusu ağırlık olarak ifade edilmektedir (fırın kurusu ağırlık/ha/yıl). Bazı ülkelerde, enerji üretimi plantasyonlarında elde edilen ortalama ürün değerleri Tablo 1’de verilmiştir (1,20,21). Elde edilen ürün miktarı, tür yanında yetiştirme ortamı koşullarına ve dikim aralıklarına bağlı olarak da değişebilmektedir. İngiltere’de 4-5 yıl idare süresi ile işletilen kavaktan elde edilen miktar 10-12 ton kuru ağırlık/ha/yıl olabilirken (22), 0.9x2.0 m dikim aralığı ve 3 yıldan fazla idare süresinde 12-15 ton kuru ağırlık/ha/yıl elde edilebilmektedir (23). Söğüt ile İsveç’te yapılan bir çalışmada 20 000 adet/ha kullanılması durumunda, 4-5 yıl idare müddeti sonunda 8-14 ton/ha/yıl (kuru ağırlık) ürün elde edilmiştir (Tablo 1) (20).

Tablo 1. Bazı Ülkelerde Enerji Ormancılığı Plantasyonlarından Elde Edilen Ortalama Ürün Miktarları

Ülke	Ağaç Cinsi	Fırın kurusu ağırlık (Ton/ha/yıl)
Avusturya	Kızılağaç	3.6
	Kavak	2.8
Danimarka	Söğüt	7.0
Finlandiya	Kızılağaç	3.6
	Söğüt	2.8
İsveç	Söğüt	8-14
İngiltere	Kızılağaç	2.1
	Kavak	9.0
	Söğüt	8.1
Kanada	Söğüt	4.6
USA	Kavak	9-20
	Söğüt	13.5
İspanya	Okalıptüs	13-15
Brezilya	Okalıptüs	3-21

7. TÜRKİYE’DE ENERJİ ORMANCILIĞI UYGULAMASI

Ülkemizde 4 milyon hektarlık bozuk ve çok bozuk baltalık orman alanının enerji ormancılığına konu olduğu ve uygulanan enerji ormancılığı çalışmalarının Doğu, Güneydoğu, İç Anadolu ve Trakya Bölgelerindeki çok bozuk meşe baltalıklarında yoğunlaştığı ifade edilmektedir (24). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planında da (Ormancılık) enerji ormanlarının bakımı, iyileştirilmesi ve korunmasına ilişkin faaliyetlerin yaklaşık 6.9 milyon ha alanı kaplayan baltalık ormanlarımızda gerçekleştirilmekte olduğu belirtilmektedir. Orman Genel Müdürlüğüne 1978-1999 yılları arasında 520000 ha enerji ormanı tesis edildiği ve 1995-2000 yılları arasında yaklaşık 65000 ha’lık bir alanda enerji ormanı tesis çalışmasının yapıldığı ifade edilmektedir (25).

Modern anlamda uygulanan enerji ormancılığında hızlı büyüyen türler (kavak, söğüt, okalıptüs, kızılğaç) kullanılmakta ve yoğun bir silvikültürel çalışma yapılmakta iken, ülkemizde özellikle meşe gibi daha yavaş büyüme özelliğine sahip türler ile düşük verime sahip araziler üzerinde enerji ormancılığı çalışması yapılmaya çalışılmaktadır. Türkiye’de yaklaşık 7 milyon ha alanda uygulandığı ifade edilen bu enerji ormancılığı çalışmalarını,

baltalıklarda yapılan iyileştirme çalışmaları olarak nitelemenin daha doğru olduğu görülmektedir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Geleneksel baltalık ile modern, yüksek verimli kısa idare süreli ormancılık (enerji ormancılığı) arasındaki en önemli fark girdinin seviyesidir. Enerji ormancılığında gübreleme, sulama, ilaçlama gibi maliyetlerin girdisi oldukça fazla olabilmektedir. Bu nedenle enerji ormanlarının kurulması pahalı olup yoğun bir silvikültürel çalışma gerektirmektedir. Sonuçta, odun-enerji-ürün üzerindeki araştırmalar ormancılığı daha yoğun bir silvikültür uygulanmasına yönlendirmiştir.

Enerji ormancılığının yüksek verim gücüne sahip yetiştirme ortamlarında uygulandığı göz önüne alındığında, ülkemizde modern anlamda bir enerji ormancılığından söz etmek çok zor gözükmemektedir. Ülkemiz baltalıklarında klasik anlamda yapılan çalışmalar ile elde edilen odun ürünü yalnızca ısınma amaçlı ve mutfakta kullanılmaktadır. Çok bozuk meşe baltalıklarında uygulandığı ifade edilen enerji ormancılığı daha çok baltalıkların iyileştirilmesine yönelik çalışmalardır. Bu iyileştirme çalışmalarının yanında koruya tahvil çalışmalarına da ağırlık verilmelidir. Bu nedenle, ülkemizde özellikle son 15-20 yıl içinde bozuk ve çok bozuk baltalık orman alanlarında uygulanan koruma ve iyileştirme çalışmalarını enerji ormancılığı çalışmaları olarak isimlendirilmesi yanlış olmaktadır. Bu çalışmaların, ne kullanılan ağaç türü ve işletme tekniği ne de bu işlemlerin uygulandığı yetiştirme ortamı koşulları itibariyle teknik ve bilimsel anlamda enerji ormanı olarak nitelenmesi doğru bir yaklaşım olmamaktadır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre 2002 yılında Türkiye enerji tüketiminin %69'u dış kaynaklardan sağlanmaktadır. Bu oranın 2020 yılında %75'e yükseleceği ifade edilmektedir. Ülkemizin içinde bulunduğu enerji darboğazı dikkate alınarak, yenilenebilir diğer enerji kaynakları yanında, biyokütle enerji kaynakları (otsu ve odunsu ürünler ve bitkisel artıklar gibi) ve modern anlamda enerji ormancılığı konusu üzerinde durulmalıdır. Öncelikle ülkemiz koşullarında enerji ormancılığında kullanılacak potansiyel yerli (söğüt, kavak, kızılğaç gibi) ve yabancı türler (okaliptüs gibi) ile uygun yetiştirme alanları belirlenmelidir. Bu çalışmalar neticesinde, enerji ormancılığına yönelik kısa idare süreli ağaçlandırma çalışmalarına başlanmalı ve buradan elde edilecek ürünler ile tarımsal ve endüstriyel atıklar ve ormanlardan elde edilecek odun ürünleri artıklarının enerji üretimi amacıyla değerlendirilebilmesi amacıyla modern tesisler kurulması yönünde çalışmalara başlanılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Perlack, R.D., Wright, L.L., Huston, M.A., Schramm, W.E., Biomass Fuel From Woody Crops For Electric Power Generation. ORNL-6871, L. Martin Energy Systems, Inc., September 21, Oak Ridge, Tennessee, 1995.
2. Hall, D.O., Biomass Energy in Industrialized Countries-A View of the Future. For. Ecol. Manag., 91 (1997) 17-45.
3. Mitchell, C.P., Stevens, E.A., Watters, M.P., Short-Rotation Forestry – Operations, Productivity and Costs Based on Experience Gained in The UK. For. Ecol. Manag., 121 (1999) 123-136.
4. Verwijst, T., Telenius, B., Biomass Estimation Procedures in Short Rotation Forestry. For. Ecol. Manag., 121 (1999) 137-146.

5. Savill, P., Evans, J., Auclair, D., Falck, J., Plantation Silviculture in Europe, Oxford Univ. Press. Oxford, 297 p, 1997.
6. Hoafmann-Schielle, C., Jug, A., Makeschin, F., Rehfues, K.E., Short-Rotation Plantations of Balsam Poplars, Aspen and Willows on Former Arable Land in the Federal Republic of Germany, I. Site-Growth Relationships, For. Ecol. Manag., 121 (1999) 41-55.
7. Jug, A., Hoafmann-Schielle, C., Makeschin, F., Rehfues, K.E., Short-Rotation Plantations of Balsam Poplars, Aspen and Willows on Former Arable Land in the Federal Republic of Germany, II. Nutritional Status and Bioelement Export by Harvest of Shoot Axes. For. Ecol. Manag., 121 (1999) 67-83.
8. Hall, D.O., Woods, J., Biomass: Past, Presents and Future, In: Technologies for a Greenhouse Constrained Society (Kuliasha, M. et al. eds.), Lewis Publ., Chelsea, Michigan, 1992.
9. Hall, D.O., Rosillio-Calle, F., Williams, R.H., Woods, J., Biomass For Energy: Supply Prospects, In: Renewable for Fuels and Electricity (Johansson, T.B.J., et al. eds.), Island Press, Washington, D.C., 1993.
10. Johansson, T.B.J., Kell, H., Reddy, A.K.N., Williams, R.H., Renewable Fuels and Electricity for a Growing World Economy, In: Renewables for Fuels and Electricity (Johansson, T.B.J., et al. eds.), Island Press, Washington, D.C., 1993.
11. FAO, Wood Energy Prospects. 17th IUFRO World Congress Division 5, Kyoto, Japan, 1985.
12. Matthews, J.D., The Potential of Forest Biomass as a Source of Energy, Fuels From Biological Materials, Department of Forestry, Aberdeen Univ., Aberdeen, 1978.
13. Nyland, R.D., Silviculture Concepts and Applications, The McGraw-Hill Comp., Inc. New York, 633 p, 1996.
14. Lindroth, A., Nath, A., Assessment of Regional Willow Coppice Yield in Sweden on Basis of Water Availability, For. Ecol. Manag., 121 (1999) 57-65.
15. Hart, C., Practical Forestry, Alan Sutton Publ. Inc., Wolfeboro Falls, NH., 658 p, 1991.
16. Evans, J., Silviculture of Broadleaved Woodlands, Forestry Commission Bulletin 62, UK, 232 p, 1984.
17. Malik, R.K., Green, T.H., Brown, G.F., Tolbert, V.R., Use of Cover Crops in Short-Rotation Hardwood Plantations, In: Proc. of the 9th Biennial Southern Silvicultural Conf., Clemson, USDA Forest Service, GTR-SRS-20, (1998) 242-246.
18. Ceulemans, R., Deraedt, W., Production Physiology and Growth Potential of Poplars Under Short-Rotation Forestry Culture, For. Ecol. Manag. 121 (1999) 9-23.
19. Stott, K.C., Mcelroy, C., Abernathy, W., Davis, D.P., Coppice Willow For Biomass in the U.K., In: Energy From Biomass (Palz, W. ve ark. eds.), London, 1980, pp: 198-209.
20. Willebrand, E.S., Ledin, S., Verwijst, T., Willow Coppice Systems in Short-Rotation Biomass Production, Biomass and Bioenergy, 4 (1993) 323-331.
21. Carpenteri, A.E., Larson, E.D., Woods, J., Future Biomass-Based Electricity Supply in Northeastern Brazil. Biomass and Bioenergy, 4 (1993) 149-174.
22. Connel, M.G.R., Productivity of Closely-Spaced Young Poplar on Agricultural Soils in Britain, Forestry, 53 (1980) 1-21.

23. Mitchell, C.P., Ford-Robertson, M.E., Supply Systems For Short Rotation Energy Forestry in the UK, In: Problems and Perspectives of Forest Biomass Energy (Mitchell, C.P. ve ark. ed.), Swedish Univ. Short Rotation For. Rpt., 48 (1992) 31-35.
24. Saraçođlu, N., Türkiye'nin Uluslararası Enerji Politikalarında Enerji Ormancılığının Önemi, 1. Ulusal Ormancılık Kongresi, 19-20 Mart 2001, Ankara, 2001, 183-194.
25. DPT, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ormancılık Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara, 539 s., 2001.