



Kahramanmaraş
Sütçü İmam Üniversitesi
Orman Fakültesi

Doğu Akdeniz
Ormancılık Araştırma
Müdürlüğü



I. ULUSAL OKALİPTÜS SEMPOZYUMU



BİLDİRİLER KİTABI

EDİTÖRLER:

Mustafa YILMAZ, Abdullah E. AKAY, Alaaddin YÜKSEL

15-17 NİSAN 2008, TARSUS

Sempozyumu Dzenleyen Kurumlar:

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Kahramanmaraş
Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Tarsus

Sempozyumu Destekleyen Kurum ve Kuruluşlar:

TÜBİTAK

Çevre ve Orman Bakanlığı

Orman Genel Müdürlüğü

Tarsus Kaymakamlığı

Tarsus Belediyesi

Tarsus Ticaret ve Sanayi Odası

Tarsus Ziraat Odası



**Kahramanmaraş
Sütçü İmam Üniversitesi
Orman Fakültesi**

**Doğu Akdeniz
Ormancılık Araştırma
Müdürlüğü**



**I. ULUSAL
OKALİPTÜS SEMPOZYUMU
15-17 NİSAN 2008, TARSUS**

BİLDİRİLER KİTABI

EDİTÖRLER:

**Mustafa YILMAZ
Abdullah E. AKAY
Alaaddin YÜKSEL**

Sempozyum Onur Kurulu:

Prof. Dr. A. Nafi BAYTORUN (KSÜ Rektörü)
Dr. Mahir KÜÇÜK (Çevre ve Orman Bakanlığı, Müsteşar Yrd.)
Abdülhamit ERGUVAN (Tarsus Kaymakamı)

Sempozyum Bilim Kurulu:

Prof. Dr. Orhan ERDAŞ (KSÜ Orman Fakültesi)
Prof. Dr. Melih BOYDAK (İstanbul Üniversitesi)
Prof. Dr. Zeki YAHYAOĞLU (KTÜ)
Prof. Dr. Harzemşah HAFIZOĞLU (ZKÜ)
Prof. Dr. Ünal ASAN (İstanbul Üniversitesi)
Prof. Dr. Selahattin KÖSE (KTÜ)
Prof. Dr. Ramazan KANTAY (İstanbul Üniversitesi)
Prof. Dr. Hasan VURDU (Kastamonu Üniversitesi)
Prof. Dr. M. Hakkı ALMA (KSÜ Orman Fakültesi)
Prof. Dr. Musa GENÇ (Süleyman Demirel Üniv.)
Prof. Dr. Mustafa USTA (KTÜ)
Prof. Dr. Hüseyin KIRCI (KTÜ)
Prof. Dr. Nusret AS (İstanbul Üniversitesi)
Prof. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU (KTÜ)
Prof. Dr. Ercan TANRITANIR (İstanbul Üniversitesi)
M. Kurtuluş GÜRSES (E. Müsteşar Yrd.)
A. Gani GÜLBABA (DOA)

Sempozyum Düzenleme Kurulu:

Prof. Dr. Orhan ERDAŞ
Prof. Dr. M. Hakkı ALMA
Prof. Dr. Mehmet KANAT
Yrd. Doç. Dr. Mustafa YILMAZ
Mustafa GÖZÜKARA
Hasan SADAY
Seyfettin YILMAZ
Nebi Erol METİN
Dr. Ersin YILMAZ
Abdülkadir YILDIZBAKAN
A. Haluk TÜRKER
Arş. Gör. Murat ERTAŞ

ÖNSÖZ

Türkiye 3000'i endemik olmak üzere toplam 9000'in üzerinde bitki türü ve çeşitliliği itibariyle en zengin kaynaklara sahip ülkelerden birisidir. Diğer ekosistemlere karşı daha az müdahale görmüş ve doğal yapısını muhafaza etmiş bulunan ormanlarımız gerek ülkesel gerekse küresel düzeyde büyük öneme sahip biyolojik çeşitlilik ve gen kaynakları taşımaktadır. Ormanlarımız genellikle deniz kıyılarında veya kıyıya yakın yerlerde yayılış göstermekte olup ülkemizin yüzölçümünün %27'sini oluşturmaktadır.

Orman ve orman kaynaklarını her türlü tehditlere karşı korumak, doğaya yakın bir anlayışla geliştirmek, ekosistem bütünlüğü içinde ve topluma optimal faydalar sağlayacak şekilde yönetmek ülke ormancılığının temel misyonudur. Bu amaçla ormanları ve içinde bulunan biyolojik çeşitliliği her türlü biyotik ve abiyotik zararlara karşı korumak, mevcut ormanları geliştirmek, verimliliğini artırmak ve alanlarını genişletmek, ormanları sürdürülebilir orman yönetimi ilkeleri doğrultusunda ekosistem tabanlı ve çok amaçlı planlamak ormancılığın temel ilkeleri arasındadır.

Akdeniz ikliminin tipik bir ağacı olan okaliptüs değişik bilim alanlarındaki araştırmalara da konu olmuş bir ağaç türüdür. Tarihi gelişim süreci açısından bakılırsa, bugün Berdan çayı olarak bilinen ve ilk adı Kidnos olan ırmak Tarsus'dan geçerek Akdeniz ile irtibatı bulunan Regma Gölüne dökülmekteydi. Zaman zaman taşarak şehri sular altında bırakan Kidnos çayının Bizans İmparatoru Jüstinyen zamanında kanal açılarak nehir mecrası şehrin dışına alınmıştır. Bu değişiklikte, Regma gölü bataklık halini alarak sıtma bakımından Tarsus için bir hastalık yuvası haline gelmiş, 1883 yılında bu bataklığı ziraat arazisi, haline getirmek şartı ile Karabucak etrafındaki 89.000 dekar arazinin 99 yıllık hakkı 56.500 kuruş gibi sembolik bir bedelle İngiliz Dara şirketine ihale edilmişse de şirket bataklığın korkunç manzarası karşısında ise başlayamamış ve işi bırakmıştır. 1936 yılında İktisat ve Ticaret Bakanlığı, Maden Tetkik Arama Enstitüsünün İspanyadan getirdiği uzmanın hazırladığı rapordan yararlanarak okaliptüs yetiştirme imkanlarının araştırılması, ilgili bakanlıkça istenmiş ve bu işle görevlendirilen Orman Genel Müdürlüğüne bataklığın okaliptüs ile ağaçlandırılabilceği tespit edilerek 1939 yılında ilk fidan dikilip, bataklığın ağaçlandırılmasına başlanmıştır. Büyük bir İngiliz şirketinin başaramadığı bu işi Orman Genel Müdürlüğüne desteği ile Orman Mühendisi Fehmi GÜRESİN ve diğer ormancılar başarmıştır.

Karabucak Ormanı Güresin ve Turan Emeksiz olarak iki bölüme ayrılmaktadır. Güresin ormanı 850 ha olup okaliptüs ağaçlarıyla kaplı bir ormandır. Genellikle fıstıkçamının kapladığı alan ise 1650 ha olup Turan Emeksiz olarak adlandırılır.

Okaliptüs plantasyonları tohum, fidan veya klonlama sistemiyle yetiştirilmektedir. Taban suyu yüksek yerlerde diğer ağaç türlerine göre çok daha iyi ve hızlı gelişme göstermektedir. Okaliptüs plantasyonları ile

- Orman köylüsü ve çiftçiye iş imkanı verilmesi,
- Verimsiz alanların ekonomik hale gelmesi,
- İthalatın azalarak, döviz tasarrufu sağlanması,
- Ormanlık alanların bakımının yapılması,
- Bataklıkların ıslah edilmesi,
- İş alanlarına hammadde (kimya-kağıt-ambalaj-ilaç) sağlanması,
- Orman alanlarının çoğaltılması

mümkün olabilmektedir. Buna paralel olarak okaliptüsün kullanım alanları;

- Kağıt Sanayi (Yazı ve baskı tabi için kaliteli kağıt)
- Ambalaj Sanayi (Ağaca dayalı)
- Mobilya Sanayi (Kaplama)

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

- Arıcılık (Rüzgar perdesi, koruyucu orman şeridi)
- Kimya Sanayi (İyi kalite aktifleştirilmiş karbon)
- Maden Sanayi (Maden direği+çift kazığı)
- Kozmetik Sanayi (Okaliptüs yağı) olarak geliştirilmiştir.

Okaliptüs endüstriyel orman ağaçlandırmaları yoluyla tarım alanlarında yetiştirilmeye de aday olup, ülkemizdeki odun hammaddesi açığının kapatılmasında düşünülmesi gereken türlerimiz içindedir. Bu işleriyle doğal ormanlarımızın korunması ve doğaya yakın işletilmesi olanaklarına en etkin katkıyı yapabilecek konumdadır. Okaliptüs ekosistemleri ülkemizde biyolojik çeşitlilik, odun ve odun dışı orman ürünleri üretimi, koruma ve estetik işlevleriyle ülkemizin ayrıcalıklı doğa parçalarını oluşturmaktadır.

Bu sempozyumun amacı bu özelliklere ve geçmişe sahip ağaç türünün gerek biyolojik ve ekolojik özelliklerini gerekse endüstriyel alanda önemini ortaya koymak, sanayicilerimize değerlendirme imkanları açmak, bilim üreterek literatüre yeni bilgiler sunabilmektir.

Bu Sempozyumun gerçekleştirilmesinde çok önemli katkıları olan;

- TÜBİTAK'a
- Mersin Valiliğine
- Tarsus Kaymakamlığına
- Tarsus Belediye Başkanlığına
- Tarsus Ticaret ve Sanayi Odası Başkanlığına
- Tarsus Ziraat Odası Başkanlığına
- Tarsus Ticaret Borsasına
- Mersin Orman Bölge Müdürlüğüne
- Mersin Çevre ve Orman İl Müdürlüğüne

İçten teşekkür borçluyum. Onların destekleri olmasaydı bu sempozyumu gerçekleştirmek mümkün olmazdı. Bunların dışında Sempozyumun gerçekleştirilmesi için olağanüstü gayret gösteren;

- KSÜ Orman Fakültesi Sempozyum düzenleme Kurulu elemanlarına,
- Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü sempozyum düzenleme kurulu elemanlarına

İçten teşekkür ederim.

Sempozyumun ülkemize yararlı olmasını ve önemli sonuçlar ortaya koymasını dilerim.

Prof. Dr. Orhan ERDAŞ
Dekan

I. ULUSAL OKALİPTÜS SEMPOZYUMU SONUÇ RAPORU

15–17 Nisan 2008 tarihleri arasında, KSÜ Orman Fakültesi ile Çevre ve Orman Bakanlığı, Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Müdürlüğü'nün ortaklaşa olarak Tarsus'ta düzenlediği "I. Ulusal Okalıptüs Sempozyumu"nda sunulan bildirimler ve yapılan tartışmalar ışığında oluşan görüşler aşağıda belirtilmiştir:

1. Ülkemizde artan nüfus ve yükselen refah düzeyine bağlı olarak, odun hammaddesine duyulan talep giderek artacaktır. Bu talebin karşılanabilmesi, doğal ormanlarımızın korunabilmesi ve sürdürülebilir ormancılık için, hızlı gelişen yerli ve yabancı türlerle endüstriyel ağaçlandırmaların kurulması bir zorunluluktur.
2. Tarsus-Karabucak'ta 1939 yılından beri, ağaçlandırma uygulamaları başarıyla devam eden okalıptüs türleri, ekolojik koşullara uyumu ve yüksek artımıyla ağaçlandırmalarda öncelikle ele alınması gereken türler arasındadır.
3. Türkiye'nin verimli ormanları yaklaşık 3 m³/ha yıllık artım gücüne sahip iken, bu miktar ülkemiz koşullarına en iyi uyum gösteren *E.camaldulensis* ve *E.grandis* türlerinde yapılan ıslah çalışmaları sonunda yaklaşık 50 m³/ha yıllık artıma ulaşmıştır.
4. Yaklaşık 20.000 ha okalıptüs ile ağaçlandırılmış sahanın bulunduğu ülkemizde, yapılan envanter çalışmalarına göre, ülkemizde okalıptüs ağaçlandırmalarına uygun potansiyel alanlar mevcut olup, bu potansiyel kullanılmalıdır.
5. FAO kaynaklarında yer aldığı gibi, tarımı olumsuz yönde etkilemediğinden, sulanabilir tarım alanlarının %5'inde kavak ve okalıptüs ağaçlandırmalarının yapılması uygundur.
6. Okalıptüslerin başta kâğıt endüstrisi olmak üzere mobilya, parke, maden direği, palet, tekne, müzik aletleri yapımı, kozmetik ve ilaç sanayi gibi birçok kullanım alanı vardır.
7. Bugünkü aşamada, okalıptüsle ilgili olarak üniversiteler, araştırma kurumları, üreticiler ve sanayiciler arasında bilgi ve iletişim eksikliğinden kaynaklanan sorunlar bulunmaktadır. Bu sorunları gidermek üzere, belirtilen kurumlar ve sektörler arasında yoğun bir iş birliği sağlanması, bazı temel ve uygulamalı araştırmaların hızla projelendirilerek hayata geçirilmesi gerekli görülmektedir.
8. Son yıllarda okalıptüs ağaçlandırma alanlarında ürün kaybına yol açan bazı zararlılar saptanmıştır. Ortaya çıkan bu zararlılara, kuraklığa ve soğuğa dayanıklı klonların seçimine yönelik araştırma ve uygulama çalışmalarına önem verilmelidir. Ayrıca, bu zararlılarla biyolojik mücadele çalışmalarına da devam edilmelidir.
9. Yüksek artımın devamı, kuraklığa ve hastalıklara dayanıklı ağaçlandırmalar için, fidanlar vejetatif yolla üretilmeli ve tohumdan fidan üretimine son verilmelidir.
10. Klonol yolla kurulan plantasyonların gözlenmesi sonucu, gereksinim duyulması halinde, bazı yeni okalıptüs türleri ile denemeler yapılmalıdır.
11. Evsel atıksu arıtma çamurlarının, okalıptüs fidanı üretiminde kullanılması konusundaki araştırma çalışmaları sürdürülmelidir.
12. Okalıptüsle ilgili pazar araştırmaları yoğunlaştırılmalıdır.
13. Yeni teknolojilerin ışığında, odun hammaddesine dayalı malzeme araştırmaları yapılmalıdır.
14. Okalıptüs ağaçlandırması yapacak köylü ve diğer özel teşebbüse, her türlü mali kolaylık ve devlet desteği sağlanmalıdır.
15. Hızlı gelişen türlerle, bu bağlamda okalıptüsle ilgili olarak, sürdürülebilir ormancılık ilkesi doğrultusunda, sağlıklı politikalar geliştirilerek uygulanmalıdır.

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

16. Ülkemiz ormancılık tarihinde önemli bir yeri olan Karabucak Okaliptüs Ormanında bulunan ve bugüne kadar yoğun okaliptüs araştırmaları gerçekleştiren, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma M¼d¼rl¼ę¼ g¼çlendirilmelidir.
17. Sempozyuma yoğun bir katılım olmuş ve ayrıca sempozyum ulusal bir organizasyon olarak d¼zenlenmiř olmasına rağmen, Almanya ve Venez¼ella'dan katılan d¼rt bilim insanı ile uluslararası bir nitelik kazanmıştır. Bu durum, uygun bir s¼re sonra, sempozyumun uluslararası olarak tekrarlanmasının bir g¼stergesi olarak yorumlanmıştır.

İşbu Sonuç raporu tarafımızdan d¼zenlenmiřtir. 17.04.2008

Sempozyum D¼zenleme Kurulu

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	VI
Türkiye’de Endüstriyel Plantasyonlar ve Önemi	1
<i>Melih BOYDAK</i>	
Eucalyptus grandis, Tree Growth and Forest Design.....	12
<i>Klaus v. GADOW</i>	
Plantasyon Ormanlığında Envanter Metotları.....	22
<i>Alparslan AKÇA</i>	
On the Release of Volatile Acids from Wood-based Panels - Chemical Aspects-	33
<i>Edmone ROFFAEL</i>	
Adana, Osmaniye, Hatay’da Okaliptüs Ağaçlarında <i>Ophelimus maskelli</i> (Hym.: Eulophidae)’nin, Dağılımı, Ekonomik Önemi ve Entegre Mücadele Olanakları	39
<i>Miklat DOĞANLAR, Abdurrahman YİĞİT, Oğuzhan DOĞANLAR</i>	
Tarsus Karabucak’ta <i>Eucalyptus camaldulensis</i> ’in Yetiştirilmesinde Silvikültürel Esaslar, Gelişme ve Dikim Aralıklarının Belirlenmesi Üzerine İncelemeler	46
<i>Fatma GÜNGÖR</i>	
Serinyol Orman Fidanlığında Okaliptüs Fidanı Üretimi, Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri.....	50
<i>Habibe YILMAZ, Bilal DOĞAN</i>	
Evsel Atıksu Arıtma Çamurları İle Yetiştirilen Okaliptüslerin (<i>E.camaldulensis</i> Dehn.) 2 Yıllık Arazi Sonuçları	54
<i>Sedat TÜFEKÇİ, A. Gani GÜLBABA</i>	
Okaliptüs (<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn) Klon Denemesinde Kalıtım Dereceleri ve Genetik Kazancın Belirlenmesi. 59	
<i>A. Gani GÜLBABA</i>	
Ahşap Tekne Yapımında Okaliptüsün Yeri ve Önemi	70
<i>Bülent KAYGIN¹, Alper AYTEKİN</i>	
Okaliptüs (<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn.) Odununun Bazı Fiziksel, Mekanik Özellikleri ve Kullanım Alanları	78
<i>Nurgül AY, Elif TOPALOĞLU, Hüseyin TAN</i>	
Okaliptüs Odununun Kullanımında Yeni Alanlar	84
<i>Ramazan KURT, Fatih MENGELOĞLU, Vedat ÇAVUŞ</i>	
Dörtüyl (Hatay) Yöresinde Yetişen İki Farklı Okaliptüs Türüne Ait Yaprakların Eterik Yağ Analizi.....	88
<i>M. Hakkı ALMA, Murat ERTAŞ, M. Yasin ÇAKMAK</i>	
Okaliptüs (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>) Kraft Hamurlarının Oksijen Bazlı Bileşikler İle Ağartılmasında Yeni Yaklaşımlar ⁹⁴	
<i>Hüseyin KIRCI, Emrah PEŞMAN, Evren ERSOY KALYONCU</i>	
Kırıkhan (Hatay) Okaliptüs Ormanındaki Üretim ve Satış Durumunun İncelenmesi	101
<i>Mehmet KANAT, Rasim YAŞAR</i>	
Akyatan Kumulundaki (Kapıköy, Adana) Ormanlık Etkinliklerinin Toprak Kalitesine Etkisi ve Ekonomik Getirisi ...	104
<i>Erhan AKÇA, Süheyla YAKTI, Mustafa PEKEL, Seyfettin YILMAZ, O. POLAT, S. POLAT, E. YILMAZ, S. KAPUR</i>	
Reşadiye (Datça) Yarımadası’nda Yetiştirilmiş Olan Okaliptüs Ormanının Kuruluşu ve Okaliptüs Ormanlarının Evsel Arıtma Suyu İle Beslenmesi İmkanları	113
<i>M. Doğan KANTARCI</i>	
Türkiye’de Okaliptüsler Üzerinde Saptanan Bazı Böcek Türleri.....	123
<i>Fatih AYTAR, Mehmet KANAT</i>	
Atık Okaliptüs Unlarıyla Doldurulmuş Geri Dönüşüm Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE) Polimer Kompozitler ...	129
<i>Fatih MENGELOĞLU, Ramazan KURT, Kadir KARAKUŞ</i>	
Asetillendirme ile <i>Eucalyptus. camaldulensis</i> Dehnh. Diri Odununa Boyutsal Sabitlik Kazandırılması	134
<i>Nihat Sami ÇETİN, Nilgül ÖZMEN</i>	
Okaliptüs’ün (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>) Kurutma Cetvellerinin Bilgisayar Programı ile Oluşturulması	142
<i>Alper AYTEKİN, Bülent KAYGIN</i>	
Okaliptüs (<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn.) Odununun Bazı Fiziksel, Kimyasal, Mekanik ve Anatomik Özellikleri....	151
<i>Salih ASLAN, E. Yılmaz DEMETÇİ, Rasih SÖZEN, Emel İLTER, Özgür Deniz BALKIZ</i>	
Adana, Osmaniye ve Hatay’da Okaliptüs Ağaçlarında <i>Leptocybe invasa</i> (Hymenoptera: Eulophidae), Dağılımı, Ekonomik Önemi ve Dayanıklı Çeşitlerin Tespiti	162
<i>Miklat DOĞANLAR, Abdurrahman YİĞİT, Oğuzhan DOĞANLAR</i>	
Okaliptüs Ağaçlarında Zararlı Okaliptüs Gal Arısı, <i>Leptocybe invasa</i> Fisher ve La Salle, 2004 (Hymenoptera: Eulophidae)’a Dayanıklı ve Hassas Okaliptüs Çeşitlerinin Kimyasal Analizleri ve Bunların Karşılaştırılması	170

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

<i>Öznur ÖZDEN, Keriman GÜNAYDIN, Oğuzhan DOĞANLAR</i>	
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> 'in <i>Leptocybe invasa</i> 'ya ve Hastalıklara, Dayanıklı ve Hassas Çeşitlerinde Folin-Ciocalteu Reaktifi ile Toplam Fenol Tayini	183
<i>Fatma AYDOĞMUŞ ÖZTÜRK, Keriman GÜNAYDIN</i>	
Avustralya Kökenli İki Eulophid, <i>Leptocybe invasa</i> Fisher ve La Salle ve <i>Ophelimus maskelli</i> (Hym.; Eulophidae)'nin Türkiye'deki Yayılışı, Konukçuları ve Doğal Düşmanları	189
<i>Fatih AYTAR</i>	
<i>Eucalyptus grandis</i> Odunlarından Kraft-Sodyum Borhidrür Pişirme Yöntemiyle Elde Edilen Kağıt Hamurlarının Ağartılması	196
<i>Ahmet TUTUŞ, Onur Tolga OKAN, Mehmet Cevat BALKAN, İlhan DENİZ</i>	
Okaliptüs Odununun Kurutma Özellikleri ve Kullanımı	202
<i>Öner ÜNSAL, Ramazan KANTAY</i>	
Okaliptüs (<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn.) Odununun Bazı Teknolojik Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin Etkisi	209
<i>Süleyman KORKUT, Derya Sevim KORKUT, İlter BEKAR</i>	
Okaliptüs Yongaları ile Üretilmiş Yongalevhaların Borik Asit ile Emprenye Edilmesinin Levhanın Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi	215
<i>Ayfer Dönmez ÇAVDAR, Hülya KALAYCIOĞLU, Eylem Dizman TOMAK</i>	
Amenajman Planlarında Okaliptüs İşletme Sınıfları	220
<i>Rüstem KIRIŞ, Salih YILMAZ, Cemil ÜN, Ziyaeddin AKKOYUNLU</i>	
Okaliptüs (<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn.) Baltalıkları İçin Yaşam Alanına Bağlı Hasılat Tablosunun Düzenlenmesi	230
<i>Abdulkadir YILDIZBAKAN, Ömer SARAÇOĞLU</i>	
Monomoleküler Boyca Büyüme Modelinin Okaliptüs (<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn.) Baltalıklarında Uygulanması	244
<i>Abdulkadir YILDIZBAKAN, Cem AKGÜN</i>	
Tarsus-Karabucak Okaliptüs İşletmeciliğiyle Civar Bölge Tarımının Ekonomik Yönden Bir Kıyaslaması	250
<i>A. Haluk TÜRKER</i>	
Bazı Kağıt Hamurlarının İç Yapıştırma Performansları	259
<i>Arif KARADEMİR, Selim KARAHAN, Hülya VARLIBAŞ, Murat ERTAŞ</i>	
Effects of Xylans on the Refinability, Physical and Mechanical Properties of Eucalyptus Kraft Pulps	268
<i>Eyra ALBARRAN, Jorge L. COLODETTE, Gladys MOGOLLON, Arif KARADEMİR</i>	
Okaliptüs (<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill.) Odununun Dinamik Eğilme Direncinin Belirlenmesi ve Bazı Ağaç Türleri ile Karşılaştırılması	274
<i>İbrahim BEKTAŞ, M. Hakkı ALMA, Bekir Cihad BAL, Ümit AYATA</i>	
Okaliptüs (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>) Odununun Pirolyzi: Sıvı Ürün Verimi Üzerine Sıcaklık, Parçacık Boyutu ve Sürükleyici Gaz (N ₂) Akış Hızının Etkisi	281
<i>Murat ERTAŞ, M. Hakkı ALMA</i>	
<i>Eucalyptus grandis</i> ve <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Odunlarından Kraft Yöntemiyle Kağıt Hamuru Üretiminde Sodyum Borhidrürün Hamur Verimi Üzerine Etkisi	288
<i>Ahmet TUTUŞ, İbrahim BEKTAŞ, Ümit AYATA</i>	
Okaliptüs (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>) Odun Tozlarından Poliüretan Esaslı Köpüklerin Üretilmesi	297
<i>M. Hakkı ALMA, M. Said FİDAN, Murat ERTAŞ</i>	
<i>Eucalyptus grandis</i> Odununun Kimyasal Bileşimi ve Termal Özellikleri	307
<i>Ahmet TUTUŞ, Ramazan KURT, Murat ERTAŞ, Ümit AYATA, M. Hakkı ALMA</i>	
<i>Eucalyptus grandis</i> ve <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Odunlarının Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi ve Başlıca Kullanım Alanları	314
<i>İbrahim BEKTAŞ, Ahmet TUTUŞ, Ümit AYATA</i>	

Türkiye’de Endüstriyel Plantasyonlar ve Önemi

Melih BOYDAK

Prof. Dr., İ.Ü. Orman Fakültesi 34473 Bahçeköy – İstanbul, e-mail: boydakm@istanbul.edu.tr

Özet

Bu bildirinin amacı, endüstriyel plantasyonların Türkiye’deki güncel durumunu ve ormancılığımız açısından önemini analiz etmek ve bu konuda öneriler yapmaktır. Bu amaçla, önce ülkemizin bitki zenginliği ve bu zenginliğin nedenleri konusunda kısa bilgiler verilmiştir. Bunu dünyada orman alanlarının ve nüfusun günümüze kadar olan değişimi konusundaki verilerin açıklanması izlemiştir. Birleşmiş Milletlerin dünya nüfusunun gelecekteki seyri ilgili değişik senaryoları açıklandıktan sonra, küresel ölçekte yapılan ağaçlandırmalar ile bunlar içindeki endüstriyel plantasyonların miktarı ve verim gücüne ait veriler belirtilmiştir. Benzer şekilde, Türkiye’de ormanların durumu, güncel odun hammaddesi tüketimi açıklanmıştır. Ayrıca, Türkiye’nin gelecekteki odun hammaddesi gereksinimi ile ilgili projeksiyonlara yer verilerek analiz edilmiştir. Endüstriyel plantasyonların araştırma ve uygulamalar açısından ülkemizdeki gelişimi ve güncel durumu da irdelenmiştir. Araştırmalarda ve uygulamalarda önemli mesafeler alınmış olmasına karşın, bu konudaki politika yetersizliğinin özellikle endüstriyel plantasyon uygulamalarını olumsuz yönde etkilediği vurgulanmıştır. Araştırmalardaki eksiklikler ve boşluklar da ilgili kaynaklar eşliğinde açıklanmıştır. Ülkemizin doğal hızlı gelişen türleri ile, araştırmalar sonucu ülkemizdeki bazı ekolojik alanlara uyum sağlayan, hızlı gelişen yabancı türlerin verim güçleri belirtilmiştir. Türkiye’de orman rejimi içinde, endüstriyel plantasyonların yapılmasına uygun iyi bonitet potansiyel alanlarla ilgili bilgiler verilmiştir. Sulanabilir ve sulanmayan tarım alanlarından, tarımı olumsuz yönde etkilemeden, endüstriyel plantasyonlara ayrılacak alanlar irdelenmiştir. Araştırma ve uygulamalardaki gelişmeler, güncel durum ve potansiyel alanlar dikkate alınarak, ülkemiz için endüstriyel plantasyonlarla ilgili öneriler yapılmıştır. Bu öneriler; endüstriyel plantasyonlara uygun alanları, ülkemizin doğal hızlı gelişen türleri ile, denemeler sonucu bazı yörelerdeki ekolojik koşullara uyum sağlamış yabancı hızlı gelişen türleri, ülkemizde denenebilecek yabancı türleri, orman endüstri kuruluşlarının bu konudaki sorumlulukları, Çevre ve Orman Bakanlığı’nın endüstriyel plantasyonlarla ilgili olarak, izlenmesi gereken politikaları kapsamaktadır.

Anahtar kelimeler : Hızlı gelişen türler, Endüstriyel plantasyonlar

Industrial Plantations and Its Importance in Turkey

Abstract

The aim of this study is to analyze current situation of industrial plantations and its importance from the Turkish forestry point of view and give some recommendations. At first, the state of world’s and Turkey’s forests and industrial plantations were explained. This is followed by the explanation of the latest United Nations population projections. Then the annual wood supply and demand of Turkey were mentioned. Evaluation of research and application aspects of industrial plantations were made. Industrial plantations with fast growing native and exotic tree species appeared to be one of the most suitable options for meeting the future wood deficit of the country. Turkey has lands with suitable climatic and edaphic conditions for industrial plantations both inside forest lands and private agricultural lands. A sound forest policy about industrial plantations has to be established. The Turkish forestry should give the priority to apply the research results to practice. This priority needs to link forest policy with practices for fast growing native and exotic tree species. Objectives, principles of management and rotation periods of the plantations should be well described in the management plans. Attention must be given genetically selected trees or clones, intensive-site preparations, spacings and strict vegetation control. Forest industry companies must have an interest in securing some of their wood raw material by establishing their own plantations. Therefore appropriate incentives including tax concessions, crop tenure rights and others should be legislated to facilitate industrial plantations.

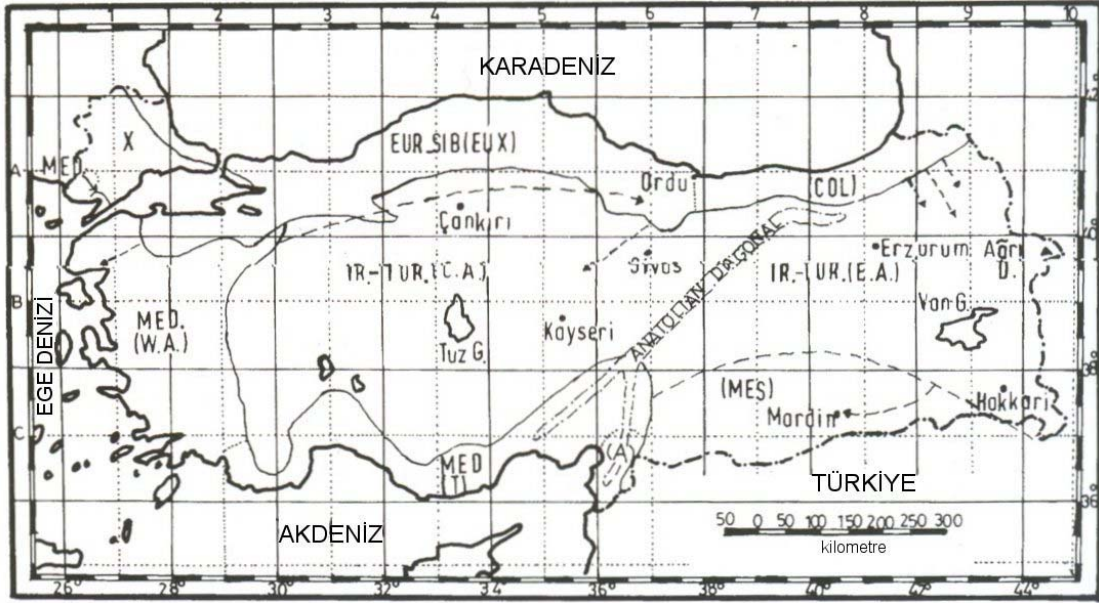
Key words : Fast growing species, Industrial plantations

1. Giriş

Türkiye dünyanın önde gelen flora merkezlerinden birisidir. Bunun ana nedenleri, ülkemizin dünya üzerindeki konumu ve yeryüzü şeklinin (morfolojik yapı) rotaya çıkardığı ana ve tali iklim tipleridir (deniz, karasal ve Akdeniz iklimleri ve bunların geçiş zonları). Nitekim, Türkiye toprakları ılıman ve tropik kuşakların geçiş zonunda olup, Asya’nın karasal bölgesi ve Doğu Akdeniz bölgelerini içermektedir. Belirtilenlere ek olarak, Karadeniz ve Akdeniz Bölgelerinde denize paralel, Ege

Bölgesi'nde denize dik yüksek dağlar farklı iklimlerle birlikte, çeşitli bitki bölgelerinin oluşmasını sağlamıştır. Ayrıca, 100 000 yıldan beri buzulların 2000 m'nin altına inmemiş olması, tersiyer bitki zenginliğinin, genelde günümüze ulaşmasını sağlamıştır (Boydak 2003 a). Ülkemizde bugünkü otsu ve odunsu bitkilerin sayısı 10000 adedin üzerinde olup, bunların 3000-3500 adedi Türkiye'ye özgü (endemik) bitkilerdir (Ekim ve Ark. 2000).

Türkiye'de üç önemli ana bitki bölgesi ve bu bitki bölgelerinin kesişim alanları bulunmaktadır. Bunlar Avrupa-Sibirya (Euro-Siberian), İran-Turan (Irano-Turanian) ve Akdeniz (Mediterranean) ana bitki bölgeleridir (Şekil 1). Bu bitki bölgeleri içinde çok sayıda ağaç türü, ayrıca, ekonomik değeri yüksek ve/veya hızlı gelişen yapraklı ve iğne yapraklı türler de yer almaktadır.



Şekil 1. Türkiye'de flora bölgeleri-fitocoğrafik bölgeler (Davis 1971; harita üzerinde bazı değişiklikler yapılmıştır).

Türkiye ormanları binlerce yıldan beri süren usulsüz kesimler sonucu, büyük çapta tahrip olmuştur. Ormanlarımızın sürdürülebilir yönetimi tehlike içindedir. Orman azalması özellikle son 100-150 yılda büyük boyutlara ulaşmıştır. Buna karşılık, son 60 yılda, ülkemizde doğal gençleştirme ve ağaçlandırma çalışmaları hız kazanmıştır. Ancak, ormancılık politikaları ve uygulama iyi koordine edilememiş, endüstriyel plantasyonlar açısından da yeterli politikalar geliştirilememiştir.

Ülkemizde ekolojik olarak uygun alanlarda hızlı gelişen yerli ve yabancı türlerle kurulacak endüstriyel plantasyonlar, odun hammaddesi üretimi sonucu, doğal ormanların korunmasına katkı yapacak temel unsurdur. Aynı zamanda, doğal ormanlarımızda doğaya yakın silvikültürel uygulamaların yapılabilmesi ve ormanlarımızın potansiyel verim güçlerine ulaşabilmesi hususlarında, endüstriyel plantasyonların önemli işlevleri olacaktır.

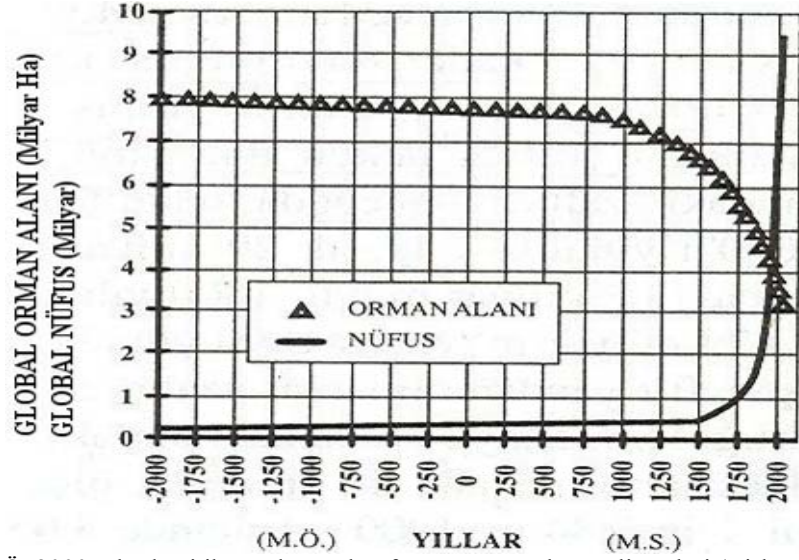
Bu bildiride dünya ve Türkiye ormanlarının bugünkü durumu, küresel ve ülke bazında odun hammaddesi arz ve talebi kısaca açıklanmıştır. Bunu ülkemizde hızlı gelişen türlerle endüstriyel plantasyonların önemi, yaşanan süreç, güncel durumu ve uygulanan politikaların özetlenmesi izlemiştir. Daha sonra endüstriyel plantasyonlarla ilgili önerilere yer verilmiştir.

2. Dünyada Ve Türkiye'de Ormanların Durumu

2.1. Dünyada ormanların durumu

Dünya nüfusu 1945 yılına kadar 2 milyara, 1945 - 1990 yılları arasındaki dönemde ise 1.5 kat artış göstererek 5.116 milyara ulaşmıştır. Dünya nüfusu halen 6 milyar dolayındadır. Nüfus artışının tersine, dünya ormanları M.Ö.2000 tarihinde 8 milyar hektardan, M.S. 2000 yılında 3.9 milyar hektara gerilemiştir (Şekil 1) (FAO 1993; 2001; Birler, 1996). Küresel orman azalması 18. yüzyıldan sonra

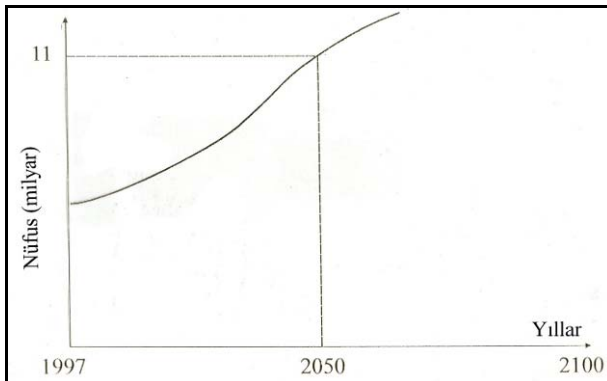
hızlanmış, azalma, özellikle 20. yüzyılda tehlikeli boyutlara ulaşmıştır (Boydak 2001;2003 a;b, Boydak ve Ark. 2007). 1990 - 2000 yılları arasında dünya ormanlarındaki yıllık azalma 14.6 milyon hektardır. Buna karşılık ağaçlandırmalarla veya ormansız alanların kendiliğinden doğal olarak ormanla kaplanması sonucu yıllık orman artışı ise 5.2 milyon hektar düzeyindedir. Verilere göre, 1990 - 2000 yılları arasındaki net orman azalması ise yılda 9.4 milyon hektar iken 2000-2005 yılları arasında bu azalma 7.3 milyon hektara düşmüştür (F.A.O. 2007).



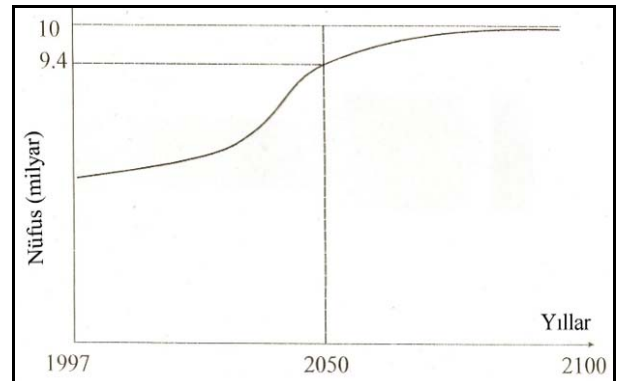
Şekil 2. M.Ö. 2000 yılından itibaren küresel nüfus ve orman alanı gelişmeleri (Birler 1996).

Verilere göre, 2000 yılına kadar dünyada 287 milyon hektar orman ağaçlandırması yapılmıştır. Bunun % 62'si Asya'dadır. Ağaçlandırmaların yarısı endüstriyel, $\frac{1}{4}$ 'ü endüstriyel olmayan kullanım amaçlıdır. Diğer $\frac{1}{4}$ 'ünün kullanım amacı belirgin değildir. Yıllık küresel ağaçlandırma miktarı ise 4.5 milyon hektardır. Ağaçlandırmalar (287 milyon ha) küresel orman alanlarının % 5'ini kapsamına karşın, 2000 yılında küresel yuvarlak odunun % 35'ini sağlamıştır. Bu oranın 2020 yılında % 44'e çıkacağı tahmin edilmektedir (FAO, 2001). Bugünkü koşullarda, dünya ormanları odun hammaddesi gereksinimini ancak karşılayabilmektedir.

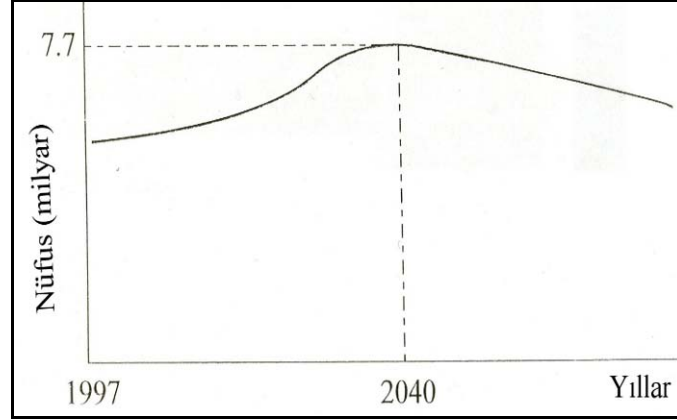
Birleşmiş Milletler (BM)'in dünya ölçeğinde yaptığı ve nüfus bilimcilere dağıttığı, 3 küresel nüfus projeksiyonu bulunmaktadır (Sedjo 1997, Boydak 2003a, Boydak ve Ark. 2007). BM'nin yüksek projeksiyonu temsil eden senaryosuna göre, küresel nüfus 2050 yılında 11 milyarı bulacak ve yükseltmeye devam edecektir (Şekil 2). Orta düzeydeki yaklaşım senaryosuna göre, dünya nüfusu 2050 yılında 9.4 milyarı bulacak ve 2050 yılından sonra dengeye kavuşarak, 20. yüzyılın sonunda yaklaşık 10 milyar olacaktır (Şekil 3). BM'nin düşük nüfus senaryosunda ise küresel nüfus 2040 yılında 7.7 milyarı bulacak, bu tarihten sonra azalmaya başlayacak, 2050 yılında 2040 yılına göre 100 milyon nüfus azalması olacak, bundan sonra azalma sürecine girecektir (Şekil 4). BM tarafından, bu üç senaryo olasılığının eşit düzeyde olduğu belirtilmektedir (Sedjo 1997).



Şekil 3. BM nüfus projeksiyonu, yüksek (Sedjo, 1997)



Şekil 4. BM nüfus projeksiyonu, orta (Sedjo, 1997)



Şekil 5. BM nüfus projeksiyonu, düşük (Sedjo, 1997)

Artan bu nüfusa koşut olarak, gelecekte küresel odun hammaddesi gereksiniminin de artması beklenmektedir. Örneğin; tahminlere göre, küresel endüstriyel odun gereksinimi 1996 - 2010 yılları arasında, yılda % 1.7 yıllık artışla 1.490 milyar m³ ten 1.870 milyar m³ e ulaşacaktır (FAO 1999).

2.2. Türkiye’de Ormanların Durumu

Bilimsel bulgulara göre, önceleri 50 milyon hektar olan Türkiye ormanları, son envanter çalışmalarına göre, günümüzde 20.8 milyon hektara gerilemiştir. Ormanlarımız ülke alanının % 26.8’ini kapsamaktadır. 1980 ve 1997 yıllarında yayınlanan envanter sonuçlarına göre, ülkemizde orman alanları, yaklaşık 500 bin hektarlık bir artış göstermiştir. Ülkemiz ormanlarının 8.2 milyon hektarını normal (verimli) koru ve 1.8 milyon hektarını normal baltalık olmak üzere toplam 10 milyon hektarını (% 48.3) normal ormanlar, 6.2 milyon hektarını bozuk koru ve 4.6 milyon hektarını bozuk baltalık olmak üzere toplam 10.7 milyon hektarını (%51.7) ise bozuk nitelikli ormanlar oluşturmaktadır (Konukcu 2001). Ülkemiz ormanlarının yıllık cari artımı 32 milyon m³, yıllık ortalama etası ise 17.3 milyon m³ tür. Ormanlardan, ayrıca, yakacak odun olarak, yılda 6-7 milyon m³ kayıt dışı üretim yapıldığı belirtilmektedir (Anon. 2001b, Boydak 2003a, Boydak ve Ark. 2007). Türkiye’de yıllık odun hammaddesi tüketimi ise 30.8 milyon m³ olup Tablo “1” de toplanmıştır.

Tablo 1. Türkiye’de Yıllık Odun Hammaddesi Tüketimi (Boydak 2001)¹

Ormanlardan yıllık odun üretimi (ortalama)	15 000 000 m ³
Yıllık kavak odunu üretimi	4 300 000 m ³
Yıllık okaliptüs odunu üretimi	500 000 m ³
Yıllık odun ürünleri dışalım (yaklaşık)	2 000 000 m ³
Yıllık kağıt-karton dışalım (yaklaşık 1000 000 ton)	3 000 000 m ³
Tahmin edilen kayıt dışı üretim	6 000 000 m ³
Toplam	30 800 000 m ³

¹ Tablo verilerine ek olarak, yaklaşık 2.5 milyon ha bağ ve bahçeden sağlanan odun hammaddesi de bulunmaktadır.

Ülkemiz ormanlarının yıllık ortalama etası 17-18 milyon m³, buna karşılık, Tablo “2” verilerine göre, kayıt dışı üretimle yıllık ortalama kesim miktarı yaklaşık 21 milyon m³ tür. Böylece her yıl ete 4 milyon m³ aşılmaktadır. Ayrıca, kağıt-karton ve diğer odun ürünleri dışalım için (yaklaşık 5 milyon m³) önemli düzeyde döviz ödenmektedir (Boydak 2001, Boydak ve Ark. 2007).

Türkiye’de tüketimle ilgili iki projeksiyon bulunmaktadır. Ülkemizde nüfus artışı ve kişi başına tüketilen odun hammaddesi artışı tahminleri dikkate alınarak, Birler (1996) tarafından yapılmış senaryoya göre, 2020 yılında ülkemizdeki tüketimin 48.7 milyon m³’e ulaşacağı tahmin edilmektedir. Buna karşılık, başka bir projeksiyonda; 2023 yılında endüstriyel odun talebinin 15.6 m³, iç kaynaklardan arzının 12.3 milyon m³, endüstriyel odun arz açığının ise 3.3 milyon m³ olacağı belirtilmiştir. 2023 yılında toplam odun tüketimi ise 26.5 milyon m³ olarak tahmin edilmiştir (Anon., 2001). Ancak günümüzdeki tüketimin 30.8 milyon m³’ün üzerinde olduğu dikkate alınır, ikinci projeksiyondaki tahminlerin çok düşük olduğu belirtilebilir.

İki projeksiyonda açıklanan toplam odun tüketimi arasındaki fark 22.2 milyon m³ olarak çok belirgindir. Bununla birlikte, iki projeksiyona göre de, Türkiye'nin gelecekte bir odun hammaddesi açığı ile karşı karşıya kalacağı görülmektedir. Odun hammaddesi yerine bazı ikame maddeler (örneğin; plastik torbalar, demir inşaat iskeleleri, alüminyum, plastik kapı ve doğramalar, elektronik devriminin neden olabileceği kağıt tasarrufu, geri dönüşümlü kağıt kullanımı) kullanılabilir olacaktır. Ancak bunların çoğu, büyük enerji tüketimi ile birlikte atmosferdeki CO₂ emisyonunu artırmaktadır (Birler 1996; Oliver 2001). Yukarıdaki açıklamalar odun yerine kullanılabilir ikame maddelerinin, ülkemizin odun hammaddesi açığını kısmen karşılayabileceğini göstermektedir (Boydak 2003a, Boydak ve Ark. 2007).

3. Türkiye'de Endüstriyel Plantasyonların gelişim süreci ve irdelenmesi

Endüstriyel plantasyonlar hızlı gelişen yerli ve yabancı türler kullanılarak, entansif kültür yöntemleri kullanılarak, iyi bonitet alanlarla tarım alanlarında kurulan plantasyonlardır. Bu plantasyonlar hektarda yıllık ortalama 10-50 m³ artım yapabilmektedir. Karakavak (Selvi kavağı) ülkemizde yüzyıllardan beri halk tarafından, geleneksel olarak yetiştirilen bir hızlı gelişen türdür. 1880 yılında Terkos Gölü civarında kumul tespiti için Fransızlar tarafından yapılan sahilçamı ağaçlandırmaları, yine bir Fransız şirketinin 1885 yılında yapımına başladığı Adana-Mersin demiryolu hattındaki istasyonlara, süs bitkisi olarak dikilen *Eucalyptus camaldulensis* ağaçlandırmaları, ülkemizdeki ilk yabancı hızlı gelişen tür ağaçlandırmaları olarak belirtilebilir (Turan 1982, Gürses 1990). Daha sonra, Tarsus-Karabucak'ta 1939 yılında bataklığın kurutulması amacıyla, 885 hektar okaliptüs ağaçlandırması yapılmıştır (Gürses 1990).

Hızlı gelişen yabancı türlerle ilgili ilk kurumsal araştırmalar İ. Ü.Orman Fakültesi Ormancılık Ekonomisi Kürsüsü tarafından ülkenin değişik yörelerinde kurulan okaliptüs (1948) sahilçamı ve duglas (1951) melez (1958) denemeleri (Akalp 1982) ile Silvikültür Kürsüsü tarafından Belgrad Ormanı'nda yapılan melez kavak (1952) denemeleridir (Saatçioğlu 1962). Daha kapsamlı denemeler ise, Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Enstitüsü" tarafından 1968 yılında ülkenin sahil kesimlerindeki 40 ayrı yörede, değişik hızlı gelişen türlerle kurulan denemelerle başlatılmıştır (Ürgenç 1972, Şimşek ve Ark. 1985, Eyüpoğlu ve Atasoy 1986, Tulukçu ve Ark. 1991).

Öte yandan, uygulama çalışmaları olarak 1965 yılında, her yıl 5000 hektar endüstriyel ağaçlandırma yapılması, birinci 5 yıllık kalkınma planında yer almıştır.

Türkiye ormancılığı yaklaşık 50 yıl önce (1950'li yıllarda), doğal ormanlardan yapılan odun üretiminin, 1980'li yıllarda ülke gereksinimini karşılamayacağını tahmin ederek, endüstriyel plantasyonları gündeme getirmiştir. 1965 yılında Orman Mühendisleri Odası tarafından düzenlenen Orman Mühendisliği 1. Teknik Kongresi'nde, alınan kararlardan bazıları aşağıda belirtilmiştir (Anon. 1966, Turan 1982, Boydak 2003a;b, Boydak ve Ark. 2007):

- Yerli ve yabancı türlerle 2000 yılına kadar 300 000 ha alanda endüstriyel plantasyon kurulması.
- Bu amaçla ülke bazında uygun alanların belirlenmesi için "Etüt Proje Gruplar'nın oluşturulması.
- Hızlı gelişen türler konusunda araştırma ve denemeleri yönlendirebilecek bir hızlı gelişen tür araştırma kurumunun" kurulması (Anon. 1966, Turan, 1982, Boydak, 2003 a;b, Boydak ve Ark. 2007).

Bu kararlar adım adım uygulamaya konmuştur:

- 1962 yılında İzmit'te kurulan "Kavakçılık Araştırma Enstitüsü"nü çalışma alanları genişletilerek, 1968 yılında kurumun adı "Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Enstitüsü" olarak değiştirilmiştir.
- Enstitünün 1968 yılında ülke çapında başlattığı denemelerin ilk sonuçları, 1972 yılından itibaren yayınlamaya başlanmıştır (Ürgenç, 1972).
- Ayrıca, Enstitü FAO, bağlantılı ve dış kaynaklı "TUR 71/571 Endüstriyel Ormancılık Plantasyonları" adlı bir projeyi 1972 yılında başlamıştır.

- Bu süreçte, hızlı gelişen türlerle ilgili olarak 1971 (İzmit-Kefken), 1981, (İzmit-Kefken-Çanakkale) 1995 (Balıkesir), 1998 (Ankara), 2002 (İzmit) ve 2003 (İzmit), yıllarında ulusal ve/veya uluslararası toplantılar düzenlenmiştir (Boydak ve Dirik 1998, Boydak 2003a, Boydak ve Ark. 2007).

4. Araştırma ve uygulamalarla ilgili bazı eksiklikler:

Belirtilen öneriler uygulanmaya konmuş olmakla birlikte, 1980’li yıllardaki yetersiz politikalar, endüstriyel plantasyonların olumsuz yönde etkilenmesine neden olmuştur. Bu yıllarda endüstriyel plantasyonlarla ilgili olarak, Orman Bakanlığı, bilim kuruluşları, araştırma kuruluşları ve Endüstri kuruluşlarındaki uzmanların birlikte aldığı kurumsal kararlar gözardı edilerek, kişisel kararlar ön plana çıkmıştır. Ayrıca, Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü’nün organizasyonu ile ilgili olumsuzluklar, araştırmaları da olumsuz yönde etkilemiştir. Hızlı gelişen tür araştırma ve uygulamaları ile ilgili bazı eksiklikler aşağıda açıklanmıştır.

Hızlı gelişen tür ithal denemelerinde ekolojik ön etüt, en önemli konulardan birisini oluşturmaktadır. Ülkemizde kurulan hızlı gelişen tür araştırmalarının ön ekolojik etüt aşamasını içeren kapsamlı bir analiz, ABD’den Türkiye’ye ithali düşünülen 15 türü kapsayacak şekilde Thornthwaite yöntemi kullanılarak (Thornthwaite 1931; Thornthwaite 1948; Avcı 1992) yapılmıştır (Boydak ve Ark. 1995). Bu türlere ait denemelerle ilgili olarak, iklimik ve edafik koşullar, orijin sayıları, kuruldukları yükselti ve benzeri açılardan yapılan analizler sonucu, saptanmış olan bazı eksiklikler aşağıda belirtilmiştir (Boydak ve Ark. 1995).

- Bazı türlere ait doğal yayılış alanları ile Türkiye’deki deneme alanlarının iklim kıyaslamaları iyi yapılamamıştır. Bu nedenle bazı deneme blokları uygun olmayan yörelerde kurulmuştur.
- Bazı denemelerde, denemeye alınan tür, enlem ve yükselti olarak yeterli orijinle temsil edilmemiştir.
- Birinci aşama orijin denemelerinden sonra, bölgelere göre, en iyi gelişmeyi gösteren 2-3 orijinle ikinci aşama orijin denemelerine girilmemiştir.
- Aynı şekilde, en başarılı orijinlerle plot ağaçlandırmalar kurulmamıştır.
- Bazı egzotik türlere ait deneme desenlerinin kurulmasında, yükselti ile ilgili verilerin ayrı olarak değerlendirilebilmesi konusu ihmal edilmiştir.

Hızlı gelişen iğne yapraklı yabancı türlerle yapılan ağaçlandırmalar içinde, en fazla alan kapsayan Sahilçamı ağaçlandırmalarındaki gözlemlerde de, birçok eksiklikler saptanmıştır.

Örneğin, orijinlerin (Korsika ve Land) dikileceği farklı yükselti ve yöreler yeterince dikkate alınmamış, bazı yörelerde hatalı olarak ağır kil topraklarına ve % 30-100 eğimlere dikimler yapılmış, aralama ve diğer kültür yöntemlerine gereken özen gösterilmemiş, amaç ve idare süreleri amenajman planlarında belirtilmemiştir (Anon. 2002, Boydak 2003 a). Değerlendirme sonuçlarına göre, hızlı gelişen yabancı iğne yapraklı türlerde oldukça yoğun araştırmalara karşın, özellikle sahilçamında ağaçlandırma uygulamalarının yaygınlaştırılmasına gereken önem verilmemiştir. Ayrıca, “endüstriyel plantasyon” kavramının gerektirdiği alan hazırlığı ve bakım işlemlerinin (Zoralioğlu 1990, Boydak ve Zoralioğlu 1992) ihmal edildiği, endüstriyel plantasyon anlayışının amenajman planlarına yansıtılmadığı görülmektedir.

5. Türkiye’de yapılan endüstriyel ağaçlandırmalar ve verim düzeyi

Hızlı gelişen tür ağaçlandırmaları kapsamında, ülkemizde yaklaşık 145 000 ha kavak ağaçlandırması bulunmaktadır. Bunun 77000 hektarı melez kavak 68000 hektarı ise karakavak plantasyonlarıdır. Gözlemlere göre, karakavakların % 40’ı, melez kavakların % 15’i alan ağaçlandırması olmayıp su kanalları, dere ve sulanan tarım alanları kenarındadır (Anon. 1999).

Okaliptüs plantasyonları yaklaşık 20 000 hektar alan kapsamaktadır (Gürses ve Ark. 1999, Avcioğlu ve Gürses'e atfen). Çukurova-Adana bölgesinde ise 7814 ha okaliptüs ağaçlandırması bulunmaktadır. Bunun 5705 hektarı özel kişi ve kuruluşlara ait plantasyonlardır.

Kavak ve okaliptüs dışında, hızlı gelişen yabancı türlerle 55700 ha ağaçlandırma yapılmıştır (Çalışkan 1998). Bu ağaçlandırmaların 53 901 ha'nı sahilçamı (*Pinus pinaster*) oluşturmaktadır. Diğer türler ise *Pinus radiata* (1642 ha), *Pinus taeda* (17 ha) ve duglas (*Pseudotsuga menziessi*) (140 ha) dir. Bu ağaçlandırma çalışmaları ülke gereksiniminin çok altındadır. Ayrıca, hızlı gelişen iğne yapraklı türümüz olan kızılçamlı yapılan ağaçlandırmalar içinde, gerçek anlamdaki endüstriyel plantasyonlar fazla değildir.

Kavak dikim aralıklarına bağlı olarak 1. ve 2. bonitet alanlarda 9-13 yıllık idare süreleri içinde 400-700 m³/ha ürün verebilmektedir. Bu yılda ve hektarda 30-50 m³ artıma karşılıktır (Birler 1986, Birler ve Ark. 1992). Türkiye ormanlarının genel ortalama artımı ise yılda 1.6 m³/ha düzeyindedir.

Başka bir kıyaslama, kavak endüstriyel plantasyonlarının ülkemiz için önemini daha iyi bir şekilde ortaya koyacaktır. Bugün 20.8 milyon ha orman alanından 18 milyon m³ üretim planlanmıştır. Buna karşılık yaklaşık 145000 ha olan kavak popülasyonlarından ise 2.4 milyon m³ (% 55) melez kavak, 1.9 milyon m³ (% 45) karakavak olmaz üzere, toplam 4.3 milyon m³ (bazı kaynaklarda 3.5 milyon m³) üretim yapılmaktadır (Anon. 1999). Başka bir ifade ile ülkemizde orman rejimi içindeki alanların % 07'sine denk olan kavak alanlarından, doğal ormanlardaki üretimin % 23'ü düzeyinde üretim yapılmaktadır.

Kızılçam ve sahilçamı birinci bonitet ve sulanmayan alanlarda yılda ve hektarda sıra ile 15 m³ ve 20 m³ artım yapabilmektedirler (Usta 1990, Özcan 2003). İki türde de ıslah edilmiş tohumların kullanılmasıyla yıllık artımın önemli düzeyde artabileceği ve 25-30 yıllık idare sürelerinin uygulanabileceği anlaşılmaktadır (Boydak ve Ark. 2006 a,b).

Ülkemizdeki araştırmalarda 191 okaliptüs türüne ait 609 orijin denenmiştir. En iyi gelişim yapan okaliptüs türleri *Eucalyptus camaldulensis* ve *Eucalyptus grandis* türleri olmuştur. Okaliptüs türleri de iyi bir gelişme yapmaktadır. Okaliptüs türleri, aynı zamanda, durgun ve yüksek taban suyuna dayanıklılıkları ile kavak türlerinden ayrılmaktadır.

Okaliptüs 8-10 yıllık idare süresi içinde yaklaşık 200-250 m³ kabuklu gövde hacmi oluşturabilmektedir. Yılda ve hektarda 25 m³ artım yapabilmektedir. Ülkemizde yılda yaklaşık 500 000 m³ okaliptüs odunu üretilmektedir.

Çukurova koşullarında, idare süresi 8 yıl olan okaliptüs plantasyonlarının fayda/maliyet oranı 1.12, iç kârlılık oranı % 14.31 olarak belirlenmiştir. Bunu izleyen 7 yıl idare süresi baltalıkta fayda/maliyet oranı 1.72, iç kârlılık oranı %27.47 olmuştur. Koru (8 yıl) ve baltalık (7 yıl) dönemlerini kapsayan 15 yıl için fayda/maliyet oranı 1.27, iç kârlılık oranı ise % 17.13 olarak saptanmıştır (Özkurt 1994).

Bu rakamlar okaliptüs yetiştiriciliğinin karlı olduğunu göstermektedir. Ancak, sınırları belirlenmiş bir alandan, köylü ve diğer özel teşebbüsün yetiştirdiği okaliptüs odununun alım güvencesi önem taşımaktadır. Bu da yörede yeterli kapasitede orman sanayi kuruluşunu gerektirmektedir.

Söğüt, Dişbudak, kızılğaç ve kestane v.b. türlerimiz de yüksek artımlı ve önemli hızlı gelişen türlerimizdir (Tunçtaner 1990, Kapucu ve Ark. 1999, Çiçek 2002). Kavak, okaliptüs, kızılçam, sahilçamı, dişbudak, kızılğaç, kestane v.b. hızlı gelişen türlerin, belirli bir süreçte kademeli olarak ağaçlandırmalarla üretimi sokulması halinde, bu türlerden elde edilecek üretim büyük hacimlere ulaşabilecektir.

6. Ülkemizde endüstriyel plantasyonlar için potansiyel alan durumu

Ülkemizde endüstriyel plantasyonlar için uygun alanlar bulunmaktadır. Bunları aşağıdaki şekilde belirtebiliriz.

- Orman rejimi içindeki bozuk ve normal kuruluştaki makineli, derin toprak işlemeye uygun birinci bonitet alanların bir kısmı.
- Yaklaşık 2 milyon hektar ağaçlandırma alanı içinde makineli derin toprak işlemeye uygun birinci bonitet alanlar.

Belirtilen bu iki gruptan, toplam orman alanlarının başlangıçta % 3'ü (yaklaşık 600 000 ha), daha sonra kademeli olarak % 5-8'i düzeyinde (yaklaşık 1-1.6 milyon ha) ayırabilmek olanaklı olabilir. Bu konuda daha önce yapılan öneriler ve bilimsel toplantı kararları çerçevesinde (Anon. 1966, Anon. 1998, Boydak ve Dirik 1998, Boydak 2003 a;b), Çevre ve Orman Bakanlığı, vakit geçirmeden işletme şeffikleri düzeyinde, endüstriyel plantasyonlara uygun alanları hızla belirlemelidir. hızlı gelişen türler için önemli bir potansiyel oluşturan akarsu boylarındaki küçük, büyük araziler de bu alanlara katılmalıdır.

Belirlenecek alanlara yerli hızlı gelişen türlerimiz Kızılcım, karakavak, okaliptüs, söğüt, kızılbaş, Dişbudak, kestane ile ülkemizde yapılan denemelere göre, iyi uyum ve gelişme yaptıkları belirlenen melez kavak, sahilçımı v.b. hızlı gelişen türler dikilmelidir. Orman rejimi içinde yapılacak endüstriyel plantasyonlar AGM ve OGM tarafından gerçekleştirilmelidir.

Endüstriyel plantasyonlar için uygun diğer alanlar ise köylü veya diğer özel teşebbüsün mülkiyetinde olan:

- Sulanabilir (veya taban suyu yüksek) tarım alanları
- Sulanamayan tarım alanlarıdır.

Kavak plantasyonlarının tarımsal üretime zarar vermeden, sulanabilir tarım alanlarının % 5'i düzeyine çıkarılabilmesi uygun görülmektedir. FAO kayıtlarına göre sulanabilen tarım alanlarının % 5'inin kavağa ayrılması, tarımı olumsuz yönde etkilememektedir. Bugün sulanabilir tarım alanlarındaki kavak plantasyonları ülke genelinde % 5'in altındadır. Ayrıca, sulanacak tarım alanlarının ülkemizde 8.5 milyon ha'ya ulaşacağı belirtilmektedir. Örneğin 1.7 milyon ha alanın sulanması öngörülen GAP projesinde, yaklaşık 80-90 bin ha alanın kavak, okaliptüs ve diğer sulanan plantasyonlara ayrılması ile yılda 2-2.5 milyon m³ üretim yapılabilecektir. Ayrıca kaba tahminlere göre, galeri kavakçılığının da 1 milyon m³ üretim kapasitesi bulunmaktadır. Bu açıklamalar gerekli yasal, sosyal ve ekonomik önlemlerin alınması halinde, ülkemizde kavak odunu üretiminin iki üç katına kadar çıkabileceğine işaret eder.

Taban suyu yüksek ve iklim koşullarının uygun olduğu yerlerde, yörelere göre okaliptüs ve söğüt türleri yetiştirilebilir. Köylü veya diğer özel teşebbüs elinde bulunan sulanamayan tarım alanlarının küçük bir bölümünde (örneğin % 2-4), ekolojik koşullara göre kızılçım veya sahilçımı ile endüstriyel plantasyonlar kurulabilir. Bu alanlarda *Cupressus arizonica* ile de pilot ağaçlandırmalar yapılabilir.

Sulanan ve sulanamayan tarım alanlarında köylü ve diğer özel teşebbüsün yapacağı endüstriyel plantasyonlar için her türlü mali kolaylık ve devlet desteği sağlanmalıdır.

7. Sonuç ve Öneriler

Daha önce belirtildiği gibi; dünyada ve ülkemizde yapılan tahminler, artan nüfusa paralel olarak, odun hammaddesi gereksiniminin de arttığı yönündedir. Ayrıca, dünya ormanlarından 1990-2000 yılları arasında yılda yaklaşık 9.4 milyon hektar orman azalması olmuştur (FAO, 2001). Öte yandan dünya ülkeleri ve ülkemizdeki korunan alanlar miktarının artırılması, yaşlı ormanların korunması ve ormanların doğaya daha yakın olarak işletilmesi yönünde adımlar atılmakta ve bu yönde sosyal baskılar artmaktadır. Bu konuda, orman kaynakları çok geniş olan Kanada'da dahi, önümüzdeki 25 yıl içinde odun hammaddesi sıkıntısı olacağı belirtilerek; yöneticilere çeşitli arazi kullanım zonlarında **a.** doğal süreci taklit eden sistemler, **b.** yarı doğal sistemler, **c.** geleneksel yoğun sistemler **d.** süper yoğun sistemler olmak üzere, silvikültürel sistem seçenekleri sunabilmek amacı ile Kanada'da bir araştırma ağının (LIGNICULTURE-QUEBEC network) kurulduğu ifade edilmektedir (Messier ve Bigue, 2002).

Türkiye günümüzde kağıt, selüloz, tomruk ve diğer odun ürünlerini ithal etmek zorunda olan ve buna yüksek oranlarda döviz ödeyen bir ülke konumundadır. Bu açığın orta vadede dengelenebilmesi, başka bir ifade ile sürdürülebilir orman yönetiminin gerçekleştirilmesi, ormanlarımızın potansiyel verim güçlerine kavuşturulması ile birlikte, endüstriyel plantasyonların teşvik ve kurulması ile olanaklıdır. Endüstriyel plantasyonlar, aynı zamanda doğal ormanların sigortası ve onların doğaya daha yakın olarak işletilebilmeleri için de güvencedir. Bu ortamda, Türkiye'nin hızlı gelişen yerli ve yabancı türlerle endüstriyel plantasyonlar bakımından arazi potansiyeli olanakları, kısıtları ve izlenmesi gereken politikalarla ilgili görüş ve öneriler aşağıda belirtilmiştir (Boydak ve Dirik 1998, Boydak 2003a; b, Boydak ve Ark. 2007):

- Daha önce yapılmış Plantasyon alanları ve akarsu çevreleri dahil, orman rejimi içinde endüstriyel plantasyonlara uygun, iyi bonitet alanlar hızla belirlenmelidir. Orman rejimi içinden, endüstriyel plantasyonlar için % 3-8 düzeyinde alan ayırabilmek mümkündür. Buradaki uygun ekolojik alanlara kızılçam, sahilçamı, ayrıca, bu alanlara ve akarsu boylarına kavak, dişbudak, kızılğaç, kestane vb. türler dikilmelidir. Bunlara ek olarak, araştırmalar sonucu, ağaçlandırmalara % 10 dolayında katılması uygun görülen *Pinus radiata*, *Pseudotsuga menziesii*, *Picea sitchensis*, *Pinus contorta* gibi türlerle belirli yörlerde pilot ağaçlandırmalar kurularak gözlemlenmelidir.
- *Pinus radiata*, *Rhyacionia buoliana* zararlarına karşın, halen ülkemizde denenen yabancı hızlı gelişen iğne yapraklı türler içinde, en fazla artımı yapan tür konumundadır. Bu türle yeni araştırmalar yanında, uygun alanlarda sınırlı plantasyonların kurulmasında ve gözlenmesinde yarar bulunmaktadır.
- Köylü ve diğer özel teşebbüsün elindeki sulanabilir tarım alanlarının (taban suyu yüksek alanlar dahil) % 5'inin kavak v.b. sulanabilen plantasyonlar için ayrılması tarımı olumsuz yönde etkilememektedir.
- Sulanamayan tarım alanlarından bir kısım araziye (örneğin % 2-4) kızılçam ve sahilçamı gibi iğne yapraklı türlerle, endüstriyel plantasyonların kurulması desteklenmelidir.
- Türkiye hızlı gelişen yerli ve yabancı tür ithal denemelerinde önemli bir mesafe almıştır. Araştırma sonuçlarına göre, denenen türlerde bir sadeleştirme yapılarak, aynı ekolojik alanda, artım ve uyum yeteneği daha yüksek olan tür veya türlerle çalışılması uygun olacaktır.
- Gözlemlerimize göre *Pinus teada*, Korsika karaçamı, *Sequoia sempervirens* ve *Cupressus arizonica* türleri, denemelerde yeterli orijinle temsil edilmemiş olmalarına rağmen, genelde, yüksek performans göstermişlerdir. Yeni denemelerde bu türlere öncelik verilmesinde yarar olacaktır.
- Boydak ve Ark. (1995) tarafından Thornthwaite yöntemi kullanılarak yapılan bir çalışmada, sahil kesimleri dışındaki yüksek kesimlerde (örneğin Doğu, Batı, Orta Karadeniz Bölgeleri ve Doğu Marmara'nın yüksek kesimleri, Güney Marmara, İç Ege, Batı ve Kuzeybatı Akdeniz, Doğu Anadolu'nun güney kesimleri ve Doğu Anadolu'nun İran - Ermenistan sınırı) ABD'nin hızlı gelişen türlerinden *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus ponderosa*, *Pinus contorta*, *Thuja plicata*, *Pinus jeffreyi* türlerinin denenebileceği yöreler bulunmaktadır. Sahil kesimleri dışında, hızlı gelişen türlerin denemesi için uygun olan bu yüksek alanlar, ülkemiz bakımından büyük bir avantajdır. Ayrıca *Cupressus arizonica* türünün uygun orijinleriyle Akdeniz, Ege, Marmara, Karadeniz Bölgeleri ile İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinin uygun yetişme ortamlarında denemelerin kurulması yararlı olacaktır. Bu türün de, sahil bölgeleri dışındaki alanlarda denenebilme olanakları bulunmaktadır.
- Orman endüstri kuruluşları, odun hammaddesi dar boğazını dikkate alarak, gereksinimlerinin bir bölümünü kendilerinin kuracakları endüstriyel plantasyonlardan sağlamayı amaçlamalıdır. Bu konuda özel teşebbüse devlet tarafından gereken mali kolaylıklar ve destek sağlanmalıdır. Nitekim 26 orman endüstri kuruluşu, kendi odun hammaddesi ihtiyacının bir kısmını karşılamak amacı ile Çevre ve Orman Bakanlığı, İ.Ü.Orman Fakültesi, D.Ü.Orman Fakültesi, TEMA, İzmit Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Müdürlüğü, Orman Ağaçları Islah Araştırma Müdürlüğü işbirliğinde 2005 yılında Bursa Karacabey yöresinde sahilçamı ağaçlandırmasına kurmuş oldukları şirket vasıtası ile (ENAT) başlamışlardır. Kızılçam ağaçlandırması içinde de uygun yer aranmaktadır (Anon. 2006).
- Çevre ve Orman Bakanlığı orman rejimi içinden endüstriyel plantasyonlar için ayracağı alanları, sürekli bu amaçla kullanılmalıdır. Bu alanlar amenajman planlarında amaç, teknik uygulamalar ve idare süreleri bakımlarından en iyi şekilde tanımlanmalıdır. Hızlı gelişen tür ağaçlandırmalarında alan hazırlığı, dikim aralıkları, kültür bakımları aralama ve benzeri kültür önlemleri özenli bir şekilde

uygulanmalıdır. Bu nedenle ilgili ağaçlandırma mühendisleri ve işletme şeflerinin meslek içi eğitimine önem verilmelidir.

- Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Müdürlüğü'nün kızılçamalarda başlattığı döl denemelerinin ilk sonuçları, birim alanda önemli düzeyde verim artışının olacağını göstermektedir (Öztürk 2003, Çalışkan 2007). Bu nedenle, endüstriyel plantasyonlarda öncelik alan türlerde, entansif ıslah yöntemleriyle üretilmiş kaliteli tohum kullanılmalıdır.

Hızlı gelişen türler ve endüstriyel plantasyonlar konusunda, oldukça iyi bir düzeyde olan birikimlerin uygulamaya aktarılmasındaki ana engel, politika yetersizliğidir. Bu konuda ormancılık örgütü, bilimsel kuruluşlar, araştırma kurumları, orman endüstrisi kuruluşları temsilcilerinin birlikte ulaştığı araştırma ve uygulamaya ilişkin kararlar, Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından hızla hayata geçirilmelidir. Ayrıca, kurumsal görüşlerin karşısında olan dar bireysel görüşler dışlanmalıdır (Boydak 2003a;b, Boydak ve Ark. 2007).

7. Kaynaklar

- Akalp, T. 1982. Orman hasılatı ve biyometri kürsüsünce hızlı gelişen türler üzerine yürütülmüş araştırmalar. Türkiye'de Hızlı Gelişen Türlerle Endüstriyel Ağaçlandırmalar Sempozyumu (21 - 27 Eylül 1981, Kefken (İzmit) – Korudağ - Dardanos (Çanakkale) Bildirisi, s. 231 - 237, Ankara.
- Anon. 1966. II. Ağaçlandırma Komisyonu Raporu. Türkiye Orman Mühendisliği Birinci Teknik Kongresi, Cilt 2 (Ağaçlandırma), (12 - 18 Eylül 1966, Ankara), s. 19 - 25, Ankara.
- Anon. 1998. "Hızlı Gelişen Türlerle Yapılan Ağaçlandırma Çalışmalarının Değerlendirilmesi Ve Yapılacak Çalışmalar" konulu workshop'a ait sonuç raporu (8 - 9 Aralık 1998 - Ankara). Orman Bakanlığı Yayın Dairesi Başkanlığı, Yayın No. 083, s. 357 - 361, Ankara.
- Anon. 1999. Outlines for national reports on activities related to poplar and willow cultivation exploitation and utilization. National Poplar Commission of Turkey (Period: 1996 - 1999), Ministry of Forestry, Ankara.
- Anon. 2001. Orman ürünleri arz-talep ilişkileri (Bölüm-3). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ormancılık Özel İhtisas Komisyonu Raporu, s. 56 - 115, DPT Yayını, No. 2531 - 547, Ankara.
- Anon. 2002. Hızlı gelişen türlerle ilgili günümüze kadar yapılan araştırma sonuçları ve elde edilen tecrübeler ışığında Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki sahilçamı ağaçlandırmalarının geleceğinin irdelenmesi (Rapor). İzmit Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Enstitüsü tarafından hazırlanmıştır.
- Anon. 2006. "Türkiye'de Endüstriyel Orman Plantasyonları Tesisi ve Geliştirilmesi" projesi, Kıranlar plantasyon çalışmaları, Çevre ve Orman Bakanlığı, ENAT, TEMA, İstanbul ve Bolu - İzzet Baysal Üniversiteleri katkılarıyla.
- Avcı, S. 1992. Türkiye şeker pancarı ziraatinin coğrafi esasları. Atatürk Kültür Dil Tarih Yüksek Kurumu Coğrafya Bilim ve Uygulama Kolu, Coğrafya Araştırmaları (Doktora Tezi).
- Birler, A. S. 1986. "I-214" Melez kavağı plantasyonlarında hasılat araştırmaları. Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, 138 s., İzmit.
- Birler, A. S. Diner, A. ve Koçer, S. 1992. Karakavak ağaçlandırmalarında hasılat araştırmaları. Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, İzmit (yayınlanmamıştır).
- Birler, A. S. 1996. The opportunity of forest plantation investment and its expected impact to national economy in Turkey (basılmamıştır).
- Boydak, M. 2001. Türkiye'de sürdürülebilir ormancılık. Sürdürülebilir Ormancılık Tartışma Toplantısı (7 Kasım 2001, Ankara), TÇV Yayını s. 59-77.
- Boydak, M. 2003a. Problems and recommendations related to plantations of fast growing tree species in Turkey. Establishment of Industrial Plantations in Turkey, International Workshop (10 -11 August 2003, İzmit), pp. 4-15, İzmit, Turkey.
- Boydak, M., 2003b. Türkiye'de kavaklığın önemi ve güncel sorunları. Türkiye Milli Kavak Komisyonu VII Olağan Kurulu bildirisi (8 - 9 Nisan, 2003 İzmit), s. 9 - 15, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yayını, İzmit.
- Boydak, M. ve Zoralioğlu, T. 1992. Eskişehir - Karasakal yöresi yarı kurak alanların ağaçlandırılmasında makinalı arazi hazırlığı yöntemleri üzerine araştırmalar. İ.Ü. Orman Fak. Der., Seri A, 42(2):45-65.
- Boydak, M., ve Dirik, H. 1998. Ülkemizdeki hızlı gelişen türlerle bugüne kadar yapılan çalışmalarda ulaşılan aşama, uygulanan politika ve stratejiler, buna bağlı olarak uygulanabilecek strateji ve politika önerileri. Hızlı Gelişen Türlerle Yapılan Ağaçlandırma Çalışmalarının Değerlendirilmesi ve Yapılacak Çalışmalar (workshop; 8-9 Aralık 1998 -Ankara). Orman Bakanlığı Yayın Dairesi Başkanlığı Yayın No. 083, s. 13 - 24.
- Boydak, M., Oliver C. D. ve Dirik H. 1995. A.B.D. orijinli hızlı gelişen iğne yapraklı orman ağacı türlerinin Türkiye'ye ithal olanakları. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağacı Araştırma Müdürlüğü Yayınları, Çeşitli Yayınlar Serisi No. 7.
- Boydak, M., Dirik, H. ve Çalikoğlu, M. 2006 a. Kızılçam'ın (*Pinus brutia* Ten.) biyolojisi ve silvikültürü. OGEM-VAK Yayını, 364 sayfa, Ankara.
- Boydak, M., Dirik, H. ve Çalikoğlu, M. 2006 b. Biology and silvikültürü of Turkish Red Pine (*Pinus brutia* Ten.), OGEM-VAK yayını, 253 sayfa, Ankara.

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

- Boydak, M. Ertaş, A. ve Çalışkan, S. 2007. Türkiye’de sürdürülebilir ormancılık ve endüstriyel plantasyonların sürdürülebilir ormancılıktaki yeri. Orman Kaynaklarının İşlevleri Kapsamında Darboğazlar Çözüm Önerileri ve Öncelikler (Bottlenecks, Solutions and Priorities in the Context of Functions of Forest Resources) sempozyumu bildiri kitapçığı s. 121-135, İstanbul.
- Çalışkan, T. 1998. Hızlı gelişen türlerle ilgili rapor. Hızlı Gelişen Türlerle Yapılan Ağaçlandırma Çalışmalarının Değerlendirilmesi ve Yapılacak Çalışmalar Workshop (8 - 9 Aralık 1998, Ankara) bildirisi, s. 109 - 130, Ankara.
- Çalışkan, S. 2007. Antalya’da kurulu Akdeniz alçak zon Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) döl denemesinde bazı genetik parametrelerin belirlenmesi, İ. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (yayımlanmamıştır).
- Çiçek, E. 2002. Adapazarı-Süleymaniye Subasar Ormanı’nda meşcere kuruluşları ve gerekli silvikültürel önlemler, İ. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (yayımlanmamıştır).
- Davis, P., Harper, P. C. ve Hedge, I. C. 1971. Plant life of South-West Asia. The Botanical Society of Edinburgh.
- Ekim, T., Koyuncu, M., Vural, M., Duman, H., Aytac, Z., Adıgüzel, N. 2000. Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı, (Eğrelti ve Tohumlu Bitkiler). Türkiye Tabiatını Koruma Derneği ve Van 1000. Yıl Üniversitesi, Ankara.
- Eyüpoğlu, A. K. ve Atasoy, H. 1986. Doğu Karadeniz Bölgesinde hızlı büyüyen bazı ağaç türleri eliminasyon denemesi sonuçları. Ağaçlandırma Araştırmaları, Ormancılık Ar. Enst. Yay., Teknik Bülten Seri No. 162-163, s. 31-61, Ankara.
- FAO. 1999. State of the world’s forests. Rome.
- FAO. 2001. Global forest resources assessment 2000, main report. FAO Forestry Paper 140, Rome.
- FAO. 2007. State of the world’s forests, 144 p., Rome.
- Gürses, K. 1990. Dünyada ve Türkiye’de okaliptüs. Türkiye’de okaliptüs yetiştiriciliğinin 50. yılı Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi 1990/1, s. 1-19.
- Gürses, M.K., Öztürk, A., Eylem M. ve Özkurt, N. 1999. Okaliptüste (*E. camaldulensis* Dehn.) sulama denemesi. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, ISSN: 1300-7912, Tarsus.
- Kapucu, F. Yavuz, H. ve Gül, A. 1999. Dışbudak meşcerelerinde hacim, bonitet endeks ve normal hasılat tablosunun düzenlenmesi sonuç raporu. K.T.Ü. Fen Bil. Enst. Projesi, 30 s., Trabzon (yayımlanmamıştır).
- Konukçu, M. 2001. Ormanlar ve ormanlarımız. DPT Yayını No. 2630, Ankara.
- Messier, C. ve Bigue, B. 2002. Using fast-growing plantations to promote forest ecosystem protection in Canada. Proceedings of IUFRO Meeting Management of Fast Growing Palantations (11 - 13 Eylül 2002, İzmit), s. 23-33, İzmit.
- Oliver, C. D. 2001. Policies and practices: Options for pursuing forest sustainability. *The Forestry Chronicle*, 77(1):49 - 60.
- Öztürk, A. 1994. Çukurova bölgesinde okaliptüs işletmeciliğinin yapısı ve ekonomisi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü’nde yapılmış yüksek lisans tezi, 58 s., Adana. (yayımlanmamıştır).
- Özkurt, H. 2003. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Tohum bahçelerinde yer alan klonların ıslah değerlerinin açık tozlaşma döl denemeleriyle belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi, FBE, doktora tezi (yayımlanmamıştır).
- Saatçioğlu, F. 1962. Belgrad ormanında Euramerik Karakavak (*Populus euroamericana* Dode Guinier) melezlerinde yapılan plantasyon denemeleri ve 10 yıllık sonuçları, *Review of the Faculty of Forestry, University of Istanbul*, Cilt 12 (A), s. 2.
- Sedjo, R., 1997. Forest supply and demand. Paper presented to the General Session of the Society of American Foresters Annual Convention, Memphis TE, October 8, 1997.
- Şimşek, Y., Tulukçu, M., Toplu, F., Akkan A. ve Avcıoğlu, E. 1985. Türkiye’ye ithal edilen hızlı büyüyen yabancı türlerin büyümeleri üzerine Araştırmalar. Ormancılık Ar. Enst. Yay., Teknik Bülten Serisi, No: 132, 128 s., Ankara.
- Thornthwaite, C. W. 1931. The Climates of North America according to a new classification. *The Geographical Review*, Vol: 21, No: 4, s. 633 - 655.
- Thornthwaite, C. W. 1948. An Approach Toward a rational classification of climate *The Geographical Review*, 38(1):55 - 94.
- Tulukçu, M., Tunçtaner, K., Toplu, F. 1991. Marmara ve Batı Karadeniz Bölgesinde *Pinus taeda* L. ve *Pinus elliottii* Engelm. orijinlerinin üzerine araştırmalar. Orman Bakanlığı Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten No. 152, s.30, İzmit.
- Tunçtaner, K. 1990. Çeşitli söğüt klonlarının genetik varyasyonları ve Türkiye’nin değişik yörelerine adaptasyonları üzerine araştırmalar, Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Teknik bülten no:150, İzmit.
- Turan, H. 1982. Türkiye’de hızlı gelişen türlerle ağaçlandırmaların tarihçesi. Türkiye’de Hızlı Gelişen Türlerle Endüstriyel Ağaçlandırmalar Sempozyumu (21 - 26 Eylül 1981, Kefken (İzmit) – Korudağı - Dardanos (Çanakkale)) Bildirisi, s.27 - 36, Ankara.
- Usta, H., Z. 1990. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ağaçlandırmalarında hasılat araştırmaları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No. 219, 119 s.
- Ürgenç, S. 1972. Hızlı gelişen bazı egzotik (yabancı) iğne yapraklı ağaç türlerinin Türkiye’ye ithali ve yetiştirilmesi imkanları üzerine araştırmalar. İ.Ü. Orman Fak. Yayın No. 1750/188, 197s., İstanbul.
- Zoralioğlu, T. 1990. Eskişehir yöresi kurak ve yarıkurak alanların ağaçlandırmasında uygulanabilecek makinalı arazi hazırlığı yöntemlerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları ve Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 149, 168 p., İzmit.

***Eucalyptus grandis*, Tree Growth and Forest Design**

Klaus v. GADOW

Prof.Dr., Georg-August-University Göttingen, Büsgenweg 5, D-37077 Göttingen, Germany, kgadow@gwdg.de

Objectives

This study first introduces three types of forest growth experiments, and then presents an example of developing a growth and yield model for *Eucalyptus grandis* based on a dataset from a “Correlated Curve Trend” (CCT) spacing trial near KwaMbonambi in Zululand/South Africa. Finally, using the growth models, the multiple path concept is briefly explained. An specific 3 application of the theory is presented using an example of a Zululand forest farm in an area where there has been considerable expansion in the plantation forestry over the past 50 years.

***Eucalyptus grandis*, Ağaç Büyümesi ve Orman Kurulumu**

Özet

Bu çalışma, önce üç tip orman büyüme denemelerini sunar. Sonra örnek olarak *Eucalyptus grandis* için büyüme ve hasılat modeli geliştirilmesi örneğini ele almaktadır. Bu model için veriler Güney Afrika’da Zululand ve KwaMbonambi yakınlığında gerçekleştirilen “Bağdaşık Eğri Eğilimi” (CCT) dikim aralığı denemesinden sağlanmıştır. Sonuç olarak, büyüme modelinin kullanılması ile çoklu yol kavramı kısaca açıklanmıştır. Geçen 50 yıl süresince önemli orman plantasyonu yapılan Zululand orman alanı örneğine dayanarak özel olarak üç teorik uygulama sunulmuştur.

1. Introduction

Forests play a significant role in the climate system. They are important carbon sinks and sources, and the assessment of their carbon budgets has received much attention in recent years. Wood is the dominant source of renewable energy, particularly in households in developing countries and relevant scenarios indicate increasing demands for woodfuels of poor rural and urban households in developing countries. In developed countries, wood energy (mainly for heat and power generation) is being increasingly used as an environmentally sound source of energy that provides a potential substitute for fossil fuels and has the ability to help reduce greenhouse gas emissions. According to FAO¹ statistics, approximately 60 percent of the world's total wood removals from forests and trees outside forests are used for energy purposes. Already, the main use of woody biomass is to generate energy and the importance of wood as a source of energy is expected to increase in the future.

Eucalyptus grandis is a native forest species in the Australian States of Queensland and New South Wales where tree heights may exceed 70 m and diameters reach up to 183 cm (Carter, 1945; Hall et al., 1970). The climate in the Australian native range is humid subtropical and frost-free and rainfall ranges between 1000 to 1800 mm, mostly in the summer. In Australia, the species grows best on well drained and deep loamy soils of alluvial or volcanic origin (Boland et al., 1984). The species has become of the most important commercial eucalypts in tropical and subtropical regions. Planting programs have been carried out in South Africa, Brazil, Angola, Argentina, India/Sri Lanka, Uruguay, Zaire, Zambia, Zimbabwe and southwest Florida/USA (Meskimen and Franklin, 1978).

1.1 Previous growth studies

A well-documented growth model for *Eucalyptus grandis* stands is Bredenkamp's (1988) "Langepan" model which is based on the CCT spacing trial at Langepan in Zululand. The *Langepan* model illustrates the effect of planting espacement on diameter and height growth of this important timber species. Some growth models for *Eucalyptus grandis* were presented in Gadow and Bredenkamp (1992). The following

¹ see www.fao.org/forestry/site/14067/en

height model is an example: $Hdom = 45.1 \cdot (1 - e^{-0.073 \cdot age})^{1.013}$. Thus, site index can be predicted by

$SI = Hdom \cdot \left(\frac{1 - e^{-0.073 \cdot indexage}}{1 - e^{-0.073 \cdot age}} \right)^{1.013}$, where “indexage” is the site index reference age, usually 10 years. The

following equation developed by Schönau (1988) predicts site index for *Eucalyptus grandis* using seven soil variables:

$$SI = 70.54 - 0.5223 \cdot (A1TS) - 0.548 \cdot (A1CL) - 15.60 \cdot (A1NA) - 5.81 \cdot (A1MG) + 4.40 \cdot (A1TB) - 0.1895 \cdot (A1BS) - 1.319 \cdot (A1C)$$

where

- A1TS = total sand content of A1 horizon (%);
- A1CL = clay content of A1 horizon (%);
- A1NA = exchangeable NA of A1 horizon (me/100g soil);
- A1MG = exchangeable MG of A1 horizon (me/100g soil);
- A1TB = exchangeable metal cations of A1 horizon (me/100g soil);
- A1BS = base saturation of A1 horizon (%);
- A1C = carbon content of A1 horizon (%);

Schönau’s equation explained 85% percent of the site index variability. However, the model should only be used within the observed ranges of the variables, specified by Schönau (1988). Du Plessis and Zwolinski (2003) developed a height growth model for *Eucalyptus grandis* stands on the Zululand coastal plain. About 60% of the variation of the site index with a five-year reference age could be explained by topsoil organic carbon and clay content in the subsoil, i.e. by variables capturing the nutrient status of the soil and the soil's ability to store and make water available to the trees. Gadow and Bredenkamp (1992) used the following model to predict total volume as a function of site index (reference age 10 years) and age for *Eucalyptus grandis*:

$$V = e^{(2.83 + 0.151 \cdot SI)} \cdot (1 - e^{-0.055 \cdot (age - 1)})^{1.19}$$

Sivananthawerl (2001) presented a growth study for *Eucalyptus grandis* stands in Sri Lanka. The analysis was based on a chronosequence of field plots covering 400m² each, i.e. the plots had been measured only once.

1.2 Objectives

This study first introduces three types of forest growth experiments, and then presents an example of developing a growth and yield model for *Eucalyptus grandis* based on a dataset from a “Correlated Curve Trend” (CCT) spacing trial near KwaMbonambi in Zululand/South Africa. Finally, using the growth models, the multiple path concept is briefly explained. An specific application of the theory is presented using an example of a Zululand forest farm in an area where there has been considerable expansion in the plantation forestry over the past 50 years.

2. Tree Growth Experiments

Different tree species, varying environmental conditions and silvicultural treatments may produce diverse tree growth patterns and a great deal of uncertainty still exists despite the numerous yield studies that have carried out in the past. For this reason new field trials are often essential.

Credible estimates of timber yields are based on empirical research, and the aim of the early field experiments established during the 19th century was to measure timber yields on different growing sites in response to specific planting espacements and thinning treatments. Some of these experiments have been remeasured for over a century, providing valuable information on long-term developments (Pretzsch, 2001). During the 20th century, fertilizer trials which evaluate the effect of fertilizer applications on tree growth, catchment studies which assess the effect of afforestation on water yield, and multi-disciplinary silvicultural experiments which test new approaches to managing forest ecosystems were conducted. Not only are the available resources limited, but time is also a major constraint. Furthermore, the validity and effectiveness of an experiment is influenced by its design and execution. Thus, attention to the planning

of field experiments is important. Gadow and Kleinn (2004) distinguished two types of experiment: *manipulated experiments* and *comparative observational studies*.

2.1 Manipulated Experiments

A *manipulated experiment* is an investigation that attempts to establish a particular set of conditions under a specified protocol with the aim of testing a hypothesis. The adjective *manipulated* implies the establishment of a set of predefined treatments which allow comparison of the effects/responses resulting from these treatments (Fisher, 1935; Cox, 1958). Thus, the experiment deliberately imposes a treatment on a group of objects in the interest of observing the response. Establishment and maintenance is usually rather costly because – particularly in silvicultural and growth-and-yield research – relatively large experimental plots are needed and relatively long time periods (Kleinn and Köhl, 1999). Selection of sites for *manipulated* experiments is not random as in forest inventories, but based on criteria which reflect the objective of the study, such as “homogeneous conditions” or “minimum size”. Examples include medium- and longterm tree growth experiments in response to different fertilizer applications and stand densities (O’Hehir, 2001) and growth studies on different sites, including marginal ones, in Europe involving poplar clones (Bungart and Hüttl, 2004; Hofmann, 2005). Manipulated field experiments involve uncertainties in controlling *ceteris paribus* conditions, which are necessary for obtaining “dose/response” relations. Many examples show that environmental factors are not independent. Thus, manipulation of a single environmental factor may induce changes in other factors: rising soil temperature may increase CO₂ in the soil, fertilizing KCl may result in Al⁺⁺⁺-stress for fine root growth in acid soils with properties of Al buffer range. In contrast, with soils in the exchange or silicate buffer range the same treatment will result in a release of nutrients like Ca or Mg. The effect of a particular growth factor may change under varying conditions due to interactions with other growth factors. Thus, critical values established under conditions where only a single growth factor is varied may not hold under different conditions. This is a problem which may be encountered in manipulated experiments.

2.2 Comparative Observational Studies)

A *manipulated* experiment deliberately imposes treatments on experimental plots with the aim of observing a particular response. In contrast, a *comparative observational study* involves collecting and analyzing data from different site conditions but without actively pre-defining these conditions (Kuehl, 1994)². Comparative observational studies are also known as *quasi-experiments* (Campbell and Stanley, 1963; Cook and Campbell, 1979). Examples of *quasi-experiments* in forest research are *chronosequences*.

A chronosequence includes a set of field plots which may cover a wide range of ages and growing sites, but are measured only once. Thus, the sequence of remeasurements in time is substituted by simultaneous *point* measurements in space. This method has been used extensively during the 19th century (Kramer, 1988, p. 97; Assmann, 1953; Wenk et al., 1990, p. 116). Chronosequences may be combined with stem analyses to reconstruct the development of a particular variable, e.g. tree height (Lee, 1993; Biber, 1996). Chronosequences may provide information relatively quickly, but they do not capture the response of a target variable to a given initial state. A chronosequence evaluates differences in growth in response to different site conditions. It does not provide evidence that can be used to test an effect. A chronosequence is the only possible approach, however, in studies requiring destructive sampling. Destructive sampling is particularly relevant in biomass studies where individual trees, or a cohort of trees within a given area, have to be cut up, dried and weighed. Obviously, the selection of the particular individuals or the particular cohorts will greatly influence the results, i.e. the function parameters.

² *comparative observational study*: select 50 smokers and 50 non-smokers and compare their health condition.
manipulated experiment: select 100 smokers, 50 of whom stop smoking and observe the response 3 years later.

2.3 Longitudinal Studies, Cross-Sectional Studies and Interval Studies

Tree growth studies are often designed as *longterm* experiments, which are known in the statistical literature as *longitudinal studies*. The key feature of longitudinal data is the fact that the same individual is repeatedly measured through time. Thus, the set of observations on one individual subject will tend to be positively correlated and this correlation needs to be taken into account (Crawley, 2005, p. 180). One disadvantage of a longterm or “permanent” experiment is the high maintenance cost of the research infrastructure and the long wait for data.

On the other hand, a *cross-sectional study*, also known as a *chronosequence* involves one-time measurements. All the data are gathered at a single point in time. Thus, a *cross-sectional study* does not provide growth rates. According to Crawley (2005, p. 180), age effects and cohort effects are inextricably confounded. There are two extreme cases:

- few measurements on a large number of individuals
- a large number of measurements on a few individuals

A practical compromise between a *longitudinal study* and a *cross-sectional study* is what we may call an *interval study*, which maintains the advantages of a longterm experiment (gathering specific age and cohort-related responses) and a *cross-sectional study* (broad coverage of site conditions and minimum wait for data). *Interval* plots are measured at least twice. The interval between the measurements is sufficiently long to absorb short-term effects of climatic fluctuations.

An important question concerns the balance between the number of growth intervals that should be assessed in one particular location and the range of environmental and treatment conditions that needs to be covered. In the ideal case, one growth interval will provide sufficient response and the funds that would be required for assessing a second interval at the particular location can be spent on gathering another set of interval data in a different locality. An interval plot should be continued after one growth period if new results are expected, or it may be abandoned and the available funds used in another location to increase the variety of initial states for which the response needs to be evaluated. Obviously, there will probably always be a need for longterm forest growth studies, but such studies should be selected carefully and it should be made clear why it is necessary to maintain them for long periods of time.

The ultimate aim of all field studies is *external validity*, the ability to generalize from a limited set of observations. No one is interested in observations that cannot be extended beyond the particular restricted data set. Generalizability depends on whether the observed response measurement is a representative one. We need to clarify whether the study sites were a representative sample and whether the results of the observations may be legitimately extended to the general population of conditions to which the research findings need to be extended. Helpful in this regard is a comprehensive description of the study sites and of the methodology, so that users can judge whether the results are applicable to a particular situation.

3. Predicting stand growth and product yields

This section presents an example of a model for predicting stand growth and product yields of *Eucalyptus grandis* grown on the Zululand coastal plain in South Africa. The soils on the Zululand coastal plain are of a light sandy texture with low clay and organic matter contents, and a low cation exchange capacity and water holding capacity. Table 1 presents the most relevant stand variables for each plot and measurement age of the Langepan CCT spacing trial in the coastal plains of KwaZulu-Natal. The data set was obtained from *H. Kotzé*³. For each plot eight measurements were available. The interval between two consecutive measurements varied from 2 to 5 years. The site quality is uniform and dominant plot heights are available for one plot only. Based on the stand data in Table 1, maximum density may be estimated using the well-known limiting relationship between average tree size (Dq =quadratic mean diameter, cm), specifically the equation $N_{max} = 430591 \cdot Dq^{-1.812}$. Sometimes it is useful to estimate tree survival

³ Komatiland Forests, Private Bag X11201, Nelspruit 1200, South Africa

based on the current stems per ha (N1) and current basal area (G1, m²/ha). The following equation was derived from the data in Table 1: $N2 = N1^{0.96} + G1^{1.10}$.

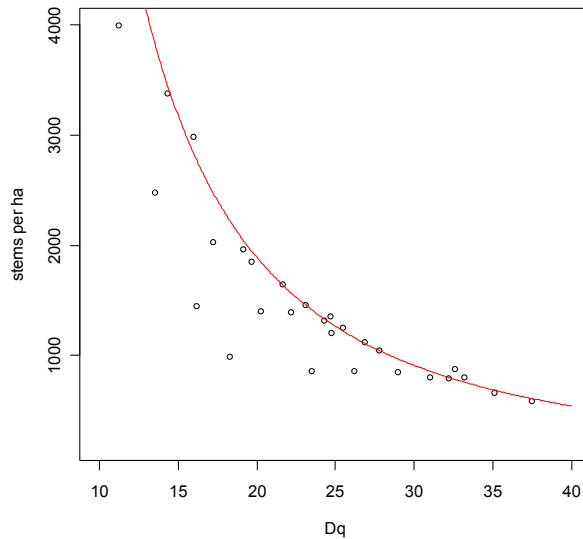
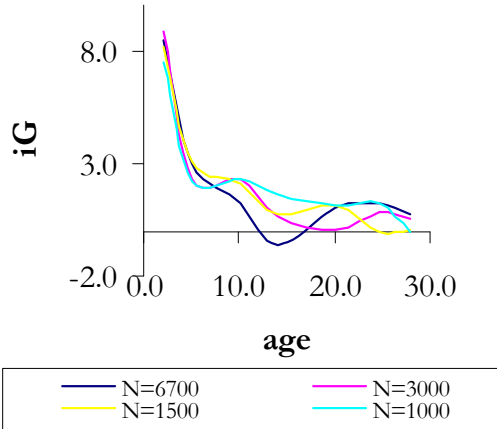
A stand growth model includes three components: maximum stand density, stand height and stand basal area. The two remaining components, dominant stand height and basal area were estimated using the *nls* function of the **R** statistical package. All independent variables are highly significant.

	Equation	
Growth (maximum density)	Algebraic difference form	Residual Standard error
$G = H^{1.043} + N^{0.222}$	$G2 = G1 \cdot \left(\frac{H2}{H1}\right)^{1.043} + \left(\frac{N2}{N1}\right)^{0.222}$	5.04 m ² /ha (1)
$Hdom = 59.0 \cdot \left(1 - e^{-0.073 \cdot Age}\right)$	$H2 = H1 \cdot \left(\frac{1 - e^{-0.073 \cdot Age2}}{1 - e^{-0.073 \cdot Age1}}\right)$	1.99 m (2)

The quadratic mean diameter may be derived from basal area and stems per ha as follows: $Dq = \sqrt{\frac{40000 \cdot G}{\pi \cdot N}}$.
 Stand volume per ha may be obtained from basal area and dominant height: $V = 0.4215 \cdot G \cdot Hdom$.

Table 1. The most relevant stand data and two graphs for each of 4 plots of the Langepan CCT spacing trial. Hdom is the dominant height (m), Dq is the quadratic mean diameter (cm), G is the basal area (m²/ha). Limiting line of maximum density (right) where iG is the basal area increment (m²/ha/year).

Age (years)	N per ha	Hdom (m)	Dq (cm)	G (m ² /ha)
2.1	6091	6.5	5.4	13.9
5.2	3998	21.1	11.3	40.1
10.2	3379	32.1	14.4	55.0
14.2	2984	38.2	16.0	60.0
20.2	1846	42.3	19.7	56.3
24.6	1451	48.9	23.1	60.8
27.8	1352	51.1	24.7	64.8
38.9	874	57.1	32.6	73.0
2.1	2734	6.5	6.3	8.5
5.2	2471	21.1	13.6	35.9
10.2	2026	32.1	17.3	47.6
14.2	1960	38.2	19.2	56.7
20.2	1639	42.3	21.7	60.6
24.6	1310	48.9	24.3	60.8
27.8	1244	51.1	25.5	63.5
38.9	799	57.1	33.2	69.2
2.1	1474	6.5	6.2	4.5
5.2	1441	21.1	16.2	29.7
10.2	1400	32.1	20.3	45.3
14.2	1391	38.2	22.2	53.8
20.2	1202	42.3	24.8	58.1
24.6	1112	48.9	26.9	63.2
27.8	1037	51.1	27.8	62.9
38.9	659	57.1	35.1	63.8
2.1	988	6.5	6.0	2.8
5.2	988	21.1	18.3	26.0
10.2	856	32.1	23.5	37.1
14.2	856	38.2	26.2	46.1
20.2	840	42.3	29.0	55.5
24.6	799	48.9	31.0	60.3
27.8	790	51.1	32.2	64.3
38.9	576	57.1	37.5	63.6



Usually, management models need to be detailed enough to permit financial analysis. This requires prediction of yields in terms of wood products. If the product is sawtimber and/or pulpwood, one may use an equation for estimating merchantable volume for a given thin end (tip) diameter. The following equation is an example:

$$P_t = e^{-0.272 \left(\frac{d}{D}\right)^{4.086} - 2.556 \left(\frac{t}{D}\right)^{3.082}} \quad (3)$$

- where P_t = Fraction of total stem volume allocated to logs with a thin-end diameter of t cm or greater
 D = Stand mean diameter (cm)
 d = Minimum DBH (cm) yielding log volumes with a thin-end diameter of t cm or greater

For example, the yield fraction of logs with a thin-end diameter of between 20cm and 30cm in a stand with a mean diameter D of 34 cm, is given by the difference between the 20cm- and 30cm-curves, indicated by the double-sided arrow in Fig. 1.

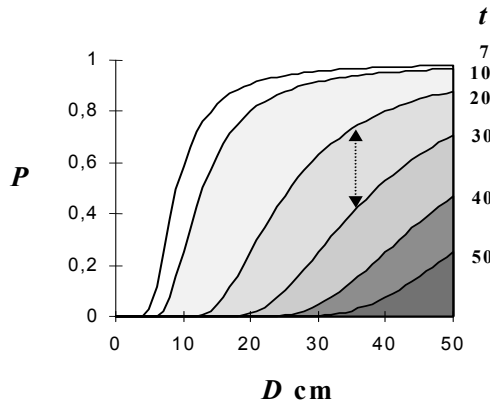


Figure 1. Fraction of volume yield P of logs with a minimum thin-end diameter t (cm) between 20 and 30 cm, in a stand with a mean stand diameter D of 34 cm.

Example: Consider a *Eucalyptus grandis* stand with a total per-ha stem volume of 350 m³ and a mean diameter of 26 cm. The product types, their thin end diameters and minimum breast height diameters, and the product fractions are estimated using equation (3), are shown below:

Product type	t (cm)	d (cm)	P_t
Pulpwood	5.0	6.5	0.9833
Sawtimber	18.0	21.0	0.3920

The estimated product yields are now calculated as follows:

Product type	Estimated yield (m ³ /ha)		
Waste	350(1-0.9833)	=	5.9
Pulpwood	350(0.9833-0.3920)	=	206.6
Sawtimber	350-(5.8+206.6)	=	137.5
total		=	<u>350.0</u>

This approach is quite simple. But eventually it may turn out to be no more inaccurate than the most detailed forecasts using taper functions. Log yield forecasts are inherently inaccurate, considering the numerous potential sources of error, including variations in log-making practice and differences in stem form. An alternative method involves a search in a database containing the utilization percentages of specific "representative" sample trees. Another method that has been used, is prediction of the number of logs of a given type, such as mining timber, using regression. An example of the relationship between the number of mining timber logs and the breast height diameter in *Eucalyptus grandis* trees was presented by Gadow and Bredenkamp (1992).

4. Forest Design: using available experience

We assume that a *managed forest* consists of a discrete number of geographical units known as *compartments*. Each compartment develops over time in response to specific forestry operations of varying type and intensity. A particular succession of management activities in a given compartment is known as a *management path*. A management path determines the *output* of a compartment during a specified *time window*, e.g. cash flow, natural hazards and carbon balance.

A *forest design* represents a specific combination of *management paths* for the different compartments within a specified forest area. The objective of forest planning is to find the optimum combination of management paths over all compartments. Various techniques have been developed to achieve this objective. The most popular method is constrained optimization. All the optimization models have in common that a discrete number of management paths are generated for a given set of compartments and that each path is associated with a vector of outputs over time. We are interested in the aggregated output values over all compartments and management paths. One of the common model formulations is the following:

$$\max Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} c_{ij} X_{ij}$$

subject to

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} a_{ijpt} X_{ij} \begin{cases} \leq \\ \cong \\ \geq \end{cases} M_{pt}, \forall p, t$$

$$\sum_{j=1}^{n_i} X_{ij} = A_i, \forall i \quad \text{and} \quad X_{ij} \geq 0$$

where

m	number of compartments
n _i	number of management paths for compartment i (i=1..m)
X _{ij}	area of compartment i managed according to management path j (ha)
c _{ij}	objective function coefficients
a _{ijpt}	technical coefficients
M _{pt}	amount of output p produced or consumed in period t
A _i	area of compartment i

This model structure has been applied using a variety of methods (see, for example Pukkala and Kangas, 1993). The general concept is known as the *Multiple Path Theory* (Gadow et al., 2007). To illustrate the most relevant details of this general concept, we will use the example of a forest farm in the coastal region of KwaZulu-Natal in South Africa. The farm consists of three blocks, which are subdivided into compartments and covers 60.7 ha. The soil is coastal sand and the site is highly favourable for growing *Eucalyptus grandis*. A map of the forest is shown in Fig. 2.

The following yield model is used to estimate timber yields from site index and age:

$$V = e^{(2.83+0.151 \cdot SI)} \cdot \left(1 - e^{-0.055 \cdot (age-1)}\right)^{1.19}$$

where V is volume (m³/ha) and SI is site index (dominant stand height in m, at age 10 years). The model structure is shown in Table 2. The upper part of Table 2 shows the expected yields per ha in the different years of the 4-year design period for each compartment and management path. For example, path A12 in compartment A1 specifies a clearfelling in year 2 when the age is 11 years and the yield is 246.1 m³/ha.. The coefficients of the objective function are shown in line 9 (“vol tot”); they represent the sum of the felling volumes plus the standing volume in year 4 (“m³ yr 4”)

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

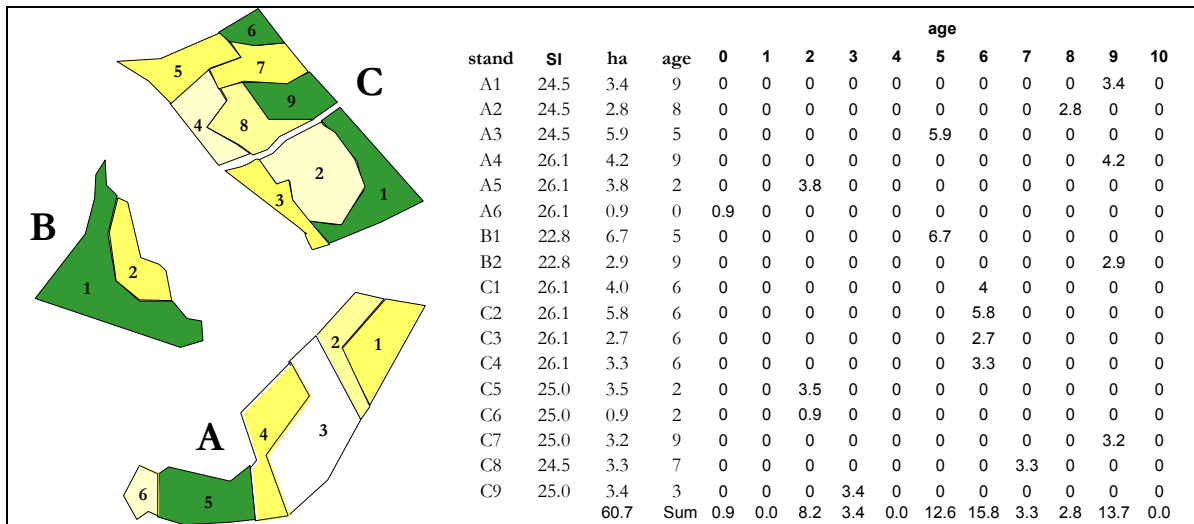


Figure 2. Map and relevant details of a forest farm in the coastal region of KwaZulu-Natal in South Africa.

Table 2. Details of the Multiple Path model.

	A1			A2	A3	A4			A5	A6	B1		B2	
	A11	A12	A13	A21	A31	A41	A42	A43	A51	A61	B11	B12	B21	
age year 0	9	9	9	8	5	9	9	9	2	0	5	5	9	
year 1	223.7					284.8							173.1	> 400
year 2		246.1		223.7		313.4								> 400
year 3			267.6					340.8						> 400
year 4											136.3			> 400
m ³ yr 4	46.4	21.0	0.0	21.02	200.4	59.1	26.8	0.0	160.0	92.8	155.0	0.0	35.9	
vol tot	270.1	267.1	267.6	244.7	200.4	344.0	340.1	340.8	160.0	92.8	155.0	136.3	209.0	
A1	1	1	1											= 3.4
A2				1										= 2.8
A3					1									= 5.9
A4						1	1	1						= 4.2
A5									1					= 3.8
A6										1				= 0.9
B1											1	1		= 6.7
B2													1	= 2.9
solution (ha)	3.4	0	0	2.8	5.9	4.2	0	0	3.8	0.9	3.8	2.9	2.9	6511.9 m ³

max 270.1A11+267.1A12+267.6A13+244.7A21 +200.4A31+344.0A41+340.1A42+340.8A43+160A51+ 92.8A61+155B11+136.3B12+209B21	LP OPTIMUM FOUND AT STEP 3 OBJECTIVE FUNCTION VALUE 1) 6511.901
subject to	VARIABLE VALUE REDUCED COST
year1) 223.7A11+284.8A41+173.1B21 > 400	A11 3.400000 0.000000
year2) 246.1A12+223.7A21+313.4A42 > 400	A12 0.000000 2.999994
year3) 276.6A31+340.8A43 > 400	A13 0.000000 2.499994
year4) 136.3B12 > 400	A21 2.800000 0.000000
areaA1) A11+A12+A13=3.4	A31 5.900000 0.000000
areaA2) A21=2.8	A41 4.200000 0.000000
areaA3) A31=5.9	A42 0.000000 3.899994
areaA4) A41+A42+A43=4.2	A43 0.000000 3.200012
areaA5) A51=3.8	A51 3.800000 0.000000
areaA6) A61=0.9	A61 0.900000 0.000000
areaB1) B11+B12=6.7	B11 3.765297 0.000000
areaB2) B21=2.9	B12 2.934703 0.000000
END	B21 2.900000 0.000000

Table 3. Model solution obtained using the Lindo software.

The third block shows the area constraints which specify that the sum of the path areas in each compartment must be exactly equal to the compartment area. Finally, the line at the bottom shows the solution: the entire area of both compartments A1 and A4 is subject to one path (1 in both cases), while B1 is partly treated with path B11 (3.8 ha) and B12 (2.9 ha). The relevant *Lindo* output is shown in Table 3.

5 Discussion and Conclusions

Virtually all forests are utilized by humans and possibly the majority are subject to some kind of planned management. Foresters harvest trees to utilize the timber and to improve the growing conditions of the remaining ones; they change the species composition and tree size distribution to attain some desirable structure; they kill trees to increase the amount of habitat in deadwood and adapt rotation ages to increase the runoff from water catchments. Thus, the dynamics of a forest ecosystem is not only determined by natural processes, but to a considerable extent by human interference. Water and nitrogen processes (Laurén et al., 2005); water yield from catchments (Bosch and Gadow, 1990); habitat for certain animal species (Kurttila et al., 2002) and carbon sequestration are determined, not only by natural processes, but primarily by forest management.

Many forest maps and aerial photographs of forested landscapes show a rather fragmented pattern, which is the result of property boundaries on the one hand and spatially organized human activity on the other. Forested landscapes are characterized in some way by trees. They may include open and closed forests, savannah woodlands and commercial timber plantations. These landscapes provide multiple services, and their value is often only recognised when these services are lost after deforestation, resulting in soil erosion, flooding, reduced quality water, loss of species diversity and increased greenhouse gas emissions.

Most landscapes, especially those where forestry is being practiced, are subdivided into well-defined geographical units. These units have different names depending on the type of landuse. In forestry they are known as stands or compartments. Each management activity has an influence on the mix of services, not only within the stand, but also in the landscape as a whole. The basic challenge of forest design is to continuously adapt to changing environmental and economic conditions. This is not trivial, because forest development is slow and rapid changes of the species composition, size distribution and many other features influencing the quantity and quality of services, are usually not possible. One approach which involves continuous assessment of changes while considering numerous constraints related to forest ecosystem dynamics, is the *Multiple Path* theory of forest design. Thus, designing a forested landscape involves the search for a combination of management paths with the aim of providing a desirable mix of services to the landowner.

The Multiple Path theory requires specific “application tools”. Especially important are tree growth models, based on empirical observations. Thus, an important objective of this contribution was to give an overview of the different types of tree growth experiments in section 2. The development of a stand growth and yield model was illustrated in section 3. Finally, a practical application the Multiple Path concept was presented in section 4.

Literature

- Amateis R. L., Burkhart H. E. u. Burk T. E., 1986. A ratio approach to predicting merchantable yields of unthinned loblolly pine plantations. *For. Sci.* 32: 187-296.
- Assmann, E., 1953: Zur Bonitierung süddeutscher Fichtenbestände. *AFZ* 10: 61-64.
- Biber, P., 1996: Konstruktion eines einzelbaumorientierten Wachstumssimulators für Fichten-Buchen-Mischbestände im Solling. Diss. Forstw. Fak. d. Ludwig-Maximilians-Univ. München: 239 S.
- Boland, D. J., M. I. H. Brooker, G. M. Chippendale, N. Hall B. P. M. Hyland, R. D. Johnston, D. A. Kleinig, and J. D. Turner, 1984: *Forest trees of Australia*. Nelson-CSIRO Melbourne, Australia. 687 p.
- Bosch, J. and Gadow, K. v., 1990: Regulating Afforestation for Water Conservation in South Africa. *S. Afr. For. J.* No 153: 41-54.
- Bredenkamp, BV, 1988. An analysis of correlated curve trend experiments in *E. grandis*. PhD thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University.

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

- Bungart, R. and Hüttl, R.F. (2004): Growth dynamics and biomass accumulation of 8-year-old hybrid poplar clones in a short-rotation plantation on a clayey-sandy mining substrate with respect to plant nutrition and water budget. *European Journal of Forest Research*, 123 (2), 105-115.
- Campbell, D. and Stanley J, 1963: Experimental and Quasi-experimental Designs for Research and Teaching. In Gage (Ed.), *Handbook on research on teaching*. Rand McNally, Chicago.
- Carter, C. E., 1945: The distribution of the more important timber trees of the genus *Eucalyptus*. Atlas 1. Commonwealth Forestry Bureau, Canberra, Australia. 8 p., 34 plates.
- Coetzee, J, 1986. Growth prediction equations for unthinned, short rotation *E. grandis* coppice stands using data obtained from working plan surveys. Institute for Commercial Forestry Research, Annual Report: 140-147.
- Cook, T. and D. Campbell, 1979: Quasi-Experimental Design. Rand McNally, Chicago.
- Cox, D. R. Planning of Experiments. New York: Wiley, 1958.
- Crawley, M.J., 2005: Statistics – An Introduction using R. Wiley: 327 p.
- Du Plessis, M. and Zwolinski, J., 2003: Site and stand analysis for growth prediction of *Eucalyptus grandis* on the Zululand coastal plain. *Southern Hemisphere Forestry Journal*, vol 198.
- Fisher, R. A. The Design of Experiments. (1st ed.) London: Oliver & Boyd, 1935.
- Gadow K. v., 1996: Modelling growth in managed forests-realism and limits of lumping. *The Science of the Total Environment* 183: 167-177.
- Gadow, K. v. and Kleinn, C., 2005: Forest Management, Science-based and understandable. In: Peterson, C.E. and Maguire, D.A. (eds): *Balancing Ecosystem Values – Innovative Experiments for Sustainable Forestry*. US Dept of Agr. Forest Service, Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-635: 15-23.
- Gadow, K. v., Kurttila, M., Leskinen, P., Leskinen, L., Nuutinen, T. and Pukkala, T., 2007: Designing forested landscapes to provide multiple services. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 2007 2, No. 038: 1-15.
- Hall, N., Johnston, R. D. and Chippendale, G. M., 1970: *Forest trees of Australia*. Forest and Timber Bureau, Canberra, Australia. 334 p.
- Hofmann, M., 2005: Pappeln als nachwachsender Rohstoff auf Ackerstandorten - Kulturverfahren, Ökologie und Wachstum unter dem Aspekt der Sortenwahl. Doctoral Dissertation; University of Göttingen.
- Hussein, K., Schmidt, M., Kotzé, H. and Gadow, K.v., 2001: Parameter-parsimonious Taper Functions for Describing Stem Profiles. Unpublished manuscript: 27 pp.
- Kleinn, C. and Köhl, M. (eds), 1999: Long Term Observations and Research in Forestry. Proceedings Volume., International IUFRO Symposium held in Costa Rica, February 23-27, 1999.
- Kramer, H., 1988: *Waldwachstumslehre*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- Kuehl, R. O., 1994: *Statistical Principles of Research Design and Analysis*. Duxbury Press, Belmont, California: 686 p.
- Kurttila, M., Pukkala, T. and Loikkanen, J. 2002: The performance of alternative spatial objective types in forest planning calculations: a case for flying squirrel and moose. *Forest Ecology and Management* 166: 245-260.
- Laurén, A., Finér, L., Koivusalo, H., Kokkonen, T., Karvonen, T., Kellomäki, S., Mannerkoski, H. and Ahtiainen, M., 2005: Water and nitrogen processes along a typical water flowpath and streamwater exports from a forested catchment and changes after clearcutting: a modelling study. *Hydrology and Earth System Sciences* 9 (2): 1-17.
- Lee, W. K., 1993: Wachstums- und Ertragsmodelle für *Pinus densiflora* in der Kangwon-Provinz, Korea. Diss., Forstwiss. Fachbereich, Univ. Göttingen. Cuvillier Verlag, 178 S.
- Meskimen, G. and Franklin, E. C., 1978: Spacing *Eucalyptus grandis* in southern Florida: a question of merchantable versus total volume. *Southern Journal of Applied Forestry* 1:3-5.
- O’Hehir, J., 2001: Growth and Yield Models for South Australian Radiata Pine Plantations incorporating Fertilising and thinning. PhD dissertation, Institute of Land and Food Resources, University of Melbourne.
- Pretzsch, H., 2001: *Modellierung des Waldwachstums*. Parey Buchverlag Berlin: 341 S.
- Pukkala, T. and Kangas J., 1993: A heuristic optimization method for forest planning and decision making. *Scand. J. For. Res.* 8: 560-570.
- Sánchez Orois, S., Kotzé, H. and Corral Rivas, J. J., 2003: Ein kompatibles Modell für die Fortschreibung von Durchmesserverteilungen. Vortrag anlässlich der Jahrestagung der Sektion Ertragskunde des Deutschen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten in Torgau am 2. – 4. Juni 2003.
- Sivananthawerl, T., 2001: Growth and Site Conditions of *Eucalyptus grandis* in Sri Lanka. Doctoral Diss., Georg-August-University, Göttingen.
- Trincado, G., Quezada, R. and Gadow, K.v., 2003: A comparison of two stand table projection methods for young *Eucalyptus nitens* (Maiden) plantations in Chile. *Forest Ecology and Management* 6193: 1–9.
- Wenk, G., Antanaitis, V. and Smelko, S., 1990: *Waldertragslehre*. Deutscher Landwirtschaftsverlag. Berlin.

Plantasyon Ormancılığında Envanter Metotları

Alparslan AKÇA

Prof.Dr., Georg-August-University Göttingen, Büsgenweg 5, D-37077 Göttingen, Germany

Özet

Ekonomik ve ekolojik devamlılığa dayanan ormanlık planlamaları için ormanların durumu ve gelişmeleri hakkında ulusal, bölgesel, işletme ve meşcere bazlarında güvenilir bilgilere ihtiyaç vardır. Bu envanterlerin yatay (çok amaçlı) ve dikey (çok seviyeli ve ölçekli) entegrasyonu hem bilgilerin kalitesini, güvenilirliğini artırır ve hem de envanterin rasyonelitesini yükseltir. Bu makalede bu alandaki olanaklar ve uzaktan algılama metotlarının bu amaçla ve özellikle endüstriyel plantasyon envanterlerinde kullanılması konusu metodik olarak incelenmiştir.

1. Giriş

Orman envanterleri amaçlarına uygun olarak ormanlar ve çevresi hakkında aktüel bilgilerin toplanması işlemine hizmet ederler. Bilgiler belli bir gözlem gününe göre elde edilir. Gayet tabii envanterin belli bir zaman içinde ve masraf ile yapılabilir olması gereklidir. Toplanan bilgiler ağaçlar, orman meşcereleri, orman işletmeleri, flora, fauna ve yetişme muhiti hakkında kalitatif ve kantitatif verilerdir.

Amenajman amacı ile yapılan envanterlerde genellikle periyodik olarak ağaç serveti ve artım bakımından ormanın veya orman meşceresinin durumu saptanır. Burada unutmamak gereken özellik, ormanın sadece ağaç servetinden ibaret olmadığını, komple bir ekosistem olarak canlı ve kendisini devamlı olarak yenileyen, değiştiren parçalardan oluştuğu gerçeğidir.

Ormanlık politikası, idari ve işletme konularında karar verme mekanizması (planlama, yürütme) için değişik bazlarda ve ölçeklerde orman ekosistemleri hakkında güvenilir ve aktüel bilgilere ihtiyaç vardır. Odun üretimi yanında diğer sahalarda, örneğin DİNLENME, YABAN HAYATI ve ÇEŞİTLİ KORUMA FONKSİYONLARI son yıllarda artan bir şekilde önem kazanmakta ve bu nedenle de orman envanterlerinin bakış açıları hayli genişlemiş bulunmaktadır.

Orman envanterlerinde orman meşcereleri hakkında

Ormanlık sahaların mülkiyet ve transport bakımından tanımlanmaları,

Ağaç serveti ve

Artım ve istihsal gibi

baz bilgiler yanında ayrıca

Dinlenme,

Yetişme muhiti ve istihsal kapasitesi,

Biyo farklılık,

Çevre ve doğa koruma

gibi konularda saptanmalıdır.

Bütün bu bilgiler gayet tabii aynı doğruluk ve ayrıntıda saptanamaz. Bilgilerin önem ve öncelik derecesi envanter amaçlarına göre değişir (Tablo 1). Bu konuda genel geçerli kaideler mevcut değildir. Bilgilerin öncelik ve önemi subjektiftir ve ülkeden ülkeye ve hatta bir ülke içinde de bölgeden bölgeye göre değişebilir.

Tablodan görüldüğü gibi belli bir envanterde bütün bilgilerin öncelikle ve ayrıntılı bir şekilde saptanmasına olanak yoktur. Yalnız bu durum amenajman için yapılan meşcere ve işletme envanterlerinde ekolojik bakımdan önemli bilgilerin saptanmayacağı anlamına gelmez. Akıllı bir entegrasyon ile, örneğin ÇOK AMAÇLI ENVANTER METOTLARI gibi, farklı amaçlar için gerekli bilgiler toplanabilir ve ihtiyaç sahiplerinin hizmetine sunulabilir.

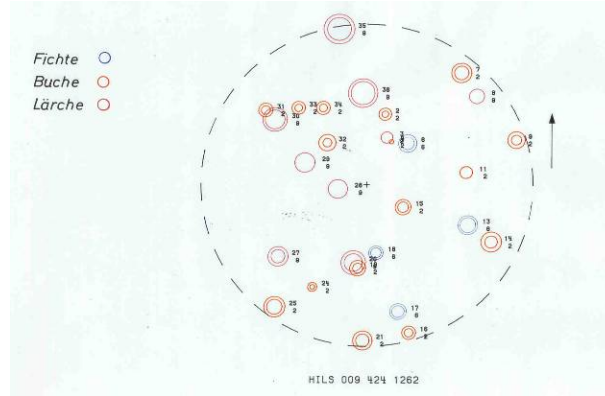
Tablo 1. Çeşitli envanterlerde bilgilerin öncelikleri

ORMAN ENVANTERİ	ALAN	TOPO	MÜLKİYET	ULAŞIM	SERVET	ARTIM	ETA	DİĞER BİLGİLER	ZARAR ve HASTALIK
Ulusal Envanter	***	**	**	**	** **	** **	**	** **	** **
Bölgesel Envanter	***	**	** **	**	** **	** **	**	** **	** **
İşletme Envanteri	**	*	*	**	**	**	**	** **	** **
Meşcere Envanteri (Doğal Ormanlarda)	***	**	*	**	**	**	**	** **	**
Meşcere Envanteri (Plantasyonlarda)	***	***	*	**	**	**	**	**	***

*** Çok önemli, ** Orta derecede önemli, * Önemsiz, ihmal edilebilir

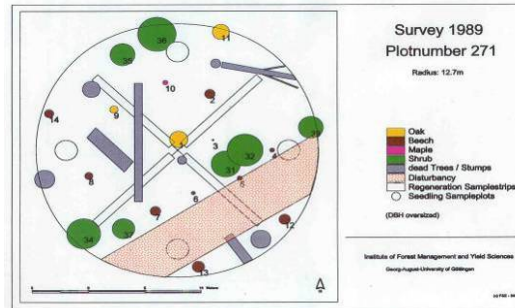
Modern örnekleme yöntemleri ticari amaçlarla yapılan ve sadece ticari bakımdan önemli odun miktarının ve artımının saptanmasını amaçlayan envanterleri ekolojik bilgileri de kapsayacak şekilde genişletmeye olanak sağlamaktadırlar.

Şekil 1 Ticari amaçla alınmış bir sabit örnek alanı göstermektedir. Burada sadece halen ve ileride ticari değeri olan ağaçlar ölçülmüştür. Şekil arka arkaya yapılan iki envanterin sonuçlarını göstermektedir.



Resim 1 Ticari ormanda sabit örnekleme

Tek halka ile gösterilen ağaçlar iki ölçme arasında meşcereden çıkarılmış veya ölmüş ağaçları, çifte halkalılar ise kalan ağaçları ve halka genişliğinde çap artımını göstermektedir.



Resim 2. Doğal ormanda sabit örnekleme

Resim 2 de kuzey-batı Almanya'daki bir rezerve doğal ormanında sabit örnekleme alanı göstermektedir. Burada ticari önemi olan ağaçlar yanında ekolojik bilgilerde alınmakta veya ölçülmektedir. Toprak vejetasyonu, gençlik, ölü odun (dikili veya yatık), antropojen etkiler de konularıyla birlikte kaydedilmektedir (MENCH, 1999).

İki örneklemenin kombinasyonu doğal orman örnekleme ticari örneklemede alt örnekleme olarak yapılabilir. Bu şekilde ekolojik yönden önemli bilgiler işletme bazında elde edilebilir ve zaman içindeki gelişmeleri takip edilebilir.

Ticari orman plantasyonlarında durum biraz farklıdır. Burada plantasyon sahibini odun ve artımıyla ilgili olmayan bilgiler ilgilendirmez. Dinlenme, çevre ve doğa koruma ve diğer ekolojik bilgiler envanter kapsamına girmez ve genellikle sadece halen ve ileride ticari değeri olan ağaçlarla ilgili bilgiler toplanır.

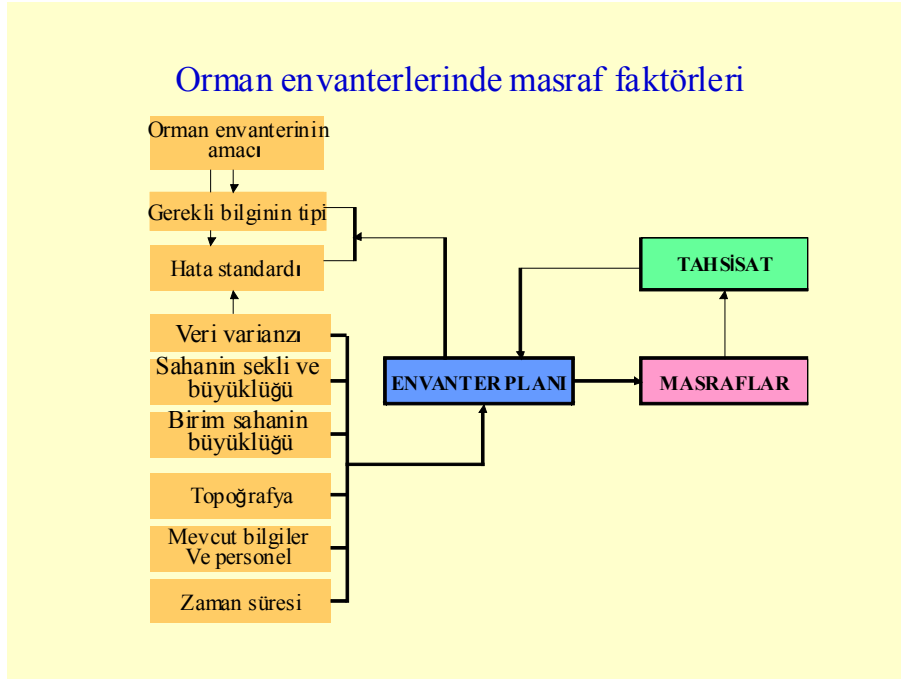
2. MASRAFLAR

Envanterlerde en önemli sorunlardan biri envanterin maliyetidir. Genellikle toplanan bilgilerin getireceği ve ileride elde edilecek faydalar envanter masrafları ile karşılaştırılır. Faydaların envanter masraflarından daha yüksek olması gereklidir.

Maddi olarak fayda şu andaki getiri ile ileride envanter dolayısıyla yükselecek getiri arasındaki fark ile hesaplanabilir. Orman, doğa ve çevre korumadaki daha iyi işletme olanakları nedeniyle olan gelişme göz önüne alınmalıdır.

Diğer taraftan maddi olmayan gelişmenin parasal olarak saptanmasının oldukça zor olduğunu burada belirtmemiz gereklidir.

Orman envanterlerinin maliyeti bir çok faktör tarafından etkilenir. En önemli faktörlerin başında saptanacak bilgilerin çeşidi ve doğruluk derecesi yani müsaade edilen hata büyüklüğü gelir. Bu iki unsur envanterin amacına bağlıdır. Diğer faktörler ise, örneğin envanter sahasının şekli ve büyüklüğü, hakkında tahmin yapılacak birimlerin büyüklüğü, saptanacak değişkenlerin varyansı (istatistik sapması), arazinin topoğrafyası, alt yapısı, personel durumu, orman ve saha hakkında mevcut bilgiler, bizim etkileyemeyeceğimiz envanter bölgesindeki şartlardır.



Resim 3 Masraf faktörleri

3. ENVANTERLERİN ÖLÇEĞİ

Orman envanterleri genellikle envanter sahasının büyüklüğü, amaçları, ekonomik, ekolojik şartlar ve ormancılık politikası, bölgesel planlama, işletme ve meşcere planlanması bakımından 4 kategoriye ayrılır (Tablo 2):

Tablo 2. Orman envanterleri

Ulusal (veya kontinental) envanterler, Bölgesel envanterler, İşletme envanterleri ve Meşcere envanterleri
--

İlk üç envanter büyük saha envanteri olarak tanımlanabilir. Bu envanterlerde münferit meşcereler için ayrı ayrı bilgiler saptanmaz. Envanter alanı bir ülke, bir bölge veya bir işletmedir. Bu sahalar içinde ağaç türlerine, yaş sınıflarına veya sahiplik durumuna göre sınıflandırmalar yapılabilir.

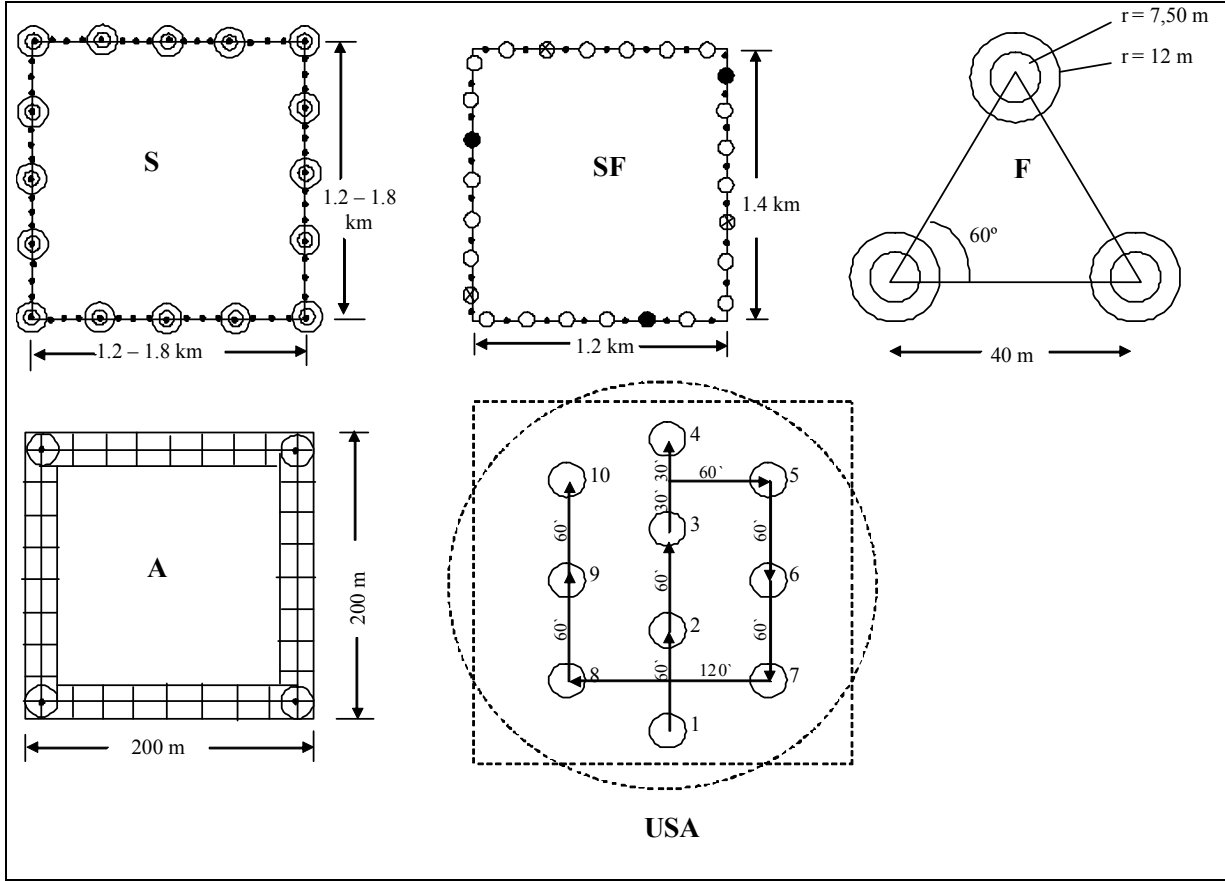
3.1 Ulusal bazda orman envanterleri

Ulusal orman envanteri büyük saha orman envanterlerinin üst basamağını oluştururlar ve ormanların ağaç türlerine, yaş sınıflarına, mülkiyet durumuna vs. göre dağılımlarının saptanması için yapılırlar. Ulusal orman envanterleri ormanların ulusal bazda korunması ve orman mahsullerine olan ihtiyacın karşılanmasında zorunlu olan ormancılık politikası kararları ve uygulamaları için gerekli bazı bilgilerin saptanmasını amaçlar. Elde edilen sonuçlar politik kararların alınmasında, ekonomik ve ekolojik önlemlerin uzun vadeli ve ulusal bazdaki planlanmasında mutlaka gereklidir. Aynı şekilde ulusal orman envanterlerinin sonuçları ulusal seviyede orman mahsullerinin miktarının tahmininde mutlaka gereklidirler.

Bir ulusal orman envanterinde bir tek özelliğin (değişkenin) saptanması (örneğin Almanya'da her yıl yapılan ormanların sağlık durumu envanteri) yanında, çok ayrıntılı bir şekilde ormanların bütün veya bir kısım özelliklerini (ağaç serveti, artım, zarar ve hastalıklar, yetişme muhiti özellikleri, tür farklılıkları, mülkiyet durumları, dinlenme fonksiyonları, flora, fauna vs) kapayabilir. Şayet envanter tarihindeki durum yanında bu özelliklerin gelişmesi hakkında da bilgiler isteniyorsa belli aralıklarda periyodik envanterler gereklidir. Böyle bir durumda envanter metodunun başlangıçta uygun şekilde seçilmesi gerekir. Almanya'da 10 yıl arayla yapılan Ulusal Orman Envanteri böyle bir amaçla yürütülmektedir.

Almanya'daki ilk Ulusal Orman Envanteri 1986 ile 1990 yılları arasında yapılmıştır. Amaç ulusal ve eyalet bazında ormanların durumunun ve istihsal kabiliyetinin saptanması olmuştur. Örnekleme şekli olarak TRAKT seçilmiştir (Resim 4).

İlk ulusal orman envanteri sadece ağaç servetinin saptanması amacıyla yapılmıştır. Yalnız seçilen TRAKT METODU Almanya şartları için optimal değildir (DAHM, 199X) Trakt kenarlarında yapılan alan tahminleri sistematik ve rölatif olarak oldukça büyük hatalara neden olmuştur. Örnekleme teorisi bakımından da bir takım kritik sorunlar vardır. Trakt metodu ulaşım alt yapısının yeterli olmadığı bölgeler için uygundur. Almanya'da ise böyle bir problem yoktur.



Resim 4. Ulusal Orman envanterlerinde TRAKT şekilleri

3.2 Bölgesel bazda orman envanterleri

Politik, ekolojik veya ekonomik olarak sınırlı bir bölgede yapılan envanterler, örneğin Eyalet veya Başveya Bölge müdürlüğü bazında yapılan envanterler. Bölgesel planlama veya mastır plan için yapılan envanterler, bölgesel biyotop haritalamaları veya envanterleri de bu gruba dahildirler.

Bu envanterlerin amaçları ulusal orman envanterlerinin amaçlarına benzer. Ormancılıkla ilgili bilgiler (enformasyonlar) işletme bazının üzerinde ve ulusal bazın altında belli bir bölge içinde toplanır. Sonuçlar hem işletme bazında hem de işletme bazının üstünde yani bölgesel bazda karar verme mekanizması için gereklidir.

Orman envanterlerin büyük çoğunluğu ise orman işletmesinde operatif tedbirler veya planlamalar için yapılır, örneğin amenajman planları yapmak, silvikültürel uygulamaları planlamak, operatif müdahaleleri kontrol etmek için. Federal Almanya'da bu çeşit envanterler iki bazda yürütülür:

- İşletme bazında
- Meşcere bazında.

3.3 İşletme ve meşcere bazında envanterler

İşletme bazındaki envanterlerin ilk görevi bir işletmedeki ormanların gelişmesini devamlılık açısından kontrol etmektir. Ayrıca meşcere envanterlerinin sonuçlarını ağaç türleri, yaş sınıfları dağılımı ve buna benzer bakımlardan kontrol etmektir.

İşletme bazında envanterler devamlı envanter metodlarına göre yürütülmeli ve ekolojik ve özellikle ticari plantasyonlarda ekonomik konuları da gözetmelidir. İşletme bazında ki envanterler genellikle işletmenin yaş sınıfları, ağaç türlerinin dağılımı ve devamlılığın kontrolü amacıyla yapıldığından sabit örnekleme

metotları tercih edilmelidir (Resim 1). Federal Almanya, Avusturya ve İsviçre’de daire şeklinde sabit örnek alanlarla çalışmanın en optimal yol olduğu saptanmıştır.

Meşcere envanterleri en alt seviyede yapılan ve genellikle en fazla zaman alan ve en masraflı envanterlerdir. Bu envanterler meşcere bazında silvikültürel, ekolojik ve ekonomik planlamalar için gerekli bilgileri saptar. Aynı şekilde müdahalelerin meşcere bazında kontrolüne olanak sağlarlar.

Meşcere envanterleri için genellikle üç yöntem söz konusudur:

Tam alan ölçme

Örnekleme

Basit Tahmin

Tam alan ölçme de meşcerenin bütün ağaçların çapları ölçülür. Yöntemlerin en doğrusudur ve meşcerenin çap dağılımını ve göğüs yüzeyinin hatasız bir şekilde elde edilmesini sağlar. Çok masraflı ve zaman alıcı olduğundan genellikle sadece bilimsel çalışmalarda ve küçük alanlarda uygulanır. Genellikle büyük sahaları kaplayan ticari veya diğer bir deyişle endüstriyel plantasyonlarda uygulanması söz konusu değildir.

Doğal ormanlarda ve endüstriyel plantasyonlarda genellikle ya örnekleme veya daha ucuz ve süratli olan tahmin yöntemleri envanterlerde uygulanır. Federal Almanya ve orta Avrupa ülkelerinde orman amenajmanı için yapılan meşcere envanterlerinde sadece basit tahmin yöntemleri ile çalışılmaktadır. Meşcere ağaç serveti ve artımı hasılat tabloları veya büyüme modelleri ile tahmin edilmektedir. Son yıllarda artım ve hasılat modelleri bu konuda gittikçe önem kazanmakta ve yaygınlaşmaktadır. Artım ve hasılat modelleri aslında ilk önce ticari plantasyonlarda da kullanılmıştır ve halen de büyük ölçüde kullanılmaktadır. Konu kendi başına ve çok kapsamlı olduğundan burada bu yöntemlere daha fazla girilmeyecektir.

Ticari plantasyonların envanterinde söz konu olabilecek yersel envanter örnekleme yöntemleri basit olarak üç grupta toplanabilir:

- Sabit büyüklükte örnek alan yöntemi,
- k – ağaç örnekleme
- Açık sayım yöntemi (Relaskop yöntemi, BITTERLICH Yöntemi).

Sabit büyüklükte örnek alan yöntemi

Sabit büyüklükte örnek alanlarda alımlar ormancılıkta ilk uygulanan örnekleme yöntemidir. İlk defa ZETSCHKE isimli bir alman ormancı tarafından 1891 yılında uygulanmıştır. Burada belli ve sabit büyüklükteki örnek alanlarda ağaçların çapları ve bazılarının boyları ölçülmekte ve bu değerlerden gidilerek bütün meşcerenin veya ormanın hacim ve hacim artımı istatistikî yöntemlerle hesaplanmaktadır. Burada önemli olan örnek alanların şekli, büyüklüğü, sayısı ve araziye dağılımı konularıdır.

Örnek alanların şekli

Uygulamada genellikle daire, kare, dik dörtgen veya dikdörtgenin özel formu olan şerit şeklindeki örnek alanlarla çalışılmaktadır. Şerit şeklindeki örnek alanlar genellikle ulaşım alt yapısının olmadığı bölgelerde, tropik ormanlarda uygulanmaktadır.

Örnek alanların uygulanmasında en önemli hata kaynaklarından birini sınır üzerinde bulunan ağaçlar oluşturmaktadır. Bu nedenle en uygun örnek alan şekli çevre/alan oranının minimum olduğu şekildedir. Bu durum daire şeklindeki örnek alanlarda gerçekleşmektedir. Ayrıca daire şeklindeki örnek alanlar arazide daha kolay uygulanabilir. Bu nedenle Federal Almanya ve orta Avrupa ülkelerinde genellikle daire şeklindeki örnek alanlarla çalışılmaktadır.

Kare ve dik dörtgen şeklindeki örnek alanlar dikim yoluyla kurulmuş ormanlarda ve gayet tabii ticari plantasyonlarda kullanılabilir. U durumda sınırlı ağaç problemini önlemek amacıyla örnek alanın sınırları dikim sıralarının tam ortasından geçirilmelidir.

Örnek alanların büyüklüğü

Örnek alan büyüdükçe örnek alan üzerinde elde edilen meşcere verilerinin arasındaki sapmalar ve çevre/alan oranı küçülür. Buda hatanın küçülmesini sağlar. küçülmesini sağlar. Yalnız belli bir sınırdan sonra örnekleme etkinliği azalmaya başlar. Gerçi belli bir hata derecesi için gerekli örnek alan sayısı

azalır ama ölçülen sahaların toplam alanı artar. Federal Almanya’da yapılan araştırmalarda 15 – 20 ağacı alacak örnek alan büyüklüğü doğal gençleştirme ile yetiştirilmiş işletme ormanlarında örnek alan - optimum büyüklüğü olarak saptanmıştır. Ticari plantasyonlarda daha yüksek homojenlik nedeniyle ağaç sayısı ve örnek alan büyüklüğü daha küçük olabilir.

Örnek alanların sayısı

Örnek alanların sayısı (n)

- Populasyonun homojenitesi (yeksanaklığı)
- Kabul edilebilir hata büyüklüğü
- Plantasyonun homojenlik durumu ve
- Örnekleme sonucunun güvenilirlik derecesi

Faktörlerine bağlı olarak ve yaklaşık olarak

$$n = \frac{t^2 \cdot s_x^2}{e^2}$$

formülü yardımıyla hesaplanabilir. Formülde

- t = t-tablosundan belli güvenlik sınırları için alınacak değer,
- s_x = Standart sapma ve
- e = Belli güvenlik sınırları içinde kabul edilebilir hata

anlamına gelmektedir. Standart sapma (s_x) varyansın (s_x^2) kare kökü olarak

$$s_x^2 = \frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

tahmin edilebilir veya daha önceki envanterlerden bilinebilir.

Örnek alanların orman arazisine dağıtımı

Örnek alanların araziye dağıtımı objektif olarak yapılmalıdır. Envanteri yapılacak ormanın her tarafı örnekleme için aynı şansa sahip olmalıdır. Matematik-İstatistik bakımından en doğru yol rasgele örneklemedir, yani örnek alanlar ormanlık sahaya tesadüfi olarak dağıtılacaktır. Yalnız rastgele örnekleme oldukça zaman alıcı olduğundan sadece bilimsel çalışmalarda uygulanır. Pratikte genellikle sistematik örnekleme ile çalışılır. Örnek alanlar ormanlık sahaya bir kare şebekesi veya bir dikdörtgen şebekesi yardımıyla dağıtılır. Kare Şebekesi ile dağıtma durumunda şebeke aralığı

$$a = \sqrt{\frac{F}{n}}$$
 formülü ile hesaplanır.

Burada F sahanın büyüklüğü n de örnek alan sayısıdır.

k - ağaç örnekleme

k – ağaç örnekleme, veya diğer adıyla ara mesafe yöntemi ormancılıkta uzun zamandan beri bilinen ve uygulanan bir envanter yöntemidir. 1864 yılında Alman ormancı bir meşcerede KÖNIG ağaçlar arasındaki ortalama mesafeyi ağaç servetini tahmin için kullanmıştır. İr orman meşçeresinin alanı (F) ve ağaçlar arasındaki ortalama mesafe (a) ise ormandaki ağaç sayısı (N)

$$N = \frac{F}{a^2}$$

formülü ile hesaplanabilir.

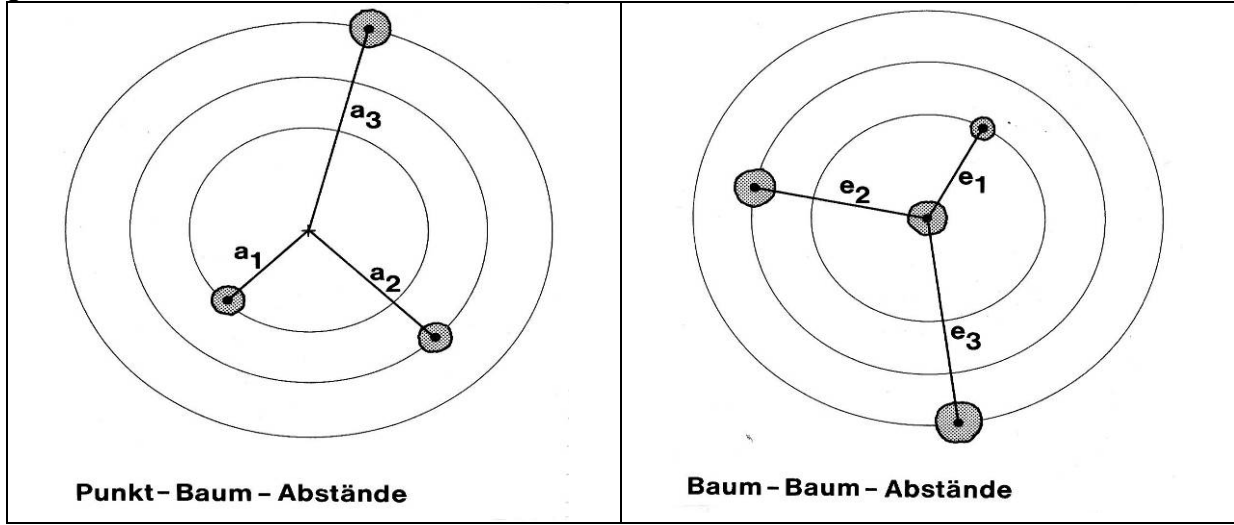
Ortalama mesafenin elde edilmesinde iki olanak söz konusudur (Resim 5). Ağaçlar arası ortalama mesafe (\bar{e} veya \bar{a}) ağaç – ağaç mesafeleri ölçüldüğü takdirde

$$\bar{e} = \sqrt{\frac{\pi \cdot e_i^2}{i + 0,5}}$$

formülü yardımı ile, nokta – ağaç mesafesi ölçüldüğünde

$$\bar{a} = \sqrt{\frac{\pi \cdot a_i^2}{i - 0,5}}$$

formülü yardımı ile tahmin edilebilir. Burada i mesafenin ölçüldüğü ağacın kaçınıcı komşu ağaç olduğunu göstermektedir.



Resim 5. Ortalama mesafe yöntemleri (Sol resim: Nokta – Ağaç mesafesi, Sağ resim: Ağaç – Ağaç mesafesi ölçme)

Açı sayım yöntemi (Bitterlich relaskop yöntemi)

1948 yılında BITTERLICH tarafından geliştirilen açı sayım yöntemi sınırlarının belirsiz olduğu bir örnek alan yöntemidir. Açı sayım yönteminin örnek alanları görülmeyen daireler olup, yarı çapları bakılan ağaçların çaplarına göre değişir. Belirli bir noktadan belli bir açı altında ağaçlara bakıldığında açıdan daha geniş olan ağaçların sayılması ile meşcerenin göğüs yüzeyi hesaplanabilir.

Meşcere göğüs yüzeyi G_{ha}

$G_{ha} = k \cdot N$ **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** N formülü yardımı ile basit bir şekilde elde edilebilir.

Burada $k =$ Göğüs yüzeyi faktörü (m^2_{ha}) ve

$N =$ Sayılan ağaçların sayısı dır

Göğüs yüzeyi faktörü k

$k = \frac{2500}{c^2}$ formülü yardımı ile hesaplanabilir.

c ise kullanılan açının radyant cinsinden ifadesidir. c ile k arasındaki ilişki

$$c = \frac{50}{\sqrt{k}}$$

formülünden elde edilebilir.

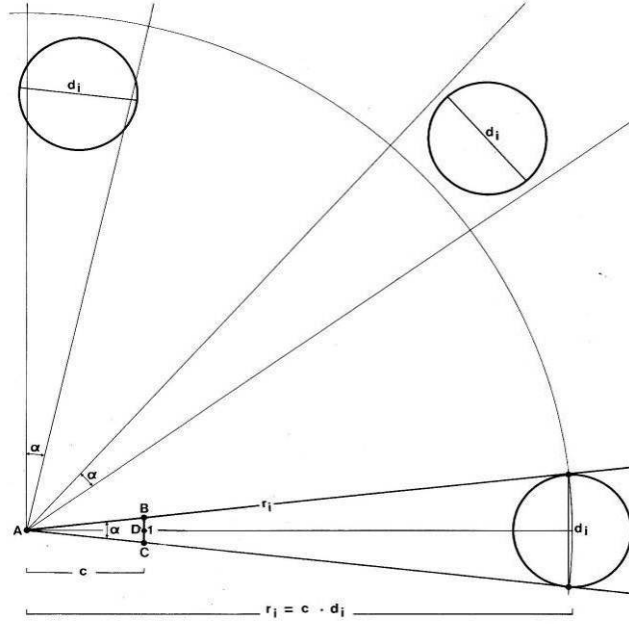
Buna göre

$$k = 1 \text{ m}^2/\text{ha} \rightarrow c = 50$$

$$k = 2 \text{ m}^2/\text{ha} \rightarrow c = 35,36$$

$$k = 4 \text{ m}^2/\text{ha} \rightarrow c = 25$$

Yani göğüs yüzeyi faktörü $k = 1 \text{ m}^2/\text{ha}$ ile çalışabilmek için 1 cm 'lik mesafeyi 50 cm 'den gören bir açı ile çalışmak gerekmektedir.



Resim 6. Açı sayım yönteminin prensibi

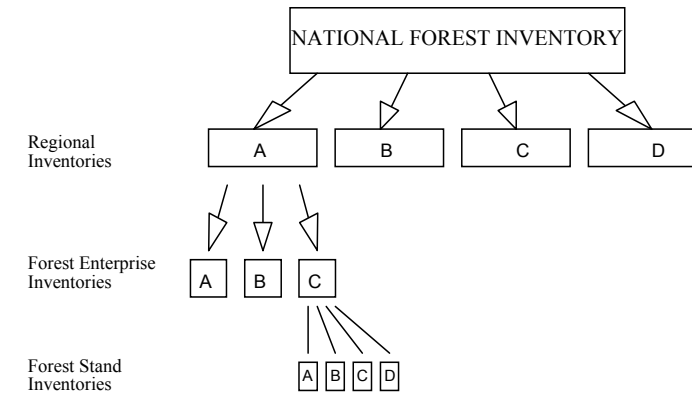
Açı sayım yöntemi ormancılıkta en çok kullanılan yöntemlerden biri haline gelmiştir. Yalnız uygulanan şekliyle sadece meşcere göğüs yüzeyi elde edilmektedir. Çap sınıflarına göre göğüs yüzeyinin dağılımı gibi önemli bir bilgi eksik kalmaktadır.

k – ağaç örnekleme de bir çok yöntem geliştirilmiştir. Örneğin PRODAN ın Federal Almanya’da geliştirdiği 6 - ağaç örnekleme yönteminin standart sapması çok yüksek olduğundan ağaç serveti tahmininde optimal bir envanter yöntemi olamamıştır.

Yukarıda kısaca özetlenen envanter yöntemleri içinde sabit örnek alan yöntemi ormancılıkta en fazla uygulanan yöntem olmuştur. Bu yöntem plantasyonlar içinde en geçerli olanıdır.

4. ORMAN ENVANTERLERİNİN ENTEGRASYONU

Hemen hemen bütün ülkelerde çeşitli bazlardaki envanterler birbirlerinden bağımsız olarak yürütülürler. Çeşitli seviyelerde bilgi değişimi veya akımı bu durumda sağlıklı bir şekilde mümkün değildir. Elektronik Bilgi İşleme sistemlerinin, (enformatiğin) günlük hayatımıza tamamen girdiği zamanımızda çeşitli envanter bazları arasında yapılacak dikey (vertikal) bir entegrasyonun ormancılıkta doğru kararda, planlamada ve ormanların ekolojik ve ekonomik gelişmelerinin kontrolünde sonsuz faydaları olacağı aşikardır (Resim 7).

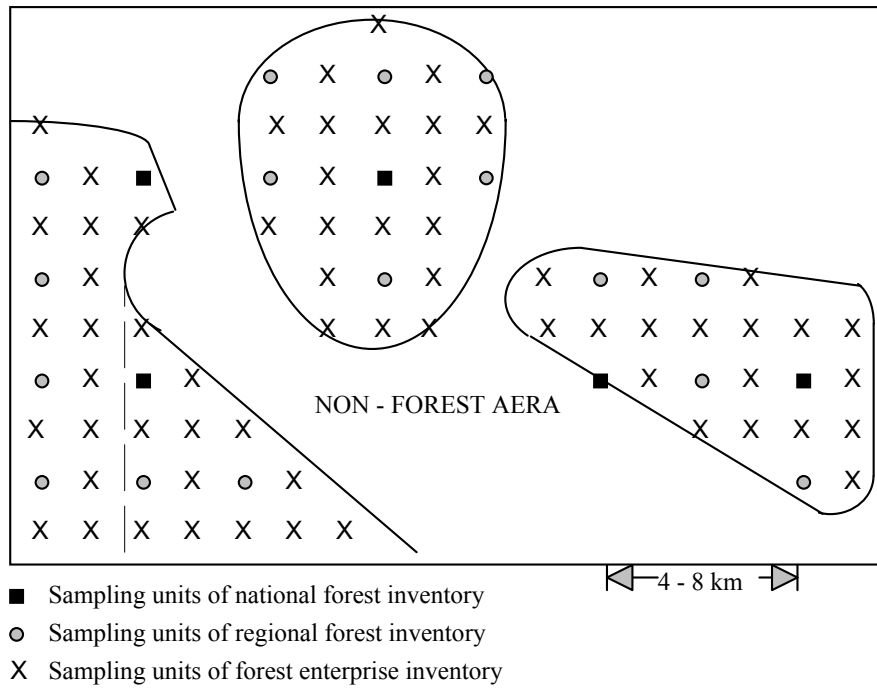


Resim 7. Orman envanterlerinin dikey (vertikal) entegrasyonu

Etkin bir orman envanter konsepti çeşitli seviyelerdeki orman envanterleri arasında bilgi akımına olanak vermelidir. Bunun anlamı ulusal, bölgesel, işletme ve meşcere envanterleri birbirine bağlı olarak planlanmaları ve yürütülmeleri gerekmesidir. Bilgi akımı aşağıdan yukarıya olduğu gibi yukarıdan aşağıya da olmalıdır, yani ulusal orman envanterlerinin sonuçları bölgesel envanterlerle, işletme ve hatta meşcere envanterleriyle ilişkilendirilmelidir. Aynı şekilde bunun tersi istikametinde de ilişkilendirme mümkün olmalıdır.

Halen böyle bir envanter metodu veya sistemi mevcut değildir. Ulusal veya uluslararası bazı gruplar bu konuda yani ÇOK AMAÇLI ENVANTER METOTLARI adı altında ve ilk planda yatay (horizontal) entegrasyonu amaçlayan metotlar üzerinde (Mehrzweckinventuren, Multiple purpose inventory) çalışmaktadırlar.

Dikey entegrasyon için bir olanak, önce uzun aralıklı bir örnekleme şebekesi (örneğin 4km x 4 km) kurmak, sonrada bu sistemi kademe kademe bölgesel, işletme ve meşcere bazlarında sıklaştırmak (Resim 8).



Resim 8. Orman envanterlerinin dikey (vertikal) entegrasyonu

Üç üst seviyedeki envanterler (ulusal, bölgesel, işletme bazlarındaki) devamlı envanter şeklinde sabit örnekleme metotları ile yürütülmelidir. Burada ayrıca stratifikasyon yani katmanlama mutlaka rasyonelasyon nedenleri ile yapılmalıdır.

Stratifikasyonsuz (katmansız) örnekleme bu envanterlerde bazı bilgilerin gereğinden fazla doğrulukta bazı bilgilerinde büyük hatalarla elde edilmesine neden olacaktır. Devamlı envanterlerde pek arzu edilmeyen stratum (katman) değişiklikleri genellikle minimal ölçüde olacaktır, zira ormanlık alanlarda yaş sınıfları ve karışıklık gibi stratifikasyon kriterleri kısa vadelerde değişmeyen özelliklerdir.

Ulusal ve işletme bazındaki envanterlerde örnekleme şekli olarak konsantrik daire şekli genellikle en uygun şekil olduğunu göstermiştir. Bu şekilde örnek alan büyüklüğü ormanın sıklığına göre otomatik olarak ayarlanacaktır. Grup veya Trakt örnekleme şekilleri sadece dağlık mıntikalarda ulaşımın çok zor olduğu yerlerde uygulanmalıdır.

Meşcere envanterleri böyle bir envanter konseptinde en alt seviyeyi oluşturacaktır. Federal Almanya da bu envanter hasılat tabloları yardımı ve az sayıda ölçme ile yapılmaktadır. Böyle tahminler hasılat tablolarının bilinen hataları yanında uygulayıcının subjektif hataları da içerirler. Böyle tahmin metotları meşceredeki değişimlerin ve gelişmelerin örneğin hacim artımı gibi) sağlıklı bir şekilde saptanmasına izin vermezler.

Diğer taraftan bu envanterin sabit örnekleme ile yapılması büyük masraflara neden olur. Bu nedenle basit envanter metotlarının uygulanmasından başka seçenек ekonomik bakımdan mümkün değildir.

Hasılat tablosu yerine bu envanterlerin dinamik büyüme modelleri ile yapılması envanterin ve planlamanın doğruluk derecesini yükseltecektir. Hava fotoğraflarının kullanılması ve işletme envanterlerinin sonuçlarının meşcere envanterlerinde göz önüne alınması bu envanterlerin güvenilirlik derecelerini artıracaktır. İşletme envanterinin sonuçları meşcere envanterlerinin sonuçlarının düzeltilmesinde kullanılabilir.

5. UZAKTAN ALGILAMA

Yersel envanter çalışmaları hava fotoğrafları veya uydu görüntüleri yardımı ile daha etkin bir şekilde yürütülebilir. Uzaktan algılamanın orman envanterlerinde yersel çalışmalarla beraber kullanılmasında çeşitli olanaklar mevcuttur. En basit şekilde hava fotoğrafları veya uydu görüntüleri arazide oryantasyon için kullanılabilirler. Daha etkin metot uzaktan algılamanın stratifikasyon için kullanılmasıdır. Bundan daha etkin bir kullanma alanı da ağaç ve meşcere ile ilgili ölçmeleri uzaktan algılama görüntüleri üzerinde yaparak ağaç serveti ve artım gibi orman özelliklerini saptamaktır. Envanteri yapılacak orman sahası büyüdükçe uzaktan algılamanın envanterdeki etkinliği artar.

Bu kombinasyonda özellikle, servet, artım ve saha büyüklüğü tahminleri için istatistik örnekleme metodu olarak çok fazlı örnekleme (iki fazlı örnekleme) söz konusu olabilir. İki fazlı örneklemede amaç değişken, örneğin ağaç serveti veya artımı hava fotoğraflarından ölçülen yardımcı değişken yardımı ile efektif bir şekilde tahmin edilebilir.

Bu metot amaç değişkenin elde edilmesinin zor olduğu şartlarda daha rasyonel olarak çalışır. İki fazlı örneklemenin birinci fazında hava fotoğrafı veya uydu görüntüsü üzerinden nisbi olarak çok sayıda (n_1) örnekleme ile yardımcı değişken (x), veya değişkenler ($x_i, i = 1—p$) örneğin ağaç veya meşcere boyu, kapalılık saptanacaktır. İkinci fazda birinci fazda alınan örneklerden bazıları (n_2) seçilerek bu örneklerde yersel olarak amaç değişken (y), örneğin ağaç serveti saptanacaktır.

Yardımcı değişken ile amaç değişken arasındaki istatistiki ilişkiden yararlanarak matematik – istatistiki metotlarla (oran tahmini veya regresyon tahmini) amaç değişkenin bütün sahadaki değeri tahmin edilecektir.

Hava fotoğraflarında yardımcı değişken olarak meşcere orta veya üst boyu, kapalılık, ağaç sayısı, yaş sınıfı, karışıklık oranı vs. kullanılabilir. Bütün bu değerler hava fotoğraflarından kolayca ölçülebilir veya tahmin edilebilir.

Göttingen üniversitesinde yapılan araştırmalarda yersel metotlarla artım tahmininin hava fotoğrafları yardımı ve iki fazlı envanter metodu ile yapılan artım tayinine nazaran % 60 ila 70 oranında daha pahalı olduğu saptanmıştır.

On the release of volatile acids from wood-based panels –chemical aspects-

Edmone ROFFAEL

Prof.Dr., Georg-August-University Göttingen, Büsingenweg 5, D-37077 Göttingen, Germany

Summary

Wood-based panels release different amounts of volatile organic acids, which depend, among other factors, on the binder used. The volatile acids released from the boards can be measured using the flask method following the principle of measuring the formaldehyde release according to EN 717-3. Particleboards bonded with alkaline curing phenol-formaldehyde resins (PF-boards) release higher amounts of acetic and lower amounts of formic acid compared to those boards bonded by acid curing urea-formaldehyde resins (UF-resins) or binders based on polymeric diphenylmethane diisocyanates (PMDI). This has been explained by the equilibrium reaction between sodium hydroxide in PF-resins and volatile acids, which leaves less free formic acid than free acetic acid to emanate from the boards. Increasing the binder content in the boards leads also to an increase in the overall amount of sodium hydroxide in the boards. Accordingly, less free acids are left, which could be released from the boards. Fibres made by the chemo-thermo-mechanical process (CTMP) using sodium hydroxide and sodium sulphite as pulping agents release less formic acid than those made by the thermo-mechanical pulping (TMP). This behaviour was also attributed to the equilibrium reaction between the alkali in CTMP-boards and the volatile acids.

Über die Abgabe von flüchtigen Säuren aus Holzwerkstoffen- chemische Aspekte -

Zusammenfassung

Holzwerkstoffe geben u.a. in Abhängigkeit von dem verwendeten Bindemittel unterschiedliche Mengen an Ameisen- und Essigsäure ab, die nach dem Prinzip der Flaschenmethode in Anlehnung an die Vorgehensweise bei der Bestimmung der Formaldehydabgabe nach EN 717-3 bestimmt werden können. Mit alkalisch härtenden Phenolformaldehydharzen hergestellten Holzspanplatten (PF-Platten) geben weitaus mehr Essigsäure und viel weniger Ameisensäure ab im Vergleich zu denen, die mit säurehärtenden Harnstoffformaldehydharzen (UF-Harze) oder mit Klebstoffen auf Basis von polymeren Diphenylmethandiisocyanaten (PMDI) hergestellt sind. Dies wird damit erklärt, dass zwischen dem Alkali in PF-Spanplatten und den flüchtigen Säuren zu Gleichgewichtsreaktionen kommt, bei denen mehr Formiaten als Acetationen im Gleichgewicht sind. Eine Erhöhung des Bindemittelanteils in PF-Spanplatten verringert die Abgabe an Essig- und Ameisensäure, da hierdurch zwangsläufig die Alkalimenge in den Platten erhöht wird, die die Bildung von Formiat- und Acetationen forciert. Auch aus den Fasern, die nach dem chemo-thermo-mechanischen Prozess (CTMP) hergestellt wurden, entweicht mehr Essigsäure und weniger Ameisensäure als aus den Fasern, die nach dem thermo-mechanischen Prozess (TMP) hergestellt sind. Dies wird auch durch die Gleichgewichtsreaktion zwischen dem Alkali und den flüchtigen Säuren erklärt.

Introduction

Wood has generally, albeit not always, a slightly acidic pH-reaction with water (Stamm 1961). Moreover, wood releases, even under ambient conditions, different amounts of volatile organic acids, like acetic and formic acid (Packman 1960, Sandermann et al. 1970). The amount and the chemical composition of volatile acids liberated from wood can change tremendously in the course of different processes like drying, steaming and pulping. In such processes the main wood components (cellulose, hemicelluloses and lignin) and also its extractives are more or less involved. A veritable spate of publications covers this subject (Enger 1951, Jayme and Reinmann 1958, Roffael 1987, Risholm-Sundman et al. 1998).

Industrial production of wood-based panels like particle- and fibreboards include steps like drying (particleboard), steaming and thermohydrolysis (fibreboard), which promote the formation of volatile organic acids from wood. Moreover, volatile organic acids can be generated during board manufacture through interaction between the binder and wood. Alkali (sodium hydroxide) e.g. in phenol formaldehyde resins deacetylates wood leading to the formation of sodium acetate and, therefore, to the liberation of acetic acid (Klauditz 1957, Roffael et al. 1990). Moreover, the reaction between sodium hydroxide and formaldehyde during resin manufacture and in PF-bonded boards leads to the formation of formic acid via sodium formate (Cannizzaro reaction). In UF-resins there is always some formic acid included. In so far

the release of volatile acids from wood-based panels is a complex function of different factors. However, it seems that almost no systematic research work has been carried out on the emission of volatile organic acids from wood-based panels till late in the eighties of the last century.

Results and discussion

In 1988 the emission of volatile organic acids from particle- and fibreboards was studied using the flask method, originally developed to assess the formaldehyde release from wood-based panels. The principle of the method is as follows: two or three sample boards with dimensions 2.5 cm x 2.5 cm x thickness are suspended over 50 cm³ of distilled water in a tightly closed polyethylene bottle as shown in Fig. 1. A series of polyethylene bottles containing the samples is then maintained at a constant temperature, usually 40°C (107°F), for different time intervals. The formaldehyde and the volatile acids released from the boards are then determined as a function of the reaction time. The measurement of volatile acids is conducted by ion chromatography.

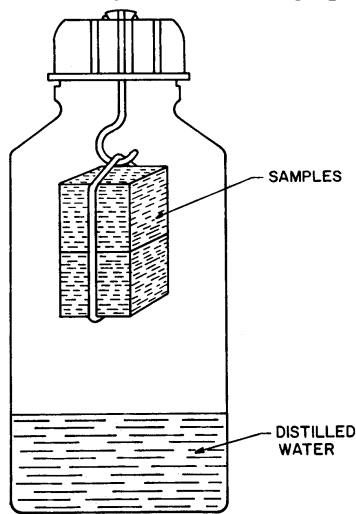


Fig. 1: Flask-method for measuring formaldehyde release according to EN 717-3

Abb. 1: Flaschenmethode für die Bestimmung der Formaldehydabgabe nach EN 717-3

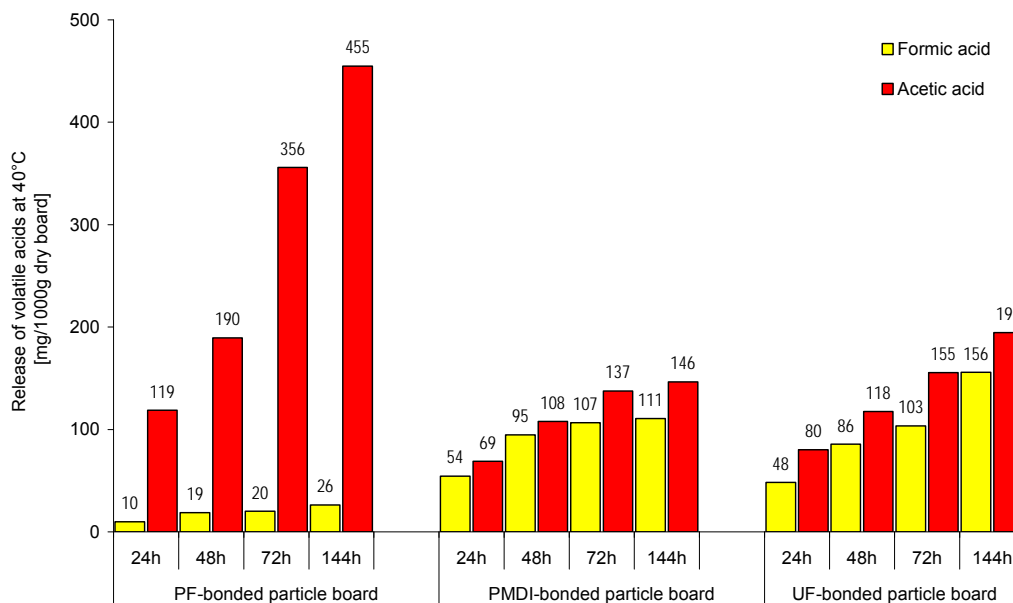


Fig. 2: Release of volatile organic acids from PF-, PMDI- and UF-bonded particleboards at 40°C

Abb. 2: Abgabe von flüchtigen Säuren aus PF-, PMDI- und UF-gebundenen Holzspanplatten bei 40°C

Using this technique, the release of volatile organic acids from differently bonded particle boards at different temperatures was assessed (Roffael 1988). The results showed that particleboards bonded with alkaline phenolic resins (PF-resins) emit, in general, higher amounts of acetic acid than particleboards made by using acid curing urea formaldehyde resins (UF-resins) or binders based on polymeric isocyanates (PMDI). In depth research work showed that the acetyl groups in wood hemicelluloses are degraded under the alkaline conditions used in making PF-boards. Moreover, the results indicate surprisingly that the release of formic acid from PF-bonded particleboards is very low compared to that from UF-bonded or PMDI-bonded particleboards. At 20°C the release of formic acid from PF-boards was not even detectable, whereas e.g. PMDI-bonded boards still release relatively high amounts of formic acid (Fig. 2, 3).

This phenomenon has been explained as follows: Sodium hydroxide in PF-resins reacts with formic and acetic acid leading to the formation of sodium formate and sodium acetate respectively. As formic acid is a much stronger acid compared to acetic acid, formic acid will be first buffered by sodium hydroxide and then acetic acid. Accordingly, the release of formic acid will be more strongly suppressed by presence of sodium hydroxide than that of acetic acid. Insofar, the release of volatile acids from PF-boards seems to be controlled by the chemical equilibrium resulting from the reaction between sodium hydroxide and the volatile acids (Fig. 4).

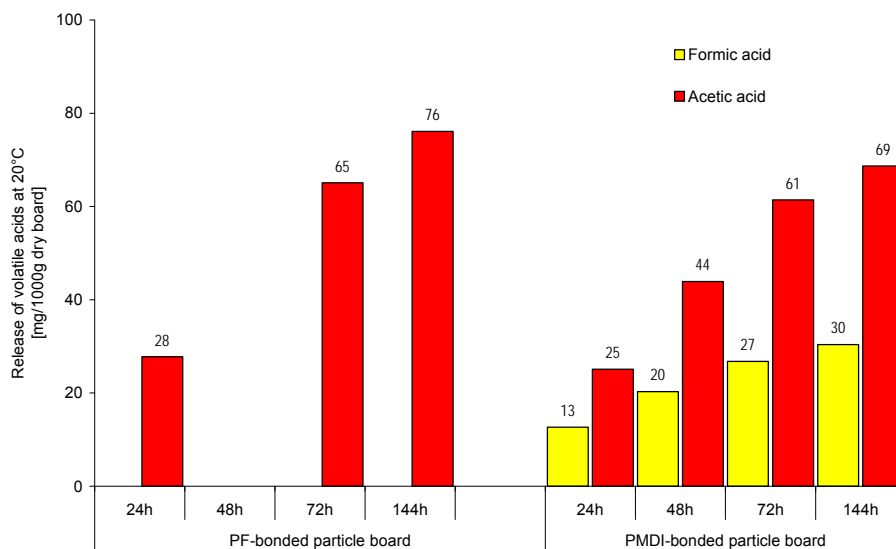


Fig. 3: Release of volatile organic acids from PF- and PMDI-bonded particleboards at 20°C. The emission of formic acid from PF-boards is not detectable.

Abb. 3: Abgabe von flüchtigen Säuren aus PF- und PMDI-gebundenen Holzspanplatten bei 20°C

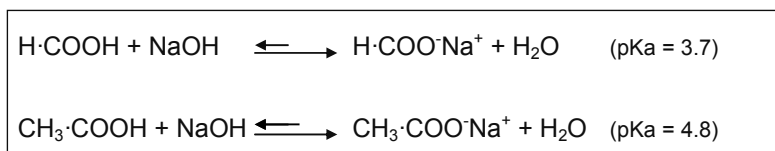


Fig. 4: Reaction between volatile acids (formic and acetic acid) and sodium hydroxide.

Abb. 4: Reaktionen zwischen flüchtigen Säuren (Ameisen- und Essigsäure) und Natriumhydroxid

In further research work boards were made from pine heartwood and pine sapwood using two different resin levels (8.5% and 14%). The amount of acids released using the flask method as well as the formate and acetate ions in the cold water extracts were measured. The results are shown in Fig. 5 and Fig. 6.

As the results reveal increasing the resin level from 8.5% to 14% decreases the release of both acetic acid and formic acid. As the increase in the resin level is accompanied at the same time by an increase in the

alkali level, which buffers up the acids in the particle- and fibreboards leading to the formation of sodium acetate and sodium formate and increases the pH-value of the boards, it is understandable that the release of acids declines to lower values due to the shift of the equilibrium to the right hand side of the equation. The decrease occurs though the amount of formate and acetate ions in the cold water extracts increased by the higher amount of alkali (Fig. 5, Fig. 6). No significant differences were found in the release of acids from PF-boards made from sap- and heartwood.

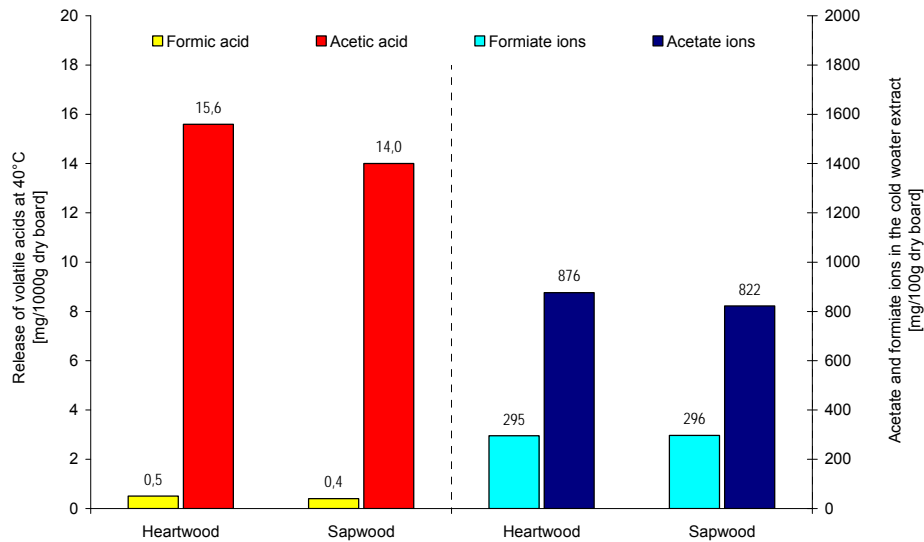


Fig. 5: Release of volatile organic acids from PF-bonded particleboards made from heart- and sapwood of pine at a binder level of 8.5%, the contents of formate and acetate ions in cold water extracts are also presented. Alkali content of the used PF-resin was nearly 17% (based on solids).

Abb. 5: Abgabe von flüchtigen Säuren aus PF-gebundenen Holzspanplatten (Bindemittelanteil 8,5%), hergestellt aus Kern- und Splintholz der Kiefer (*Pinus sylvestris*). Der Gehalt an Formiat- und Acetationen in den Kaltwasserextrakten ist mit aufgeführt. Der Alkaligehalt des Bindemittels ist etwa 17% (bezogen auf Feststoff)

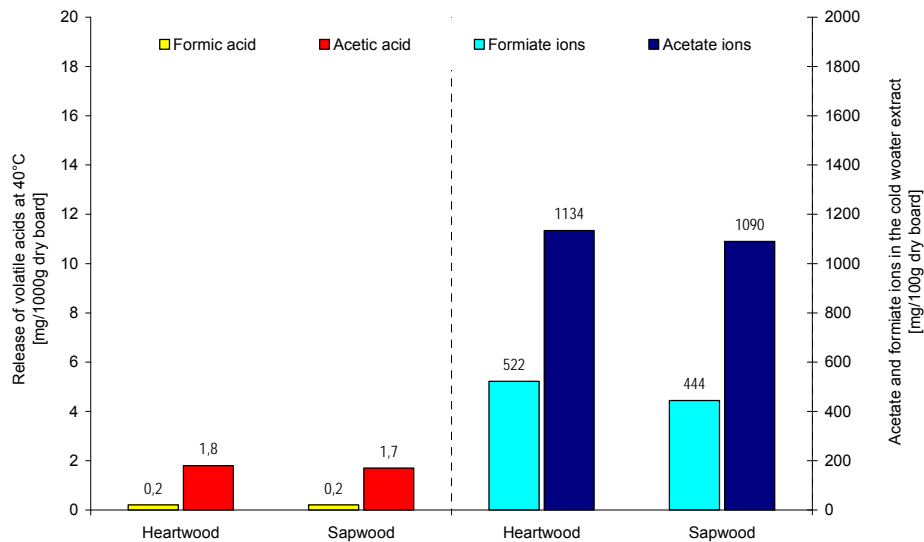


Fig. 6: Release of volatile organic acids from PF-bonded particleboards made from heart- and sapwood of pine at a binder level of 14%, the contents of formate and acetate ions in cold water extracts are also presented. Alkali content of the used PF-resin was nearly 17% (based on solids).

Abb. 6: Abgabe von flüchtigen Säuren aus PF-gebundenen Holzspanplatten (Bindemittelanteil 14%), hergestellt aus Kern- und Splintholz der Kiefer (*Pinus sylvestris*). Der Gehalt an Formiat- und Acetationen in den Kaltwasserextrakten ist mit aufgeführt. Der Alkaligehalt des Bindemittels ist etwa 17% (bezogen auf Feststoff)

Properties	Pulping method and pulping conditions*	
	TMP	CTMP 0.5 % NaOH 1 % Na ₂ SO ₃
Content of cold water extractives (% o.d. fibres)	4.4	4.6
Content of hot water extractives (% o.d. fibres)	5.4	5.7
pH-value	4.5	5.5
Buffering capacity (mmol NaOH/ 100g o.d. fibres)	1.50	1.61
Content of formates and acetates in cold water extractives (mg/ 100g o.d. fibres)	Formates	89.8
	Acetates	288.7
Release of volatile acids [flask method] (mg/ 100g oven dried fibres)	Formic acid	1.7
	Acetic acid	38.3
Formaldehyde release [flask method] (mg/ 1000g oven dried fibres)	3 h	2.0
	24 h	14.5

* Pulping conditions: 170 °C, 5 min

Fig. 7: Chemical properties of thermomechanical (TMP) and chemo-thermomechanical pulps (CTMP) derived from Scots pine (*Pinus sylvestris* [L.]

Abb. 7: Chemische Eigenschaften von thermo-mechanischen (TMP) und chemo-thermo-mechanischen (CTMP) Holzfaserstoffen, hergestellt aus Kiefernholz (*Pinus sylvestris* [L.]

The above mentioned results are in line with the work published recently by Roffael, Dix and Schneider (2007) on the emission of acids from chemo-thermo-mechanical (CTMP) and thermo-mechanical pulps (TMP) and from boards prepared therefrom. The results show that the CTMP-process, which uses sodium hydroxide and sodium sulphite as a pulping agent, deacetylates wood and enhance therefore the formation of acetate ions in the fibres and the boards prepared therefrom. However, the release of formic acid was less than that from thermo-mechanical pulps. On the other hand, the liberation of acetic acid is enhanced by the CTMP-process (Fig. 7, Fig. 8). The CTMP-process decreases also the formaldehyde release of the fibres (Fig. 7) and of the boards prepared therefrom (Fig. 8).

Conclusions

The whole results lead to the following conclusions:

1. Release of volatile organic acids from wood and wood-based panels can be assessed using the flask-technique originally developed for measuring the formaldehyde release of boards.
2. In particle- and fibreboards interaction between the resin and wood has a decisive influence on the release of volatile acids from the boards.
3. PF-boards emit higher amounts of acetic acid compared to PMDI- and UF-boards. However, the emission of formic acid is significantly lower.
4. In PF-bonded boards the release of volatile acids seems to be controlled by equilibrium resulting from the reaction between sodium hydroxide and the liberated acids.
5. The release of volatile acids could decrease by increasing the alkali content in PF-bonded boards due to shift in the equilibrium reaction.

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

Board properties	Pulping method and pulping conditions*	
	TMP	CTMP 0.5 % NaOH 1 % Na ₂ SO ₃
	binderless	binderless
Moisture content (%)	6.3	6.7
Extractive content (cold water) (% o.d. board)	6.3	5.8
Extractive content (hot water) (% o.d. board)	6.6	6.3
pH-value	4.6	5.7
Buffering capacity (mmol NaOH/ 100g o.d. board)	1.58	1.07
Content of formates and acetates in cold water extractives (mg/100g o.d. board)	Formates	79.4
	Acetates	175.5
Release of volatile acids [flask method] (mg/100g oven dried board)	Formic acid	1.5
	Acetic acid	38.9
Formaldehyde release [flask method] (mg/1000g oven dried board)	3 h	1.8
	24 h	10.5

* Pulping conditions: 170°C, 5 min

Fig. 8: Chemical properties of binderless fibreboards made from thermomechanical and chemo-thermomechanical pulps derived from Scots pine (*Pinus sylvestris* [L.]

Abb. 8: Chemische Eigenschaften von bindemittelfreien Holzfasernplatten, hergestellt aus thermo-mechanischen (TMP) und chemo-thermo-mechanischen (CTMP) Faserstoffen aus Kiefernholz (*Pinus sylvestris* [L.]

Literature

- Enger, K. (1951): Zur Trocknung von Hölzern bei Temperaturen über 100 °C. Holz als Roh- und Werkstoff 9: 84...97
- Jayme, G. and Reimann, K. (1958): Papierchromatographische Untersuchungen eines Nadelholzdampfcondensates. Das Papier 12: 47...53
- Klauditz, W. (1957): Zur biologisch-mechanischen Wirkung der Acetylgruppen im Festigkeitsgewebe der Laubhölzer. Holzforschung 11: 47...55
- Packman, D.F. (1960): The Acidity of Wood. Holzforschung 14: 178
- Risholm-Sundman, M., Lundgren, M., Vestin, E. and Harder, P. (1998): Emission of acetic acid and other volatile organic compounds from different species of solid wood. Holz als Roh- und Werkstoff 56: 125...129
- Roffael, E. (1987): Veränderung von pH-Wert, Pufferkapazität und Gehalt an flüchtigen Säuren in waldfrischen Holzspänen durch Lufttrocknung. Holz als Roh- und Werkstoff 45: 470
- Roffael, E. (1988): Voruntersuchungen über die Abgabe von flüchtigen Säuren aus Holzspanplatten. Adhäsion 32 (12): 21...29
- Roffael, E., Miertsch, H. and Schröder, M. (1990): Zum Mechanismus der Bildung von flüchtigen Säuren bei der Verleimung mit alkalisch härtenden Phenolformaldehydharzen. Holz-Zentralblatt 116: 1684...1685
- Roffael, E., Dix, B. and Schneider, T. (2007): Influence of pulping process on the emission of formaldehyde and volatile organic compounds from pulp and medium density fibreboard. Holz als Roh- und Werkstoff 65: 145...148
- Sandermann, W., Gerhardt, U. and Weissmann, G. (1970): Untersuchungen über flüchtige organische Säuren in einigen Holzarten. Holz als Roh- und Werkstoff 28: 59...67
- Stamm, A.J. (1961): A comparison of three methods for determining the pH of wood and paper. Forest Products Journal 11 (7): 310-317

Adana, Osmaniye, Hatay'da Okaliptüs Ağaçlarında *Ophelimus maskelli* (Hym.: Eulophidae)'nin, Dağılımı, Ekonomik Önemi ve Entegre Mücadele Olanakları

Miklat DOĞANLAR¹ Abdurrahman YİĞİT² Oğuzhan DOĞANLAR³

¹ Prof.Dr., MKÜ, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Antakya-Hatay, doganlar@mku.edu.tr

² Prof.Dr., MKÜ, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Antakya-Hatay, ayigit@mku.edu.tr

³ Yrd.Doç.Dr., Ahi Evran Üniversitesi, Türkiye, doganlar@yahoo.com.tr

Özet

Ülkemizde 20 bin ha'dan fazla alanda üretilen okaliptüs ağaçlarında önemli zararlara neden olan Okaliptüs Yaprak Ayası Gal Arısı, *Ophelimus maskelli* (Ashmead 1900), bulunmuştur. Bu zararlı ülkemizde okaliptüs üretilen bütün yörelerde bulunmaktadır. Bu zararlının ekonomik önemini saptamak amacıyla Adana, Osmaniye ve Hatay illerinde örneklemeler yapılmış, bu yörelerdeki çeşitli plantasyonlarda dağılım oranları, zarar şekilleri ve ekonomik önemi araştırılmıştır. Zararlının Adana, Hatay ve Osmaniye'de oldukça yaygın olduğu, bu yörelerdeki üretim sahaları ve bahçe kenarlarındaki büyük ve küçük ağaçlarda değişik oranlarda zararlının bulunduğu belirlenmiştir. Yaşlı yaprakların ayasında oluşturduğu 1-1,5 mm çapındaki galler yaprağı tamamen kaplamaktadır. Bu böceğin fidan ve ağaçlarda yaptığı zarar sonucu, zarar gören yapraklar yeterli düzeyde fotosentez yapamamakta, erken dönemlerde kuruyarak dökülmektedir. Bunun sonucunda ağaçların gelişemedikleri ve yer yer kurudukları tespit edilmiştir. Ülkemizde okaliptüs üretim sahalarında *Cleostocerus chamaeleon*'un *O. maskelli*'yi %3-15 civarında parazitlediği, ancak zararlı popülasyonunu baskı altında tutamadığı görülmüştür. Ancak bu zararlı ile mücadelede bu doğal düşman laboratuvarında kitle halinde üretilip zararlının uçmaya başladığı Mayıs ayında doğaya salındığında biyo-insektisit olarak etkili olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca İsrail (Prof. Zvi Mendel)'den galli yapraklar içerisinde temin edilen *Stethynium ophelimi* Huber ülkemize getirilerek üretilip salımları yapılmıştır. Mükerrer salımlardan olumlu sonuçlar elde edilememiştir.

Bunların dışında çalışılan yörelerde dayanıklı çeşitlerin bulunduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Okaliptüs, *Ophelimus maskelli*, ekonomisi, dayanıklı çeşitler

The Distribution Range, Economic Importance and Control of the *O. maskelli* Hym.: Eulophidae) In Adana, Osmaniye and Hatay Provinces

Abstract

In Turkey the presence of eucalyptus leaf gal wasp, *Ophelimus maskelli* (Hymenoptera: Eulophidae) was found as a pest by making galls on leaves of eucalyptus, planting in approximately 20.000 ha, in the Mediterranean Region. The pest well established in all eucalyptus planted area of Turkey. The distribution range, pest status and the economic importance of the *O. maskelli* were studied in Adana, Osmaniye and Hatay provinces. The pest makes galls in 1-1.5 mm diameter on mature leaves, and after two generations the galls entirely spread of the leaf surface. The impact of high wasp populations on *Eucalyptus camaldulensis* is serious; heavily damaged trees are died by the desiccation of large parts of their leaves. In whole provinces studied the parasitism of *Cleostocerus chamaeleon* ranges between 3-15% which is insufficient to control of the pest on *O. maskelli*. It was supposed that, if the parasitoid was reared and released to areas in the first flying period of the pest on May, it could have a good results in control of the pest as bio-insecticide. Additionally, the *Stethynium ophelimi* Huber imported in leaves with gall from Israel were reared and released. But it was not established in laboratory on the galls of the pest.

Key words: Eucalyptus, *Ophelimus maskelli*, economic importance, pest status

Giriş

Okaliptüs ağaçları odun üretimi ve yeniden ağaçlandırma amacıyla dünyada 100'den fazla ülkede yetiştirilmektedir. Yapay olarak yetiştirilen okaliptüs ağaçlarından Avustralya'daki doğal ormanlardan her yıl elde edilenden daha fazla istihsal yapılması okaliptüsü dünyanın en çok kullanılan geniş yapraklı ağacı durumuna getirmiştir. Avustralya dışında yetiştirilen okaliptüs ağaçları genellikle ya odun olarak, ya da kâğıt hamuru yapımında kullanılmaktadır (Eldridge *et al.* 1993)

Türkiye'de Akdeniz ve Ege bölgelerinde ekonomik amaçla 7 842 ha alanda devlet ve 5663 ha'da özel sektör kuruluşları tarafından olmak üzere toplam 13 505 ha alanda okaliptüs ağacı yetiştirilmektedir

(Gürses, 1990). Ülkemizde 1939 yılından beri yetiştirilmekte olan bu bitkiden önce demiryolu traversleri ve köprü yapımı için, daha sonra kâğıt sanayiinin hammaddesi olan selüloz başta olmak üzere çeşitli amaçlarla değişik orman ürünleri elde edilmektedir (Gülbaba, 1990). Diğer taraftan son yıllarda okaliptüs ağacının enerji amaçlı üretimi, uçucu yağlarından yararlanılması ve doğal arıtımda kullanılabilmesi nedeniyle okaliptüsü dikkatleri üzerine çeken bir bitki konumuna getirmiştir (Doğanlar 2007).

Chalcidoidea (Hymenoptera) üstfamilyasına giren Eulophidae familyasının Tetrastichinae alt familyasındaki bazı türleri bitkilerde gal oluşumuna neden olmaktadır (La Salle, 2005). Bu türlerden her biri konukçu bitkilerinin yaprak, sürgün, çiçek tomurcuk ve hatta tohumlarında gal oluşturmaktadır. Ancak son yıllarda Avustralya'daki gal oluşturan eulophid türlerden bazıları bu ülkede ekonomik anlamda zarar oluşturmazken, dünyanın diğer yörelerinde okaliptüs ağaçlarında salgınlara neden olan zararlılar durumuna gelmiştir (Boucek, 1988; Graham, 1987; 1991; Bella and Lo Verde, 2002; Mendel *et al.* 2004; La Salle, 2005; Doğanlar, 2005; Doğanlar and Mendel, 2007; Protasov *et al.* 2007; Doğanlar 2007).

Son yıllarda ülkemize girdiği düşünülen ve 2006 yılında varlığı saptanan (Doğanlar and Mendel, 2007), özellikle yaprak ayasında larvalarının beslenmesi sonucunda bazen olgun yaprakları tamamen kapsayacak düzeyde, 1-1,5 mm çapında galler oluşturan *Ophelimus maskelli* (Hymenoptera: Eulophidae) önemli bir zararlı olabilecek durumdadır. Daha sonra Huber *et al.* (2006)'nın yaptığı çalışmalarda bu zararlının iki doğal düşmanını bularak tanımlamışlar ve İsrail'de biyolojik mücadele amacıyla salımlarını yaparak parazitoitin doğaya yerleştiğini bildirmişlerdir.

Bu çalışma ile söz konusu zararlının Adana, Osmaniye ve Hatay üretim sahalarında dağılım durumu, ekonomik önemi ve entegre mücadele olanakları araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma 2007 yılında Adana, Osmaniye ve Hatay üretim sahalarında okaliptüs ağaçları (*Eucalyptus* spp.) üzerinde yürütülmüştür. Çalışmada bitkinin özellikle olgun yapraklarındaki galler ele alınmış ve bunlardan elde edilen zararlı *O. maskelli* ile doğal düşmanları incelenmiştir. Zararlı ile ilgili çalışmalar aşağıdaki yöntemlerle doğada ve Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü laboratuvarlarında yürütülmüştür:

2.1. Zararlının dağılış durumu

Zararlının yukarıda belirtilen üç ildeki dağılış durumunu belirlemek için Adana İlinde Merkez (3 yer), Yakapınar, Ceyhan, İmamoğlu (2 yer), Kozan (2 yer); Osmaniye İlinde merkez, Orhaniye, Kadırlı (3 yer), Düziçi; Hatay İlinde ise Antakya, Kırıkhan, Kumlu, Samandağ, Reyhanlı, Hassa ve Yayladağ'daki okaliptüs üretim sahalarında gözlemler yapılmış; zararlı ile bulaşık ve bulaşık olmayan ağaçlar belirlenmiştir.

Örnekleme sırasında *Leptocybe invasa* ile bulaşık ağaçlar da sayılmıştır.

2.2. Zararlının ekonomik önemini belirleme

Zararlının ekonomik önemini belirlemek amacıyla Kırıkhan-Hatay'daki Tokluca üretim sahasında kuru (96 ağaç) ve sulu (134 ağaç) koşullarda 5'şer ayrı sırada olmak üzere toplam 230 ağaç *O. maskelli* ile bulaşma yönünden incelenmiştir. Ayrıca Kumlu-Hatay'daki Haceraslı üretim sahasında kesim sonrası oluşan sürgünlerde *O. maskelli*'nin bulaşma durumu belirlenmiştir.

Belirtilen yerlerde zararlının değişik yaşlardaki ağaçlarda bulaşma durumu, bulaşma şekli ve bunun büyümeye etkisi saptanmaya çalışılmıştır. Bu amaçla aynı yılda dikilmiş ve aynı bakım şartlarında gelişen, bulaşık ve bulaşık olmayan ağaçlarda kök boğazından 15 cm yükseklikte gövde çapı (cm) ve bitki boyu (m) ölçümleri yapılmıştır. Bunlar kendi aralarında karşılaştırılmıştır.

2.3. Zararlı ile entegre mücadele olanakları

Yukarıda belirtilen sahalardan alınan örnekler laboratuara getirilmiş ve her birinde yaklaşık 100'er bulaşık yaprak bulunacak şekilde 50x 28cm boyutundaki plastik torbalara yerleştirilerek kültüre alınmıştır. Torbalardaki fazla rutubetin alınması için galli okaliptüs yaprakları kurutma kâğıtlarına sarılarak torbalara yerleştirilmiştir. Günlük olarak torbaların uç kısmında toplanan erginler alınarak % 70'lik alkol içinde muhafaza edilmiştir. Daha sonra mikroskop altında çıkan örneklerin teşhisi yapılmıştır. Bölgede doğal düşman varlığı ve dağılışı durumu da belirlenmiştir.

Zararlının türe özgü doğal düşmanı olan *Stethynium ophelimi* Huber, (Hymenoptera: Mymaridae) İsrail (Prof. Zvi Mendel, Agricultural Research Organization - Volcani Center, Bet Dagan)'den galli yapraklar içerisinde ülkemize getirilerek üretilip salımları yapılmıştır.

Örnekleme yapılan alanlarda zararlının bulaşmadığı dayanıklı olabilecek ağaçlar ve bunları zararlının tercih etmeme durumu belirlenmeye çalışılmıştır.

3. Sonuçlar ve Tartışma

3.1. Zararlının dağılışı durumu

Adana İline bağlı 10 ayrı yörede yapılan sayımlarda 25-48 ağaçtan oluşan örnekleme birimlerinde toplam 327 ağaç gözlenmiş ve bunların büyük bir çoğunluğunda (%81,34) *O. maskelli* bulunurken, bunlar arasında 26 ağaçta zararlı böcek olmadığı saptanmıştır (Tablo 1). Osmaniye ilinde ise 6 ayrı yörede yapılan sayımlarda 35-148 ağaçtan oluşan örnekleme birimlerinde toplam 366 ağaç gözlenmiş ve bunların *O. maskelli* ile bulaşma oranı %9,83 olarak bulunmuştur. Bu ilin Kadirli-Çukurköprü beldesinde *O. maskeli* %65,11 düzeylerinde bulunurken, diğer yörelerde dikkate değer bir bulaşma gözlenmemiştir. Bu yörede *O. maskelli* bulaşması görülmeyen 5 ağaç “dayanıklı” olarak kabul edilmiştir. İlerde bu ağaçların zararlının bulaşma durumunun izlenmesi yararlı olacaktır. Bunlar arasında 250 ağaçta zararlı böceğin bulaşmadığı saptanmıştır (Tablo 1).

Ancak bunun nedeni olarak bu yörelerin bir kısmına böceğin yeni girmeye başladığı ve hatta Merkez ilçe ile Düziçi ilçesine zararlının halen erişemediği veya bu yörelerin zararlının biyolojisini tamamlayabilmesi için iklimin uygun olmadığı düşünülmektedir. Bu nedenle bu yörede gözlemlerin devam etmesi gerekir.

Hatay İlinde ise Merkez, Kırıkhan, Kumlu ve İskenderun'da zararlının olduğu ancak Samandağ, Yayladağı, Hassa, Erzin, Dört Yol ve Altınözü ilçelerinde bulunmadığı Doğanlar and Mendel (2007) tarafından bildirilmiştir. Bu çalışma ile yapılan taramada ise Erzin ve Dört Yol ilçelerine bulaştığı ve Merkez İlçe Antakya'da da bulaşma alanlarının genişlediği tespit edilmiştir. Örneğin bu yörede 2005 ve 2006 yıllarında yapılan incelemelerde Antakya Orman Fidanlığında ve Serinyol'daki Üniversite Yerleşkesinden daha güney kesimlerde zararlı bulunmaz iken 2007 Yılında bu yörelerde de yüksek oranlarda bulaşma belirlenmiştir.

3.2. Zararlının ekonomik önemini belirleme

Kırıkhan-Hatay'daki Tokluca üretim sahasında kuru koşullarda 23 ağaçta *O. maskelli* bulunmuş (%23,96), 73 ağaçta bu zararlıya rastlanmamıştır. Sulu koşullarda 29 ağaçta *O. maskelli* bulunurken (%21,64), 105 ağaçta bu zararlıya rastlanmamıştır (Tablo 2). Bu sonuçlara göre zararlının bu iki koşulda da her hangi bir şekilde etkilenmeksizin bulaşma oluşturduğu belirlenmiştir. Özellikle kuru koşullarda *Leptocybe invasa* ile birlikte aynı ağaçlarda bulaşma oluşturduklarında ağaç gelişmemekte ve bodur kalmaktadır (Şekil. 1). Bu şekilde oluşan bulaşmalarda ağaçların suyunu ilk 2-3 yılda yeterli miktarda bulduğu takdirde normal gelişme gösterebildikleri ve sözkonusu zararlılardan fazla etkilenmedikleri görülmektedir (Şekil 2).

Tablo 1. Adana ve Osmaniye’de 2007 yılında değişik örneklem yerlerindeki okaliptüs alanlarında *Ophelimum maskeli* nin bulaşma durumu

Örneklem Yeri	Ağaç Durumu	O. maskeli ile bulaşık		Yalnız L. insvasa		Dayanıklı		Toplam	
		Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
Adana									
M. Topal İ.O. ve çevresi	4-13 yaş	32	94.1	0	0.0	2	5.9	34	
H. İbrahim Özbabalaban koruluğu	8 yaş <	23	88.5	2	7.7	1	3.8	26	
İncirlik (Tigem)	Kesim sonrası 4 yaş	46	97.9	0	0.0	1	2.1	47	
Yakapınar (mezarlık)	Kesim sonrası 10yaş <	21	77.8	2	7.4	4	14.8	27	
Çakaldere- Yakapınar	10 yaş <	30	93.8	0	0.0	2	6.3	32	
Ceyhan- Yılankale karşısı	Kesim sonrası 2-3 yaş	35	72.9	2	4.2	3	6.3	48	
Şarıçam-İmamoğlu	20 yaş <	45	100.0	0	0.0	0	0.0	45	
İmamoğlu	2-3 yaş	25	100.0	0	0.0	0	0.0	25	
Kozan (giriş)	4-5 yaş	11	37.9	15	51.7	3	10.3	29	
Kayhan Köyü-Kozan	Kesim Sonrası 5-6 yaş	21	52.5	14	35.0	5	12.5	40	
Toplam/ ortalama		289	81.9	35	9.9	21	5.9	353	
Osmaniye									
Çukurköprü-Kadiri	5-10 yaş	28	65.1	10	23.3	5	11.6	43	
Aydınlar-Kadiri	4 yaş	1	2.9	29	82.9	5	14.3	35	
Kadiri-DSİ yanı	Kesim sonrası 5 yaş	7	15.9	30	68.2	7	15.9	44	
Orhaniye	Kesim Sonrası 4-5 yaş	0	0.0	11	28.2	28	71.8	39	
Düziçi	10 yaş <	0	0.0	0	0.0	148	100.0	148	
Osmaniye – Merkez	10 yaş <	0	0.0	0	0.0	57	100.0	57	
Toplam/ ortalama		36	9.8	80	21.9	250	68.3	366	

Tablo 2. Tokluca-Kırıkhan-Hatay'da 2007 Yılında 4 yaşlı ağaçlardan oluşan üretim sahasında *Ophelimus maskelli* bulaşmasının kuru ve sulu koşullardaki bulaşma durumu

Kuru	Bulaşık Ağaç		Bulaşık Olmayan Ağaç		Toplam Ağaç
	Adet	%	Adet	%	Adet
	8	40.0	12	60.0	20
	6	35.3	11	64.7	17
	0	0.0	17	100.0	17
	2	9.5	19	90.5	21
	7	33.3	14	66.7	21
Top./Ort	23.0	24.0	73.0	76.0	96
<hr/>					
Sulu	6	23.1	20	76.9	26
	8	29.6	19	70.4	27
	8	28.6	20	71.4	28
	3	11.5	23	88.5	26
	4	14.8	23	85.2	27
Top./Ort	29	21.6	105	78.3	134
<hr/>					
Student T Test (p<0.05)					
<hr/>					
	Bulaşık Ağaç		Bulaşık olmayan Ağaç		
Kuru	23.63±7.92 a		76.36±7.92 a		
Sulu	21.52±3.62 b		78.47±3.62 b		



Şekil 1. *Ophelimus maskelli* ve *Leptocybe invasa* bulaşmasına maruz kalmış 4 yaşlı ağaç ile dayanıklı ağaç



Şekil 2. Suyunu almış ve gelişmiş ağaç

Kumlu-Hatay'daki Haceraslı üretim sahasında kesim sonrası oluşan sürgünlerde de benzer sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 3). Yeni sürgünlerde *O. maskelli* bulaşması *L. invasa*'ya göre çok daha az olmuştur. Bu sürgünlerdeki zararın daha çok *L. invasa* nedeniyle olduğu ve bulaşık sürgünlerin gelişemediği gözlenmiştir (Şekil 3). Bu nedenle söz konusu yörede *O. maskelli*'nin ilerdeki bulaşma durumunun göz ardı edilmemesi gerekir. Ayrıca *L. İnvasa*'nın sürgün gelişimine olan etkilerinin incelenmesinde yarar vardır.



Şekil 3. Yapraklarda *Ophelimus maskelli* bulaşması

Tablo 3. Haceraslı- Kumlu (Hatay)'da 2007 yılındaki kesim sonrası oluşan sürgünlerde *O. maskelli*'nin bulaşma durumu

Ağacın durumu	Sıralar	<i>Ophelimus</i>	<i>Leptopybe</i>	Dayanıklı	Toplam
1.yıl sürgünleri	1	5	33	13	51
	2	1	17	14	32
Toplam		6	50	27	83
3.yıl sürgünleri	1	3	31	22	56
	2	2	28	17	47
Toplam		5	59	39	103
Genel toplam		11	109	66	186

3.3. Zararlı ile entegre mücadele olanakları

Adana, Osmaniye ve Hatay'da örnekleme yapılan yörelerde doğal düşman olarak *Cleostocerus chamaeleon* (Girault) (Hymenoptera: Eulophidae) yüksek oranlarda belirlenmiştir. Eylül-Ekim aylarında alınan örneklerden sadece parazitoit çıkması nedeniyle parazitlenme oranları belirlenmemiştir. Ancak Mayıs ayında alınan örneklerde parazitlenme oranı değişik yörelerde % 20-30 arasında kalmış ve zararlının popülasyonunu baskı altında tutamamıştır.

Zararlının kendine özgü doğal düşmanı olan *Stethynium ophelimi* Huber, İsrail (Prof. Zvi Mendel)'den galli yapraklar içerisinde temin edilen doğal düşmanların üretim çalışmalarından elde edilen parazit erginlerden salım sırasında konukçusunun muhtemelen uygun dönemde olmaması nedeniyle yeterli sonuçlar alınamamıştır. Çalışmalar devam etmektedir.

Çalışmaların yapıldığı alanlarda zararlının bulaşmadığı "dayanıklı" olarak tanımlanabilecek olan ağaçlar belirlenmiştir. Bu ağaçlardan zararlının yumurta koyduğu dönemde alınan yapraklarda zararlının yumurta koyduğu ancak bu yumurtalardan larvaların çıkmaması nedeniyle gallerin oluşmadığı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak dayanıklı ağaçların çeşit olarak belirlenip muhafaza edilmesi, bunların fidan üretiminde kullanılması ve bu arada doğal düşmanların çoğaltılarak doğada popülasyonlarının desteklenme işlemleri *O. maskelli* ile entegre mücadele uygulamalarında yararlı olacaktır.

4. Kaynaklar

- Bella S. ve G. Lo Verde, 2002. Presenza nell'Italia continentale e in Sicilia di *Ophelimus prope eucalypti* (Gahan) e *Aprostocetus* sp, galligeni degli Eucalipti (Hymenoptera Eulophidae) *Il Naturalista siciliano*. 26/2: 191-197
- Boucek, Z., 1988. Australasian Chalcidoidea (Hymenoptera). A biosystematics revision of genera of fourteen families, with a reclassification of species. CAB International, Wallingford, Oxon, U.K., Cambrian News Ltd; Aberystwyth, Wales.
- Doğanlar, O., 2005. Occurrence of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle, 2004 (Hymenoptera: Chalcidoidea:Eulophidae) on *Eucalyptus camaldulensis* in Turkey, with description of the male sex. *Zoology in the Middle East*. 35: 112-114.
- Doğanlar, M., 2007. Türkiye’de Okaliptüs Ağaçlarında Saptanan Zararlı Hymenopter’ler , Tanımları, Zarar Şekilleri, Biyolojileri, Ekonomik Önemleri ve Mücadele Yöntemleri. Proceedings of International Symposium, Bottlenecks, Solutions, and Priorities in the Context of Functions of Forest Resources, The 150th Anniversary of Forestry Education in Turkey, Oktober 17-19, 2007, İstanbul. Pp. 635-645.
- Doğanlar, M. ve Z. Mendel, 2007. First record of the Eucalyptus gall wasp, *Ophelimus maskelli*, (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eulophidae: Eulophinae: Ophelimini) and its parasitoid, *Closterocerus chamaeleon* (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eulophidae: Entedoninae), in the Mediterranean and Aegean Regions in Turkey. *Phytoparasitica*. 35(4):333-335.
- Eldridge, K.G., J. Davidson, C.E. Harwood, ve G. van Wyk, 1993. Eucalypt Domestication and Breeding. Clarendon Press, Oxford.
- Gülbaba, G., 1990. Okaliptüs yapraklarından elde edilen eterik yağlar, kullanım yerleri ve yaprak işletmeciliği. Türkiye’de Okaliptüs yetitiriciliğinin 50. yılı, *Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 1:51-64.
- Gürses, M. K., 1990. Dünyada ve Türkiye’de okaliptüs. Türkiye’de Okaliptüs yetitiriciliğinin 50. yılı, *Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 1: 1-20.
- Graham, M.W.R. de V., 1987. A reclassification of the European Tetrastichinae (Hymenopter:Eulophidae), with a revision of certain genera. *Bulletin of the British Museum (Natural History)Entomology series*. 55(1), 1-392.
- Graham, M.W.R. de V., 1991. A reclassification of the European Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae): revision of the remaining genera. *Memoirs of the American Entomological Institute* 49:297
- Huber, J. T., Z. Mendel, A. Protasov ve J. La Salle, 2006. Two new Australian species of *Stethynium* (Hymenoptera: Mymaridae), larval parasitoids of *Ophelimus maskelli* (Ashmead) (Hymenoptera: Eulophidae) on *Eucalyptus* . *Journal of Natural History*. 40(32-34): 1909-1921.
- La Salle, J., 2005. Biology of gall inducers and evolution of gall induction in Chalcidoidea (Hymenoptera: Eulophidae, Eurytomidae, Pteromalidae, Tanaostigmatidae, Torymidae) *In*:Raman, A., Schaeffer, C.W. & Withers, T.M. (Eds.), *Biology, Ecology, and Evolution of Gall- inducing Arthropods*. Science Publishers, Inc., USA.
- Mendel, Z., A. Protasov, N. Fisher, ve J. La Salle, 2004. The taxonomy and natural history of *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) gen. & sp. nov., an invasive gall inducer on Eucalyptus. *Aust. J. Entomol.* 43: 101-113.
- Protasov, A., J. La Salle, D. Blumberg, D. Brand, N. Saphir, F. Assaël, N. Fisher ve Z. Mendel, 2007. Biology, revised taxonomy and impact on host of *Ophelimus maskelli*, an invasive gall inducer on *Eucalyptus* spp. in the mediterranean Area. *Phytoparasitica*. 35(1): 50-76.

Tarsus Karabucak'ta *Eucalyptus camaldulensis*'in Yetiştirilmesinde Silvikültürel Esaslar, Gelişme ve Dikim Aralıklarının Belirlenmesi Üzerine İncelemeler

Fatma GÜNGÖR

Dr., Çevre ve Orman Bakanlığı, Dış İlişkiler ve AB Dairesi Başkanlığı, Beştepe, ANKARA

Özet

Bu çalışma, Tarsus-Karabucak'ta bulunan *Eucalyptus camaldulensis* plantasyonlarındaki gelişme ve dikim aralıklarının gelişme üzerine etkilerini ortaya koymaktadır. *Eucalyptus camaldulensis*'in koru işletmesindeki gelişmeyi saptamak için 3, 6 ve 8 yaşındaki plantasyonların bulunduğu üç parselde tesadüfi seçilen 30 ağaçta ölçmeler yapılmıştır. Dikim aralıklarının gelişme üzerine etkisini ortaya koymak için I. ve II. bonitette, dört farklı dikim aralığında, aynı yaşlı 8 parselde tesadüfi seçilen 30 ağaçta ölçmeler yapılmıştır. Ölçmelerde boy, yeşil dal başlangıcı ve gövde çevresi kaydedilmiş ve gövdeler düzgünlüğe göre sınıflandırılmıştır. Çevreler bilgisayar ile çapa dönüştürülmüştür. Hacim ve göğüs yüzeyi tablosu kullanılarak, hektardaki göğüs yüzeyi ve hacim hesaplanmıştır. Çap, boy ve yeşil dal başlangıcı için aritmetik ortalama, standart sapma ve aritmetik ortalamanın standart sapması hesaplanmıştır. Farklı yaşlarda ve aynı dikim aralığına sahip plantasyonlarda, yaş ile orantılı olarak çap, boy, hektardaki göğüs yüzeyi ve hacim artmaktadır. Farklı dikim aralıklarında ve farklı bonitetlerde yer alan aynı yaşlı plantasyonlarda, geniş dikim aralıklarında çap ve boy artarken hektardaki hacim ve göğüs yüzeyinde azalma olmuştur. I. bonitette gelişme II. bonitete göre daha fazladır. 3x3 m dikim aralığında elde edilen hacim ve göğüs yüzeyi 4x4 m'den fazla, 2x2 m ve 2.5x2.5 m'deki sonuçlara yakın bulunmuştur. II. bonitette de sonuç benzerdir.

Anahtar kelimeler: *Eucalyptus camaldulensis*, gelişme, dikim aralığı, bonitet

A study on Silvicultural Principles in Growing of *E.camaldulensis* and Determination of Planting Distances

Abstract

The study reveals some results of growth in *Eucalyptus camaldulensis* plantations and the effect of plant distances on growth. Randomly selected 30 trees, each from 3, 6, 8 year old pilot sites with the same plant distance, were measured in order to determine the growth in plantations. Besides, randomly selected 30 trees, each from even-aged eight pilot sites with four different plant distances, four from high quality site (class I), four from medium quality site (class II), were measured to find the effect of plant distances on growth. Variables recorded were tree height, beginning of green branches and stem perimeter. Stems were classified according to stem form. Stem perimeter was transformed into diameter with computer. Basal area and volume per hectare were computed using volume and basal area tables. Arithmetic mean, standard deviation and standard deviation of arithmetic mean were computed. Diameter, height and basal area per hectare were increased in proportion to age in uneven-aged plantations with the same plant distances. While diameter and height increased, volume and basal area per hectare decreased in large plant distances of even-aged plantations with different site classes. Growing is greater in site class I than II. Volume and basal area per hectare were greater in 3x3 m than 4x4 m and close to the results of 2x2 m and 2.5x2.5 m. The results were also similar in site class II.

Key words: *Eucalyptus camaldulensis*, growth, plant distance, site class

1. Giriş

Okaliptüs ülkemize geldiği ilk yıllarda sadece dekoratif amaçlarla güney bölgelerimizde kullanılmıştır. Daha sonra yapılan araştırma çalışmaları ile ülkemiz koşullarına uygunluğu ve hızlı gelişme gösterdiği saptanmıştır. Bu nedenle, odun endüstrisinin artan gereksinimlerini karşılamak ve okaliptüs odununa büyük gereksinim duyulan güney bölgelerimizde yöresel açığı kapatmak amacıyla koşulların uygun olduğu bir çok alanda tür seçiminin ilk aşaması olan Oryantasyon Okaliptetumları kurulmuş ve kurulacak Mukayese Okaliptetumlarında bölgelere göre kullanılacak türler tespit edilmiştir.

Tespit edilen türler;

Ege Bölgesinde; *E. camaldulensis*, *E. blakelyi*, *E. sideroxylon*,

Ege-Akdeniz geçiş zonunda alçak rakımlarda; *E. camaldulensis*, *E. globulus*, *E. bicostata*, *E. tereticornis*, yüksek rakımda *E. meideni*, *E. camaldulensis*, *E. sideroxylon*, *E. cinerea*,

Akdeniz Bölgesinde alçak rakımlarda *E. saligna*, *E. bicostata*, *E. stuartiana*, *E. grandis*, *E. tereticornis*, *E. btryoides*, *E. camaldulensis*, *E. occidentalis*, *E. gomphocephala*, *E. globulus*, *E. astringenes*, *E. meideni*, *E. stjohnii*,

Yüksek rakımlarda *E. camaldulensis*, *E. cinerea*, *E. awyeri*, *E. siderexylon*, *E. oviformis*, *E. basistacna*, *E. meideni*, *E. diversicolor*, *E. blakely*,

Akdeniz-Güneydoğu Anadolu geçiş zonunda kurulan Oryantasyon Okaliptetumlarında bulunan türler iklim koşullarına uyum sağlayamamakla birlikte, bu iklim kuşağına yakın yerlerde, soğuğa dayanıklı *E. camaldulensis* ve *E. blakely*, *E. meideni*, *E. ovata* ve *E. bridgesiana*,

Güneydoğu Anadolu Bölgesi, buradaki türler iklim koşullarına uyum sağlayamamış ve kurumuşlardır. Bu bölgede mukayese okaliptetumu kurulmasından vazgeçilmiştir.

Doğu karadeniz Bölgesi; *E. wiminalis*, *E. camaldulensis*,

Marmara Bölgesi, bu oryantasyon denemesi 1977 yanmış ancak o zamana kadar yapılan gözlemler sonucunda, *E. wiminalis* olmuştur (Avcioğlu, 1983⁴).

Tespit edilen bu türler ile, Mukayese Okaliptetumları; İzmir- Cumhuriyet ormanı, Fethiye-Günlükbaşı, Söke-Davut dağı, Fethiye-Ovacık, Antalya-Belek, Manavgat-Taşocağı, Mut-Diştaş, Tarsus-Karabucak, Kozan-Söbeyazı, Tarsus-Turan Emeksiz ormanı, Samsun-Gelemen, İzmit-Kerpe'de kurulmuştur (Avcioğlu ve Gürses, 1975-1985⁵). Mukayese Okaliptetumlarından sonra ise orijin mukayese denemeleri kurulması planlanmış ve *E. camaldulensis* orijinlerinin mukayese denemesi kurulmuştur.

İlk yıllarda yapılan ağaçlandırmalarda çoğunlukla *E. camaldulensis* kullanılmıştır. Bu nedenle çalışma, ülkemizde yaygın olarak kullanılan *E.camaldulensis*'in Tarsus-Karabucak'ta bulunan plantasyonlarında koruda gelişme ve dikim aralıklarının gelişme üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır.

2.Materyal ve Yöntem

Blume-leiss ile boy ölçmeleri yapılmıştır. 9 m'lik bir lata ile yeşil dal başlangıcı ölçülmüştür. Gövde çevresi şeritmetre ile ölçülmüştür. İstatistiksel analizler bilgisayarda yapılmıştır.

Koru işletmesinde gelişmeyi ortaya koymak için belirlenen örneklem alanları 3, 6 ve 8 yaş sınıfindaki üç plantasyondan seçilen parsellerdir. Parsellerde uygulanan dikim aralığı 3.5x3.5 m'dir. Her parselden tesadüfi olarak seçilen 30 ağaçta ölçmeler yapılmıştır. Her ağaçta, boy, gövde çevresi, yeşil dal başlangıcı ölçülmüş ve gövdeler düzgünlüğe göre sınıflandırılmıştır.

Koru işletmesinde dikim aralıklarının gelişme üzerine etkisini ortaya koymak için Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü tarafından 1978 yılında Tarsus-Karabucak'ta I. ve II. Bonitetlerde kurulan deneme deseni kullanılmıştır. Her iki bonitet ve dört farklı dikim aralığında ve 6 yaşındaki 8 adet parselde ölçmeler yapılmıştır. Kullanılan dikim aralıkları 2x2, 2.5x2.5, 3x3 ve 4x4 m dir. Her parselde tesadüfi olarak seçilmiş 30 ağaç olmak üzere toplam 240 ağaçta aynı ölçmeler yapılmış ve gövdeler düzgünlüğe göre sınıflandırılmıştır.

3.Veri analizi

Ölçülen tüm gövde ve sürgün çevreleri, bilgisayarda programlanarak çapa dönüştürülmüştür. Daha sonra boy ve çapların aritmetik ortalaması, standart sapmaları ve aritmetik ortalamanın standart sapması hesaplanmıştır. Yeşil dal başlangıcının ise korudaki gelişme için sadece aritmetik ortalaması hesaplanmış ancak dikim aralıklarının gelişme üzerine etkisini ortaya koymak için yapılan ölçmelerde yeşil dal başlangıcı için aritmetik ortalama, standart sapma ve ortalamanın standart hatası hesaplanmıştır. Hacim tablosu ve göğüs yüzeyi tablosu yardımıyla her ağacın göğüs yüzeyi ve hacminden hareketle hektardaki göğüs yüzeyi ve hacim hesaplanmıştır (Fırat ve Kalıpsız, 1963).

⁴ Türkiye oryantasyon okaliptetumları kuruluş projesi, çalışmanın yapıldığı yılda devam etmekte olan bir projedir.

⁵ Mukayese Okaliptetumları kuruluş projesi, çalışmanın yapıldığı yılda devam etmekte olan bir projedir.

4. Bulgular

Koru aşamasında bulunan üç, altı ve sekiz yaşındaki plantasyonlarda 3.5x3.5 m dikim aralığında gelişmeye ilişkin bulgular Çizelge 1’de verilmiştir.

Karabucak yöresinde, I. ve II. bonitetlerde yer alan 6 yaşındaki plantasyonlarda, dört farklı dikim aralığında (2x2, 2.5x2.5, 3x3, 4x4 m) yapılmış olan ölçmelere ait bulgular Çizelge 2, 3 ve 4’te verilmektedir.

Çizelge 1. Değişik yaşlı *E. camaldulensis* plantasyonlarında 3.5x3.5 m dikim aralığında gelişmeye ilişkin bulgular

Yaş	Göğüs Yüzeyi m ² /ha	Hacim m ³ /ha	Çapların Aritmetik Ort. cm	Çapların Standart Sapması cm	Çapların Aritmetik Ort. Standart Sap. cm	Boyların Aritmetik Ort. m	Boyların Standart Sap. m	Boyların Aritmetik Ort. Standart Sap. m	Yeşil dal başlangıcı Aritmetik Ort. m
3	5,68	25,25	9,25	3,64	0,66	8,84	0,97	0,18	1,49
6	16,91	132,27	16,20	3,95	0,72	16,41	2,3	0,42	7,81
8	26,97	232,38	19,85	5,23	0,95	20,02	3,17	0,58	8,74

Çizelge 2. 6 yaşında ve I. bonitette bulunan *E. camaldulensis* plantasyonlarında dikim aralıklarına ilişkin bulgular

Dikim Aralıkları	Göğüs Yüzeyi m ² /ha	Hacim m ³ /ha	Çapların Aritmetik Ort. cm	Çapların Standart Sap. cm	Çapların Aritmetik Ort. Standart Sapması cm	Boyların Aritmetik Ort. m	Boyların Standart Sapması m	Boyların Aritmetik Ort. Standart Sap. m	Yeşil dal başlangıcı Aritmetik Ort. m
2x2	32,90	252,80	13,68	3,47	0,63	15,10	5,12	0,93	8,72
2.5x2.5	29,74	236,11	14,47	4,96	0,91	16,02	3,95	0,72	8,82
3x3	32,41	233,41	17,98	3,84	0,70	17,63	2,48	0,45	9,32
4x4	21,63	171,63	20,72	3,40	0,62	18,62	2,22	0,40	7,44

Çizelge 3. 6 yaşında ve II. bonitette bulunan *E. camaldulensis* plantasyonlarında dikim aralıklarına ilişkin bulgular

Dikim Aralıkları	Göğüs Yüzeyi m ² /ha	Hacim m ³ /ha	Çapların Aritmetik Ort. cm	Çapların Standart Sapması cm	Çapların Aritmetik Ort. Standart Sap. cm	Boyların Aritmetik Ort. m	Boyların Standart Sapması m	Boyların Aritmetik Ort. Standart Sap. m	Yeşil dal başlangıcı Aritmetik Ort. m
2x2	21,58	197,17	10,53	2,23	0,42	14,67	3,87	0,70	6,76
2.5x2.5	26,55	172,21	12,94	3,32	0,61	15,23	2,65	0,48	5,77
3x3	23,37	184,15	16,12	2,48	0,45	17,60	0,42	0,08	7,69
4x4	16,46	130,33	18,09	2,86	0,52	18,06	2,01	0,37	5,67

Çizelge 4. I. ve II. bonitette ve farklı dikim aralıklarında ortalama yeşil dal başlangıcı ve kaydedilen eğri gövde sayısı

Dikim Aralığı m	I. BONİTET		II. BONİTET	
	Eğri Gövde Sayısı	Ort. Yeşil dal Başlangıcı m	Eğri Gövde Sayısı	Ort. Yeşil dal Başlangıcı m
2x2	11		6	
		8,72		6,76
2,5x2,5	12		10	
		8,82		5,77
3x3	16		6	
		9,32		7,60
4x4	9		3	
		7,44		5,67

4. Tartışmalar

4.1. *E. camaldulensis*’in değişik yaşlı (3,6,8) plantasyonlarında gelişme

Dikim aralığı 3.5x3.5 m olan *E. Camaldulensis* plantasyonlarında 3, 6 ve 8 yaşlarında yapılan ölçmeler sonucu elde edilen bulgulara göre (Çizelge 1), yaş ile orantılı olarak ortalama çap, boy ve hektardaki göğüs yüzeyi ve hacim artmaktadır. Bulgular daha ileri yaşlarda gelişmenin devam edeceğini gösterir niteliktedir. Çalışmanın yapıldığı yıllarda Okaliptüs plantasyonları 8 yaşında baltalığa

dönüştürülmektedir. Gözlemler ve elde edilen bulgulara göre yaşla orantılı olarak görülen artış, baltalığa dönüştürme yaşının 10 olabileceğini gösterir niteliktedir. Ancak, elde veri olmadığından 10 yaşında gelişmenin ne düzeyde olacağı konusunda kesin olarak yorum yapmak mümkün değildir. Gövdeler genel olarak düzgündür. Yeşil dal başlangıcı, yaş ve boy arttıkça orantılı olarak yükselmektedir.

4.2. E. camaldulensis plantasyonlarında I., II. bonitet ve farklı dikim aralıklarında gelişme

Bulgular Çizelge 2 ve 3'te verilmektedir. Bulgulara göre I. ve II. bonitetlerde geniş dikim aralıklarında hacim ve göğüs yüzeyinde azalma, buna karşın çap ve boylarda artış görülmektedir. Diğer yandan beklendiği gibi I. bonitet alanlarında gelişme, II. Bonitet alanlarından daha fazla olmuştur. Bulgulara göre, I. bonitette 3x3 m'de hektardaki hacim (233,41 m³), 4x 4 m'deki hacimden (171,63 m³) daha fazladır. Yine I. bonitette 2.5x2.5 m'deki (236,11 m³) ve 2x2 m'deki hacimden (252,8 m³) belirgin olarak farklı değildir (Çizelge 2). II. bonitetde de benzer bir durum vardır (Çizelge 3). Her iki bonitette de en yüksek yeşil dal başlangıcı olan dikim aralığı 3x3 m, en düşük olan aralık ise 4x4 m'dir. Düzgün gövde sayısı en yüksek 4x4 m dikim aralığında kaydedilmiştir. Ancak, beklenenin aksine kaydedilen düzgün gövde sayısı II. bonitette daha yüksektir (Çizelge 4).

Okaliptüste en uygun dikim aralığının belirlenmesinde işletme amacı önemli olmaktadır. Kalın çaplı materyal elde edilecekse geniş, ince çaplı materyal elde edilecek ise dar dikim aralıkları tercih edilebilir. Ancak her iki durumda da bakım işlemlerinin makinalı olarak yapılacağı dikkate alınmalıdır. Tarsus Karabucak'ta Okaliptüs odununa duyulan ihtiyaç nedeniyle birim alandan istenilen nitelikte ve maksimum hasılat elde edilmesi amaçlanmalıdır. Elde edilen bulgulara göre 3x3 m dikim aralığı Tarsus-Karabucak koşullarında uygun olabilecektir.

Ancak, Karabucak'ta okaliptüs bir idare süresi sonunda baltalığa dönüştürülmekte ve iki yada üç idare süresi de baltalık olarak işletilmektedir. Literatürde, okaliptüsün iki veya üç idare süresi baltalık olarak işletilmesinin uygun görüldüğü ve doğal yayılış alanı dışında tesis edildiği tüm ülkelerde bu uygulamanın izlendiği belirtilmektedir. Okaliptüsün çok kuvvetli sürgün verme yeteneğinde olması ve hızlı büyümesinin bu konuda etkin olduğu belirtilmektedir (Saatçioğlu ve Pamay, 1958; Saatçioğlu, 1971). Bu nedenle en uygun dikim aralığının belirlenmesinde, okaliptüs plantasyonlarının ileride baltalığa dönüştürüleceği ve oluşacak sürgünlere iyi gelişme ortamı sağlanması da değerlendirilmelidir. Ayrıca, bu dönemde bakımın makinalı olarak yapılması halinde, Tarsus-Karabucak'ta uygulanacak dikim aralığı 3.5x3.5 m olabilir.

Ülkemizde, odun endüstrisinde doğan hammadde açığını kısa sürede karşılamak ve bu nedenle doğal ve yarı doğal orman alanlarımız üzerindeki üretim baskısını azaltmak açısından hızlı gelişen tür ağaçlandırmalarına önem verilmelidir. Bu türler içerisinde ülkemiz koşullarına uygunluğu açısından okaliptüs büyük önem taşımaktadır. Çukurova bölgesinin ekonomik olarak kalkınmasında okaliptüs türlerinin önemli olması ve okaliptüs kültürlerinin yer almasıyla ekonomik sosyal, sıhhi ve kültürel fayda sağlanacağı literatürde yer almakla birlikte (Saatçioğlu ve Pamay, 1962), ekzotik bir tür olduğu dikkate alınarak ülkemizdeki doğal ekosistem dokusunu bozmayacak şekilde ve uygun alanlarda ağaçlandırmalar yapılmalıdır. Ülkemiz koşullarına uygunluğu saptanmış olan *E. camaldulensis* dışındaki diğer türler ile yapılan çalışmalara da gereken önem verilmelidir. Doğal yayılış alanı Avustralya adalar topluluğu olan okaliptüs'ün 700 tür ve varyetesi bulunmaktadır (Avcıoğlu, 1983).

Kaynaklar

- Avcıoğlu, E., 1983. Okaliptüs yetiştiriciliği ve işletmesi, Araştırma Enstitüsü dergisi, No.58, cilt 29, İzmit.
- Fırat, F., Kalıpsız, A., 1963. Tarsus-Karabucak Ormanı için *Eucalytus camaldulensis* ağaç hacim tablosu, İ. Ü. orman Fakültesi dergisi, No.1, seri A, Cilt XIII, , s.11-19, İstanbul
- Saatçioğlu, F., 1971. Silvikültür II, Silvikültürün Tekniği, İ. Ü. Orman Fak. Yay., No. 1648/172, 562 s., İstanbul
- Saatçioğlu, F., Pamay, B., 1958. Tarsus-karabucak mıntkasında Okaliptüs, İ. Ü. Orman Fak. Yay., No. 782/59, İstanbul.
- Saatçioğlu, F., Pamay, B., 1962. Adana bölgesinin kalkınmasında Okaliptüs kültürlerinin önemi. İ. Ü. Orman Fak. Der., Seri A, Cilt XII, Sayı 2, s.58-68, İstanbul

Serinyol Orman Fidanlığında Okaliptüs Fidanı Üretimi, Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri

Habibe YILMAZ¹, Bilal DOĞAN²

¹Fidanlık Mühendisi Serinyol Fidanlık Mühendisliği, Antakya-HATAY

² İl Müdürü, Hatay İl Çevre ve Orman Müdürlüğü Antakya-Hatay

Özet

Bu çalışmada, *Eucalyptus camaldulensis* fidanlarının Serinyol Orman Fidanlığı'nda üretim yöntemi ele alınmıştır. Fidan üretimi, resmi ve özel kuruluşların talebine bağlı olarak yıldan yıla değişmektedir. Genel olarak yılda 2 bin ile 46 bin arasında fidan üretilmektedir. Çalışmada, fidanlıktaki okaliptüs fidanlarının üretim teknikleri ile ilgili de bilgi verilmiştir. Son yıllarda yapılan üretim miktarları ve buna etkili olan nedenler açıklanmıştır. Fidanlığımızın Okaliptüs üretimindeki en önemli sorunu 2004 yılında fidanlığımıza giren *Leptocybe invasa* arısının oluşturduğu zararlar. Bu zararlı, fidanların kalitesini düşürmekte ve pazarlama sorunlarına yol açmaktadır. Bu sorunların çözüm yolları ile ilgili önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Okaliptüs, fidan üretimi, Antakya

Production of Eucalyptus Seedlings in Serinyol Forest Nurseries, Problems and Suggestions

Abstract

In this study, seedling production method of *Eucalyptus camaldulensis* in Serinyol Forest Nursery discussed. The number of seedlings varies from year to year according to official and private requests. 2000 to 46 000 seedlings are generally grown annually. In the study, seedling production techniques in the nursery are also explained. Total seedling production in recent years and the factors on the production are evaluated. Currently, the biggest problem of Eucalyptus seedling production in the nursery is the damages of *Leptocybe invasa* that came to the nursery 2004. This insect reduced the seedling quality and badly affected the seedling sale. Therefore, total seedling production decreased dramatically. The suggestions for the solutions of this problem are discussed.

Keywords: Eucalyptus, seedling production, Antakya

1.Giriş

Okaliptüs bilindiği gibi ülkemize 1885 yılında yabancı bir tür olarak girmiştir. Özellikle diğer ağaç türlerine göre daha hızlı büyümesi ve suyu sevmesi, sulak alanlarda yetişmesi nedeniyle bataklık ağacı olarak nitelendirilmiştir. Bu arada demiryol yapımında traves ihtiyacını da bu ağaçtan karşılamak amaçlanmıştır.

Ülkemizde ve Akdeniz Bölgesinde yetiştirme imkanı bulan iki tür *Eucalyptus camaldulensis* ve *Eucalyptus grandis*'tir, Fidanlığımızda bu türlerden *E. camaldulensis* türü yetiştirilmektedir. Serinyol Orman Fidanlığı kuruluş amaçları arasında yer alan Okaliptüs fidanı üretimine 1947 yılında başlanmış Haceraslı ve Tokluca ormanlarının fidanları Serinyol Fidanlığında üretilmiştir. Bu amaçlar doğrultusunda fidanlığımızda yürütülen işlemler aşağıda verilmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1.Tohum Temini

Fidanlığımızda Okaliptüs üretimi tohumla yapılır. Aralık-Ocak aylarında olgunlaşan tohum kozalakları elit, düzgün gövdeli ve kaliteli ağaçlardan toplanarak fidanlığa getirilir (Şekil 1). Üstü kapalı, havadar bir yer olan kozalak hangarına serilir. Tohumların dökülme durumu takip edilerek sık, sık karıştırılır. Açılan kozalaklardan dökülen tohumlar temizlenir, elenir ve kuru, serin yerde muhafaza edilir. Fidanlığımızda soğuk hava deposu mevcut olduğundan kapalı, galvanizli kaplarda ekim işlemine kadar saklanır (Avcioğlu 1990).



Şekil 1. Tohum kapsülleri

2.2.Tohum Ekimi

Okaliptüs fidanı üretmek için özel ekim yastığı hazırlanır (Şekil 2). Ekim yastıkları 120 cm eninde .20 m.boyunda ve 20 cm derinliğinde kenarları beton tabanı sıkıştırılmış topraktan oluşmuştur. Burada önemli olan tohumun atılacağı toprağın karışımıdır. Tohumlar çok küçük olduğundan toprak gevşek ve geçirgen olmalıdır. Serinyol Fidanlığında toprak karışımı oldukça hafif ve gevşek hazırlanmaktadır. Kum + humus + topraktan oluşturulan elenmiş malzeme hazırlanan yastığa doldurulur ve yerleştirilir. Varsa içinde taş, ot gibi yabancı maddeler ayıklanır ve birkaç gün havalandırılır. Sonra toprak yüzeyi bir mala gibi alet veya tahta ile sıkıştırılır. Böylece tohum yatağı hazırlanmış olur.

Okaliptüs tohumu ekimi genellikle Mayıs ayında gerçekleştirilir. Hazırlanan yastığın üzeri hafifçe sulanır ve temizlenmiş ve elenmiş okaliptüs tohumları el ile her tarafa eşit dağılacak şekilde serpilir. (m2 ye 25–30 gr) üzerine hazırlanmış harçtan kapak malzemesi dağıtılır ve yine sıkıştırılır. Tamamını kaplayacak şekilde tellis serilir ve hortumla ince bir şekilde tohumlara zarar vermeden sulanır. Daha sonra tellis kaldırılır, yeraltı kurtları için 300 gr ilaç + 4 kg kepek + yarım kg şeker karıştırılarak tohumların üzerine serpilir, üzerine tekrar tellis örtülür.

Sulama işlemi çimlenme gerçekleşinceye kadar sabah ve akşam aynı şekilde yapılır. 3-4 günde bir ilaçlama tekrarlanır. Çimlenme arada bir kontrol edilir, tohumlar çimlenince (bu süre yaklaşık 5-7 gündür) tellis tamamen kaldırılır ve sulama akşam saatlerinde olmak üzere günde bir kez yapılır.



Şekil 2. Tohum yastıklarının hazırlanması



Şekil 3. Şaşırtılacak fidanlar

Ekim yastığında fidecikler yaklaşık 3–4 cm boya ulaştınca ya da, 3 yaprak verince şaşırtma yapılabilecek duruma gelmiş sayılır (Şekil 3). Bu süre yaklaşık olarak 30–35 gündür.

2.3. Şaşırtma

Daha önceden hazırlanmış yastıklardaki polietilen torbalara (kum + humus + toprak karışımı) şaşırtma yapılır. Bu yastıkların üzeri mutlaka gölgeleme malzemesi ile kapatılır. Genç fidanların aşırı güneşlerden etkilenmesini ve su kaybını önlemek için gölgeleme yapılır.

Özellikle günün serin saatlerinde (öğleden sonra saat 4-5 sıralarında) tüpler bolca sulanır, daha sonra tüpün tam ortasına 6-8 mm kalınlığında bir çubukla 5-7 derinliğinde bir delik açılır. Yastıkta yetiştirilen fidecikler kökler zarar görmeden sökülür ve kök tuvaleti yapılır. Tüplerde açılan deliklere yerleştirilir ve sıkıştırılır. Ardından tekrar bolca sulanır. Sulama işlemi düzenli olarak sabah ve akşam yapılır.

Fidanların şaşırtma işlemi tamamlandıktan sonra ot alma ve sulama işlemi yaz boyu devam eder. Aşırı sıcaklar sona erince gölgeleme kaldırılır ve Okaliptus fidanları satışa ve ağaçlandırma sahalarına gönderilmek üzere hazır hale gelir.

Fidanlığımızda Okaliptus üretimi resmi ve özel kuruluşların taleplerine bağlı olarak son yıllarda 2–20 bin civarında olmaktadır.

3. Bulgular ve Tartışma

Önceleri tohumlar Kırıkhan yolu üzerindeki sağlıklı düzgün gövdeli ağaçlardan 8-10 kg civarında olgun ve iri tohum kapsülleri toplanmıştır. Bunlardan yaklaşık 1 kg tohum elde edilmiştir.

Bu tohumlardan yapılan ekimlerde %80 fide elde edilmiştir. Bu fidelerden de % 50 oranında fidan üretimine uygun olanlar alınarak tüplere aktarılmıştır. Bu işlemlerden sonra 5-6 ay içerisinde fidanlar satışa hazır hale gelmektedir.

3.1. Yıllar itibariyle fidan üretimi

1965 yılından bu yana oldukça büyük miktarlarda üretim yapılmıştır. Üretim miktarları yıllar itibariyle tablo 1’de verilmiştir. İlk yıllarda yüksek olan daha sonraki yıllarda azalmaya başlamıştır. Bunun nedenlerinden birisi 70’li yıllardan bu tarafa okaliptüs ağacı hızlı büyüyen ve sanayide kereste olarak kasa yapımında kullanılmaya başlaması nedeniyle fidan talepleri özel kuruluşlarca sağlanmıştır. Üretim amacıyla fidan talepleri düşmüştür. 2000’li yıllarda ise zararlıların gelmesi, okaliptüse talebin azalması fidan üretimini nerdeyse durdurma düzeyine getirmiştir.

Tablo 1. Serinyol Fidanlığında 1965-2007 yılları arasında okaliptüs fidanı üretimi

Yıllar	Üretim (adet)
1965-1970	745 200
1971-1975	166 500
1976-1980	125 000
1981-1985	114 000
1986-1990	173 000
1991-1995	107 300
1996-2000	130 000
2001-2007	116 500

3.2. Üretimde karşılaşılan sorunlar

- 2000’li yıllarda ülkemize giren Avustralya orijinli zararlıların okaliptüs üretimini sınırladığı düşünülmektedir. Fidanlığımızda, resmi ve özel kuruluşların oluşturduğu üretim sahalarında bu zararlıların yüksek populasyonlar oluşturması üretimi oldukça fazla düzeyde düşürmüştür. Üretimdeki düşüşlerin nedeni olarak Okaliptus fidanlarında *Leptocybe invasa* arısının yol açtığı zararlardan dolayı talepler azalmış, buna bağlı olarak üretim de azalmıştır.
- Çevre ve Orman Bakanlığına bağlı kuruluşlarda yeni üretim sahalarının oluşturulması programdan çıkarıldığı için resmi talepler de çok azalmıştır.

3. Büyümei engelleyen ve bitkinin formunu bozan *L. invasa* ile mücadele etmek oldukça zor olması nedeniyle başarılı olunamamaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. *Leptocybe invasa* zararına uğramış fidanlar

Gelecekte imkânlar elverdiği ölçüde tohumları temin edilebilirse soğuğa dayanıklı türlerin klon yöntemi ile üretimine geçilebileceği (Gül Baba 1990b) ve ayrıca zararlılara dayanıklı çeşitlerin üretimi (Doğanlar 2007) de düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Avcıoğlu, E. 1990. Okaliptüs; yetiştiriciliği, işletmesi. Türkiye’de okaliptüs yetiştiriciliği’nin 50. Yılı, Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi 1990(1): 21-49.
- Doğanlar, M. 2007. Türkiye’de Okaliptüs Ağaçlarında Saptanan Zararlı Hymenopter’ler, Tanımları, Zarar Şekilleri, Biyolojileri, Ekonomik Önemleri ve Mücadele Yöntemleri. Proceedings of International Symposium, Bottlenecks, Solutions, and Priorities in the Context of Functions of Forest Resources, The 150th Anniversary of Forestry Education in Turkey, October 17-19, 2007, İstanbul. Pp. 635-645.
- Gül Baba, A. G. 1990. Fransa’da okaliptüslarda çelikle klonal üretim (H. Chaperon’dan çeviri). Türkiye’de okaliptüs yetiştiriciliği’nin 50. Yılı, Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi 1990(1): 21-49.

Evsel Atıksu Arıtma Çamurları İle Yetiştirilen Okaliptüslerin (*E.camaldulensis* Dehn.) 2 Yıllık Arazi Sonuçları

Sedat TÜFEKÇİ¹, A.Gani GÜLBABA²

¹Dr., Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, 33401 Tarsus, tufekci@yahoo.com

²Emekli Orman Yüksek Mühendisi Tarsus, gulbaba@yahoo.com

Özet

Orman fidanlıklarında fidan üretiminde orman toprağının yoğun bir şekilde kullanılması, ormanlarda humus tahribatına yol açmaktadır. Bu kaybın önüne geçebilmek için en ucuz, organik madde içeriği yüksek ve besin elementleri yönünden zengin alternatif kaynaklardan arıtma çamurunun kullanılması önem arz etmektedir. Ağaçlandırma çalışmalarında başarılı sonuca ulaşmanın koşullarının başında kaliteli fidan kullanımı gelmektedir. Bunun için ağaçlandırma sahalarına kök ve gövdesi iyi gelişmiş, sağlıklı fidanların tesis edilmesi gerekmektedir. Bu çalışma ile, arıtma çamurlarının bazı fidan yetiştirme ortamları ile değişik oranlarda karıştırılarak kullanılması sonucu yetiştirilen fidanların arazideki etkilerini belirlemek amaçlanmıştır. Doğu Akdeniz bölgesinin hızlı gelişen türlerinden *Eucalyptus camaldulensis* fidanlarının üretiminde, Tarsus Atıksu Arıtma Tesisi'nin arıtma çamurları kullanılmıştır. Deneme, fidanlık koşullarında rastlantı blokları deneme desenine göre dört tekrarlı olarak düzenlenmiştir. 2. yıl sonunda elde edilen sonuçlara göre, arıtma çamurunun bazı yetiştirme ortamları ile karışımının denemede kullanılan fidanların gelişmesini önemli derecede artırdığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Eucalyptus camaldulensis*, Evsel Atıksu Arıtma Çamuru, Fidan Yetiştirme

Field Results of 2rd Year of Growth Eucalypts With Sewage Sludges of Municipal

Abstract

Using densely forest soils for seedling production in the forest nurseries have been caused humus destruction on the forests. In order to prevent this should be used sewage sludge as medium for seedling production that are cheap, higher organic matter and nutrients. One of the conditions of being successful plantations is to use quality seedlings. Thus it is essential to grow healthy seedlings whose roots and stems are well developed and order to establish to the field where planted. Aim of the study was to product the healthy and quality seedlings and in order to determine effects of sewage sludge and its various rates with some materials. In this study, sewage sludge of Tarsus-City Domestic Wastewater Treatment Plants were used on seedlings propagation of fast growing *Eucalyptus camaldulensis* in the East Mediterranean region. It was used twelve media to product containerized seedlings. The experiment was conducted using a completely randomized design with four replicates in nursery conditions. According to results obtained at the end of the second years from investigation; sewage sludge with some of materials mixture gave the best seedlings growth.

Key Words: *Eucalyptus camaldulensis*, Domestic Wastewater Sewage Sludge, Seedling Production

1. Giriş

Türkiye'de %44' ü verimli, %56' sı ise bozuk ve verimsiz olmak üzere toplam 20.7 milyon hektar (ülke alanının %26 sı) orman alanı bulunmaktadır. Türkiye'nin 1990 yılında 1.4 milyon m³ olan kereste ithalatının 1992 yılında 2 milyon m³'ü geçtiği ve aynı koşulların devam etmesi durumunda, 2010 yılındaki odun hammaddesi açığının 7 milyon m³'ü geçeceği tahmin edilmektedir (Anon, 1995).

Türkiye ormanlarının hektardaki yıllık ortalama cari artımı 1.095 m³'tür. Bu rakam Avrupa ormanlarının ortalamasının çok altındadır. Bu nedenle sahip olduğumuz potansiyel alanlardan topluma mümkün olan en yüksek üretim, hizmet ve fonksiyonlar kazandırılması için; hızlı gelişen türlerle ağaçlandırmaya ağırlık verilmesi suretiyle ormanlarımızdan sürekli olarak daha fazla odun üretimi sağlanmalıdır. Tür sayısının çok oluşu, farklı iklim ve toprak koşullarına uyum sağlayabilmesi ve odununun çok çeşitli alanlarda kullanılması nedenleriyle dünyada ve ülkemizde okaliptüs ağaçlandırmalarına çok önem verilmektedir.

Yerel yönetimler evsel atıklardan oluşan atıksuların giderek artması nedeniyle, bunların çevreye verebilecekleri zararları önlemek amacıyla atıksu arıtma tesisleri inşa etmektedirler. Arıtma tesisleri ile

birlikte arıtma çamurlarında (biyokatılar) da artışlar gerçekleşmektedir. Bu çamurların doğaya zarar vermeden, yeni kirliliklere yol açmadan değerlendirilmesi bütün ülkelerin ciddi sorunlarından biri haline gelmiştir.

Arıtma çamurlarını uzaklaştırma yöntemleri arasında; tarımda kullanma, ormancılık ve verimsiz arazilerin ıslahında kullanma, depolama, yakma, kompostlamada katkı maddesi olarak kullanma, göl ve denizlere deşarj bulunmaktadır. Son yıllarda arıtma çamurlarının araziye uygulanması tercih edilen bir yol olmuştur. Atıksunun arıtılma sürecinde mikrobiyal besin zincirinin doğal son ürünü olan arıtma çamurlarındaki azot ve fosfor gibi besin elementlerinin atığa yararlı bir gübre, organik maddelerin ise iyi bir toprak ıslah edici madde özelliği kazandırması nedeniyle ABD Çevre Koruma Örgütü (EPA) başta olmak üzere birçok ülkede bu materyalin tamamen uzaklaştırılması yerine, sürdürülebilir ve yararlı bir şekilde arazide kullanılması amaçlanmaktadır. ABD’de üretilen biyokatının %33’ü arazide kullanılmaktadır. Avrupa birliği ülkelerinde de bu oran %37 düzeyindedir.

Arıtma çamurlarının, toprağın organik madde içeriği ile bitkinin gereksinim duyduğu bitki besin elementlerini sağladığı, ürün verimi ile kalitesini artırdığı, bitkilerde olumlu gelişmeye neden olduğu ve ayrıca farklı bölgelerdeki ve farklı iklim koşulları altındaki verimsiz toprakların fiziksel ve biyolojik özelliklerini de geliştirdiği de belirlenmiştir.

Orman fidanlıklarında fidan üretiminde orman toprağının yoğun bir şekilde kullanılması, ormanlarda humus tahribatına yol açmaktadır. Bu kaybın önüne geçebilmek için en ucuz, organik madde içeriği yüksek ve besin elementleri yönünden zengin alternatif kaynaklardan arıtma çamurunun kullanılması gerekmektedir. Eysel atıksu arıtma tesisine sahip olan kentlerden biri de Tarsus’tur. Tarsus atıksu arıtma tesisinden günde yaklaşık 16 ton arıtma çamuru elde edilmekte olup, Bakanlığımızdan bunun toprakta kullanımı izni de alınmıştır. Bu materyalin çöp depolama alanlarına dökülmemesi ve bilinçsiz bir şekilde çiftçilerce gübre olarak kullanılmasının önlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada Tarsus Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi arıtma çamurları, bölgemizdeki hızlı gelişen türlerden *E.camaldulensis* fidanı üretiminde kullanılmıştır. Bu nedenle arıtma tesisinden alınan arıtma çamuru örnekleri çeşitli fidan yetiştirme ortamları ile karıştırılmış ve kullanılan diğer ortamlar ile fidan üretimleri gerçekleştirilmiştir. Üretilen fidanların kök boğazı çapları ve gövde boylarına bakılarak arıtma çamurunun fidan büyümelerine etkileri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

2.1.1. Tohum Materyali ve Deneme Yeri

Araştırma kapsamında, okaliptüsün Türkiye’de en iyi uyum sağlayan ve Mukayese çalışmaları ile başarılı bulunan *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. türü kullanılmıştır (Avcıoğlu ve Gürses, 1986). Denemede kullanılan fidanların tohumları, Tarsus-Karabucak okaliptüs ormanındaki *Eucalyptus camaldulensis* tohum plantasyonundan temin edilmiştir.

Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü (Tarsus-Karabucak) sera ve fidanlığında üretilen 1 yaşlı fidanlar, 2006 yılının mart ayında Tarsus Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi’ndeki arazide dikilmişlerdir.

2.1.2. Yetiştirme Ortamları

Fidan üretiminde 12 ayrı yetiştirme ortamı kullanılmıştır. Bunlar:

1. 1/2 arıtma çamuru+1/2 perlit,
2. 1/2 arıtma çamuru+1/2 andezitik tuf,
3. 1/2 arıtma çamuru+1/2 nehir kumu,
4. 1/3 arıtma çamuru+2/3 andezitik tuf,
5. 1/3 arıtma çamuru+2/3 nehir kumu,
6. 1/3 arıtma çamuru+1/3 perlit+1/3 mısır kompostu,
7. 1/3 arıtma çamuru+1/3 nehir kumu+1/3 mısır kompostu,

8. 1/2 arıtma çamuru+1/4 nehir kumu+1/4 mısır kompostu,
9. 1/2 arıtma çamuru+1/4 andezitik tuf+1/4 mısır kompostu,
10. 1/2 arıtma çamuru+1/4 perlit+1/4 mısır kompostu,
11. Kontrol I (saf çamur)
12. Kontrol II (uygulamanın okaliptüs fidanları için kullanmakta olduğu; 1/3 mısır kompostu +1/3 orman toprağı+1/3 andezitik tuf).

Fidan yetiştirme ortamlarında kullanılan arıtma çamurları, Tarsus Belediyesi Atıksu Arıtma tesisinden sağlanmıştır. Arıtma çamurları 3 ay boyunca güneş altında tutularak, kurumaya bırakıldıktan sonra kullanılmaya başlanmıştır.

Orman üst toprağı, humus kaynağı olarak orman fidanı yetiştiriciliğinde yaygın olarak kullanıldığı için doğal ormanların üst toprak katmanından alınmıştır. Andezitik tuf (beyaz volkanik tuf) kolay ve ucuz olarak sağlanan bir materyal olarak Nevşehir-Göreme-Çardak'tan sağlanmıştır.

Çukurova bölgesinde mısır hasadı sonrası kolay ve ucuz temin edilebilmesi nedeniyle mısır bitkisi atıklarından mısır kompostu, Tarsus Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü'nde yığın kompostlaşma tekniğine uygun olarak üretilmiştir. Kompostlaşma işlemi süresince bitki materyali su ile iyice ıslatılmış, 1,5-2 ayda bir alt-üst edilip yeniden ıslatılmıştır. 6-7 ay sonra orijinal materyal hacminin %60 oranında azalma gerçekleşmiş ve kompostlaştığı kabul edilmiştir. Kompostlaşmanın hızlandırılması için 1 m³ bitki materyaline 2,5 kg üre, azot kaynağı olarak kullanılmıştır (Gülbaba, 1997).

2.1.3. Deneme Saksısı

Denemede, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğüne orijinalinin değişikliğe uğratarak geliştirilen ve orman fidanlıklarında da kullanılan *Karabucak tipi* tüpler kullanılmıştır. Gülbaba (1997)'nin tanımlamasına göre, tüpler; yüksek yoğunlukta sert plastikten, kesik kare piramit şeklinde, iç kısmının her yüzeyinde kök kıvrılmasını veya sarılmasını engelleyecek şekilde geliştirilmiş iki adet seti bulunan, 12 cm boyunda ve 260 cm³ hacim kapasitesindedirler.

2.2. Yöntem

2.2.1. Deneme Deseni ve Verilerin Değerlendirilmesi

Deneme, 4 yinelenmeli olarak tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuştur. 12 farklı yetiştirme ortamı kullanılarak yetiştirilen fidanlar, Arıtma Tesisi arazisine sıra parseli şeklinde, 3m x 3m aralık mesafe ile dikilmiştir.

Denemede elde edilen verilerin değerlendirilmesinde TARİST istatistik analiz programı kullanılmıştır. Ayrıca ortalama değerler arasındaki karşılaştırmalar "Tukey" testine göre yapılmıştır.

2.2.2. Toprak ve Yetiştirme Ortamı Analizleri

Hava kurusu hale getirilen yetiştirme ortamları, laboratuarda 2 mm lik elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Rutin analiz olarak su tutma kapasitesi, hava kapasitesi, pH, tuz, hacim ağırlık, özgül ağırlık ve porozite değerleri aşağıdaki yöntemlere göre Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü tarafından yapılmıştır.

Su Tutma Kapasitesi (%): Yetiştirme ortamı belirli ağırlık ve hacimdeki altı delikli bir kaba konmuş, 24 saat süreyle suda bekletilmiş ve ardından kurutma kağıdı üzerinde serbest drenaja bırakılmıştır. Ağırlıkları belirlenen örnekler, 105 °C de iki gün süreyle kurutulduktan sonra tartılmıştır (Puustjarvi, 1969).

Hava Kapasitesi (%) ve Özgül Ağırlığı (gr/cm³): Örneklerin toplam gözeneklilikleri 100 cm³ lük dereceli silindir kullanılarak, deneysel olarak belirlenmiştir (Tuncay, 1984). Özgül ağırlık ve havayla dolu boşluklar hacmi ise, gözeneklilik, hacim ağırlık ve su ile dolu boşluklar hacmi değerlerinden yararlanılarak hesaplanmıştır (Tuncay, 1984).

Volüm Ağırlığı (%): % 80 ıslatılmış harç, hacmi ve darası bilinen kaplara doldurulup 60 °C de 48 saat kurutulduktan sonra tartılmış ve sonuçlar % olarak belirlenmiştir (Tuncay, 1984).

Toprak Reaksiyonu ve Tuz : Örnek-su 1:5 oranında hazırlanıp, bir gece bekletildikten sonra pH metre ve iletkenlik ölçer ile ölçülmüştür (Gülçür, 1974).

3. Bulgular ve Tartışma

Tablo 1’de denemede kullanılan arıtma çamurunun analizleri TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi tarafından yapılmış ve “Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği” (TKKY) EK I-B’ye göre toprakta kullanılabilen stabilize arıtma çamurunda izin verilecek ağır metal içerikleri ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 1. Arıtma çamuru örneğinin analiz sonuçları ve TKKY’ye göre izin verilecek değerler ile karşılaştırılması

Parametre	Arıtma Çamuru	TKKY / EK I-B
Kurşun (mg/kg)	43.2	1200
Kadmiyum (mg/kg)	< 2	40
Krom (mg/kg)	75	1200
Bakır (mg/kg)	113	1750
Nikel (mg/kg)	37.4	400
Cıva (mg/kg)	2	25
Çinko (mg/kg)	794	4000
Azot (mg/kg)	64774	-
Fosfor (mg/kg)	1440	-
pH	6.23	-
C / N (%)	5.93	-
Kuru Madde (%)	16.87	-
Yanma Kaybı (%)	79	-
Organik Madde (%)	72	-

Tablo 1’den de görüldüğü gibi Tarsus Belediyesi Atıksu Arıtma Çamuruna ait ağır metal değerleri TKKY’nin toprakta kullanılmasına izin verilecek en yüksek değerlerinin oldukça altında yer almıştır. Buna göre tesisten elde edilen arıtma çamurlarının topraklara uygulanmasında herhangi bir sakınca oluşturmayacağı anlaşılmaktadır.

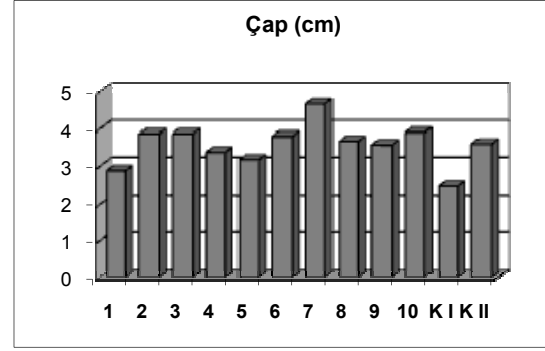
Arazi ölçümleri ile elde edilen verilere yapılan istatistik analizleri sonucunda, çalışmada kullanılan *E.camaldulensis* türünün 2. yaş sonundaki ortalama göğüs çapı ve gövde boy gelişimleri değerlendirilmiştir.

Fidan yetiştirme ortamlarında kullanılan materyallerin *E.camaldulensis*’in göğüs çaplarına etkisine bakıldığında; yetiştirme ortamları arasında istatistiksel yönden (F: 1.276 ns) önemli farklılık görülmemiştir (Tablo 2). Ortalamalara yapılan Tukey çoklu testinde en yüksek çap değerleri 7. işlem (1/3 arıtma çamuru+1/3 nehir kumu+1/3 mısır kompostu), 10. işlem (1/2 arıtma çamuru+1/4 perlit+1/4 mısır kompostu) ile 2. işlem (1/2 arıtma çamuru+1/2 andezitik tüf) olmuştur. Saf arıtma çamuru ile yetiştirilen fidanların arazideki 2. yaş sonundaki göğüs çapı ortalaması 2.5 cm ile son sırada yer alırken, uygulamanın kullanıldığı işlem ise 3.6 cm çap ile yedinci sırada bulunmuştur. Farklı yetiştirme ortamları ile yetiştirilen fidanların arazide 2. yaş sonundaki çap değerlerine ait Şekil 1’de verilmiştir.

Fidan yetiştirme ortamlarında kullanılan materyallerin *E.camaldulensis*’in gövde boylarına etkisine bakıldığında; yetiştirme ortamları arasında istatistiksel yönden (F: 1.320 ns) önemli farklılık görülmemiştir (Tablo 4). Ortalamalara yapılan Tukey çoklu testinde ilk üç sırada yer alan işlemler 7. işlem (1/3 arıtma çamuru+1/3 nehir kumu+1/3 mısır kompostu), 2. işlem (1/2 arıtma çamuru+1/2 andezitik tüf) ve 9. işlem (1/2 arıtma çamuru+1/4 andezitik tüf+1/4 mısır kompostu) ile olmuştur. Saf arıtma çamuru ile yetiştirilen fidanların arazideki 2. yaş sonu boy ortalaması 2.66 m ile yine son sırada yer alırken, uygulamanın kullanıldığı işlem ise 3.41 m boy ile yine yedinci sırada bulunmuştur. Farklı yetiştirme ortamları ile yetiştirilen fidanların arazide 2. yaş sonundaki boy değerlerine ait Şekil 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Göğüs Çapı Ortalamalarına Göre Varyans Analizi

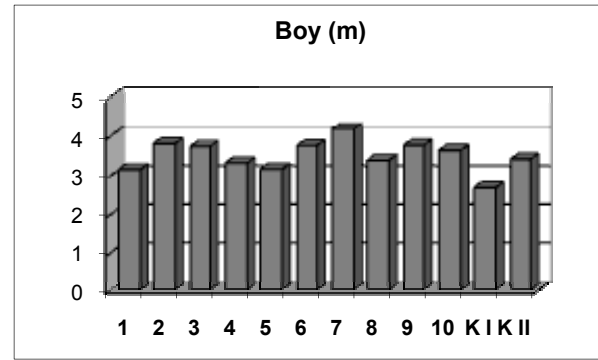
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	F Değeri
Tekerrür	3	2.563 ns
Çap	11	1.276 ns
Hata	33	
Genel	47	



Şekil 1. İşlemlerin Çap Gelişimine Etkileri

Tablo 4. Gövde Boyu Ortalamalarına Göre Varyans Analizi

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	F Değeri
Tekerrür	3	2.844 ns
Çap	11	1.320 ns
Hata	33	
Genel	47	



Şekil 2. İşlemlerin Boy Büyümesine Etkileri

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma ile, arıtma çamurlarının bazı fidan yetiştirme ortamları ile değişik oranlarda karıştırılarak kullanılması sonucu yetiştirilen fidanların arazideki etkilerini belirlemek amaçlanmıştır. 2. yıl sonunda elde edilen sonuçlara göre, arıtma çamurunun bazı yetiştirme ortamları ile karışımı *E.camaldulensis* fidanlarının gelişimini olumlu yönde etkilemiştir.

Çalışılmasında zorluklar olan bu materyallerin organik kaynak olarak fidan üretiminde kullanılması ile biyokütle artışının yanı sıra çamurların bertaraf edilmesinde de önemli katkılar sağlanacaktır. Arıtma çamurlarının ağaçlandırma sahalarının iyileştirilmesine yönelik çalışmaların yapılması ve bu uygulamaların eğitim destekleri sonrasında gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Arıtma çamurlarının yıllarca araziye uygulanması düşünüldüğünde, ağır metallerin yıllık birikimlerinin yüksekliğini ve tuzluluk yönünden toprağa yapacağı etkilerini önlemek için, uygulamanın yapılacağı topraklar sürekli analiz edilmeli ve uygulamalar gerekli sınır değerler göz önüne alınarak yapılmalıdır.

5. Kaynaklar

- Anon (1995). Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı; Ormanlık Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara, 250 s.
- Avcioğlu,E. Gürses,K., (1986). Türkiye Mukayese Okaliptetumları Araştırma Sonuçları, Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yıllık Bülten No: 22, İzmit.
- Gülbaba,G., (1997). Tohumdan Okaliptüs Fidanı Yetiştirilmesi Teknikleri, Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi, No: 3, s.1-16.
- Puustjarvi,V., (1969). Fixing Peat Standards, Peat and Plant News, 2: 3-8.
- Tuncay, H.,(1984). Toprak Fiziki Uygulama Kılavuzu, E.Ü. Ziraat Fak. Teksir No: 29.
- Gülçür,F. (1974). Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları, İ.Ü.Orman Fak., Yayın No: 201.

Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn) Klon Denemesinde Kalıtım Dereceleri ve Genetik Kazancın Belirlenmesi

A. Gani GÜLBABA

Orman. Yük. Müh. , Şehit İshak Mah. K.S.Süleyman Cad. Mutlular Apt. No 29 Tarsus, gulbaba@yahoo.com

Özet

Bu çalışmada amaç; sınırlı potansiyel alanlarda en yüksek verimi alabilmek amacıyla 1998 yılında Tarsus/Karabucak'ta 36 farklı *E. camaldulensis* klonu ile tesis edilen deneme alanının 7. yaş sonuçlarına göre; Klonların genetik parametrelerinden olan kalıtım derecelerini ve genetik kazancı hesaplamak, en iyi gelişim gösteren klonları belirlemek ve uygulamada kullanılacak olanlar konusunda önerilerde bulunmaktır.

Anahtar Kelimeler: Okaliptüs, *E. camaldulensis*, Klon, Genetik Kazanç, Kalıtım Derecesi

Abstract

In this study *E. camaldulensis* clonal trial established with 36 clones in Tarsus-Karabucak in 1998 to obtain maximum yield in limited potential areas were evaluated based on the seventh year results. Genetic parameters of clones and better growing clones were identified. The clones that can be used in the practices were suggested.

Key words: *Eucalyptus*, *E. camaldulensis*, Genetic gain, Heritability

1. Giriş

Ormancılık Ana Planı 1990-2009'a göre 2009 yılında endüstriyel odun hammaddesi açığının 7 milyon m³ olacağı, Birler (1995)'e göre de 2020 yılında 40 milyon m³ olacağı tahmin edilmektedir. Bu açığı kapatacak en önemli unsurlardan birisi hızlı gelişen türlerle yapılacak ağaçlandırmalardır. Ancak, hızlı gelişen türlerle ağaçlandırılacak potansiyel alanlar ise sınırlıdır. Bu nedenle birim alandan en yüksek verim alınmasını sağlayacak genetik ıslah çalışmaları büyük önem kazanmaktadır. Genetik ıslah çalışmalarının en önemli unsuru ise seçilecek üstün nitelikli fertlerin vejetatif yolla üretimi ve üretilen bu fidanların ağaçlandırmalarda kullanılmasıdır (Gülbaba, 1995).

Bugün yurdumuzda okaliptüsle yapılan ağaçlandırmalarda, açık tozlaşma sonucu döllenmiş tohumlardan üretilen fidanlar kullanılmaktadır. Bu durum, gerek fertler arasındaki genetik farklılıktan, gerekse okaliptüslerin çiçeğinin özelliği sonucu oluşan kendilenme nedeniyle ağaçlandırmalarda bireyler arasında büyük gelişim farklılıkları ortaya çıkarmakta ve ürün kaybına neden olmaktadır (Chaperon, 1983). Oysa, seçilecek üstün nitelikli bireylerden alınan çeliklerden üretilen fidanlarla kurulacak ağaçlandırmalarda, bütün fertler aynı genetik özelliği taşıdığından, bireyler arasındaki gelişim farklılığı en az düzeyde olacak ve verimde %40'lara varan artış sağlanabilecektir (Ürgeç, 1982).

1967 yılında Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsünün kurulması ile okaliptüs konusundaki genetik ıslah çalışmaları başlatılmıştır. Bu kapsamda yapılan tür eliminasyon ve diğer amaçlı denemelerde 191 tür ve bunlara ait 609 orijin yurdumuzda test edilmiştir (Gürses,1990). Orijin denemeleri ise *E. camaldulensis* Dehn (Avcıoğlu ve Acar 1984) ve *E. grandis* W. Hill ex Maiden türlerinde yapılmış ve *E.grandis*'te en iyi orijin kullanıldığı takdirde yıllık ortalama 52 m³/ha/yıl hacim artımının alınabileceği tespit edilmiştir (Avcıoğlu ve Gürses, 1988).

Bu çalışmada amaç; sınırlı potansiyel alanlarda en yüksek verimi alabilmek amacıyla tesis edilen klon denemelerinin sonuçlarına göre; Klonların genetik parametrelerinden olan kalıtım derecelerini ve genetik kazancı hesaplamak, en iyi gelişim gösteren klonları belirlemek ve uygulamada kullanılacak klonlar konusunda önerilerde bulunmaktır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Bitkisel Materyal, Deneme Alanı ve Deneme Deseni

Bu çalışmada kullanılan fidanlar, Çukurova yöresindeki okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) plantasyonlarından büyüme ve gövde formlarına göre fenotipik olarak seçilen plus ağaçlardan alınan çelik materyalinin, Gülbaba (1997) de belirtilen esaslar dahilinde köklendirilmesi ile elde edilmiştir. Denemede toplam olarak 36 klon kullanılmıştır.

Deneme alanı iklimi, yazları sıcak ve kurak kışları ılıman olan tipik Akdeniz iklimidir. Yıllık ortalama yağış 616 mm., en düşük sıcaklık - 8.5°C dir. Deneme alanının koordinatları 36° 52' N enlemi ve 34° 52' E boylamı olup, denizden yüksekliği 8 m.'dir. Toprak killi balçık karakterde, organik maddece zengin(5.6), tuzsuz, pH=7.7 - 8.0 ve hidromorfik alüviyaldır.

Deneme alanı eski okaliptüs ağaçlandırma alanı olup üzerindeki okaliptüsler kesilmiş ve köklenmiştir. Saha daha sonra tam alanda teras pulluğu ile sürülmüş, 60 cm derinliğinde ripelenmiş ve diskaro geçirilmiştir. Dikilen fidanlar ilk yıl üç kez, ikinci yıl iki kez ve diğer yıllar bir kez sulanmıştır. Diğer bakımlar Avcıoğlu (1990)'da belirtildiği şekilde yapılmıştır.

Denemede, 36 adet klonal olarak yetiştirilen fidanlarla 36 işlemlilik, 6 bloklu ve her sıra parselinde 5 adet fidan, 3 X 3 m. aralık - mesafede, Rastlantı Blokları deneme deseni uygulanmıştır. Boy ve çap ölçüleri her parseldeki beş ağaçta 7. yaşta yapılarak değerlendirilmiştir. Tek ağaç hacimleri Birler ve Ark.(1995)'deki çift girişli *E.camaldulensis* hacim formülü kullanılarak bulunmuştur. Gövde Formları 1 den 5 'e kadar oluşturulan ıskala yardımıyla subjektif olarak belirlenmiştir.

2.2. Biyoistatistiksel Analizler

2.2.1. Varyans Analizleri

İncelenen karakterlere ait verilere varyans analizleri yapılmadan önce SPSS For WINDOWS 11.5 (2002) paket programı kullanılarak normal dağılımda (çan eğrisi şeklinde) olup olmadıkları ve "sıradışı" olanları belirlemek amacıyla frekans dağılımı yapılmış, bu dağılımın grafikleri çizdirilmiş, standart sapmaları, varyasyon katsayıları ve veri ortalamaları hesaplanmıştır. Sıradışı veriler genel olarak hatalı ölçme, verinin bilgisayara yüklenmesinde hatalı okuma veya zarar görmüş anormal bir bireyin ölçülmesinden ortaya çıkmaktadırlar. Sıradışı değerler ortalamayı, varyansı ve diğer istatistik parametreleri önemli ölçüde etkileyerek araştırmacıyı yanıltır (Sokal ve Rohlf, 1995). Standart normal dağılımda verilerin %99'unun \bar{x} (veri ortalaması) \pm (2.576 x standart sapma) aralığında bulunduğu belirtilmektedir (Kalıpsız, 1981). Bu formüle göre hesaplanan en küçük ve en büyük değerlerin dışında kalan veriler, sıradışı kabul edilerek, temizlenmiştir. Daha sonra yapılan Nonparametrik One-Sample Kolmogrov-Simirnov testinde "Z" değerinin düşük olarak belirlenmesi ile de verilerin normal dağılımda oldukları onaylanmıştır. Gövde Formu verileri ve normal dağılım göstermeyen bazı verilerin Box-Cox lamda (λ) katsayıları hesaplanarak bu katsayıya uygun dönüşümleri yapılmış ve analiz edilmişlerdir.

Verilerin genetik varyasyon katsayıları (%CV_g) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\% CV_g = 100 * \text{Genetik varyansın karekökü } (\sigma_c) / \bar{x} \text{ (aritmetik ort.)}$$

İncelenen karakterler için klonlar arası farklılık olup olmadığını belirlemek ve varyans bileşenlerini hesaplamak için klonların parseldeki tek tek bireyleri (ramet) kullanılarak varyans analizleri yapılmıştır. Varyans analizleri ve varyans bileşenlerin hesabında, SPSS 11.5 for WINDOWS (2002) paket programının GLM (General Linear Model) seçeneğinin UNIVARIATE ve VARCOMP alt seçeneği kullanılmıştır. Bu programlarda varyans analizlerinde UNIVARIATE, TYPE III Kareler toplamı (SS) seçeneği tercih edilmiştir. Varyans bileşenleri hesaplanırken bütün terimler rastlantısal olarak alınmış ve REML (restricted maximum likelihood) varyans bileşenleri metodu seçilmiştir. REML dengesiz verilerde varyans bileşenlerinin tahmininde etkili olmakta, dolayısıyla en az sapma ve en düşük standart hata ile genetik parametrelerin tahminini sağlamaktadır (Adams ve Ark., 1994, Huber ve Ark., 1994)

Verilerin analizinde kullanılan doğrusal model aşağıda verilmiştir.

$$Z_{ijk} = \mu + B_i + C_j + BC_{(ij)} + e_{ijk}$$

Eşitlikte, Z_{ijk} =i. bloktaki j. klonun k. rametine ait ortalama performans, μ =deneysel ortalama, B_i = i. blok etkisi, C_j = j. klonun etkisi, $BC_{(ij)}$ = Blok klon etkileşimi, e_{ijk} =deneysel hatadır.

Varyans analizi modelinde klonlar sabit (fixed), bloklar tesadüfî (random) olarak alınmıştır (Tablo 3). ANOVA modelinde sabit ve tesadüfî terimler yer aldığı için model, Model II veya Karma Model olarak anılmaktadır (Sokal ve Rohlf, 1995).

Varyans analiz modeli sabit ve rastgele terimleri ihtiva etmesi, kayıp veriler ve verilerin dengesiz (unbalanced) olması, doğrudan F-testlerinin yapılmasını engellemektedir (Kıss ve Yeh, 1988). F-testlerinde Satterwaite (1946)'ın Yaklaşık Test İşlemi Metodu uygulanarak her varyasyon kaynağı için yaklaşık hata terimi hesaplanmıştır.

Tablo 1. Deneme Alanlarında Uygulanan Varyans Analiz Modeli

Varyasyon Kaynağı Source of variation	s.d.* d.f.	Beklenen Kareler Ortalaması Expected mean squares
Bloklar (B) Replications (B)	b-1	$k_4\sigma_B^2 + k_5\sigma_C^2 + k_6\sigma_{CB}^2 + \sigma_e^2$
Klonlar (C) Clones	c-1	$k_2\sigma_C^2 + k_3\sigma_{CB}^2 + \sigma_e^2$
Blok Klon Etkileşimi	c(b-1)	$k_1\sigma_{CB}^2 + \sigma_e^2$
Hata Error	bcf-1	σ_e^2

* s.d.: Serbestlik derecesi, r: Blok sayısı (3), Klon sayısı, f: klon başına ortalama birey. σ_e^2 : Hata varyansı, σ_C^2 : Klon ortalamaları varyansı, σ_B^2 : Bloklara ait varyans, σ_{CB}^2 : Klon blok etkileşimine ait varyans, $k_1...k_6$: Varyans bileşenlerine ait katsayı (katsayılar Ek Tablo 5 te verilmiştir).

2.2.2. Kalıtım Derecesinin Hesabı

Klon ortalamaları düzeyindeki kalıtım derecesi (H_C^2) genetik varyansın fenotipik varyansa oranıdır (Falconer ve Mackay, 1996). Genetik varyans klon varyansının 1.0 katsayısı ile çarpımına eşittir. Klon düzeyindeki kalıtım derecesinin hesaplanmasında Namkong ve Ark, (1966) ve Shelbourne (1992) tarafından önerilen aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$H_C^2 = \frac{\sigma_C^2}{\sigma_e^2/k_1 + \sigma_{BC}^2/k_2 + \sigma_C^2} \bar{x}$$

Formülde $H_C^2 = x$ karakterine ait klon ortalaması düzeyindeki kalıtım derecesi, $\sigma_C^2 = x$ klon varyansı, σ_e^2 =hata varyansı, σ_{BC}^2 = blok klon etkileşimine ait varyans, k_1, k_2 = Anova modelinde verilen katsayıdır (Ek Tablo 5).

2.2.3. Genetik Kazancın Hesabı

Genetik kazancın mutlak ve yüzde olarak hesaplanmasında Shelbourne (1992) tarafından önerilen aşağıdaki formül uygulanmıştır.

$$\Delta G_C = i_1(k)\sigma_G^2/\sigma_P$$

$$\% \Delta G_C = (i_1(k)\sigma_G^2/\sigma_P + \bar{x}) \bar{x} * 100 - 100$$

Eşitlikteki ΔG_C = Klon seleksiyonundan elde edilen mutlak Genetik Kazancı, $\% \Delta G_C$ = Yüzde Genetik Kazancı, σ_G^2 = eklemeli genetik varyansı, σ_P = Fenotipik varyansın karekökünü, i_1 = Klonlar arasında yapılan seleksiyon yoğunluğunu, \bar{x} = deneme alanı ortalaması, (k)=Benzerlik oranı (k) kalıtım derecesinin hesaplanmasında yarım kardeş döllerde bu rakam 4.0 olarak alınır iken klonal çalışmalarda (1.0) olarak alınmaktadır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Çap Gelişimine Ait Bulgular

Klonların 7. yaş çap ölçülerine uygulanan varyans analizi sonucu; bloklar arasında önemli farklılıklar bulunmaz iken klonlar ve blok klon etkileşimleri arasında 0.001 olasılık derecesinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir (Tablo 2). Klonlar arasında istatistiksel anlamda önemli farklılıkların tespit edilmesi ile klonların çap verilerine uygulanan Duncan testi sonucu 16 alt grup oluşmuştur. İlk grubu 192 ve 201 No'lu klonlar sırasıyla 25.3 ve 24.7 cm çapla oluşturmuşlardır. Son grubu ise 5 farklı klon oluşturmuştur. En düşük çap gelişimini 227 No'lu klon 15.8 cm çap ile yapmıştır (Ek Tablo 1). Deneme alanını ortalama çapı 20.2 cm olarak belirlenmiştir. *E.camaldulensis*' in tohumdan yetiştirilen fidanlarla yapılan bir çalışmada 10. yaşta ortalama çapın 23.1 cm olduğu tespit edilmiştir (Avcıoğlu ve Acar, 1984). Oysa yapılan bu çalışmada en iyi gelişmeyi gösteren klon daha yedinci yaşta 25.3 cm çapa ulaşmıştır. Bu da klonal ağaçlandırmalar yapmakla önemli oranda verim artışı sağlanabileceğinin işaretidir.

Tablo 2. Karakterlere Uygulanan Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	ÇAP		BOY		HACİM		G.FORMU	
	S.D	K.O	S.D	K.O	S.D	K.O	S.D	K.O
Blok	5	0.27ns	5	90.10***	5	40.69*	5	245.52***
Klon	35	1.26***	36	84.50***	35	130.20***	35	246.97***
Blok*Klon	171	0.16***	171	10.67***	171	14.28***	171	26.24***
Hata	648	0.06	648	3.69	648	5.42	648	15.96

S.D: Serbestlik Derecesi, K.O: Kareler Ortalaması, ns: Önemli farklılık yoktur. *: 0.05 olasılık derecesinde anlamlı, ***: 0.001 olasılık derecesinde anlamlı

Varyans bileşenlerinin çoğunluğu (%37.3) klonlar arası farklılıktan meydana gelmektedir (Tablo 3). Hesaplanan genetik parametreler arasında çap için klonal bazda kalıtım derecesi ($H^2_c=0.89$) yüksek bulunmuştur. Bu değer klonal çalışmalar için normaldir zira rametler genetik olarak birbirlerinin kopyasıdır.

Tablo 3. Verilerin Varyans Bileşenleri ve Bazı Genetik Parametreler

Parametreler		ÇAP	BOY	HACİM	G.FORMU
σ^2_B	Değer	0.001	0.60	0.165	1.821
	%	0.5	6.1	1.2	5.9
σ^2_C	Değer	0.05	3.82	5.648	10.256
	%	37.3	38.5	41.8	33.5
σ^2_{BC}	Değer	0.02	1.77	2.235	2.524
	%	17.3	17.9	16.5	8.2
σ^2_e	Değer	0.06	3.73	5.474	16.012
	%	44.9	37.6	40.5	52.4
σ^2_T		0.10	9.92	13.52	30.61
σ^2_G		0.05	3.82	5.648	10.256
σ^2_P		0.056	4.32	6.31	11.455
%CV _g		5.0	8.6	13.3	20.7
H^2_c		0.89	0.89	0.90	0.90
	S. Sapma	0.03	0.03	0.03	0.03
ΔG^{**}	Mutlak	0.33*	2.83 (m)	3.47*	4.67*
	%	7.3	12.4	19.4	30.2

σ^2_B : Blok varyansı, σ^2_C : klon varyansı, σ^2_{BC} : blok klon etkileşimi varyansı, σ^2_e : Hata varyansı, σ^2_T : Toplam varyans, σ^2_G : Eklemeli genetik varyans ($1*\sigma^2_C$), σ^2_P : Fenotipik varyans ($\sigma^2_G + \sigma^2_e/k1 + \sigma^2_{BC}/(k2/k1)$), H^2_c : Klon ortalamaları kalıtım derecesi **:Seleksiyon oranı(5/36), Seleksiyon yoğunluğu ($i_1=1.542$), %CV_g: Genetik varyasyon katsayısı, * dönüştürülmüş değerler

Hesaplanan genetik kazanç (ΔG) çap için 0.33, % 7.3 olarak hesaplanmıştır (Tablo 3). Elde edilen bu genetik kazanç tohumdan yetiştirilen fidanlara nazaran elde edilecek kazanç olmayıp, denemede kullanılan 36 klon arasında en iyi çap gelişmesi yapan ilk beş klonun seçilmesi sonucu elde edilecek kazançtır.

3.2. Boy Gelişimine Ait Bulgular

Klonların 7. yaş boy ölçülerine uygulanan varyans analizi sonucu; bloklar, klonlar ve blok klon etkileşimleri arasında 0.001 olasılık derecesinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir (Tablo 2). Klonlar arasında istatistiksel anlamda önemli farklılıkların tespit edilmesi ile klonların boy verilerine uygulanan Duncan testi sonucu aynen çap ta olduğu gibi 16 alt grup oluşmuştur. İlk grup içerisinde 6 farklı klon yer almıştır. İlk grup içerisinde yer alan 188 ve 201 No'lu klonların boyları sırasıyla 25.8 ve 25.2 m olarak ölçülmüştür. Son grubu ise 227 No'lu klon 16.3 m ile tek başına oluşturmuştur. Bu klon çap gelişimi yönünden de en son sırada yer almıştır (Ek Tablo 2). Deneme alanının ortalama boyu 22.7 m olarak belirlenmiştir. Karabucak/Tarsus'ta kurulan *E.camaldulensis* orijin denemesinde en iyi gelişmeyi gösteren karabucak orijini, onuncu yaş sonunda 24.72 m. (Avcıoğlu ve Acar, 1984) diğer bir çalışmada ise 20.3 m. ortalama boy gelişmesi elde edilmiştir (Avcıoğlu ve Gürses, 1986). Kongo'da okaliptüs melezi ile yapılan klonal çalışmada ise 5.5 yaşında ortalama 17.58 m (7 cm uç çapa kadar) boy gelişmesi tespit edilmiştir (Bouvet ve Bailleres, 1995). Bu sonuçlarla çalışma sonucunda elde edilen veriler karşılaştırıldığında ilk grup içerisinde yer alan 188 ve 201 No'lu klonların 25.8, 25,2 m lik boy gelişimi yaptığı düşünülürse bu çalışmada kullanılan klonlar arsında yapılacak seçimle boy gelişiminde büyük oranda artış elde edilebileceği görülmektedir.

Varyans bileşenlerinin çoğunluğu (%38.5) klonlar arası farklılıktan meydana gelmektedir (Tablo 3). Hesaplanan genetik parametreler arasında boy için klonal bazda aynen çapta olduğu gibi kalıtım derecesi ($H^2_c=0.89$) yüksek bulunmuştur. Bu değer klonal çalışmalar için normaldir zira rametler genetik olarak birbirlerinin kopyasıdır.

Hesaplanan genetik kazanç (ΔG) boy için 2.83 m, % 12.4 olarak hesaplanmıştır (Tablo 3). Boy için hesaplanan kazanç oranı çap göre daha yüksek bulunmuştur. Elde edilen bu genetik kazanç tohumdan yetiştirilen fidanlara nazaran elde edilecek kazanç olmayıp, denemede kullanılan 36 klon arasında en iyi boy gelişmesi yapan ilk beş klonun seçilmesi sonucu elde edilecek kazançtır.

3.3. Tek Ağaç Hacmine Ait Bulgular

Klonların 7. yaş için hesaplanan tek ağaç hacimlerine uygulanan varyans analizi sonucu; bloklar arasında 0.05 düzeyinde klonlar ve blok klon etkileşimleri arasında 0.001 olasılık derecesinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir (Tablo 2). Klonlar arasında istatistiksel anlamda önemli farklılıkların tespit edilmesi ile klonların tek ağaç hacimlerine uygulanan Duncan testi sonucu yine çap ve boyda olduğu gibi 16 alt grup oluşmuştur. İlk grup içerisinde 4 farklı klon yer almıştır. İlk grup içerisinde yer alan 201 ve 192 No'lu klonların hacimleri eşit ve 520.6 dm³ olarak belirlenmiştir. Bu her iki klon çap gelişiminde de ilk sırayı almışlardır. 201 No'lu klon aynı zamanda boy gelişiminde de ikinci sırayı almıştır. Son grubu ise 227 No'lu klon 138.1 dm³ ile tek başına oluşturmuştur (Ek Tablo 3). Bu klon çap ve boy gelişimi yönünden de en son sırada yer almıştır. Deneme alanının ortalama tek ağaç hacmi 331.6 dm³ olarak belirlenmiştir.

Varyans bileşenlerinin çoğunluğu yine çap ve boy da olduğu gibi klonlar arası farklılıktan meydana gelmektedir (Tablo 3). Hesaplanan genetik parametreler arasında hacim için klonal bazda aynen çap ve boy da olduğu gibi kalıtım derecesi ($H^2_c=0.90$) yüksek bulunmuştur. Bu değer klonal çalışmalar için normaldir zira rametler genetik olarak birbirlerinin kopyasıdır.

Hesaplanan genetik kazanç (ΔG) tek ağaç hacmi için mutlak olarak 3.47, yüzde olarak ise % 19.4 hesaplanmıştır (Tablo 3). Hacim için hesaplanan kazanç oranı çap ve boyda göre daha yüksek bulunmuştur. Elde edilen bu genetik kazanç tohumdan yetiştirilen fidanlara nazaran elde edilecek kazanç olmayıp, denemede kullanılan 36 klon arasında en iyi hacim gelişmesi yapan ilk beş klonun seçilmesi sonucu elde edilecek kazançtır.

3.4. Gövde Formuna Ait Bulgular

Deneme alanında bulunan 36 klona ait bireylerin oluşturulan gövde formu ıskalasına göre 1 den 5'e kadar (1: en kötü, 5: en iyi) verilen rakamlara uygulanan varyans analizi sonucu; bloklar, klonlar ve blok klon etkileşimleri arasında 0.001 olasılık derecesinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir (Tablo 2). Klonlar

arasında istatistiksel anlamda önemli farklılıkların tespit edilmesi ile klonların gövde formlarına uygulanan Duncan testi sonucu 9 alt grup oluşmuştur. İlk grup içerisinde 7 farklı klon yer almıştır. İlk grup içerisinde yer alan 201 ve 191 No'lu klonların gövde formları sırasıyla 4.9 ve 4.7 olarak belirlenmişlerdir. Yani en düzgün gövde formuna sahip klonlardır. 201 no'lu klon bütün karakterlerde ilk sırayı almıştır. Son grubu ise 14 farklı klon oluşturmuştur. Bunların içerisinde en son sırada yer alan 227 No'lu klon 3.3 değerle en son sırada yer almıştır (Ek Tablo 4). Bu klon çap, boy ve hacim gelişimi yönünden de en son sırada yer almıştır. Deneme alanının ortalama gövde formu 4.1 olarak belirlenmiştir.

Varyans bileşenlerinin çoğunluğu yine çap, boy ve hacim de olduğu gibi klonlar arası farklılıktan meydana gelmektedir (Tablo 3). Hesaplanan genetik parametreler arasında gövde formu için klonal bazda aynen çap ve boy da olduğu gibi kalıtım derecesi ($H^2_c=0.90$) yüksek bulunmuştur. Bu değer klonal çalışmalar için normaldir zira rametler genetik olarak birbirlerinin kopyasıdır.

Hesaplanan genetik kazanç (ΔG) gövde formu için mutlak olarak 4.67, yüzde olarak ise % 30.2 hesaplanmıştır (Tablo 3). Gövde formu için hesaplanan kazanç oranı hesaplanan diğer karakterlere göre en yüksek olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bu genetik kazanç tohumdan yetiştirilen fidanlara nazaran elde edilecek kazanç olmayıp, denemede kullanılan 36 klon arasında en iyi gövde formunu yapan ilk beş klonun seçilmesi sonucu elde edilecek kazançtır.

4. Sonuç Ve Öneriler

Karabucak / Tarsus'da kurulan 1998 yılında kurulan *E. camaldulensis* klon denemesi alanının 7. yaş sonu verilerine göre; bütün karakterlerde klonlar arasında istatistiksel anlamda önemli oranda farklılıklar bulunmaktadır. Yine varyans bileşenlerinin toplam varyansa göre önemli miktardaki oranı klonlar arasında bulunmaktadır. Klonlar arasında yapılan sıralamada bütün karakterlerde en iyi gelişmeyi 201 No'lu klon, 227 No'lu klon ise bütün değerlerde en sonuncu sırada yer almıştır.

Hesaplanan klon ortalaması kalıtım dereceleri (H^2_c) bütün karakterler için yüksek olarak belirlenmiştir.

Klon denemesi sonucu en iyi performansı gösteren ilk beş klon seçilerek ağaçlandırmalarda kullanıldığı takdirde elde edilebilecek genetik kazanç (ΔG) ise çap için %7.3, boy için %19.4, tek ağaç hacmi için %19.4, gövde formu için %30.2 olarak hesaplanmıştır. En yüksek kazanç gövde formu düzgünlüğünde ve daha sonra da tek ağaç hacminde olmuştur. Elde edilen bu genetik kazanç tohumdan yetiştirilen fidanlara nazaran elde edilecek kazanç olmayıp, denemede kullanılan 36 klon arasında en iyi performansı gösteren ilk beş klonun seçilmesi sonucu elde edilecek kazançtır. Tohumdan yetiştirilen fidanlarla kıyaslandığında elde edilebilecek kazancın daha yüksek olacağı açıktır.

Bu çalışma sonucunda fenotipik olarak seçilen klon taslaklarının denemelerde test edilip, üstünlükleri belirlendikten sonra uygulamaya aktarılmasının gerekliliği de ortaya çıkmıştır. Zira tek ağaç hacmi yönünden en iyi gelişim gösteren klon ile en kötü performansı gösteren klon arasında yaklaşık 400 dm³ 'e varan fark bulunmaktadır. Okaliptüs ağaçlandırmalarında birim alandan en yüksek verimi alabilmek için seçilmiş klonlarla ağaçlandırmaların yapılması yerinde olacaktır. Bu çalışma sonucu en iyi performans gösteren 201,188, 244 ve 223 No'lu klonların öncelikle ağaçlandırmalarda kullanılması önerilebilir.

Kaynaklar

- Adams, W.T., White, T.L., Hodge, G.R. and Powel, G.L., 1994. Genetic parameters for bole volume in long leaf pine: Large sample estimates and influences of test characteristics. *Silva Genetica*, 43 (5/6): 357-366
- Avcıoğlu, E., 1990. Okaliptüs Yetiştiriciliği, İşletmesi. Türkiye'de Okaliptüs Yetiştiriciliğinin 50. Yılı, Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi, Sayı 1990/1, s. 21-49, İzmit.
- Avcıoğlu, E. ve Acar, O., 1984. Eucalyptus camaldulensis Dehn. Orijin Mukayese Araştırması. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Yıllık Bülten No. 20, s. 71-111, İzmit.
- Avcıoğlu, E. ve Gürses, M.K., 1986. Türkiye Mukayese Okaliptetumları Araştırma Sonuçları. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Yıllık Bülten No. 22, s. 67-112, İzmit.

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

- Avcıoğlu, E. ve Gürses, M.K., 1988. *Eucalyptus grandis* Orijin Denemesi. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No. 142, İzmit.
- Birler, A.S., Koçar, S., Avcıoğlu, E., Diner, A., Gürses, M.K., Gülbaba, A.G., 1995: Okaliptüs Ağaçlandırmalarında Hacim ve Kuru Madde Hasılatı (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.). Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No. 171, s. 188, İzmit.
- Birler, A.S., 1995. Ormanlarımızın korunması için Endüstriyel Plantasyonların Önemi. TEMA Vakfı Yayınları, No. 8, s. 28, İzmit.
- Bouvet, J.M., Bailleres, H., 1995. Expression of Some Growth and Wood Property Traits Among *Eucalyptus urophylla* x *grandis* Clones in Congo. *Eucalypt Plantations: Improving Fibre Yield and Quality* (Eds. B.M. Potts, N.M.G. Borralho, J.B. Reid, R.N. Cromer, W.N. Tibbits and C.A. Raymond) Proc. CRC-IUFRO Conf., 19-24 Feb.(CRC for Temperate Hardwood Forestry:Hobart), s. 89-92, Hobart.
- Chaperon, M., 1983: Clonal Propagation of *Eucalyptus* by Cutting in France. Presented at workshop on *Eucalyptus* in California, June 14-16 Sacramento, California.
- Eldridge, K., Davidson, J., Harwood, C., Wyk, V.G., 1994. *Eucalypt Domestication and Breeding*. Oxford Science Publications, Clarendon Press, s.288, Oxford.
- Falconer, D.S. and Mackay, T.F.C., 1996. *Intoduction to Quantative Genetics*. Logman Group Ltd. 4. Edition.
- Gülbaba, A.G., 1995. Doğu Akdeniz Ormançılık Araştırma Enstitüsü Okaliptüs Islah Çalışmaları. DOA Dergisi No.1, s.12-19, Tarsus.
- Gülbaba, A.G., 1997: Çelikle Okaliptüs Fidanı Yetiştirilmesi Teknikleri. DOA Dergisi No.3, s.17-38, Tarsus.
- Gürses, M.K., 1990: Dünya'da ve Türkiye'de Okaliptüs. Türkiye'de Okaliptüs Yetiştiriciliğinin 50. Yılı, Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi, Sayı 1, s.1-19, İzmit.
- Huber, D.A., White, T.L. and Hodge, G.R., 1994: Variance component estimation techniques compared for two mating designs with forest genetic architecture through computer simulation. *Theoretical and Applied Genetics*, 88: 236-242.
- Kalıpsız, A., 1981: İstatistik Yöntemler. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No:294. İstanbul.
- Kiss, G. and Yeh, F.C., 1988: Heritability estimates for height for young interior spruce in British Columbia. *Canadian Journal of forest Research*, V.18, Nu:2
- Namkong, G., Synder, E.B. and Stonecyper, R.W., 1966. Heritability and gain concepts for evaluating breeding systems such as seedling sed orchards. *Silvae Genetica*, 15(3): 61-100
- Satterwaite, F.E., 1946: An approximate distiribution of estimates of variance components. *Biom. Bull.* 2:110-114.
- Shelbourne, C.J.A., 1992: Genetic Gains From Different Kinds of Breeding Population and Seed or Plnat Production Populations. *South African Forestry Journal*, No160, Pretoria, S:A.
- Sokal, R. R., Rohlf, F. J. 1995. *Biometry*. Third Edition. W.H. Freeman and Company, New York, 887 pp.
- Ürgenç, S., 1982: Orman Ağaçları Islahı. İ.Ü. Yayın No: 2836, Orman Fak. Yayın No: 293, 1982, s. 414, İstanbul.

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

EkTablo 1. Çap verileri Duncan Testi Sonuçları

Klon No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
192	25.3															
201	24.7	24.7														
223		23.5	23.5													
188		23.1	23.1	23.1												
226			22.8	22.8	22.8											
244			22.6	22.6	22.6	22.6										
193				21.9	21.9	21.9	21.9									
269				21.7	21.7	21.7	21.7									
204				21.4	21.4	21.4	21.4	21.4								
197					21.2	21.2	21.2	21.2	21.2							
190						20.8	20.8	20.8	20.8							
232							20.6	20.6	20.6	20.6						
129						20.3	20.3	20.3	20.3	20.3						
183							20.7	20.7	20.7	20.7						
123							20.4	20.4	20.4	20.4	20.4					
224							20.3	20.3	20.3	20.3	20.3					
229								20.4	20.4	20.4	20.4					
298								20.1	20.1	20.1	20.1					
234									19.9	19.9	19.9					
119									19.8	19.8	19.8					
191									19.8	19.8	19.8					
235										19.5	19.5	19.5				
128										19.5	19.5	19.5				
225										19.5	19.5	19.5				
51										19.0	19.0	19.0				
185											18.8	18.8	18.8			
112											18.4	18.4	18.4			
96												18.2	18.2	18.2		
40												18.1	18.1	18.1		
275													17.9	17.9		
317														17.7	17.7	17.7
184															17.2	17.2
222																17.1
236																16.9
70																16.7
227																15.8

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

Ek Tablo 2. Boy Verileri Duncan Testi Sonuçları

	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
227	16.3															
70		19.3														
317		19.8	19.8													
40		20.0	20.0	20.0												
222		20.2	20.2	20.2	20.2											
235		20.5	20.5	20.5	20.5											
225			21.0	21.0	21.0	21.0										
112			21.0	21.0	21.0	21.0										
185				21.1	21.1	21.1	21.1									
184				21.2	21.2	21.2	21.2									
236					21.4	21.4	21.4	21.4								
275						21.8	21.8	21.8								
229						21.9	21.9	21.9								
232						22.1	22.1	22.1	22.1							
298						22.2	22.2	22.2	22.2							
96							22.3	22.3	22.3	22.3						
51							22.4	22.4	22.4	22.4						
234								22.6	22.6	22.6	22.6					
197									23.2	23.2	23.2	23.2				
269									23.3	23.3	23.3	23.3				
190										23.6	23.6	23.6	23.6			
129										23.6	23.6	23.6	23.6			
119											23.8	23.8	23.8	23.8		
193												23.9	23.9	23.9	23.9	
123													23.9	23.9	23.9	23.9
224														24.2	24.2	24.2
192															24.2	24.2
128																24.3
226																24.5
191																24.5
204																24.7
183																24.7
223																24.8
244																25.0
201																25.2
188																25.8

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

Ek Tablo 3. Tek Ağaç Hacimleri Duncan Testi Sonuçları

KLON NO	Alt Gruplar															
	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
227	138.1															
70		197.5														
222		212.0	212.0													
317		216.0	216.0													
236		223.0	223.0	223.0												
184		232.3	232.3	232.3	232.3											
40		225.5	225.5	225.5	225.5											
275			249.0	249.0	249.0	249.0										
185				264.0	264.0	264.0	264.0									
96				263.4	263.4	263.4	263.4									
235				264.0	264.0	264.0	264.0									
112					242.8	242.8	242.8	242.8								
51					283.3	283.3	283.3	283.3								
225						285.4	285.4	285.4	285.4	285.4						
298							305.2	305.2	305.2	305.2						
234							310.0	310.0	310.0	310.0						
232							321.3	321.3	321.3	321.3						
229								325.9	325.9	325.9	325.9					
128									326.6	326.6	326.6					
119									328.4	328.4	328.4					
129										341.1	341.1	341.1				
123										349.0	349.0	349.0				
191										349.6	349.6	349.6				
190										353.5	353.5	353.5				
197										356.3	356.3	356.3				
224										361.6	361.6	361.6				
183											373.9	373.9	373.9			
269											376.6	376.6	376.6			
204												388.7	388.7	388.7		
193												400.5	400.5	400.5		
226													433.0	433.0	433.0	
244														443.0	443.0	
223															466.8	466.8
188															473.3	473.3
192																520.6
201																520.6

Ek Tablo 4. Gövde Formu Duncan Testi Sonuçları

KLON NO	Subset								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1
275	3.3								
227	3.3								
225	3.4								
40	3.4	3.4							
112	3.5	3.5							
232	3.5	3.5							
229	3.5	3.5							
197	3.6	3.6							
185	3.6	3.6							
123	3.6	3.6							
129	3.6	3.6							
317	3.7	3.7							
269	3.7	3.7							
222	3.7	3.7							
193		3.8	3.8						
190			4.1	4.1					
192			4.1	4.1	4.1				
226			4.2	4.2	4.12	4.2			
236				4.3	4.3	4.3	4.3		
224				4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	
223				4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	
234				4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	
70				4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	
128				4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	
244				4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	
119				4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	
204				4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	
235				4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	
51				4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	
184					4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
96						4.6	4.6	4.6	4.6
188						4.6	4.6	4.6	4.6
298							4.6	4.6	4.6
183							4.6	4.6	4.6
191								4.7	4.7
201									4.9

Ek Tablo 5. Karakterlere Ait (k) Katsayıları

Varyasyon Kaynağı	ÇAP	BOY	HACİM	G.FORMU
Blok (k4)	126.2	126.2	126.2	126.2
Klon (k2)	21.75	21.75	21.75	21.75
Blok*Klon (k1)	3.99	3.99	3.99	3.99

Ahşap Tekne Yapımında Okaliptüsün Yeri ve Önemi

Bülent KAYGIN¹, Alper AYTEKİN²

¹ Bülent Kaygın, Yrd.Doç.Dr., ZKÜ Bartın Orman Fakültesi, 74100 – BARTIN, bulentkaygin@yahoo.com

² Alper Aytekin, Yrd.Doç.Dr., ZKÜ Bartın Orman Fakültesi, 74100 – BARTIN, alperaytekin@hotmail.com

Özet

Ahşap tekneler, deniz içinde kullanılmakta ve açık hava koşullarına dolayısıyla, güneş, yağmur, deniz suyu, dalga kuvveti, rüzgâr vb. birçok faktörün etkisine maruz kalmaktadırlar. Bu nedenle konstrüksiyon olarak sağlam olmaları, üretimlerinde kaliteli malzemelerin kullanılması ve iyi bir işçiliğin uygulanması gerekmektedir. Genelde ahşap tekne yapımında dikkat edilmesi gereken üç önemli husus vardır. Bunlar “ahşap malzeme seçimi, uygulanan konstrüksiyon ve yapıştırıcı madde seçimi” olarak sıralandırılabilir. Ahşap tekne imalatında birincil hammadde olan ahşap malzemenin seçimi, bu hususlar içerisinde en önemlisidir. Ahşap tekneler, yapım teknikleri ve ahşap tekneyi oluşturan elemanlar bakımından muhtelif kısımlarında farklı ağaç türlerinin kullanımını gerektirmektedir. Dolayısıyla bu ağaç türlerinin dikkatli ve özenli bir şekilde seçilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde teknik, ekonomik ve kalite yönünden büyük kayıplar yaşanması olasıdır. Ülkemiz için zaten sınırlı olan orman varlığımız hızla tükenmekte, yenilenmesi ise güç ve uzun süreli olmaktadır. Bütün bunlara paralel olarak, ağacın daha dikili halde iken kullanım alanlarını genişletmek ve rasyonel olarak kullanımını sağlamak için, bu malzemeden en az zayıyla ve optimum verimle yararlanma yollarının araştırılması gerekmektedir. Bu makalede, kâğıt endüstrisi, lif yonga sanayisi, mobilya, iç dekorasyon, lambri ve ambalaj gibi endüstriyel olarak birçok kullanım alanı olan Okaliptüsün, ahşap tekne yapımındaki yeri ve önemi hakkında bilgiler verilecektir.

Anahtar kelimeler: Okaliptüs, ahşap tekne, malzeme.

The Importance and the Areas of Use of Eucalyptus Wood in Wooden Shipboard Construction

Abstract

Wooden shipboards are exposed to a number of negative effects such as sunlight, rain, sea water, wave and wind forces etc. Therefore they must be durable and structurally sound and made from the materials of high quality with proper craftsmanship. Especially for wooden boat construction, constructors should pay attention to three matters. Those are, the selection of raw materials, applied construction method and the selection of adhesives. The most important part of the construction is the selection of wooden materials being the primary substance. Wooden boat construction requires different kinds of wood species regarding their areas of use. Thus careful selection of these materials gains more importance. Otherwise it would be possible to face serious technical, economical and quality losses. The forest resources in Turkey are limited, and the renewal process takes a lot of time and hard work. Therefore it is essential to investigate the utilization methods of trees when they are still alive with optimum productivity and minimum loss in order to increase the areas of use and to use wooden materials rationally. Eucalypt wood has various areas of use such as in paper industry, fiber and chipboard industry, furniture, interior design, wooden flooring and wall construction and wooden boxes. In this article, information regarding the importance and the areas of use of eucalypt wood in wooden shipboard construction was given.

Keywords: Eucalyptus, Wooden shipboards, material.

1. Giriş

Ülkeler arasındaki sınırların birer birer ortadan kalktığı, küreselleşme olgusunun dünyayı etkisine aldığı 21. yüzyılda, teknolojik gelişmelere bağlı olarak, toplumların ekonomik, kültürel ve sosyal yapıları da hızla gelişmiştir. Bu gelişme, diğer alanlarda olduğu gibi orman ürünlerine olan talebi de hızla arttırmıştır. Orman alanlarının plansız ve bilinçsizce yapılan aşırı tüketimler sonucunda hızla yok olması ve tahrip edilmesi, ahşap malzemenin daha verimli kullanımını zorunlu kılmıştır. Ülkemizde, hızlı gelişen endüstriyel orman plantasyonlarının teşvik edilerek yaygınlaştırılması ve bu yolla odun hammaddesi üretiminin artırılması, doğal ormanlarımızın korunmalarını emniyet altına almak açısından çok büyük önem taşımaktadır. Böylelikle doğal orman alanlarımız dışında yeni odun üretim kaynakları yaratılarak, doğal ormanlarımız üzerindeki odun hammaddesi talep baskısını hafifletmek mümkün olacaktır.

Ahşap, insanların ilk çağdan beri kullandığı organik bir malzemedir. Bu malzemeden zaman içerisinde çok sayıda madde ve mamul üretilmiştir. Neredeyse bugün hiç kimsenin ahşap ve ahşap ürünlerinden soyutlanarak yaşaması mümkün değildir. Polimer kimyasının ürünü olan sentetik maddelerin geliştirilmesi ve bazı alanlarda ahşap malzemelerin yerine kullanılmaya başlanmasıyla ahşabın önemini kaybedeceği ve zaman içinde kullanımının azalacağı iddiaları ortaya atılmış olmasına rağmen, ahşap tercih edilmeye devam etmiş, fert başına düşen ahşap tüketimi bütün dünyada sürekli olarak artmış ve artmaya devam etmektedir. Bunun başlıca nedeni, hiçbir malzemede birlikte bulunmayan birçok üstün özelliğe ahşabın topluca sahip olmasıdır (Özen, 1996).

Altı binden fazla kullanım alanına sahip olduğu bildirilen (Bozkurt, 1982) ahşap malzemenin kullanım alanlarından birisi de inceleme çalışmamızı teşkil eden ahşap tekne imalatıdır. Masif ağaç veya kereste, ahşap tekne imalatı endüstrisinde daima birincil malzeme olmuştur. Günümüzde, tekne yapımında kullanılan malzemelerden hiç biri heterojen özellikteki estetik yapıları ahşabın yerini alamamıştır. Özellikle gezi ve seyahat amaçlı yat ve kotra tipi teknelerde kullanılan ahşap malzeme, aşağıdaki faydalı yönlerinden ötürü en tercih edilen malzeme olagelmıştır:

- Hafifliğine rağmen statik ve dinamik direncinin yüksek olması,
- Diğer malzemelere (çelik, fiberglas, plastik vb.) oranla daha kolay işlenebilirliği,
- Estetik özelliğinin iyi olması,
- Aşınan ve yıpranan kısımların kolayca onarılması,
- Aşırı zorlanma ve darbelerde, mukavemeti farklı yönlere dağıtarak absorbe etmesi ve sağlam bir yapı vermesi.

Tekne yapımında kullanılan ahşabın alternatifi olan malzemelerden çelik, korozyonel bir materyal olmasından; elyafli plastik malzemeler ise, mor ötesi (UV) ışıklardan etkilenmelerinden ötürü sakıncalıdır. Fiberglas kullanımı, özellikle kalıp yardımı ile tekne kısmının şekillendirilmesinde, hem kolaylık hem de az işçilik gerektirdiği için cazip olmaktadır. Ancak, fiberden yapılan tekneler, gerek dayanım açısından gerekse seri üretimin kaçınılmaz sonucu olan tekdüze tasarım açısından (aynı tip modelden onlarca, hatta yüzlerce olması gibi), tüketiciye monotonluğun verdiği bir itici faktör olarak yansımıştır. Sonuç olarak, tüketici eğilimi kaliteli, özgün ve orijinal çalışmalar üzerinde odaklaşmakta olup, bu ise tüketici davranışına; alternatif malzemelere oranla yapısı daha estetik olan ahşap malzemenin seçilmesi olarak yansımaktadır. İşte bu olumlu özelliklerinden ötürü ahşap malzeme, günümüz tekne imalatı endüstrisinde alternatifi olan diğer malzemelere oranla halen daha iyi bir konumdadır (Kaygın ve Aytekin, 2005).

Tekne yapımında, ahşap malzeme ve konstrüksiyon kadar önemli bir diğer husus ise, kullanılan yapıstırıcı maddelerdir. Tekne yapımında kullanılacak yapıstırıcı maddeler; ekstrem iklim koşulları ve suyun bozucu etkilerine maruz kalacağından, özellikle suya dirençli tipte olmalıdırlar, kullanılan ahşap malzeme ile iyi uyum sağlamalı ve birleştirilen parçalarda oluşan tutkal tabakasının yapışma direnci çok yüksek olmalıdır. Ancak tutkal tabakasının yapışma direncinin çok yüksek olması tek başına yeterli değildir. Aynı zamanda tutkal tabakası bu yüksek direnç özelliğini, uzun yıllar boyunca da muhafaza etmelidir (Kaygın, 2002).

Bugün dünya çapında 800.000 kişinin yat ve tekne imalat, servis, bakım ve onarım sanayisinde çalıştığı ve bu endüstrinin yıllık 40-50 Milyar Dolarlık bir ciroya sahip olduğu, istatistik verilerde yer almaktadır. Verilen rakamlarda da görüldüğü üzere, yat ve tekne imalat sektörü bulunduğu ülke ekonomisi içinde oldukça büyük bir ekonomik güç ve istihdam olanağına sahiptir (Dentur, 2008).

Türkiye, üç tarafı denizlerle çevrili olması ve uzun bir sahil şeridine sahip olması nedeniyle, ahşap tekne imalatçılığına gerekli özen ve önemi göstermelidir. Bu sayede, limanlarımızı süsleyen çoğu yabancı bandıralı birbirinden farklı modellerdeki ahşap yatların ülkemizde üretilip, tamir ve bakımlarının yapılması ile ülke ekonomisi için ayrı bir gelir kaynağı teşkil edilmiş olacaktır.

Yapılan ulusal ve uluslararası literatür araştırması sonucunda, özellikle ulusal bazda okaliptüs odununun ahşap tekne yapımında kullanımına ilişkin hiçbir bilimsel çalışmanın olmadığı, uluslararası literatüre göre ise, çeşitli okaliptüs türlerinin ahşap tekne yapımında hammadde olarak kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu

çalışma kapsamında, öncelikle ahşap tekne yapımında kullanılan önemli ağaç türleri tanıtılmış ve bu ağaç türlerinin bazı özellikleri ile teknenin hangi kısımlarında kullanıldıklarına ilişkin bilgiler verilmiştir. Daha sonra çalışmanın asıl amacı olan dünyada ahşap tekne yapımında kullanılan bazı okaliptüs türleri hakkında genel bilgiler verilmiştir.

2. Ahşap tekne yapımında kullanılan önemli ağaç türleri

Ağaç malzeme doğal organik, higroskopik, anizotrop ve heterojen bir yapıya sahip olduğundan dolayı, ağaç türleri kendi cinsleri arasında dahi oldukça farklı karakteristiklere sahiptir. Bu yüzden çeşitli kullanım yerlerinde hammadde olarak kullanımında olası ekonomik kayıpların yaşanmaması için, ağaç türlerinin kimyasal, fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, ahşap tekne imalatında birincil hammadde olan ahşap malzemenin seçiminde göz önünde bulundurulması gereken hususlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Tekne yapımında kullanılacak ahşap malzeme, ağır iklim koşullarına (yağmur, dolu, rüzgar vb.) ve hava rutubetinin bozucu etkilerine karşı dayanıklı olmalıdır. Yani tekne imalatında, fiziksel olarak daralma ve genişleme yüzdeleri düşük ağaç türleri tercih edilmelidir.
- Kullanım yerinde, tekne iskeletini oluşturan taşıyıcı elemanlar (omurga, postalar, döşekler vb.) sürtünme, çarpma ve aşınma gibi mekanik etkilere maruzdur. Bu nedenle, özellikle taşıyıcı görevini üstlenen ahşap elemanların fiziksel ve mekaniksel direnç özellikleri yüksek olmalıdır.
- Tekne konstrüksiyonunda, tekneyi oluşturan bazı elemanlar (postalar, paraçol vb.) şekil olarak eğri ağaç malzemedен yapılmaktadır. Bu elemanların yapımı içinse, doğal olarak eğri büyümüş, bükülme özellikleri yüksek, budaksız ve düzgün lifli ağaç türleri kullanılmalıdır. Tekne konstrüksiyonunda, yapıştırıcı maddeler yardımıyla birbirlerine çeşitli birleştirme şekilleriyle yapıştırılan ağaç malzemelerin, kullanılan yapıştırıcı maddelerle iyi uyum sağlaması ve çok sağlam bir yapışma direnci göstermesi gerekir.
- Kullanılacak ahşap malzeme, boya, vernik, cila vb. üst yüzey işlemlerine uygun olmalıdır.
- Aletlerle işlenmesi kolay, çivi, vida ve diğer birleştirici bağlantı elemanları ile konstrüksiyonel olarak tutunmaları sağlam olmalıdır.
- Ahşap tekne, denizde yaşayan ve ağaç malzemeyi tahrip eden biyolojik odun zararlılarının da tehdidine maruz kalmaktadır. Bu zararlıların en önemlileri, *Terodo navalis* L. (Oyucu midye) ve *Limnoria lignerum* Sars (Delici tespih böceği)'dir. Bu canlılar, gerek beslenmek ve gerekse barınmak amacıyla oduna arız olmakta ve odun içerisinde açtıkları yollarla odunu tahrip etmektedirler. Bu zararlıların oduna arız olmasını engellemek amacıyla, özellikle suyla temas eden ahşap kısımlar katran yağı ya da epoksi reçinesiyle emprenye edilmektedir (Tooper, 2001). Buradan da anlaşılacağı üzere, tekne yapımında kullanılacak ahşap malzemenin koruyucu maddelerle emprenye edilebilme özelliğinin yüksek olması gerekmektedir. Ancak, emprenye işleminin yapışma direnci ile ilişkisi de önemlidir. Nitekim Özen, Sönmez ve Altınok (1997), "Emprenye İşleminin Yapışma Direncine Etkisi" konulu araştırmalarında, emprenye işleminin yapışma direncini azalttığını bildirmektedirler.

Ahşap tekne yapımında kullanılacak ağaç türlerinin seçiminde dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli husus da tekne konstrüksiyonudur. Öyle ki, ahşap tekne su yüzeyinde iken çeşitli yönlerden gelen fiziksel güçlerin etkisi altındadır. Bu nedenden ötürü, teknenin taşıyıcı yapısının çok sağlam olması gerekmektedir. Bu sağlam yapıyı oluşturan ise, teknenin iskeletidir. Tekne iskeletini oluşturan enine ve boyuna ahşap yapı elemanları, birbirleriyle çeşitli birleştirme şekilleriyle birleştirilmektedir. Ahşap tekne konstrüksiyonunda en çok kullanılan birleştirme şekilleri düz birleştirme ve geçmeli birleştirmedir. Bu birleştirmelerde büyük ölçüde yapıştırıcı maddeler kullanılmakta olup, çivi, vida ve civata gibi mekanik bağlama elemanları da bunlarla kombine olarak kullanılmaktadır. Tekne taşıyıcı elemanları arasındaki bu birleştirmeler fevkalade sağlam olmalıdır. Çünkü bu birleştirmelerde oluşacak bir deformasyon, teknenin tamamının hasara uğramasına ve hatta teknenin batmasına bile yol açabilir. Tüm bu nedenlerden dolayı, ahşap tekne yapımında iyi bir işçilik ve çok iyi bir konstrüksiyon uygulanmalıdır. Aksi takdirde, telafisi zor ekonomik kayıplar meydana gelecektir.

Türk Loydu'nda "Yatların Yapımı ve Klaslanmasına İlişkin Kurallar" belirtilmiş olup, ahşap tekne konstrüksiyonunda kullanılacak ahşap malzemenin seçim esasları da çizelgeler halinde verilmiştir. Buna göre, tekne konstrüksiyonunda kullanıma uygun ahşap cinsleri Tablo 1'de görüldüğü gibidir (Türk Loydu, 2000).

Tablo 1. Tekne yapımında kullanılan ahşap malzemelerin ana fiziksel/mekanik özellikleri (Türk Loydu, 2000).

Ticari adı	Orijini (1)	Bilimsel adı (2)	Özgül ağırlık [kg/m ³]	Doğal dayanıklılık (3)	Emprenye işleme uygunluk (3)	Mekanik özellikler (4)			
						Rf [N/mm ²]	Ef [N/mm ²]	Rc [N/mm ²]	Rt [N/mm ²]
Ak dut	Türkiye	Morus alba	650	C/D	2	-	-	41	-
Doussie'	Afrika	Azalia spp	800	A	4	114	16000	62	14,0
Iroko	Afrika	Chlorophora excelsa	650	A/B	4	85	10000	52	12,0
Larch	Avrupa	Larix decidua	550	C/D	3/4	89	12800	52	9,4
Karaağaç	Avrupa	Ulmus spp	650	D	2/3	89	10200	43	11,0
Karaağaç	Türkiye	Ulmus carpihifolia	680	C/D	2	89	11000	56	8,5
Kara çam	Türkiye	Pinus nigra	560	C/D	1	110	11300	48	6,7
Kestane	Avrupa	Castanea spp	600	B	4	59	8500	37	7,4
Kestane	Türkiye	Castanea sativa	630	B	4	77	9000	50	8,5
Khaya	Afrika	Khaya spp	520	C	4	74	9600	44	10,0
Kızıl çam	Türkiye	Pinus brutia	570	C/D	1	82	8732	45	7,3
Kök nar	Amerika	Pseudotsuga menziesii	500	C/D	3/4	85	13400	50	7,8
Kök nar	Türkiye	Abies cilicica	680	C/D	3	84	10600	47	6,6
Makoré	Afrika	Tieghemella spp	660	A	4	86	9300	50	11,0
Ak meşe	Amerika	Quercus spp	730	B/C	4	120	15000	65	12,6
Saplı meşe	Avrupa	Quercus robur	710	B	4	125	15600	68	13,0
Sapsız meşe	Türkiye	Quercus petraea	700	B/C	4	119	11300	61	-
Mogano	Amerika	Swietenia spp	550	B	4	79	10300	46	8,5
Okoumé	Afrika	Aucoumea Kleineana	440	D	3	51	7800	27	6,7
Sapeli	Afrika	Entandrophragma cylindricum	650	C	3	105	12500	56	15,7
Sedir	Amerika	Thuja plicata	380	B/C	3	51	7600	31	6,8
Sedir	Türkiye	Cedrus libani	520	B	3	77	-	45	-
Sipo	Afrika	Entandrophragma utile	640	B/C	3/4	100	12000	53	15,0
Tik	Asya	Tectona grandis	680	A	4	100	10600	58	13,0

Kısaltmalar:

Doğal dayanıklılık

A = Çok dayanıklı

B = Dayanıklı (Deniz tipi kontrplağın üretimi için izin verilen maksimum kalınlık : 5 mm.)

C = Çok dayanıklı değil (Deniz tipi kontrplağın üretimi için izin verilen maksimum kalınlık 2,5 mm.)

D = Dayanıklı değil (Deniz tipi kontrplağın üretimi için izin verilen maksimum kalınlık 2 mm.)

Emprenye işleme uygunluk

1 = Geçirgen 2 = Çok dirençli değil 3 = Dirençli 4 = Çok dirençli

Notlar:

(1) Doğal yetiştirme alanı

(2) Genel bilimsel adı (spp=değişik cinsler)

(3) Doğal dayanıklılık düzeyi ve emprenye işleme uygunluğu EN 350/2 standardına göre dir.

(4) %12 nem oranındaki mekanik özellikler, (Wood Handbook, 1987)

- En büyük eğilme mukavemeti, Rf (ortada yoğunlaşan mukavemet)

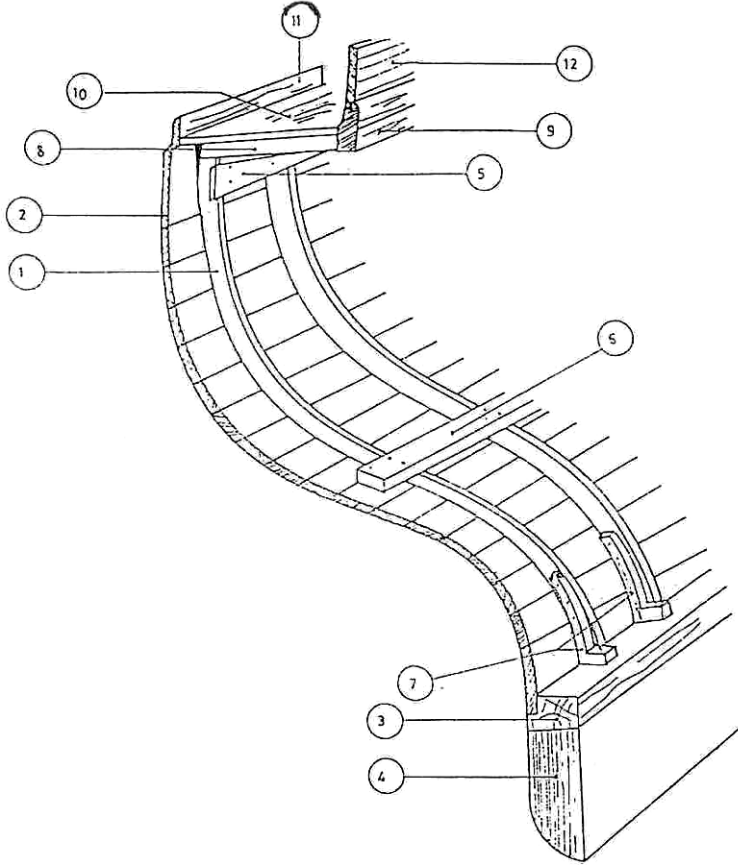
- Eğme elastisite modülü, Ef (ortada yoğunlaşan mukavemet)

- En büyük bası mukavemeti, Rc (damara paralel)

- En büyük kesme mukavemeti, Rt (damara paralel)

Ahşap tekne yapımında kullanılan ağaç türleri teknenin farklı kısımlarında kullanılmaktadır. Bu nedenle ağaç türlerinin tanıtımından önce konunun daha iyi anlaşılması için tekne konstrüksiyonunda tekneyi oluşturan elemanların neler oldukları ve tekne orta kesitindeki yerleri Şekil 1'de verilmiştir.

Türk Loydu'na göre ahşap malzemelerin çeşitli tekne yapılarında kullanıma uygunluğu Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Tekne orta kesiti (Göktaş, 1995).

1. Ana posta
2. Dış Kaplama
3. Omurga
4. Balast Omurga
5. Şiyer Kuşağı
6. Sintine Stringeri
7. Döşekler
8. Kemere
9. Güvertealtı Tunalisi
10. Güverte Kaplaması
11. Güverte Stringer Tahtası
12. Üst Yapı

Tablo 2. Tekne yapımında kullanılacak ahşap malzemenin seçim esasları (Türk Loydu, 2000).

Ahşap cinsleri⇒ Yapı elemanları↓	Çam	Doussie	Iroko	Kara ağaç (Avrupa)	Kara ağaç (Türkiye)	Kestane	Kökner (Amerika)	Kökner (Türkiye)	Larch	Makoré	Maun	Meşe (Amerika)	Meşe (Türkiye)	Sapeli	Sedir (Amerika)	Sedir (Türkiye)	Tik
Omurga, kontra omurga, kış bodoslama		I	II	II	II	III				II	II	II	II	III			I
Baş bodoslama		I		II	II					II	II	II		III			I
Sintine stringeri	III	I				II	III	III	II			II		III		III	I
Kemere atkısı, kemere tirizi, yalı kütüğü	III	I	II			II	III	III	II			II	II	III			I
Döşekler		I			II	II				II	II	II	II				I
Kesme veya derin postalar	III [2]	I				III			II [2]	II		II [1]	II [1]	III			I
Basma postalar	III					III						II [1]	II [1]				
Su hattı altındaki kaplamalar		I	II			II	III		II		II	II	II	III			I
Su hattı üzerindeki kaplamalar		I	II			II	III	III	III		II	II		III			I
Güverte kaplaması		I	II				II								III	III	I
Kemereler, dip kirişleri	III [2]	I					II		II	II [2]	II [2]	II [1]	II [1]			II [2]	I
Düsey braketler				II	III				II			II [1]	II				
Yatay braketler				II	III				II			I	I				
Güverte kaplamalarının borda, marcin ve merkez kaplamaları			II								II	II	II				

Notlar: (1) Ahşap malzeme doğal veya tabakalı olarak kullanılabilir, (2) Ahşap malzeme, ancak tabakalı olarak kullanılabilir.

Ahşap malzemenin kullanım uygunluğu: I : Çok uygun, II : Oldukça uygun, III : Az derecede uygun

3. Ahşap tekne yapımında kullanılan okaliptüs türleri

3.1 *Eucalyptus globulus*

Ticarette yaygın olarak bilinen isimleri “Blue gum” ya da “Eurrabbie” olan *Eucalyptus globulus*'un bilimsel sınıflandırılması aşağıda görüldüğü gibidir (Anonim 1).

Alem: Plantae

Şube: Magnoliophyta

Sınıf: Magnoliopsida

Takım: Myrtales

Familya: Myrtaceae

Cins: *Eucalyptus*

Tür: *Eucalyptus globulus*

Avustralya’da doğal olarak yetişen bir türdür (Şekil 2). Bu sert odun türü, ahşap teknenin iskelet gibi kısımlarının yapımı için uygundur. Hafif kahverengi odunu, belirgin olmayan yıllık halka yapısına sahiptir. Lifler düzgün olmakla birlikte, bazen girintili bir yapı sergilerler. Bu nedenle bazen el aletleri ve makinelerle işlenmesinde zorluklar görülebilir. Kurutulması oldukça zordur. Odunu oldukça dayanıklı olup, deniz zararlılarına karşı birçok odun türüne göre daha dirençlidir. Fakat yinede koruyucu önlemlerin alınması gereklidir. Teknelerin yük taşımayan kısımları ve eğilme dayanımının çok önemli olmadığı omurga kısımlarında kullanılabilir. Avrupa’da nadiren bulunur fakat doğal ortamında bile gittikçe azalmaktadır (Frina ve Eng, 1991).



Şekil 2. *Eucalyptus globulus* (Anonim 1).

3.2 *Eucalyptus gigantea*

Avustralya ve Asya’nın bir kısmında doğal olarak bulunur. Nadiren Avrupa’da görülür. Düzgün lifli, yıllık halkaları belirgin ve oldukça geniştir. Kaba tekstürlü krem renkli odunu vardır. Bu türün odunu, teknenin güverte kaplaması ve döşeme kısımlarının yapımında kullanılır. Kolay bükülebilir ve kolay işlenir. Orta düzeyde sert odunu vardır. Fakat odunu çok dayanıklı değildir (Frina ve Eng, 1991).

3.3 *Eucalyptus regnans*

Avustralya’da doğal olarak yetişmesine rağmen dünya’nın birçok kısmında görülür. Ahşap tekne yapımına uygun olup işlenmesi kolay, bükülmesi iyidir. Odunu çok dayanıklı değildir. Ahşap teknelerin güverte kaplama ve döşemelerinde kullanılabilir. Lifleri düzgün, kaba tekstürlü, yıllık halkaları oldukça geniş ve belirgindir. Odunu açık sarı renklidir. Teşhisi diğer türlerle karıştırılabileceğinden zordur (Frina ve Eng, 1991).

3.4 *Eucalyptus marginata*

Avustralya'nın güney doğu kesiminde bulunur. Soluk kahverengi odunu vardır. Kesildikten sonra maunumsu renge haiz olur. Ağacın boyu 30-50 metreye kadar ulaşır. Çapı ise 1-1.5 metre kadardır. Çalışılması zor ve kesici aletleri körleştirici etkisi vardır. Odunu oldukça dayanıklıdır. Çürümeye karşı da oldukça dirençlidir. Odunu çarpılma ve çalışmaya müsaittir, tutkullanması dikkat gerektirir. Odunu özellikle dış hava koşullarına karşı da oldukça dayanıklıdır (Frina ve Eng, 1991). Sakız kanalları ve keseleri yaygın kusurlarındandır. Yoğunluğu 0.68 g/cm^3 dür. Öz odunu oldukça güç emprenye edilir.

3.5 *Eucalyptus fibrosa* ve *Eucalyptus paniculata*

Ticarete yaygın ismi "ironbark" olan bu okaliptüs türleri, Avustralya'da oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Öz odunu kırmızıdan koyu kahverengine kadar değişir, diri odunu açık renklidir. Öz odunu çürümeye karşı oldukça dirençlidir, ayrıca deniz zararlılarına karşı da dirençli olduğu tespit edilmiştir Odunu ağır, sert, sağlam ve orta düzeyde çalışır. Ağır olması dolayısıyla ahşap tekne yapımı için dezavantaj oluşturur. Yarışma ve çivi tutma direnci oldukça iyidir (Anonim 2).

3.6 *Eucalyptus saligna*

Ticarete yaygın ismi "Sydney Blue Gum" olan bu tür ise sert, ağır ve sağlam oduna haiz olmakla birlikte çok iyi buhar yardımı ile bükülebilme özellikleri gösterir. El ile ve makinelerle işlenmesi kolaydır. Kolay tutkullanabilir, çivi ve vida tutması iyidir. Yoğunluğu 0.9 g/cm^3 tür. Pembe ve koyu kırmızı renklere odunu vardır. Genel konstrüksiyon, mobilya ve ahşap tekne yapımında kullanılır. (Anonim 2).

4. Sonuç ve öneriler

Gürses, okaliptüs odununun Türkiye'de genellikle ambalaj sanayisinde kullanıldığını, oysaki okaliptüs odununun, aynı zamanda, mobilyacılık, tornacılık ve parke yapımında da kullanılmaya son derece uygun olduğunu, yeni pazarlar yaratılması bakımından okaliptüsün bu sektörlerde de tanıtılması gerekliliğini bildirmiştir (Gürses, 1993). Yine Türkiye'de okaliptüs yetiştiriciliğinin geliştirilmesi hakkında hazırlanmış olan rapora göre (Gürses ve ark., 1995), okaliptüs odununun kaplama ve odun kömürü üretiminde kullanım olanaklarının araştırıldığı ve başarılı sonuçlar elde edildiği bildirilmekte olup, alternatif kullanım alanlarının yaratılmasına yönelik bu örneklerle benzer girişimlerin okaliptüs ile ilgili her birim tarafından gerçekleştirilmesinin önemli olduğu vurgulanmıştır.

Bu alternatif kullanım alanlarından birisi olan ahşap tekne yapımında, kullanılan malzemeler içerisinde en önemli olanı ahşap hammaddesidir. Teknenin üretim maliyetleri de göz önüne alındığında, teknenin farklı kısımlarında kullanılacak ağaç cinsleri arasında seçim yaparken "en uygun türü ve kaliteden ödün vermemek kaydıyla fiyat olarak da en ekonomik olanını" tercih etmek gerekmektedir. Bu araştırma çalışmasının bir sonucu olarak, dünyada ahşap tekne yapımında çeşitli okaliptüs türlerinin bir hammadde olarak kullanım alanı bulduğu, ancak Türkiye ahşap tekne imalatı sektöründe bu ağaç türünün henüz yeterli seviyede tanınmadığı tespit edilmiştir. Öyle ki, Türkiye'de ahşap tekne yapımında en yetkin kuruluşlardan birisi olan Türk Loydu'nda dahi, ahşap tekne yapımında tekne konstrüksiyonunda kullanılan uygun ahşap cinsleri arasında okaliptüs türleri yer almamaktadır.

Ülkemiz tekne üreticilerinin kullandıkları malzeme ve aksesuarların % 60'ını ithal ettikleri ve bunların arasında ahşap malzemelerin de büyük bir paya sahip olması, Türkiye'de yaklaşık 20 bin hektar alana sahip olduğu bildirilen okaliptüs plantasyonuna ait türlerin "tekne yapımında kullanım olanakları" üzerine bilimsel araştırmaların yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Önerilen bilimsel çalışmalar neticesinde, eğer bu türlerin tekne yapımına uygun oldukları tespit edilirse, Türk Loydu'na bu ağaç türünün de dahil edilmesi için gerekli çalışmaların yapılması ile ülkemizdeki okaliptüs plantasyonlarına ait türlerin kullanım alanlarının genişletilmesi mümkün olacaktır. Böylelikle yurt dışından ithal edilen ağaç malzemelere alternatif bir pazar oluşturularak, olası ekonomik kayıpların da önlenmesi mümkün olacaktır.

5. Kaynaklar

Anonim 1, <http://www.answers.com/topic/eucalyptus-globulus-1>.

Anonim 2, <http://www.glen-l.com/wood-plywood>.

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

- Bozkurt, A. Y., 1982. Ağaç teknolojisi. İÜ Orman Fak. Yayınları, İÜ Yay. No: 2839, Orman Fak. Yay. No: 296, İstanbul.
- Dentur, 2008. Türkiye yat ve tekne endüstrisinin mevcut durumu, sektörün üstünlükleri ve zayıflıkları, Deniz Turizmini ve Denizciliği Geliştirme Derneği, <http://www.dentur.org>.
- Frina, N. I. ve C. Eng, 1991. Cold-moulded and Strip-Planked Wood Boatbuilding. Bölüm:9, Sayfa: 179-181, Londra.
- Göktaş, O., 1995. Ahşap Yat Tasarımı ve İmalat Teknikleri. Yüksek Müh. Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya Eğitimi Anabilim Dalı, Kütahya, 85 s.
- Gürses, M. K., 1993. Okaliptüsün Türkiye ormancılığı açısından önemi ve bazı öneriler. Orman Bakanlığı 1. Ormancılık Şurası Tebliğler ve Ön Çalışma Gurubu Raporları. Cilt: 1, Seri No:13, Yayın No:006, s. 456-463, Ankara.
- Gürses, M. K., A. G.Gülbaba, A. Özkurt, 1995. Türkiye’de okaliptüs yetiştiriciliğinin geliştirilmesi hakkında rapor. DOA Dergisi, sayı:1, Mersin.
- Kaygın, B., 2002. Ahşap Tekne Yapımında Kullanılan Ağaç Türlerinin Diri Ve Öz Odunlarının Yapışma Dirençlerinin Karşılaştırılması. Doktora Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın.
- Kaygın, B. ve A. Aytekin, 2005. Ahşap tekne konstrüksiyonu. ZKÜ Bartın Orman Fakültesi dergisi, Cilt: 7, Sayı: 7, Bartın.
- Özen, R., 1996. Friedrich Nauman Vakfı konferans notları.
- Özen, R., A. Sönmez, M. Altınok, 1997. XI. Dünya Ormancılık Kongresi Bildirileri. Cilt 4, s. 35.
- Toper, A., 2001. Odun Zararlıları Ders Notu. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Bartın Orman Fakültesi Yayınları, Üniversite Yayın No: 19, Fakülte Yayın No: 8, Bartın.
- Türk Loydu, 2000. Yatların yapımı ve klaslanmasına ilişkin kurallar. Cilt C, Kısım 9, İstanbul.
- Wood Handbook, 1987. Wood as an engineering material ,USDA.

Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Odununun Bazı Fiziksel, Mekanik Özellikleri ve Kullanım Alanları

Nurgül AY¹, Elif TOPALOĞLU², Hüseyin TAN³

¹Prof.Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi, nay.ktu.edu.tr

²Arş.Gör., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Araştırma Görevlisi, ekibrit@hotmail.com

³Uzman, Rize Üniversitesi, Rize Meslek Yüksek Okulu, Mobilya Dekorasyon Bölümü

Özet

Bu çalışmada amaç, okaliptüs ağacının genel özelliklerinin literatür şeklinde verilmesidir. Okaliptüs, Angiospermae alt bölümünün Myrtacea familyasında yer almaktadır. Kabuğu açık kırmızı ile gümüş rengi arasında değişen okaliptüsün tekstürü kaba ve girift lifli bir ağaçtır. Anavatanı Avustralya olup Tasmanya, Yeni Gine ve Büyük Okyanus'daki küçük adalarda da yayılış göstermektedir. Ülkemizde plantasyonları yapılmış olan iki türü bulunmaktadır. Bunlar; *Eucalyptus camaldulensis* ve *Eucalyptus grandis*'dir. Türkiye'de ilk *Eucalyptus camaldulensis* ağaçlandırması 1939 yılında Tarsus-Karabucak'da gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bu plantasyonlarda *Eucalyptus grandis* türü de denenmiş ve 50.5 m³/ha yıllık ortalama hacim artım değerine ulaşılmıştır. Ortalama hava kurusu özgül ağırlık değeri 0.65 gr/cm³, tam kuru özgül ağırlığı 0.62 gr/cm³, hacim yoğunluk değeri 0.51 gr/cm³'dür. Hava kurusu özgül ağırlık değerine göre "orta ağırlıktaki ağaçlar" grubuna girmektedir. Liflere paralel yönde basınç direnci değeri 346.5 kp/cm², eğilme direnci değeri 789.6 kp/cm², elastikiyet modülü 71009 kp/cm², dinamik eğilme (şok) direnci değeri 0.61 kpm/cm², teğet yönde makaslama direnci değeri 61.16 kp/cm² ve enine kesit sertliği 3.24 kp/mm²'dir. Bu direnç değerlerine göre Okaliptüs odunu, çok yumuşak ve düşük kalitelidir. Okaliptüs ağacı, park ve bahçelerde süs bitkisi olarak kullanılmaktadır. Ayrıca mobilya, ambalaj ve kağıt üretiminde, maden direği ve çit kazığı olarak kullanılmaktadır. Yapraklarından elde edilen eterik yağlar eczacılık ve parfümeride değerlendirilmektedir.

Anahtar kelimeler: Okaliptüs, fiziksel özellik, mekanik özellik, kullanım alanları

Some Physical and Mechanical Properties of Eucalyptus Trees (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) and Areas of Usage

Abstract

The aim of this study is to give some information about general properties of Eucalyptus tree. Eucalyptus is a genus in the subdivision of Angiospermae and Myrtacea family. It has coarse-textured wood and is spiral grain. Its bark is light red to silver in colour. Eucalyptus is spreading widely in Australia, Tasmania, Papua New Guinea and some of the islands in the Big Ocean. There are two species of Eucalyptus plant in Turkey. These are *Eucalyptus camaldulensis* and *Eucalyptus grandis*. The first plantation of *Eucalyptus camaldulensis* is planted in 1939 in Tarsus-Karabucak. Later *Eucalyptus grandis* has been planted in this plantation and obtained 50.5 m³/ha mean annual volume increment. Eucalyptus wood's air dry density, oven dry density and density value in volume are 0.65 gr/cm³, 0.62 gr/cm³ and 0.51 gr/cm³, respectively. It is in "medium weight trees" group as air dry density value. Eucalyptus wood's compression strength parallel to the grain, static bending strength, modulus of elasticity for bending, impact bending, shear strength and Brinell hardness value (in transversal section) are 346.5 kp/cm², 789.6 kp/cm², 71009 kp/cm², 0.61 kpm/cm², 61.16 kp/cm² and 3.24 kp/mm² respectively. Eucalyptus wood is very soft and also it has low quality as this strength values. Eucalyptus tree uses as ornamental plant in parks, gardens and also furniture, pulp and paper production, as pitprop and fence post. Ether oils are produced from its leaf use in pharmaceuticals and perfumery.

Keywords: Eucalyptus, physical property, mechanical property, uses

Giriş

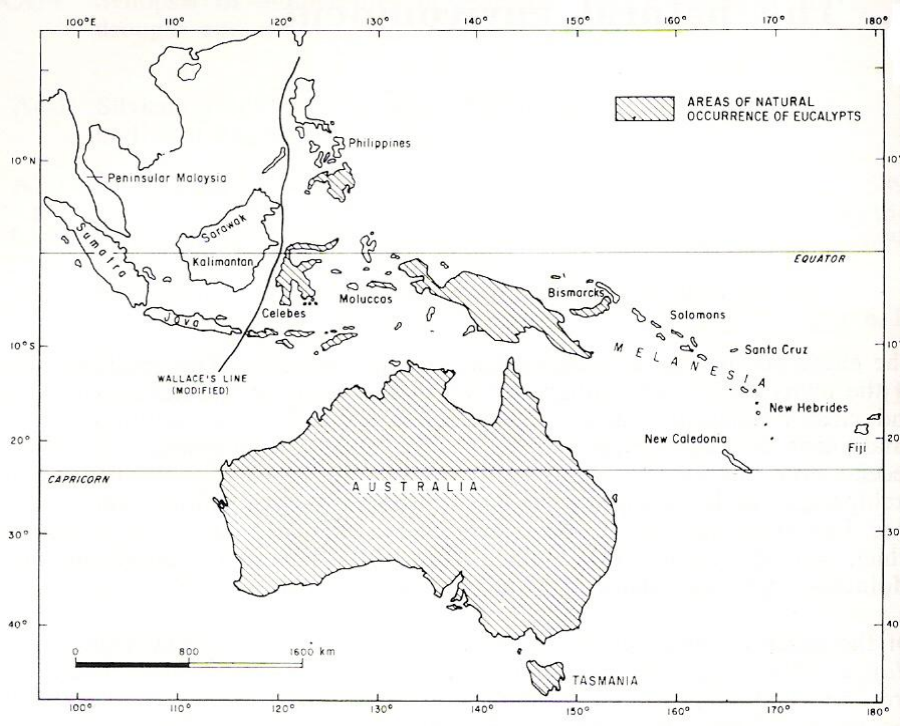
Dünyanın toplam ormanlık alanı 4 milyar hektarın altında olup toplam ormanlık alan kara alanının % 30'unu oluşturmaktadır. Mevcut ormanların yaklaşık % 95'i doğal ormanlardan, % 5'i ise plantasyon ormanlarından oluşmaktadır. Verimli plantasyon ormanlarının % 54'nü iğne yapraklılar, % 39'unu yapraklı ağaçlar oluşturmaktadır. Okaliptüs'ün verimli plantasyon ormanları içerisindeki payı % 8'dir (DPT, 2007; FAO, 2007).

Tropikal ve subtropikal bölgelerde hızlı bir şekilde genişlemekte olan orman plantasyonları, gelecekte dünya odun ihtiyacını karşılamada çok önemli bir rol oynayacaktır. Günümüzde okaliptüsler ve çamlar tropikal kerestelik ağaç plantasyonlarında en yaygın olarak kullanılan türlerdir. Bununla birlikte bu ağaçlar, tüm tropikal plantasyon bölgesinin % 43'nü oluşturmaktadır. Okaliptüsler en hızlı büyüyen ağaçlardan biri olarak bilinmektedir. Avustralya okaliptüsleri, plantasyonlarda en çok kullanılan ve en başarılı sonuçların alındığı ağaçlardır. Sadece 500 tane okaliptüs türü endüstriyel plantasyonlarda kullanılmaktadır. FAO tarafından yapılan son çalışmalarda birçok plantasyon sahasında daha hızlı büyüme oranlarının olabileceği belirtilmektedir (FAO, 2001).

Ülkemizin orman varlığı 21.2 milyon hektar olup toplam ülke yüzölçümünün % 27.2'sini teşkil etmektedir. Biyolojik çeşitlilik açısından oldukça zengin olan ormanlarımızın yaklaşık yarısı iğne yapraklı, diğer yarısı ise geniş yapraklı türlerden oluşmaktadır (DPT, 2007). Dokuzuncu Kalkınma Planında açıklandığı gibi son 20 yılda (1970 yılından günümüze) nüfusun artmasıyla birlikte endüstriyel odun tüketimi de artmaktadır. Devlet ormanlarının dışında endüstriyel odun temininin büyük bir kısmı kavak (%90) ve okaliptüs plantasyonlarından karşılanmaktadır. Ülkemizde Karadeniz ve Marmara Bölgesinde olmak üzere 60000 ha egzotik iğne yapraklı ağaç, 20000 ha *Eucalyptus camaldulensis* ve 145000 ha Kavak plantasyonu olduğu belirtilmektedir (Ayan ve Sivacıoğlu, 2006).

1. Okaliptüs'ün Dünyadaki Yayılışı

Okaliptüs'ün doğal yayılış alanı Avustralya'dır. Okaliptüsler Avustralya ağaçları olarak bilinmektedir. Okaliptüs tür ve alt türlerinin çoğu Avustralya kıtasına ve bu kıtaya yakın adalarda yayılış göstermektedir. Birkaç Okaliptüs türü Avustralya'nın kuzeyinde bulunan Papua Yeni Gine'de, bazı türler de Endonezya takımadalarının doğusundaki adalarda doğal olarak bulunmaktadır (FAO, 1979). Okaliptüs'ün dünyadaki yayılış alanı Şekil 1'de belirtilmektedir.



Şekil 1. Okaliptüs'ün Doğal Yayılış Alanı (FAO, 1979)

2. Okaliptüs'ün Türkiye'deki Yayılışı

Okaliptüs, Türkiye'ye ilk kez 1885 yılında Adana-Mersin demiryolunu yapan Fransız şirketi tarafından demiryolunun etrafına süs bitkisi olarak dikilmek amacıyla getirilmiştir. Ekonomik amaçlı ilk

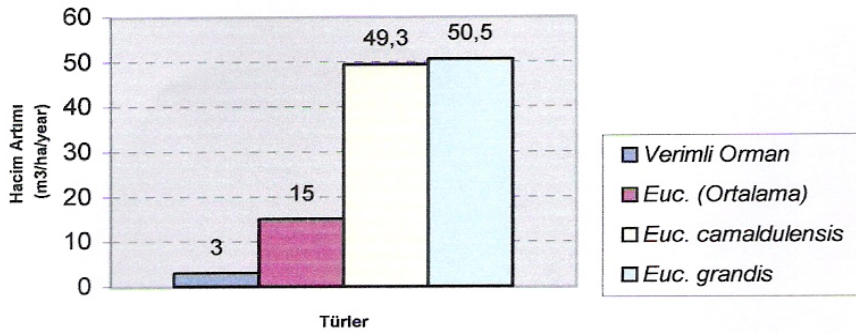
ağaçlandırma, *E. camaldulensis* türü ile 1939 yılında Tarsus-Karabucak yöresinde 885 ha'lık bir alanda gerçekleştirilmiştir (Özkurt, 2002).

Okaliptüs ile ilgili ilk araştırma çalışmaları, 1967 yılında kurulmuş olan Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında 191 Okaliptüs türüne ait 609 orijin Türkiye'de yetiştirilme durumu açısından denemelere tabi tutulmuştur (Gürses ve ark., 1995).

Ülkemizde okaliptüs Doğu Akdeniz Bölgesi başta olmak üzere Akdeniz ve Ege Bölgesinde denize yakın yerlerde yetişmektedir (Özkurt, 2002). Okaliptüslerin Güney Doğu Anadolu Bölgesinde yetiştirilmesi imkânları üzerine 1968 yılından günümüze kadar üç araştırma yapılmıştır. Bu araştırma sonuçlarına göre; aşırı kuraklık ve don olayları nedeniyle bölge ikliminin okaliptüs yetiştirilmesi bakımından uygun olmadığı ve endüstriyel odun üretimi dışındaki ağaçlandırmalarda kullanılabileceği belirlenmiştir (Gül Baba, 1995).

Ülkemizde okaliptüs ile yapılan plantasyonlarda *E. camaldulensis* ve *E. grandis* türleri kullanılmıştır. Tarsus-Karabucak'da yapılan *E. camaldulensis* ıslah denemesinde altıncı yıl sonunda 49.3 m³/ha, *E. grandis* ile yapılan orijin denemesinde beşinci yıl sonunda bazı orijinlerin 50.5 m³/ha yıllık artıma ulaştıkları tespit edilmiştir. Ayrıca okaliptüste ıslah Projesi kapsamında yapılan çalışmaların 1994 yılı sonuç raporlarına göre vejetatif yolla üretilen *E. camaldulensis* fidanları üçüncü yıl sonunda 84 m³/ha, generatif yolla üretilen fidanlar kullanılarak oluşturulan deneme alanında ise 52 m³/ha lık bir servet elde edilmiştir (Gürses ve ark., 1995).

Ülkemizde yapılan okaliptüs plantasyonlarına ait yıllık hacim değerleri Şekil 2'de belirtilmektedir.



Şekil 2. Ortalama Yıllık Hacim Artım Değerlerinin Karşılaştırılması

3. Okaliptüs'ün Botanik Özellikleri

Okaliptüs, bitki sistematiğinde Angiospermae alt bölümünün, Dicotyledoneae sınıfının Myrtales takımına ait olup Myrtacea familyasında yer almaktadır. Her dem yeşil boylu ağaçlardır. Uygun yetiştirme yerlerinde 80–90 m. boylara ulaşabilmektedir. Gövde kabukları ağaç türüne göre değişiklik göstermektedir. Bazı ağaç türlerinde kabuk uzun şeritler halinde dökülmektedir. Bazılarında ise daha koyu renkli, sert ve girintili-çıkıntılıdır (FAO, 1979).

Yapraklar, ağaç türüne ve yaşına göre değişmektedir. Çoğunlukla uzun tırpan biçiminde ya da söğüt yaprağına benzemektedir. Genç sürgünlerde yuvarlak ve oval, yaşlı ağaçlarda ise ince ve uzundur. Her iki çeşit yaprağın üst yüzeyleri parlak boz yeşil, alt yüzleri mat boz yeşil rengindedir. İçerisinde "Okaliptol" denilen eterik yağ mevcut olduğu için kendine özgü bir kokusu vardır. Sürgünlere genellikle almaçlı nadiren de karşılıklı dizilmişlerdir. Beyaz, sarı ya da kırmızı renkte olan çiçekleri yaprakların koltuklarında tek tek ya da bileşik salkım halinde bulunmaktadır. Çanak yaprak çoğunlukla körelmiş, taç yaprak ise değişik biçimlerde (Anşin ve Özkan, 1993; Tan, 1999).

4. Okaliptüs Odununun Anatomik Özellikleri

4.1. Makroskopik Özellikleri

Diri odunu dar ve gri beyaz renginde olup özodunu sarımsı kahverengindedir. Tekstür, orta derecede kaba ve genellikle girift liflidir. Traheler çıplak gözle görülebilmektedir (Bozkurt ve Erdin, 1989).

4.2. Mikroskopik Özellikleri

Trahelerin yıllık halka içindeki konumu dağınıktır. Traheler yıllık halka içerisinde çoğunlukla tek tek bulunurlar. Odunu homojen özellik göstermektedir. Trahe hücreleri arasındaki perforasyon tablası basittir. Odunun lif dokusunu çoğunlukla traheit lifleri ve az oranda vasküler traheitler oluşturur. Boyuna paranzimler odun içerisinde paratraheal konumdadır. Öz ışınları; çoğunlukla tek sıralı ve homojen olup nadiren iki sıralı öz ışınları bulunmaktadır. Trahe hücreleri ile öz ışını paranzim hücreleri arasındaki geçitler büyük daire şeklindedir. Trahe-trahe arasındaki kenarlı geçitler çepere diyagonal dizilidirler (Gerçek, 1997).

5. Okaliptüs Odununun Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri

Okaliptüs (*E. camaldulensis*) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. Okaliptüs (*E. camaldulensis* Dehn.) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri (Tan, 1999).

Özellikler		Sembol	Ortalama Değer
Tam Kuru Özgül Ağırlık (gr/cm ³)		δ_0	0.62
Hava Kuru Özgül Ağırlık (gr/cm ³)		δ_{12}	0.65
Hacim-Yoğunluk Değeri (gr/m ³)		γ	0.51
Daralma Miktarı (%)	Radyal yönde	β_r	5.22
	Teğet yönde	β_t	6.23
	Hacimsel	β_v	11.40
Genişleme Miktarı (%)	Radyal yönde	α_r	9.16
	Teğet yönde	α_t	10.47
	Hacimsel	α_v	19.66
Basınç Direnci (kp/cm ²)		$\sigma_{B//}$	346.5
Eğilme Direnci (kp/cm ²)		σ_e	789.6
Eğilme Elastikiyet Modülü (kp/cm ²)		E	71009
Dinamik Eğilme Direnci (kpm/cm ²)		σ_s	0.61
Makaslama Direnci (kp/cm ²)		σ_m	61.16
Brinell Sertlik Değerleri (kp/mm ²)	Enine kesit	H _{Be}	3.24
	Radyal kesit	H _{Br}	1.68
	Teğet kesit	H _{Bt}	1.97

Okaliptüs (*E. camaldulensis*) odununun ortalama liflere paralel basınç direnci ve hava kuru özgül ağırlık değerleri kullanılarak hesaplanan statik kalite değerinin 5.30 km ve spesifik kalite değerinin ise 8.13 km olduğu belirtilmektedir. Bu sonuçlara göre okaliptüs odunu “düşük kalite” özelliğine sahip olup “yumuşak odun” sınıfına girmektedir (Tan, 1999).

6. Okaliptüs Odununun Kullanım Yerleri

1979 yılına kadar 92 ülkede yapılan okaliptüs plantasyonları toplam 4 milyon hektarı bulmaktadır. Bu ülkelerden 69 unda plantasyon ormanları kurulmuş olup geri kalan ülkelerde yapılan ağaçlandırmaların bir kısmı deneme aşamasında bir kısmında da okaliptüs süs bitkisi olarak kullanılmaktadır (FAO 1979). Günümüzde dünyanın çoğu ülkesinde farklı ekolojik şartlarda ve idare sürelerindeki farklı okaliptüs türlerinin birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Bu kullanım alanları şöyle sıralanabilir: Yapı kerestesi, yer döşemesi, maden direği, kısa direk, telefon direği olarak, demiryolu traversleri, alet sapı, sportif eşyalar, yonga levha, sert lif levha, kontrplak, kaplama, kâğıt hamuru ve kâğıt üretiminde, doğramacılık,

tornacılık ve oymacılıkta, yakacak odun ve odun kömürü olarak kullanılmaktadır (FAO 1979; Avcıoğlu 1985).

Dünyada çok fazla sayıda kullanım alanına sahip olan okaliptüs ağacı ülkemizde daha az bir kullanım alanına sahiptir. (Gürses, 1992), *E. camaldulensis* türünün ambalaj sanayinde, sera imalatında, inşaat sektöründe iskele yapımında, narenciye bahçelerinde meyveli dalların kırılmasını önlemek amacıyla çatal sırik olarak ve enerji odunu olarak kullanıldığını belirtmektedir. (Günaştı, 1976), ülkemizdeki yetişme koşullarına en iyi uyum sağlayan *E. camaldulensis* türünün selüloz ve kağıt sanayi için elverişli olduğunu belirtmektedir. Çeşitli yaşlardaki *E. camaldulensis* Dehn. odunu üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda bu ağaç türünün üç ayrı yaş periyodunda (3-4, 5-8, 9-10) ve üç ayrı metoda (Soda selülozu, nötral sülfite metodu, kraft sülfat metodu) göre selüloz elde edilebileceğini belirtmektedir. Ayrıca sigara ve ince özel kağıtların üretiminde hammadde olarak % 50 sülfat ve okaliptüs selülozu kullanılmaktadır (DPT, 2000).

Kağıt üretimi için idare süresi 4–8 yıl olan *E. grandis* türünün selüloz ve kağıt üretimine uygunluğu açısından yapılan bir çalışmada; bu ağaç türünün gerek hacim ağırlık değeri (0.369 gr/cm^3) bakımından gerekse lif morfolojisi (liflerin kısa ve çeper kalınlıklarının küçük olması) bakımından özellikle sert ve ezilmeye karşı dirençli kağıt ve kartonların üretimi için uygun bir tür olduğu belirlenmiştir. Ayrıca *E. grandis* odununun diğer yapraklı ağaç türleriyle karşılaştırıldığında liflerinin kısa ve ince olduğu, böylece birim hacimdeki lif miktarının fazla olduğu ve özellikle Kraft Yöntemi için uygun olduğu belirtilmektedir (Göksel ve ark. 1995; Göksel ve ark. 1997).

(Nacar, 1997), *E. camaldulensis* Dehn. odununun yonga levha üretimine uygunluğunu araştırdığı çalışmada bu ağaç türünün yonga levha üretiminde özellikle kaplamalı okal tipi yonga levhaların üretiminde kullanılabileceğini belirtmektedir.

Okaliptüs odununun kullanım alanlarından biri de odun kömürüne dönüştürülerek değerlendirilmesidir. *E. camaldulensis* odun kömürünün özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada; okaliptüs odununun dumansız ve alevsiz yanması, basit ve ucuz üretilmesi, yüksek ısıtma değerine sahip olması ve kükürt içermediği için yanarken havayı fazla kirletmemesinden dolayı odun kömürü üretimine uygun olduğu belirtilmektedir (Tüfekçi, 2001).

Ülkemizde 4 milyon hektar büyüklüğündeki bozuk meşe baltalık ormanlar ile boş ve verimsiz tarım alanlarında okaliptüs ve diğer hızlı büyüyen yapraklı ağaçlarla uygulanacak modern enerji ormancılığı projelerinin petrol ve doğal gaz ithalatını azaltarak ülke ekonomisine katkıda bulunacağı belirtilmektedir. (Saraçoğlu, 2006),

Okaliptüs ağaçları, sıtma hastalığının yaygın olduğu bölgelerde bataklıkların kurutulması amacıyla kullanıldığı için halk arasında bu ağaca “sıtma ağacı” adı verilmektedir. Okaliptüs ağacının yapraklarından elde edilen ve uçucu bir madde olan “okaliptol” adı verilen yağın 1800’lü yıllarda çok çeşitli amaçlar için kullanıldığı, okaliptolün ilaç kodeksine girdiği ve günümüzde de kullanıldığı belirtilmektedir (Gökçe ve Karlıkaya, 2002). Ayrıca MOPAK Grubunun Muğla ve çevre yörelerde 2003 yılında başlattığı 75000 hektar alana yayılacak olan “Endüstriyel Eucalyptus grandis Plantasyonları” adı verilen projede bu plantasyonlardan 3 milyon m³ kâğıtlık odun ve 750000 ton okaliptüs selülozu üretimi hedeflenmektedir (URL-1).

Kaynaklar

Devlet Planlama Teşkilatı, 2007. IX. Kalkınma Planı, Ormancılık Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.

FAO, 2007. State of The World’s Forests.

FAO, 2001. Mean Annual Volume Increment of Selected Industrial Forest Plantation Species, Working Paper FP/1, Rome.

Ayan, S. ve Sivacıoğlu, A., 2006. Review of the fast growing forest tree species in Turkey, Boletın del CIDEU 2: 57-71.

FAO, 1979. Eucalyptus For Planting, FAO Forestry Series, Rome.

Özkurt, A., 2002. Türkiye’deki okaliptüs plantasyonları: Problemler, yönetim ve fırsatlar, DOA Dergisi, No:8, sayfa 1-18, Tarsus.

Gürses, M.K., Gülbaba, A.G. ve Özkurt, A., 1995. Türkiye’de okaliptüs yetiştiriciliğinin geliştirilmesi hakkında rapor, DOA Dergisi, No:1, Sayfa 1-11, Tarsus.

Gülbaba, A.G., 1995. Güney doğu Anadolu bölgesinde okaliptüslerin yetiştirilmesi olanakları üzerine yapılan araştırma çalışmaları, DOA Dergisi, No:1, Sayfa 20-25, Tarsus.

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

- Anşin, R. ve Özkan, Z. C., 1993. Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) Odunsu Taksonlar, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Genel Yayın No:167, Fakülte Yayın No:19, Trabzon.
- Tan, H.,1999. Tarsus-Karabucak Yöresi Buharlanmış ve Buharlanmamış Okaliptüs Odununun (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Bozkurt, Y. ve Erdin, N., 1989. Ticarete Önemli Yabancı Ağaçlar. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları, No: 3572/4, İstanbul.
- Gerçek, Z., 1997. Doğu Karadeniz Bölgesindeki Ekzotik Angiospermae (Kapalı Tohumlular) Taksonlarının Odun Atlası. Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Genel Yayın No:186, Fakülte Yayın No:24, Trabzon.
- Avcıoğlu, E., 1985. Dünyada yapılan okaliptüs ağaçlandırma çalışmaları ve okaliptüs odununun kullanma yerleri, Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi, İzmit.
- Gürses, M.K., 1992. Türkiye’de okaliptüsün orman ürünleri endüstrisindeki yeri ve önemi, I. Ulusal Orman Ürünleri Endüstri Kongresi, cilt:1, sayfa:189-195, Ankara.
- Günaştı, R., 1976. Okaliptüs odununun selüloz ve kağıt sanayinde kullanılma olanakları, Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi, İzmit.
- Devlet Planlama Teşkilatı, 2000. VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Kağıt Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
- Göksel, E., Gürboy, B., Özden, Ö. ve Atik, C., 1995. Selüloz ve kağıt endüstrisinde *Eucalyptus grandis*, I. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 23-25 Ekim, Trabzon.
- Göksel, E., Gürboy, B., Özden, Ö. ve Atik, C., 1997. Pulp and paper properties of *Eucalyptus grandis* grown in Turkey (Tarsus/Karabucak), 4th Meeting of Pulp and Paper Industry of Balkan Countries, İstanbul.
- Nacar, M., 1997. Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Odununun Yonga Levha Üretiminde Kullanılması İmkanları, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Tüfekçi, S., 2001. Odun kömürü ve Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) odun kömürünün özellikleri, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, sayı:7, sayfa: 1-17.
- Saraçoğlu, N., 2006. Enerji ormancılığının kırsal kalkınmaya katkısı, Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, 26-28 Mayıs,İlgaz Dağı.
- Gökçe, N. ve Karlıkaya, E., 2002. Okaliptüs (*Eucalyptus globulus*): Sıtma Ağacı, Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 19(3-4), 189-194.
- URL-1: <http://www.mopak.com.tr/kurumsal.aspx?id=6>, (Erişim: 19/02/2008).

Okaliptüs Odununun Kullanımında Yeni Alanlar

Ramazan KURT¹, Fatih MENGELOĞLU², Vedat ÇAVUŞ³

¹ Doç. Dr. KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. Bölümü, Kahramanmaraş, rkurt@ksu.edu.tr

² Yrd. Doç. Dr., KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. Bölümü, Kahramanmaraş, fmengelo@ksu.edu.tr

³ Vedat Çavuş, KSÜ, Fen Bil. Enstitüsü, Orman End. Müh. Bölümü, Kahramanmaraş, vedatcavus@hotmail.com

Özet

Türkiye’de okaliptüs odunu genellikle ambalaj sanayi ve yakacak odunu olarak ve kağıt hamuru üretiminde kullanılmaktadır. Dünyada, okaliptüs odununun ambalaj sanayinde ve yakacak odunu olarak kullanımı azalmıştır. Günümüzde yapılan araştırma sonuçları, okaliptüs odununun mobilya üretiminde, kontrplak, yönlendirilmiş şerit yonga levha (oriented strand board), yonga levha, orta yoğunluklu lif levha (MDF), tabakalanmış ağaç malzeme (glued laminated wood) ve tabakalanmış kaplama kereste (laminated veneer lumber) üretimine uygun olduğunu göstermiştir. Okaliptüs odununu ülkemizde mühendislik ürünü ağaç malzeme üretiminde değerlendirmek mümkündür. Bu makalede okaliptüs odununun Türkiye’deki yakın gelecekteki alternatif değerlendirme alanları hakkında bilgi verilmiştir. Okaliptüs odununun ülkemizdeki kullanım alanlarını arttırmak için daha fazla bilgi ve tanıtım gerekmektedir. Bu bilgiler de üniversite, kamu kurumları ve endüstrinin ortak çalışması ile kurulacak “Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemeler Merkezi” tarafından sağlanabilir.

Anahtar kelimeler: Okaliptüs, Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemeler, Türkiye

Uses of Eucalyptus Wood in New Areas

Abstract

Eucalyptus wood is usually used in the packing and paper pulp industries and firewood in Turkey. Researches show that eucalyptus wood utilization in the packing industry and firewood are decreasing in the world. Today, the results of researches showed that its wood can be used in furniture, plywood, oriented strand board, particle board, medium density fiber board, glued laminated wood and laminated veneer lumber manufacturing. The wood can be utilized in the manufacturing of engineered wood products in our country. In this paper, information is given about alternative utilization areas of eucalyptus wood in the near future in Turkey. More information and promotion are needed to increase the usage areas of its wood. These can be provided by “Engineered Wood Products Center” that will be established by the cooperation of universities, state agencies and the industry.

Keywords: Eucalyptus, engineered wood products, Turkey

1. Giriş

Dünyada hızlı nüfus artışına paralel olarak orman ürünlerine olan talep artmıştır. Nüfus ve odun hammaddesi talebi artışı açısından, ülkemizde de dünyadakine benzer gelişmeler gözlenmektedir. Özellikle son yarım yüzyılda, ülkemiz doğal ormanları alan ve verimlilik açısından gerilemiştir (Birler, 1995). Orman kaynakları bu ihtiyaca cevap verememektedir.

Doğal ormanlarımızdan yapılacak odun hammaddesi üretimi ile, belirtilen düzeylerde seyredecek talebin karşılanması asla mümkün değildir. Üretim açığı, ülkemizde tesis edilecek endüstriyel plantasyon üretimleri ve ithalat ile kapatılamaz ise, ormanlarımızda yasa dışı kesimlerin artmasına ve böylece, doğal ormanlarımızın aşırı derecede tahrip edilmelerine ortam hazırlanmış olacaktır (Birler, 1995). Diğer yandan orman kesiminde uygulanan kısıtlamalar, çevre kuruluşlarının oluşturduğu baskılar ve orman alanlarındaki azalmalar dolayısıyla ithal yoluyla temin edilmesi de her geçen gün güçleşmektedir.

Bu gelişmeler, alternatif hammaddelere olan ihtiyacı daha da önemli kılmıştır. Diğer yandan ağaç konstrüksiyon malzemesi olarak kullanılacak boyutlarda kerestelerin bulunabilme güçlükleri bu malzemelerin değişik yollarla üretimini zorunluluğunu beraberinde getirmiştir. Orman endüstrisinin karşılaştığı hammadde probleminin en önemli çözümlerinden biri orman kaynaklardan optimum faydalanarak yeni ürün eldesidir. Günümüzde yeni tutkallar, uyum sağlayıcı kimyasallar, üretim teknolojileri bunu mümkün kılmaktadır. Bunun sonucunda, Daha küçük çaplı ve ekonomik anlamda pek fazla değeri olmayan hızlı gelişen ve az bilinen ağaç türlerinin kullanılması imkanları araştırılmıştır.

Kanada ve Amerika gibi gelişmiş ülkelerde hızlı gelişen türler verimli ve rasyonel bir şekilde değerlendirilmektedir.

Orman ürünlerinin üretimi ve tüketimi aşağıdaki faktörlere bağlıdır (Bowyer, 2005);

1. Globalizasyon; endüstrinin daha çok üretim maliyetlerinin daha az olduğu ülkelere yatırım yapması.
2. Hızlı gelişen ağaç plantasyonların genişlemesi ve yeni endüstriyel odun ihtiyacı
3. Gelişmesi devam eden ağaç malzeme kaynaklı kompozitler
4. Üretim ve tüketime yön verecek yeni devletlerin ortaya çıkması; Çin, Rusya, Doğu Avrupa ve Güney Avrupa ülkeleri

Dünyada ve ülkemizde giderek artan odun hammaddesi üretim açığının kapatılması ve talebin karşılanabilmesi için en önemli çözüm yolu bunun endüstriyel orman plantasyonlarından karşılanmasıdır (Birler, 1995). Ancak günümüzde hızlı gelişen ağaç türleri aşağıda sıralanan nedenlerden dolayı orman endüstrisinde yeterince değerlendirilememektedir (Cooper, 1994).

- a. İşleme zorlukları (özgül ağırlık yada içerdiği ekstraktifler nedeniyle)
- b. Teknik bilgi eksikliği
- c. Endüstride tanınmaması
- d. Pazarlama güçlükleri
- e. Hızlı gelişen ağaç türleri için teşvik verilmemesi

Hızlı gelişen türlerin endüstriye kazandırılması için çözüm önerileri olarak; bu ağaç türlerinin son kullanım yerine göre gruplandırılması ve bu türlere yeni kullanım alanları sağlayarak katma değer oluşturulması olarak sunulabilir. Buna bağlı olarak, okaliptüs gibi hızlı gelişen ağaç türlerinin orman endüstrisine odun kompozitleri olarak kazandırılması sağlanmıştır.

Tablo 1. Okaliptüs türünün ormanlarımızdaki dağılımı (hektar) (DPT, 2001)

Ağaç Türü	Normal Koru	Bozuk Koru	Normal Baltalık	Bozuk Baltalık	Toplam
Okaliptüs	785,3	1167,7	3047,7	1668,5	6669,2
Yapraklı Toplam	1677557,3	1576587,8	178639,4	4527649,9	9568190,4
İbrelili Toplam	6560195,9	4603999,0	3419,9	27443,0	11195057,8
Toplam	8237753,2	6180586,8	1789815,3	4555092,9	20763248,2

Ülkemizdeki okaliptüs türünün ormanlarımızdaki dağılımı Tablo 1’de verilmiştir. Okaliptüsün orman endüstrisine yapı malzemesi olarak kullanılması için en önemli çözüm yolu odun kompozitleri üretiminde değerlendirilmesidir. Okaliptüs odunu fiyat olarak diğer tropik ağaç türleri ile karşılaştırıldıklarında daha ucuzdur ve daha az budak bulunmaktadır. Ayrıca okaliptüs odunu hafif renkli bir malzeme olması bu malzemeyi estetik bakımdan da değerli kılmaktadır. (Santos ve Pinho, 2004). Okaliptüs türleri büyük yıllık artım (35-40 m³/ha) kapasitesine sahiptir (Özkurt, 2002).

2. Dünya’da ve Türkiye’de Okaliptüs Odununun Kullanım Alanları

Okaliptüs odununun dünyadaki ağırlıklı kullanım alanı kağıt hamuru üretimidir. Türkiye’de ise okaliptüs odununun en yaygın kullanım alanı ambalaj sanayi ve yakacak odundur. Yapılan piyasa araştırmasında ambalaj sandığı yapımında okaliptüs odun kullanımının azaldığı tespit edilmiştir. Bunun en önemli sebebi mekanizasyona geçilmesi nedeniyle okaliptüs yerine daha yumuşak dokulu odunların (kavak gibi) tercih edilmeye başlanmasıdır. Ayrıca ambalaj sanayisinde odun yerine ikame maddeler kullanılmaktadır. Yakacak odun olarak kullanımında da azalma söz konusudur (Özkurt,2002).

Okaliptüs odununun kurutma güçlükleri ve ağaç işleme makineleriyle şekil vermedeki güçlükler nedeniyle, kereste ve mobilya endüstrisinde kullanımı çok yaygın değildi. Okaliptüs odunu hakkındaki genel düşünce bu odunun sadece kağıt hamuru üretiminde veya yakacak olarak kullanılabilmesi hatta mekanik özelliklerinin oldukça düşük olduğu ve yetiştiği alandaki toprağa zarar verdiğidir. Üretiminde birçok zorluk olmasına rağmen bu zorluklar kontrol üretim sırasında kontrol altına alınabilir (Santos ve Pinho, 2004). Diğer yandan, Arjantin, Şili ve Brezilya gibi okaliptüs plantasyonlarında Dünyanın önde

gelen ülkelerinde de okaliptüs odununun kullanım alanları değişmektedir. Örneğin Şili’de okaliptüs odununun geleneksel olarak yakacak odun ve kağıt endüstrisinde kullanılması yerini artan bir şekilde kereste uygulamalarına bırakmaktadır (Cartwright, 2001)

Yapılan araştırmalar okaliptüs odunun; kereste, kalıplık malzeme olarak, kesme ve soyma kaplama olarak, kontrplak üretiminde (Çolak ve ark., 2003), kompozit levha üretiminde, orta yoğunluklu lif levha (MDF) (Krzysik ve ark., 1999), yonga levha (Nacar, ve ark., 2005), yer döşemelerinde, mobilya üretiminde (Ozarska ve Ashley, 1998) ve mühendislik ürünü ağaç malzeme üretiminde kullanılabilir (Donnelly ve ark., 2003) olduğunu göstermiştir.

2.1. Okaliptüs odununun mühendislik ürünü ağaç malzemeler (MAM) üretiminde kullanılması

MAM ağaç şerit yongalarının, kaplamaların, kerestelerin, yada farklı formdaki ağaç liflerinin tutkallanmasıyla elde edilen büyük ve bütün bir kompozit malzeme olarak tanımlanmıştır (American Plywood Association, 1999). Bu ürünler sayesinde tomruktan yararlanma yüzdesi artmıştır. MAM kereste yada diğer ağaç malzeme yapı ürünlerine göre bir çok avantaja sahiptir. Boyutsal stabilite ve direnç özellikleri yüksektir. üretimleri kontrol edilebildiğinden fiziksel ve mekanik özelliklerinde daha az değişkenlik gösterirler (Carrick ve Mathieu, 2005). Piyasadaki rekabet ve yeni teknolojilerin daha önce pahalı yada imkansız olan üretilere olanak sağlaması MAM’ın gelişmesindeki en önemli etkenler olarak sıralanabilir.

MAM ülkemizde henüz tam anlamıyla tanınmamakla birlikte üretimlerinde çoğu okaliptüs gibi hızlı gelişen ağaç türlerini hammadde olarak kullandıkları için Türkiye’de büyük bir geleceğe sahip olduğu düşünülmektedir. MAM, Kuzey Amerika, Avrupa ve Uzak doğuda uzun süredir kullanılmakta olup günümüzün değişen şartlarıyla birlikte daha popüler bir ürün haline gelmeye başlamıştır.

Bu malzemeler dört ana kategoriye ayrılabilir (American Plywood Association, 1999);

1. Yapısal kompozit keresteler (structural composite lumber);
 - a. Tabakalanmış kaplama kereste (TAK) (laminated veneer lumber (LVL))
 - b. Paralel şerit kereste (PŞK) (paralel strand lumber (PSL))
 - c. Yönlendirilmiş şerit kereste (YŞK) (oriented strand lumber (OSL))
2. Tabakalanmış ağaç malzeme (TAM (glued laminated timber))
3. Yapısal ağaç malzeme panelleri, yönlendirilmiş şerit yonga levha (YŞL) (oriented strand board (OSB))
4. Ağaç I-kiriş (wood I-beam)

TAK en önemli MAM ürünlerinden biridir. TAK belirli soyma yöntemiyle elde edilen kaplama levhaların lifleri birbirine paralel olacak şekilde tutkallanıp basınç ve sıcaklık altında preslenmesiyle üretilen yapısal kompozit kereste olarak tanımlanabilir. Fiziksel ve mekanik özellikleri TAK için uygun olan herhangi tür üretim için kullanılabilir. Gelecekteki hammadde problemi dolayısıyla hızlı gelişen türler denenmektedir. Yapılan bilimsel araştırma sonuçları farklı okaliptüs klonlarından (*E. pilularis* (Carrick ve Mathieu, 2005), *E. Camaldulensis* (Aydın ve ark., 2004) ve *E. Deglupta* (Wang ve ark., 1992)) elde edilen soyma kaplama levhaların farklı sentetik yapıştırıcılarla tutkallanarak LVL üretilmiştir.

YŞL (OSB); yongalama yöntemiyle elde edilen şerit yongaların lifleri birbirine dik olacak (üç tabakalı) şekilde tutkallanıp basınç ve sıcaklık altında preslenmesiyle üretilen yapısal levha olarak tanımlanabilir. Hızlı gelişen ağaç türlerinin kullanılmasına imkan vermesi, küçük çaplı tomrukların değerlendirilebilmesi ve tomruktan yararlanma oranının yüksekliği nedeniyle yapı sektöründe kontrplağın yerini büyük oranda almıştır. Ahşap yapı sektörünün gelişmiş olduğu Kuzey Amerika’da yapı paneli olarak ve I-kiriş yapımında kullanılmaktadır. *Eucalyptus grandis* (Fernando ve ark., 2003; Távora ve ark., 2006), *E. urophylla* ve *E. cloeziana* (Távora ve ark., 2006) klonlarından OSB üretilmiştir.

TAM standartlara göre hazırlanmış belirli kalınlıktaki kerestelerin lifleri birbirine paralel olarak yapıştırılmasıyla elde edilen en eski ve en yaygın olarak bilinen mühendislik ürünü ağaç malzemedir. Yapı sektörünün ihtiyaç duyduğu büyük boyutlardaki kiriş ve kalas üretiminde istenilen çapta ve kalitede ağaç malzeme bulunamaması dolayısıyla önemli bir alternatif haline gelmiştir. Üretim ve taşıma faktörlerinin sınırları dışında istenilen boyutlarda üretilebilir. Bu konuda yapılan çalışmalar; *E. grandis*

(Castro ve Paganini, 2003), *Eucalyptus glogulus* (Santos ve Pinho, 2004) klonlarından elde edilen tabakalanmış ağaç malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri hakkında bilgi vermiştir.

3. Sonuçlar

Ülkemizde, orman endüstrinin karşılaştığı hammadde, yarı mamul teminindeki problemlerinin çözümü için alternatif hammadde kaynaklarından en önemlilerinden biri büyük bir potansiyele sahip olan okaliptüs gibi hızlı gelişen ağaç türlerinin, yakacak odun ve ambalaj sektörü dışında daha fazla alanda kullanılmasının sağlanmasıyla mümkün olabilir. Bu alanda zengin okaliptüs plantasyonuna sahip ülkeler tarafından yapılan çalışmalar farklı okaliptüs klonlarının mühendislik ürünü ağaç malzemeler ve diğer odun kompozitleri üretiminde kullanılabilirliğini göstermiştir. Türkiye’de bu alandaki çalışmalar başlamış ve belli bir ilerleme sağlanmıştır. Bu konudaki çalışmaların daha organize olması için üniversiteler, kamu kurumları ve orman endüstri temsilcilerinin ortaklaşa kuracağı “mühendislik ürünü ağaç malzemeler merkezi” yeni kullanım alanlarında ihtiyaç duyulan bilgi ve tanıtımı sağlayabilir.

4. Kaynaklar

- American Plywood Association, 1999. Oriented Strand Board. Form No: W408, Tacoma
- Aydın, İ. S. Çolak, G. Çolakoğlu, E. Salih, 2004. A comparative study on some physical and mechanical properties of laminated veneer lumber (LVL) produced from Beech (*Fagus orientalis Lipsky*) and Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis Dehn.*) veneers. *Holz als roh und werkstoff*, 62:218-220.
- Birler, A. S., 1995. Orman Ağaçları Tanımı. Açık Öğretim Fakültesi, Yayın No: 1270, Eskişehir.
- Bowyer, J. L., 2005. Changing Realities in Forest Sector Markets. FAO Document No: 5918.
- Carrick, J. ve K. Mathieu, 2005. Durability of laminated veneer lumber made from blackbutt (*Eucalyptus Pilularis*). *International Conference On Durability of Building Materials and Components*; Lyon, France; TT2-55.
- Castro, G. Ve F. Paganini, 2003 Mixed glued laminated timber of poplar and *Eucalyptus grandis* clones. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 61: 291-298.
- Cartwright, D., 2001. Chile’s Forest Products Markets-A Plantation Success Story. UNECE/FAO, Forest Products Annual Market Review.
- Cooper, R., 1994. Commercial Timbers (Yayınlanmamış Ders Notu). University of North Wales, Bangor.
- Çolak, S., İ. Aydın ve G. Çolakoğlu, 2003. Okaliptüs ağacının farklı yüksekliklerinden alınan tomruklardan üretilmiş kontrplakların bazı mekanik özellikleri. *Doğu Akdeniz Or. Ar. Enst., DOA Dergisi*, 9:95 – 111.
- DPT, 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ormancılık Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
- Donnelly, R., R. Flynn, E. Shield, 2003. The Global Eucalyptus Wood Products Industry. A Comprehensive Report
- Fernando, G., V. Rocha ve S. Eduardo, 2003. Evaluation of three mat structures and three phenolic resin levels for oriented strand board production. *Rev. Árvore*, 27:3, 365-370.
- Krzysik, A., J. Youngquist ve Muehl, J, 1999. Medium density fiberboards from plantation-grown *Eucalyptus saligna*. *International Conference on Effective Utilization of Plantation Timber*; 156-160.
- Nacar, M., S. Hiziroglu ve H. Kalaycioglu, 2005. Some of the properties of particleboard panels made from eucalyptus. *American Journal of Applied Sciences (Special Issue)*: 5-8.
- Ozarska, B. ve P. Ashley, 1998. Furniture From Young Plantation Grown Eucalypts. Forest and Wood Products Research and Development Corporation Project, CSIRO FFP Client Report 519.
- Özkurt, A, 2002. Türkiye’deki okaliptüs plantasyonları: problemler, yönetim ve fırsatlar. *Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, DOA dergisi*, 8:7-13.
- Santos, A. ve M. Pinho, 2004. New advances for the application of eucalyptus as a structural wood. *Silva Lusitana* 12(1):43-50.
- Távora, C. V. Rocha, D. Lucia, R. Marius, 2006. Properties of OSB manufactured with wood strands of *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus cloeziana* and *Pinus elliottii*. *Rev. Árvore*, 30(4):659-667.
- Wang, Q., H. Sasaki, P. Yang ve S. Kawai, 1992. Utilization of laminated veneer lumber from sabah plantation thinnings as beam flanges. 3. Production of composite beam and its properties. *Mokuzai Gakkaishi*, 38(10)- 914-922.

Dörtüol (Hatay) Yöresinde Yetişen İki Farklı Okaliptüs Türüne Ait Yaprakların Eterik Yağ Analizi

M. Hakkı ALMA¹, Murat ERTAŞ², M. Yasin ÇAKMAK³

¹Prof. Dr., KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 46060 Kahramanmaraş, alma@ksu.edu.tr

²Araş. Gör., KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. Bölümü, 46060 Kahramanmaraş, mertas@ksu.edu.tr

³Lisans Öğrencisi, KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 46060 Kahramanmaraş

Özet

Dörtüol (Hatay) bölgesinde yetişen iki okaliptüs türüne (*E. camaldulensis* ve *E. globulus*) ait yaprakların uçucu yağları su destilasyonu yöntemiyle elde edilmiştir. Elde edilen yağların verim tespiti ve GC-MS ile kimyasal analizleri yapılmıştır. Sonuçlar *E. globulus* türünün *E. camaldulensis* türüne göre daha yüksek yağ verimine sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca, ana kimyasal bileşenler bakımından da iki türün birinden çok farklı bileşenlere ve oranlara sahip olduğu tespit edilmiştir. Özellikle, 1,8-cineol miktarı *E. globulus*'ta %67 civarında iken, *E. camaldulensis*'te bu maddenin oranı %8 civarındadır.

Anahtar kelimeler: *E. camaldulensis*, *E. globulus*, uçucu yağlar, GC-MS, Hatay

Analysis of Essential Oil From Two Different Eucalyptus Species Grown in Dörtüol Region (Hatay) in Turkey

Abstract

The essential oil was obtained from the leaves of *E. camaldulensis* Oehnh and *E. globulus* Labill. species grown in Dörtüol district by means of water distillation method. The chemical composition of the oil was determined by GC-MS. The yield of essential oil from *E. globulus* was found to be higher than that of *E. camaldulensis*. The results showed that the chemical composition of two species was considerable different from each other. Especially, the content of 1,8-cineol (about 67%) determined for *E. globulus* was found to be remarkably higher than that (about 8%) of *E. camaldulensis*

Keywords: *E. camaldulensis*, *E. globulus*, essential oil, GC-MS, Hatay, Dörtüol

1. Giriş

Myrtaceae familyasının bir cinsi olan okaliptüslerin anavatanı Avustralya'dır. Bu ağaç halk arasında sağlık ağacı, sıtma ağacı, bataklik ağacı, kızıl okaliptüs olarak ta bilinmektedir. En son tespitlere göre 700'e yakın türü ve pek çok da varyetesi bulunmaktadır. Çok hızlı büyüyen okaliptüsler kış-yaz yapraklarını dökmeyen, yaprakları düz kenarlı, söğüt yaprağı ya da tırpan şeklinde, karşılıklı dizilişli ağaçlardır. Gövde ve dal kabukları plakalar halinde gövdeden ayrılır. Çiçekler tek tek olabildiği gibi türlere göre şemsiyemsi konumda da olup sarı, beyaz veya kırmızı renktedir. Bir okaliptüs ağacının yılda ortalama 250 ton suyu alıp havaya verdiği tecrübelerle anlaşılmıştır. 1938'den beri, yurdumuzun güney bataklıklarında da yetiştirilmesine büyük önem verildi ve kısa zamanda çok ümit verici neticeler alındı. Tarsus'un Karabucak bataklığının kurutulmasıyla bölgede, sıtma hastalığının yayılmasında önemli rol oynayan sivrisineğin nesli kesildi (Adalı, 1944; Hillis ve Brown, 1978; Anonim, 1979).

Ülkemizde 19. yy.ın son yıllarında Mersin-Adana demiryolu üzerindeki istasyonlara gölge ve süs ağacı olarak ekilmek amacıyla getirilmiştir. Güney Ege ve Akdeniz sahillerinde yayılış göstermektedir. *E. rostrata* (Syn: *E. camaldulensis*), *E. globulus*, *E. robusta* ve *E. viminalis* ülkemizde yayılış göstermekte olup, soğuğa dayanma kabiliyeti olan bazı türlerin de daha iç kesimlerde yetiştirilebilmesi mümkündür. Bu türlerden *E. rostra* Syn: *E. camaldulensis* en yaygın bulunan türdür. Yapraklarından limon esansı elde edilen *E. citriodora* türünün Tarsus Karabucak orman fidanlığında denemesi yapılmaktadır.

E. camaldulensis Oehnh. (Syn: *E. rostrata* Schlecht.): Kıyı okaliptüsü, kızıl okaliptüs olarak bilinir. 30-45 m. boy ve 2 m gövde kalınlığında, gençlikte dağılan yaşlandıkça ise derine inen kök yapısına sahip ağaçlardır. Bataklik çevreleri, akarsu kıyıları ve besin yönünden güçlü topraklarda yetişip, -6°C ile +41°C arasındaki sıcaklıklarda yaşayabilirler. Düşük rakımlarda ve sulak arazilerde gövde yapısı eğricedir.

Ülkemizde en yaygın olarak bulunan bu tür kapalı meşcerelerde piramidal, tek ağaç halinde ise yaygın bir tepe yapar. Bu ağacın gövde kabukları açık kırmızı ile gümüşü renk arasındadır. Dallanma yaklaşık olarak 1.5 m den itibaren başlar. Yapraklar yaz-kış daima yeşil, genç sürgünlerde yuvarlağa yakın oval (6-9 cm uzunluk ve 2.5-4 cm eninde) yaşlı ağaçlarda ise ince uzundur (12-22 cm uzunluk ve 1-2.5 cm eninde). Yaprakların üst yüzleri parlak boz yeşil alt yüzleri ise boz yeşil renkte fakat mattır. Yaşlı yapraklar 1-3 cm uzunluğunda sapla dala birleşirler. Senenin her mevsiminde ağaç üzerinde gruplar halinde beyaz renkte çiçekler bulunur. Çiçek sapı 3-4 mm kuruluş sapı ise 10-15 mm uzunluğundadır (Davis, 1984; Baytop, 1984).

E. globulus Labill.: 65 m'ye kadar boylanan bu tür, kumlu ve alüvyal toprakları sever. Yetiştirme alanındaki bataklıkları kurutma özelliğine sahiptir. 750 m rakıma kadar -6°C'den daha soğuk olmayan yerlerde yetişebilir. Gövde yapısı düzgün olup gövde ve dallardaki sarımsı renkteki kabuklar uzun şeritler halinde ayrılarak sarkarlar. Alttan gelen yeni kabuk gümüşümsü mavi renktedir. Yaprakları oval tip olup kılıcımsı bir görünüme sahiptir. Sürgünlerdeki yapraklar 7-12 mm uzunlukta ve 3-4 cm eninde, yaşlı yapraklar ise 15-30 cm uzunluğunda ve 3-4 cm eninde almaçlı diziliştir. Uçucu yağ oranı bu türün yapraklarında daha fazladır. Yetiştirme bölgesinde kendi cinsindeki ağaçların dışındaki türlerin yaşama şansı, *E. globulusun* aşırı su çekme kabiliyeti sebebiyle hemen hemen yoktur. Beyaz renkteki çiçekleri sapsız ya da çok kısa saplıdır. Odunu sarımsı kahverengidir (Baytop, 1984).

Anadolu Üniversitesi Tıbbi ve Aromatik Bitki ve İlaç Araştırma Merkezi ve Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğüne gerçekleştirilen proje kapsamında Tarsus'ta kültür bitkisi olarak yetiştirilen ve kerestesinden faydalanılan bazı okaliptüs türlerinin yaprak uçucu yağlarının laboratuvar ve pilot ölçekte elde edilmesi ve bileşenlerinin belirlenmesi konusunda çalışmalar yapılmıştır. Bu amaçla, değişik dönemlere ait ince dallı yaprakların buhar distilasyonu ile yapılan çalışmalarda en çok uçucu yağ verimine *Eucalyptus globulus ssp. globulus*'un (%2.7-4.1) en az yağ verimine de *E. camaldulensis* (%0.5-1.4) ve *E. grandis* in (%0.4-1.3) sahip olduğu tespit edilmiştir. Uçucu yağların kimyasal analizleri gaz kromatografisi (GC) ve gaz kromatografisi/kütle spektrometrisi (GC/MS) ile yapılmış ve uçucu yağların fiziksel özellikleri belirlenmiştir. 1,8-cineol içeriği *E. globulus* alt türlerinde %61.0-79.3 arasında değişmekte olup en yüksek değere (%79.3) bicostata alt türünün yağında rastlanmıştır. Diğer taraftan, 1,8-cineol yüzdesi *E. grandis* ve *E. camaldulensis* 'te standartların (%70) hayli altında olup, *E. grandis* için en yüksek %31.2, *E. camaldulensis* için en yüksek % 55.7 olarak bulunmuştur (Azcan ve ark., 1995; Başer ve ark., 1998).

Taze yapraklarının su buharı ile destilasyonu ile elde edilen okaliptüs, muhtelif cila, kafuru, çam sakızı ve zambak, yine bir nevi vernik olan kokulu reçine imâlinde kullanılmaktadır. Halk hekimliğinde, özellikle solunum yolu hastalıklarında tercih edilir. Öksürüğü keser, boğaz ve burun iltihaplarını giderir. İdrar yollarını temizler. Hâricen deri üzerine sürülmek sûretiyle antiseptik olarak da kullanılır. Okaliptüs yaprakları doğrudan doğruya kaynatılarak kullanıldığı gibi, yağının tıpta da pek çok faydaları vardır. İlaç olarak veya kaynatma ile buğu, koku hâlinde de kullanılır. Yapraklar nefes darlığı, kabız, balgam söktürücü olarak, haşere sokmalarına, her nevi ateşlenmeye, nezle, nevroz, bronşit, romatizma, seker, üremi gibi hastalıklarda, yağ veya ekşitilerek sirke, toz sabun, pudra ve mâcun şeklinde kullanılır. Ayrıca okaliptüs kabuklarından, kino reçinesi adı verilen ve içinde bol miktarda tanen bulunan bir madde, kuru damıtım yoluyla elde edilmektedir. Yine okaliptüs odununun kuru damıtımıyla elde edilen diğer ürünler; 100 kilo odundan; 25-27 kilo kömür, 7 kilo asit asetik, 2 kilo alkol metilen, 3 kilo katran elde edilebilir (Baytop, 1963; Yardımcı, 1968; Baytop, 1974; Baytop, 1984; Pamuk, 1984).

Bizim bu çalışmada Dörtöy (Hatay) yöresinde yetiştirilen iki okaliptüs türü (*E. camaldulensis* ve *E. globulus*) ait yapraklardan elde edilen eterik yağların verim ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Şimdiye kadar bu okaliptüs türlerinin eterik yağ bileşenlerine bakılmamıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Dörtöy (Hatay) ilçesine bağlı Karaisalı merkez köyünde ve yaklaşık olarak 150 m'lik rakımda yetiştirilen 30 yıllık iki okaliptüs türüne (*E. camaldulensis* ve *E. globulus*) ait yapraklar kullanılmıştır. Söz konusu yapraklar Neo-clevenger adlı uçucu yağ destilasyon cihazı ile 3 saat süreyle destile edilerek uçucu yağları

elde edilmiştir. *E. camaldulensis* için verim %0.52; *E. globulus* için ise %1.9 olduğu bulunmuştur. Uçucu yağlar GC-MS cihazı ile analiz edilerek ana ve ara bileşenleri tespit edilmiştir. Uçucu yağlar susuz sodyum sülfat (Na₂SO₄) ile kurutularak -18°C’de buzdolabında saklanmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. GC-MS analizi

GC-MS analizleri için yağ örnekleri (11.5 mg) dietil eter (Et₂O) (1 mL) içerisinde çözündürülmüştür. Uçucu yağların kalitatif ve kantitatif analizleri Hewlett-Packard marka GC-MS cihazı ve SE-54 markalı silica ile dolu kapiler bir kolon (30 m x 0.25 mm i.d.; 0.25 µm film kalınlığı) ile yapılmıştır. Akış hızı 1.15 mL/dak olan hidrojen gazı kullanılmıştır. Kolon sıcaklığı, ilk önce ısıtma hızı 2°C/dak. ile 60°C’de 5 dakika ve daha sonra 260°C’de kalmak üzere programlandırılmıştır. Enjeksiyon sıcaklığı: 250°C; Enjeksiyon miktarı: 1 µL; İyon kaynağı: 70 eV; Enjeksiyon basıncı: 5 kg/cm²; Parçalanma oranı 1:5. bileşenlerin teşhisi NIST kütüphanesindeki datalar ile karşılaştırılarak yapılmıştır. Elde edilen pik alanlarının oranlarına göre de kalitatif ölçümler yapılarak sonuçlar yüzde olarak sunulmuştur.

3. Bulgular ve Tartışma

Tablo 1 *E. camaldulensis* türüne ait yapraklardan elde edilen uçucu yağ verimi ve bileşenlerini göstermektedir. Bu tabloda görülebileceği gibi, *E. camaldulensis* türünde etken maddeler sırasıyla, **p-cymene (%29.54)**, **spathulenol (%16.40)**, **caryophyllene oxide (%8.24)**, **4-isopropyl-2-cyclohexen-1-one (%9.89)**, **1,8-cineol (okaliptol) (%8.06)**, **terpinen-4-ol (%5.78)**, **sabinene (%5.75)** ve **cuminal (%3.28)** olduğu bulunmuştur. Bu türün yaprak yağlarında esas olarak monoterpen ve oksijenli monoterpen çok az miktarda da seskiterpenlerin olduğu bulunmuştur.

Tablo 1. *E. camaldulensis* türüne ait yapraklardan elde edilen uçucu yağ bileşenleri

No	Bileşenler	RT	%
1	Limonene	9.07	1.35
2	1,8-cineole	9.34	8.05
3	Sabinene	9.44	5.75
4	Para cymene	12.64	29.54
5	Trans-sabinene hydrate	28.32	0.54
6	Terpinon-4-ol	29.79	5.78
7	1-terpineol	30.75	0.60
8	4-isopropyl-2-cyclohexen-1-one	31.65	9.89
9	Beta fenchyl alcohol	32.88	0.50
10	Phellandral	33.17	2.31
11	Cuminal	34.92	3.28
12	Para-Cymen-8-ol	36.77	0.51
13	Caryophyllene oxide	39.58	8.27
14	Humulene oxide	40.74	0.87
15	Globulol	41.53	0.71
16	Spathulenol	42.56	16.40
17	Mixture of 1-isopropyl-dimethyl	42.86	2.01
18	Spathulenol	44.04	0.54
19	Carvacrol	44.19	0.90
20	Spathulenol	44.44	0.60
21	2-diazo-1-methyl-N-cyanoimine	45.72	0.48
22	Adamantane	45.89	0.58
23	Carene	46.38	0.54

Tablo 2 *E. globulus* türüne ait yapraklardan elde edilen uçucu yağ verimi ve bileşenlerini göstermektedir. Oysaki, *E. globulus* türünde ise ana etken madde olarak sırasıyla; **1,8-cineol (okaliptol) (%66.34)**, **p-cymene (%10.95)**, **spathulenol (%4.24)**, **gamma-terpinene (%2.61)** ve **terpinen-4-ol (%2.18)** bileşenlerinin olduğu belirlenmiştir.

E. camaldulensis ve *E. globulus* türlerine ait GC-MS spektraları sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2’de verilmiştir. Dörtöl bölgesinde yetiştirilen *E. globulus* türüne ait yağ verimi Tarsus-Karabucak yöresinde büyüyen aynı türünkinden kısmen düşük olduğu bulunmuştur. Bu durum yetişen bölgedeki su miktarı ve toprak özelliklerinden kaynaklanabilir. Detaylı olarak incelenmesi gerekir. Oysaki bu çalışmada çalışılan *E. camaldulensis* türüne ait yağ veriminin Tarsus-Karabucak bölgesinde yetiştirilen türünkinden uygun olduğu bulunmuştur.

Diğer yandan Dörtöl bölgesinde yetiştirilen *E. globulus* türüne ait yapraklardan elde edilen eterik yağdaki 1,8-cineol miktarının (%66) Tarsus-Karabucak bölgesinde yetiştirilen aynı türün yapraklarından elde edilen 1,8-cineol miktarına (%61-80) yakın olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, Dörtöl bölgesinde yetiştirilen *E. camaldulensis* için tespit edilen 1,8-cineol miktarının (%8), Tarsus-Karabucak bölgesinde yetiştirilen aynı tür için rapor edilen 1,8-cineol miktarından (%12) kısmen az olduğu bulunmuştur (Başer ve ark., 1998).

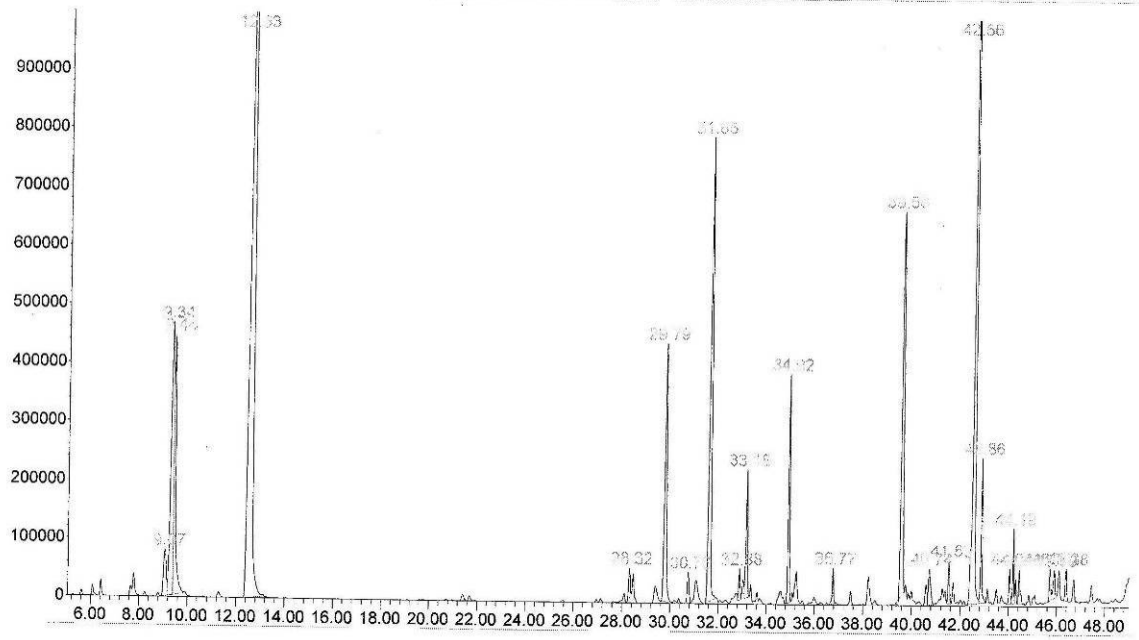
Florida bölgesinde yetiştirilen *E. camaldulensis* Dehn. türünün yapraklarından elde edilen eterik yağ içeriğinin ana bileşeninin p-cymene, terpinen-4-ol, spathulenol ve cumin aldehehyde olduğu ve %2.7 oranında cineol içerdiği rapor edilmiştir (Anonim, 2008).

Tablo 2. *E. globulus* türüne ait yapraklardan elde edilen uçucu yağ bileşenleri

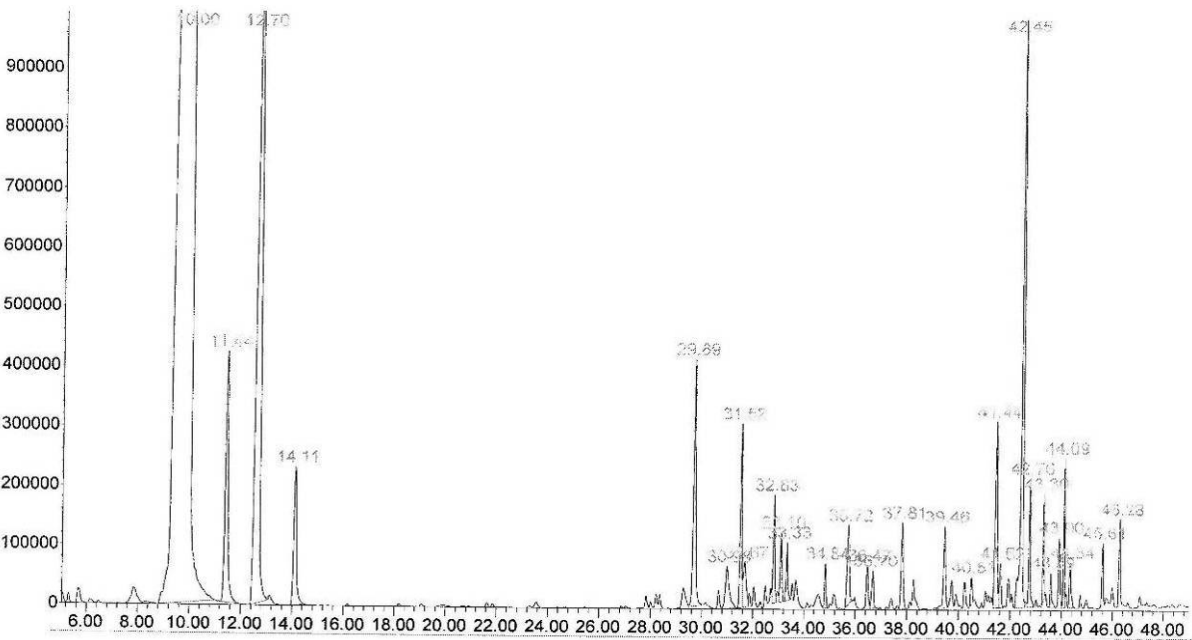
No	Bileşenler	RT	%
1	1,8-cineole	10.00	66.34
2	Gamma-terpinene	11.44	2.61
3	Para cymene	12.70	10.95
4	3-methylbutyl decanoate	14.11	1.50
5	Terpine-4-ol	29.69	2.18
6	Alloaromadendrene	30.98	0.64
7	Cryptone	31.52	1.19
8	Trans-pinocarveol	31.67	0.56
9	Alpha terpineol	32.83	0.65
10	Trans -3(10)-caren-2-ol	33.10	0.44
11	Phenol	33.33	0.35
12	Benzaldehyde	34.83	0.24
13	3,8-o-menthatriene	35.72	0.69
14	Sabinol	36.47	0.34
15	p-cymen-8-ol	36.70	0.28
16	Trans-p-2,8-menthadien-1-ol	37.81	0.69
17	Caryophyllene oxide	39.46	0.64
18	Epiglobulol	40.51	0.18
19	Gamma gurjunene	41.45	1.42
20	Viridiflorol	41.62	0.31
21	Spathulenol	42.45	4.24
22	o-menth-8-ene	42.76	0.73
23	Thymol	43.30	0.43
24	Thymol	43.60	0.18
25	Carvacrol	43.90	0.43
26	Carvacrol	44.09	0.64
27	İsopathulenol	44.34	0.30
28	2-diazo-1-methyl-N-cyanoimine	45.61	0.36
29	3-carene	46.28	0.51

Burundi, Fas, and Benin orijinli *Eucalyptus camaldulensis* türüne ait yapraklardan elde edilen uçucu yağ hakkında birçok çalışma yapılmıştır (Dethier ve ark., 1994; Zrira ve Benjilali, 1991; Zrira ve ark., 1992; Moudachirou ve ark., 1999) . Bu yağların ana bileşenlerinden olan 1,8 cineolun sırasıyla %31.0-72.5 olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca Dörtöl bölgesinde yetişen *E. camaldulensis* türü için elde edilen yağın ana bileşenlerinin içerisinde bu bölgelerde yetişen aynı türden farklı olarak cyrptone maddesi içermediği görülmüştür.

Uruguay, Küba, Kaliforniya, Fas, ve Güney Afrika bölgelerinden yetiştirilen *E. globulus* türünden elde edilen yaprak eterik yağındaki ana bileşenlerinde 1,8-cineol oranları: 64.5 (Dellacasa ve ark., 1990), %75- (Montejo ve ark., 1985; Hernandez ve ark., 1988), %86.67 (Nishimura ve Calvin, 1979), %58-82 (Ahmadouch ve ark., 1985; Zrira ve ark., 1992; Zrira ve Benjilali, 1996; Chenoufi ve ark., 1980) ve %48.7 (Ndou ve Wandruszka, 1986) olarak rapor edilmiştir.



Şekil 1. *E. camaldulensis* L. türüne ait GC-MS spektrumu



Şekil 2. *E. globulus* türüne ait GC-MS spektrumu

4. Sonuçlar

E. camaldulensis türüne ait yapraklardan elde edilen uçucu yağ bileşenlerinin %100'ü GC-MS ile analiz edilmiştir. **Para cymene (%29.54)** ve **Spathulenol (%16.40)** bu türde tespit edilen en önemli bileşenlerdir.

E. globulus türüne ait yapraklardan elde edilen uçucu yağ bileşenlerinin de %100'ü GC-MS ile analiz edilmiştir. **1,8-cineole (%66.34)** ve **Para cymene (%10.95)** bu türün yapraklarında tespit edilen en önemli bileşenlerdir. Okaliptüsün farklı türlerine ait yapraklarındaki eterik yağların içeriği türlere göre büyük ölçüde farklılık gösterdiği açıkça görülmektedir.

5. Kaynaklar

- Adalı, F., 1944. Sağlık Ağacı Okaliptüs, Ziraat Vekaleti Neşriyat Müdürlüğü, Genel Sayı: 609, Pratik Kitaplar Sayı: 3, İstanbul.
- Ahmadouch, A., Bellakdar, J., Berrada, M., Denier, C. and Pinel, R., 1985. Analyse chimique des huiles essentielles de cinq especes d'Eucalyptus acclimates au Maroc. *Fitotherap.*, 56, 209-220.
- Anonim, 1979. Eucalypts for Planting, FAO Forestry Series, No.11, Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome.
- Anonim, 2008. <http://essentialoils.org/knowledge-center/educational/publications/e-camaldulensis.htm>
- Azcan, N., Kara, M., Başer, K.H.C., Kırimer, N., Kürkçüoğlu, M., Özek, T., Gülbaba, G., Aslan, S. ve Günses, K., 1995. A Systematic Study of Essential Oils of *Eucalyptus* Species Grown in Turkey, *13th International Congress of Flavours, Fragrances and Essential Oils*, 15-19 October 1995, İstanbul, Turkey.
- Başer, K.H.C., Gülbaba, G., Azcan, N., Kara, M., Kırimer, N., Kürkçüoğlu, M., Özek, T. ve Özkurt, N., 1998. Türkiye'de Yetiştirilen Bazı Okaliptüs (*Eucalyptus*) Türlerinin Uçucu Yağ Verim ve Bileşimlerinin ve Üretim Teknolojilerinin Belirlenmesi. Orman Bakanlığı Yayın No: 084, DOA Yayın No: 11, Orman Bakanlığı, Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Tarsus, Teknik Bülten No: 7.
- Baytop, T., 1963. Türkiyenin Tıbbi ve Zehirli Bitkileri, İstanbul.
- Baytop, T., 1974. Farmakognozi Ders Kitabı, 2. Cilt, İstanbul.
- Baytop, T., 1984. Türkiye 'de Bitkilerle Tedavi, İstanbul.
- Chennoufi, R., Morizue, J.P., Richard, H. and Sandret, F., 1980. Etude des huiles essentielles d'Eucalyptus globulus au Maroc. *Rivista Ital.*, 62, 353-357.
- Davis, P.H., 1984. Flora of Turkey and East Aegean İslanlans, 8. cilt, Edinburg.
- Dellacasa, E., Menendez, P., Moyna, P. and Soler, E. 1990. Chemical composition of *Eucalyptus* essential oils grown in Uruguay. *Flav. Fragr. J.*, 5, 91-98.
- Dethier, M., Nduwimana, A., Cordier, Y., Menut, C. and Lamaty, G., 1994. Aromatic plants of tropical central Africa. XVI. Studies on essential oils of five *Eucalyptus* species grown in Burundi, *J. Essent. Oil Res.*, 6, 469-473.
- Hernandez, J. M., Loret de Mole, L. M., Gra Rios, G., Rasimbazafy, J.M. and Perez, A. R., 1988. Estudio de la composición química del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* Labill ssp bicostata obtenido en Cuba. *Rev. Cub. Farm.*, 22, 76-85.
- Hillis, W.E., Brown, A.G., 1978. Eucalyptus for Wood Production, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), Australia.
- Montejo, L. M., Hernandez, J. M., Perez, A. R. and Rivero, R. B., 1985. Estudio de la composición química del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* Labill ssp globulus, obtenido en Cuba. *Rev. Cub. Farm.*, 14, 177-183.
- Moudachirou, M., Gbenou, J. D., Chalchat, J. C., Chabard, J. L. and Lartigue, C., 1999. Chemical composition of essential oils of *Eucalyptus* from Benin: *Eucalyptus citriodora* and *E. camaldulensis*. influence of location, harvest time, storage of plants and time of steam distillation. *J. Essent. Oil Res.*, 11, 109-118.
- Ndou, T. T. and Wandruszka, M.A., 1986. Essential oils of South African *Eucalyptus* species (*Myrtaceae*). *S. Afr. J. Chem.*, 39(2), 95-100.
- Nishimura, H. and Calvin, M., 1979. Essential oil of *Eucalyptus globulus* in California. *J. Agric. Food Chem.*, 27, 432-435.
- Pamuk, A., 1984. Şifalı Bitkiler Ansiklopedisi, İstanbul.
- Yardımcı, L., 1968. Şifalı Otlar ve Halk İlaçları, İstanbul.
- Zrira, S. S. and Benjlali, B. B., 1991. The essential oil of the leaves and the fruits of *E. camaldulensis*, *J. Essent. Oil Res.*, 3, 443-444.
- Zrira, S. S., Benjlali, B. B., Fechtal, M. M. and Richard, H. H., 1992. Essential oils of twenty- seven *Eucalyptus* species grown in Morocco, *J. Essent. Oil Res.*, 4, 259-264.
- Zrira, S.S. and Benjlali, B. B., 1996. Seasonal changes in the volatile oil and cineole contents of five *Eucalyptus* species growing in Morocco. *J. Essent. Oil Res.*, 8, 19-24.

Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis*) Kraft Hamurlarının Oksijen Bazlı Bileşikler İle Ağartılmasında Yeni Yaklaşımlar

Hüseyin KIRCI¹, Emrah PEŞMAN², Evren ERSOY KALYONCU³

¹Hüseyin KIRCI, Prof.Dr., KTÜ, Orman Fakültesi, Lif ve Kâğıt Tek. Trabzon, kirci@ktu.edu.tr

²Emrah PEŞMAN, Arş.Gör., KTÜ, Orman Fakültesi, Lif ve Kâğıt Tek. Trabzon, emrahpes@ktu.edu.tr

³Evren ERSOY KALYONCU, Arş.Gör., KTÜ, Orman Fakültesi, Lif ve Kâğıt Tek. Trabzon, eersoy@ktu.edu.tr

Özet

Ülkemizde kağıt hamuru üretimi, hammadde sıkıntısı ve üretimdeki girdi maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle durma noktasına gelmiştir. Hammadde sıkıntısı yaşayan ülkemiz için hızlı büyüyen ağaç türleri kısa büyüme periyodunda fazla miktarda biyokütle verdiklerinden endüstriyel uygulamalar açısından oldukça önem taşımaktadır. Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis*) de ülkemizde yetiştirilebilen ve kâğıtçılık için uygun, hızlı büyüyen bir ağaç türüdür. Okaliptüs ile verimi yüksek, sağlam, kolay ağartılabilen ve baskı kalitesi iyi kimyasal hamurlar üretilebilmektedir. Bu çalışmada okaliptüsten elde edilen kraft hamurlarının çevre dostu yöntemlerle ağartılması üzerine çalışılmıştır. Özellikle klor bazlı ağartma sırasında kanser yapıcı özelliğe sahip dioksin ve furan gibi zehirli bileşiklerin oluştuğunun keşfinden bu yana klor ve klor içeren ağartıcıların kağıt hamurunun ağartılmasında kullanımı giderek kısıtlanmaktadır. Bu çalışmada ağartıcı olarak klor içerikli geleneksel ağartıcılardan ziyade oksijen bazlı reaktiflerle çok kademeli ağartma üzerinde çalışılmıştır. Okaliptüs kraft hamurlarının oksijen bazlı bileşiklerle verdiği reaksiyonların ılımlı olduğu ancak geleneksel yöntemlerle yapılan ağartmalara yakın sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Okaliptüs, Kraft Hamuru, Ağartma, Oksijen Bazlı Ağartıcılar, TCF

New Approaches For *Eucalyptus (Eucalyptus camaldulensis)* Kraft Pulp Bleaching With Oxygen Based Reagents

Abstract

Because of the high input and production costs the chemical pulp production has come to be exhaustion point in Turkey. Inadequate raw materials and production costs are the main problems of pulp industries. The raw material problem can be achieved with plantation of exponential tree species. *Eucalyptus camaldulensis* as an exponential tree is suitable for the pulp and paper industries and can be easily plantation in Turkey. It can be possible to produce strong and easily bleachable pulp giving high yield, good printing quality with eucalyptus wood as a raw material. In this study, bleaching of eucalyptus kraft pulps with environmentally friendly oxygen based stages was examined. As is known, the usage of chlorine and chlorine based bleaching agent has limited until the investigation of dioxin and furan formation. These environmental pollutants are very toxic and carcinogenic structures. In this study oxygen based reagents such as oxygen, hydrogen peroxide and peracetic acid were examined for bleaching sequences as an alternative to chlorine based reagents. Consequently, bleaching eucalyptus kraft pulp with oxygen based chemicals gave moderate but relative results according to conventional bleaching methods.

Keywords: Eucalyptus, Kraft pulp, Bleaching, Oxygen Based Bleaching Agent, TCF

1. Giriş

Son yıllarda dünya çapında kağıt tüketimi giderek artmaktadır. Sınırlı odun kaynaklarına sahip çoğu ülkede kağıt ve kağıt hamuru endüstrisi için hızla artan bir hammadde talebi söz konusudur. Her yıl yenilenebilen ya da hızlı büyüyen türler hammadde olarak önem kazanmaya başlamıştır. Bu yüzden hızlı büyüyen bir tür olan okaliptüs, kağıt hamuru sektörü için oldukça önemli bir hale gelmiştir. Okaliptüsün hammadde olarak kullanımı 2003 yılında 8 milyon ton iken 2015 yılında 14 milyon tona ulaşacağı tahmin edilmektedir (Jaako, 2004). Okaliptüsün ülkemizde de yaygın bir yetiştirme alanı vardır. Bu durum hammadde sıkıntısı çeken ülkemiz için bir çözüm önerisi olarak düşünülmelidir.

Dünya çapında ağartılmış okaliptüs kraft hamurları, temizlik ve yazı-baskı kağıdı olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Colodette ve ark., 2008). Çoğu kimyasal hamurlar üstün kalite özelliklerine sahip olması açısından yaygın olarak kraft tekniği ile üretilmektedir. Kraft pişirmesi esnasında odundaki ligninin büyük bir kısmı uzaklaştırılsa da temiz ve açık renkli bir hamur elde etmek için ağartma

işleminin uygulanması gerekmektedir. Ancak kraft tekniği ile üretilen hamurlar oldukça koyu renkli olduğundan ağartılması en zor olan hamurlardır. Kağıt hamurunun geleneksel yöntemlerle ağartılması sırasında kullanılan klor içeren bileşikler hamur içindeki kalıntı ligninle reaksiyona girerek çevre sağlığına zararlı klorlanmış fenolik maddelere dönüşmekte ve ağartma atık sularında dioksin ve furan grubu zehirli, kanserojen bileşikler oluşturmaktadır (Dahl, 1999; Kalyoncu ve ark., 2004). Bu yüzden kağıt hamurunun ağartılmasında klor, klordioksit, hipoklorit ve klorit gibi klor esaslı bileşiklerin kullanımının sınırlanması bunun yerine çevre dostu oksijen bazlı ağartıcıların kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Günümüzde, geleneksel yöntemler gidererek terk edilirken elementel klor içermeyen (ECF) yöntemlerin kullanımı hız kazanmıştır. Bunun yanında tamamen çevre dostu diyebileceğimiz klor içermeyen (TCF) ağartma dizinlerinin kullanımı sınırlı bir gelişim göstermektedir. Kağıt hamuru piyasasındaki sıkı rekabet nedeniyle TCF teknolojisini kullanan fabrikalar tekrar ECF teknolojisine geri dönmüşlerdir (Dahl, 1999).

Daha önce yapılan bir çalışmada kavak odunundan organosolv yöntemiyle üretilen kağıt hamuru Pa(EP)PaP ağartma dizini ile ağartıldığında %84 ISO parlaklığına erişilirken hamur viskozitesinde yalnızca %16,8'lik kayıp meydana gelmiştir. Aynı miktarda aktif oksijen kullanılan (EOP)PPP dizini ile hamur parlaklığı yalnızca %68'e çıkarılmıştır (Kırcı, 2002).

Khristova ve çalışma arkadaşları (2005), *Eucalyptus citriodora* odunundan kraft yöntemi ile 20,9 kappa numarasında üretilen hamuru OQ(EOP)QP dizini ile ağartmış, hamura oranla %4 peroksit tüketimi halinde hamur parlaklığının %89 ISO'ya çıktığı rapor etmişlerdir. Ancak ağartma sonucunda hamur viskozitesindeki kayıp %35'i bulmuştur.

Tek bir ağartıcı selülozu bozundurmada hamurda kalan tüm kimyasal yapıları oksitleyebilecek yetenekte değildir. Bu yüzden kağıt hamurunun ağartılması için bir çok kademe gerekmektedir. Birbirini takip eden asidik ve alkalen kademelerde ağartma yapmak, alkalen koşullar altında oksitlenmiş ligninin çözünürlüğünü arttırmaktadır (Nelson, 1998). Bu yüzden TCF ağartma dizinlerinde, oksijen(O), hidrojen peroksit(P), ozon(Z), perasetik asit(Pa) gibi oksijen bazlı ağartıcılar ile ara kademeler olan, çelatlama(Q), alkali yıkaması(E) ve enziminde kullanılabildiği kademelerden oluşan ağartma dizinleri kullanılmaktadır.

Üniversitemiz laboratuvarında yaptığımız bu çalışmada, okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis*) kraft hamurlarına OQPaP ve OQPa(EP)PaP olmak üzere iki farklı ECF ağartma dizini uygulanarak düşük kappa numaralı, yüksek verim özelliklerinde ve yüksek parlaklık değerlerine sahip kağıt hamurları üretmek amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Hızlı gelişen bir ağaç türü olan okaliptüs, kısa lif kaynağı olarak giderek daha önemli bir hale gelmiştir. Plantasyonu yapıldığında uygun yetiştirme koşullarında birim alanda yüksek miktarda biyokütle vermesi, ılımlı büyüme koşulları ve üretilen hamurun kaliteli hamur özelliklerine sahip olması bir hammadde olarak her dem yeşil olan bu ağaç türünün popüleritesini arttırmıştır (Kordsachia ve ark., 1992)

Okaliptüsün bilinen 600 türü var olmakla birlikte kağıt hamuru üretimi açısından plantasyonu yapılan tür sayısı bir düzineyi geçmez. Kolayca hibritleşebilen okaliptüs kimyasal yapısı ve lif morfolojisi açısından kağıt hamuru üretimine elverişli bir türdür (Khristova ve ark., 2005)

Yapmış olduğumuz bu çalışmada, *Eucalyptus camaldulensis* türü hammadde olarak kullanılmıştır.

2.2.Yöntem

Pişirme işlemleri 15 lt kapasiteli, 25 kg/cm² basınca dayanıklı, otomatik ısı kontrollü, elektrikle ısıtılan ve dakikada iki kez devir yapan laboratuvar tipi döner kazanda gerçekleştirilmiştir. Kazanı doldurma ve boşaltma işlemi elle yapılmış olup her bir deney için 700 gr tam kuru yonga kullanılarak aynı pişirme

koşulları altında iki farklı pişirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen hamurlar homojen bir şekilde karıştırılarak hamur rutubeti TAPPI 210 cm-86 standart metoduna göre belirlenmiş, bu şekilde elek verimi, elek artığı, kappa numarası ve viskozite değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca pişirme sonunda kazandan alınan siyah çözelti örneğinin önce pH değeri ölçülmüş ardından 0,1M HCl nötralizasyonu yapılarak pH metre yardımıyla alkali tüketim miktarı bulunmuştur.

Pişirme işlemi okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis*) odunu yongalarının çözelti/yonga oranı 4/1 olacak şekilde tutularak %16 aktif alkali, %30 sülfidite ile 170°C sıcaklık ve 120 dakika sürede yapılmıştır. Verimi %43,26 olarak üretilen hamurların ortalama viskozite değeri 873,15 cm³/g, kappa numarası ise 30,24 olarak tespit edilmiştir. Pişirmedeki elek artığı %0,63 olarak hesaplanırken ortalama alkali tüketimi %62,08 olarak tespit edilmiştir.

Elde edilen okaliptüs kraft hamuruna OQPap ve OQPa(EP)PaP olmak üzere iki farklı ağartma dizini uygulanmıştır. Ağartma dizinlerine ait uygulama koşulları Tablo 1'deki gibidir. Her iki ağartma dizinindeki oksijen kademeleri (O) aynı koşulda gerçekleştirilmiştir. O kademesi sıcaklığı ±2°C ayarlanabilen reaktörde orta konsantrasyonda (%12) gerçekleştirilmiştir. Oksijen delignifikasyonu esnasında selülozun çözültide meydana gelen radikaller tarafından bozunmasını ve katalitik ayrışmasını önlemek amacıyla magnezyum sülfat ilave edilmiştir (Linden ve Ohman, 1997).

Diğer ağartma kademeleri ise polietilen torbalar içerisinde sıcaklığı ayarlanabilir termostatlı su banyosunda yapılmıştır. Pa kademesinde ağartma reaktifi olarak kullanılan perasetik asit çözeltisi asetik asit, hidrojen peroksit ve de katalizör olarak ilave edilen sülfürik asit karışımının döner buharlaştırıcıda destile edilmesiyle hazırlanmıştır. Elde edilen çözelti içerisindeki perasetik asit konsantrasyonu analiz edilerek uygulamalarda bu oran dikkate alınarak kullanılmıştır.

Tablo 1. OQPap ve OQPa(EP)PaP ağartma dizinlerine ait uygulama koşulları

	Sembol	Oksijen Basıncı, kg/cm ²	Kimyasal miktarı, % (g/100g pulp)	Reaksiyon süresi, dk	Sıcaklık °C	Konsantrasyon %
OQPap	O	7	NaOH : 2,5 MgSO ₄ : 0,20	60	100	12
	Q	-	EDTA: 0,40	60	70	10
	Pa	-	PAA: 3,00 NaOH: 2,00 MgSO ₄ : 0,25 EDTA: 0,20	60	80	12
	P	-	H ₂ O ₂ : 4,00 NaOH: 2,80 MgSO ₄ : 1,00	120	80	12
OQPa(EP)PaP	O	7	NaOH : 2,50 MgSO ₄ : 0,20	60	100	12
	Q	-	EDTA: 0,40	60	70	10
	Pa	-	PAA: 3,00 NaOH: 2,00 MgSO ₄ : 0,25 EDTA: 0,20	60	80	12
	(EP)	-	H ₂ O ₂ : 2,00 NaOH: 2,00 MgSO ₄ : 0,10	60	80	12
	Pa	-	PAA: 1,00 NaOH: 0,70 MgSO ₄ : 0,25 EDTA: 0,20	60	80	12
	P	-	H ₂ O ₂ : 2,00 NaOH: 1,40 MgSO ₄ : 1,00	120	80	12

Gerek pişirmenin, gerek de her bir ağartma kademesinin ardından kağıt hamurlarına uygulanan analiz yöntemlerinden hamur viskozitesi SCAN-C 15:88, kapa numarası TAPPI T 236 om-85 ve parlaklık değeri ISO 2470 standardına göre belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

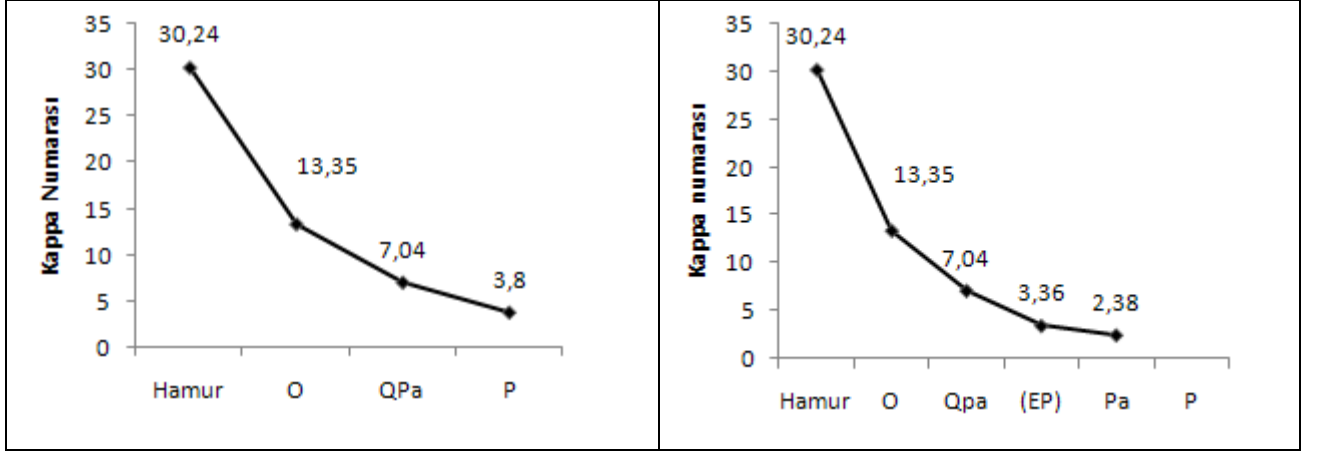
Laboratuar koşullarında üretilen okaliptüs kraft hamurlarına oksijen esaslı bileşiklerden oluşan OQPap ve OQPap(EP)PaP olmak üzere iki farklı ağartma dizini uygulanmıştır. Bu ağartma dizinlerinin her bir kademesine ait kapa numarası, viskozite, genel verim ve parlaklık değerleri karşılaştırmalı olarak Tablo 2’de ve Şekil 1,2 ve 3’de gösterilmiştir.

Her iki ağartma dizininde de ilk kademe olarak oksijen delignifikasyonu (O) uygulanmıştır. O kademesi ile kapa numarası 30,24’den 13,35’e düşürülerek yaklaşık 17 birimlik bir azalma sağlanmış, hamurdaki kalıntı ligninin ortalama % 55’i uzaklaştırılmıştır. Bununla birlikte O kademesi sonrasında hamur viskozitesinde %8,6’lık kayıp tespit edilmiştir. Bunun nedeni oksijen delignifikasyonu esnasında oluşan yüksek reaktiflik özelliğine sahip, farklı birçok oksijen içerikli hidroksi radikallerinin selüloz depolimerizasyonuna neden olmasıdır (Gratzl, 1995; Van Heiningen ve Violette, 2003). Ancak %55’lik delignifikasyon ağartılabilir hamur için kabul edilen %45-50 değerinin üzerindedir. Bunun muhtemel nedeni okaliptüs kraft hamurunu kapa numarasının (30,3), ağartılabilir vasıftaki bir hamur için kabul edilen değerin (15-20) üzerinde olmasıdır. Bilindiği gibi yüksek kapa numaralı hamurlardaki kalıntı lignin oksijen delignifikasyonu ile daha seçici şekilde uzaklaştırılabilir (Colodette ve ark., 1995).

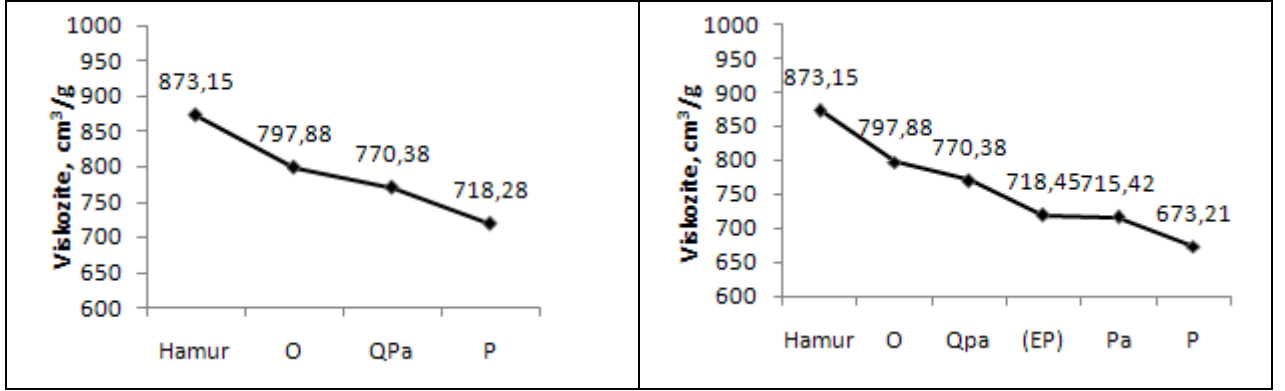
Tablo 2. OQPap ve OQPap(EP)PaP ağartma dizinlerine ait hamur özellikleri

	Sembol	Kapa Numarası	Viskozite, cm ³ /g	Verim, %	Genel Verim, %	Parlaklık, ISO	Son pH
OQPap	Hamur	30,24	873,15	43,26	43,26	17,18	11,50
	O	13,35	797,88	95,43	41,32	39,02	10,56
	Q	-	-	-	-	-	8,40
	Pa	7,04	770,38	97,10	40,12	57,89	5,45
	P	3,8	718,28	99,13	38,29	76,49	12,40
OQPap(EP)PaP	Hamur	30,24	873,15	43,26	43,26	17,18	11,50
	O	13,35	797,88	95,43	41,32	39,02	10,56
	Q	-	-	-	-	-	8,40
	Pa	7,04	770,38	97,10	40,12	57,89	5,45
	(EP)	3,36	718,45	99,39	39,88	73,27	12,55
	Pa	2,30	715,42	98,98	39,47	78,14	6,50
P	-	673,21	98,24	38,77	83,00	11,57	

Ağartma dizini boyunca O kademesi haricindeki kademelerin delignifikasyon oranlarında görülen değişim incelendiğinde perasetik asit kademesi (Pa) ve hidrojen peroksit kademesinin (P) oldukça etkili oldukları görülmektedir (Şekil 1 a ve b). Perasetik asit klor gibi ligninin olefinik ve aromatik yapıları ile reaksiyon verdiğinden ayrıca hamurdaki hekseuronik asidi (HexA) uzaklaştırdığından bunu takip eden alkali (E) ve hidrojen peroksit (P) kademelerindeki delignifikasyon oranını arttırmaktadır (Sixta, 2006).

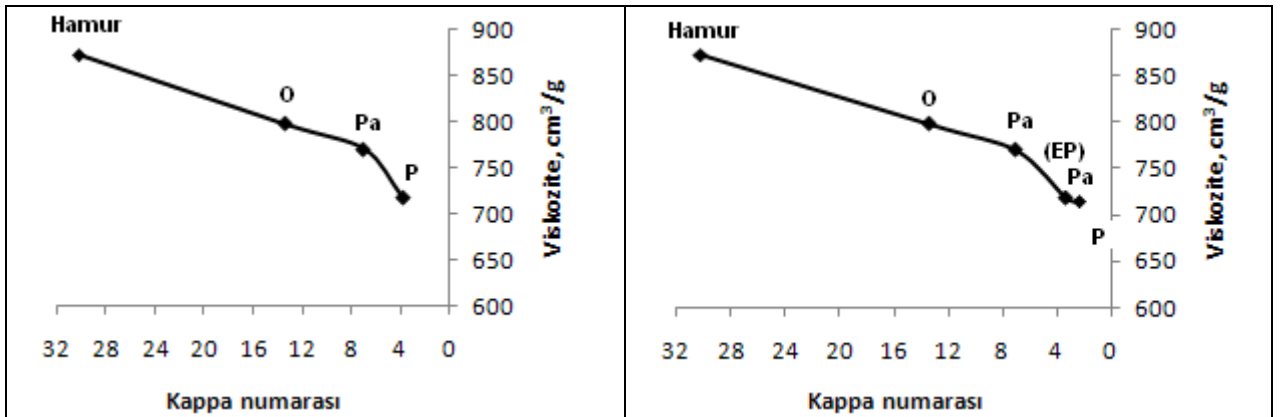


Şekil 1. OQPAP ve OQPa(EP)PaP dizinlerinde ağartma kademelerine göre kappa numarasındaki değişim.



Şekil 2. OQPAP ve OQPa(EP)PaP dizinlerinde ağartma kademelerine göre hamur viskozitesindeki değişim

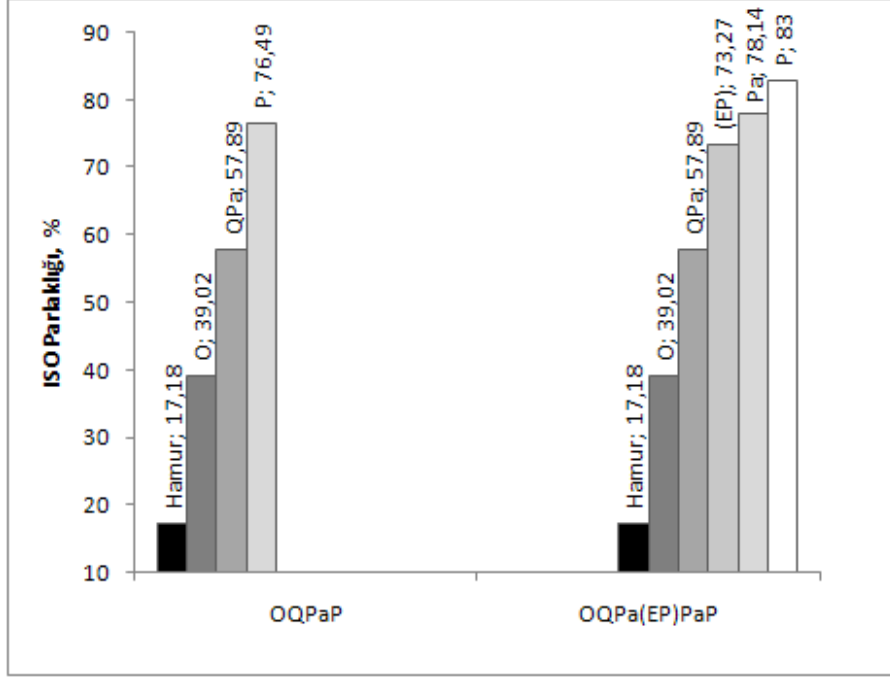
Perasetik asidin seçici bir delignifikasyon maddesi olduğu ve hamur viskozitesi üzerine ılımlı bir etki yaptığı bu çalışma ile de ortaya çıkmıştır. Şekil 2’de her iki ağartma dizini için de Pa kademesinin P ve EP (peroksit takviyeli alkali ekstraksiyonu) kademesine göre hamur viskozitesinde daha az kayba yol açtığı açıkça görülmektedir. Bu bulguyu ağartma seçiciliğini daha iyi gösteren ve ağartma dizini boyunca çizilen viskozite-kappa numarası grafiği de doğrulamaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. OQPAP ve OQPa(EP)PaP dizinlerinde ağartma kademelerinin viskozite-kappa seçiciliği

Şekil 4’teki ağartma kademelerine göre parlaklık değişimi incelendiğinde başlangıçta en etkili renk açılmasının Pa ve P kademelerinde gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Ancak özellikle OQPa(EP)PaP dizininin

son iki kademesinde parlaklık artışı nispeten düşse de OQPaP dizinine göre daha yüksek parlaklık değerine erişilmiştir. Benzeri durum geleneksel klor esaslı CEDED ağartma dizini için de belirlenmiştir (Dence ve Reeve,1996). OQPaP diziniyle elde edilen parlaklık değeri %78,14 ISO olarak ölçülürken, OQPa(EP)PaP diziniyle parlaklık değeri ancak %83 ISO'ya kadar artırılabilmiştir. Bunun yanında hamurun ölçülen son viskozite değeri 673,21cm³/g olup toplam viskozite kaybı %23 tür.



Şekil 4. OQPaP ve OQPa(EP)PaP ağartma dizinlerine ait parlaklık değerleri

4. Sonuç ve Öneriler

Okaliptüs odunundan kraft yöntemiyle üretilen kağıt hamurlarının oksijen bazlı çevre dostu kimyasallar ile ağartılması üzerine gerçekleştirilen bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır.

1. Esmer hamurun tek kademeli oksijen delignifikasyonu ile hamur viskozitesinde yalnız %8,6 lık bir kayıp ile %55 delignifikasyon oranına erişilmiştir.
2. Kappa numarası 30,2 olan okaliptüs hamuru altı kademeli OQPa(EP)PaP dizini ile ağartıldığında hamur parlaklığını %17,18 ISO'dan %83 ISO değerlerine kadar çıkarmak mümkündür.
3. Ağartma dizininde ligninin en fazla ayrıldığı kademe oksijen ve perasetik asit kademeleridir. Özellikle perasetik asidin seçici bir delignifikasyon maddesi olmasının yanı sıra hamurdaki kalıntı lignini bozundurarak takip eden alkali reaksiyonu veya peroksit kademesinin etkinliğini artırdığı görülmüştür.
4. Dört kademeli OQPaP dizini yerine hamura oranla aynı miktarda hidrojen peroksit kullanılarak OQPa(EP)PaP dizini ile daha yüksek delignifikasyona ve parlaklık değerine ulaşmak mümkündür.
5. Tümüyle oksijen esaslı reaktiflerin kullanıldığı her iki ağartma dizininde kappa ve viskozite arasındaki ilişki incelendiğinde en kötü seçicilik peroksit(P) ve peroksit takviyeli alkali ekstraksiyon (EP) kademelerinde olduğu görülmektedir.

Her ne kadar oksijen bazlı kimyasallarla yapılan ağartmada kabul edilebilir bir kimyasal madde sarfı ile hamur parlaklığını %83'e çıkarmak mümkünse de, oksijen esaslı ağartıcılar klor esaslı ağartıcılara göre daha zayıf renk açıcılar. Hamur sağlamlığını koruyarak tam ağartılmış hamur parlaklığı olan %90 ISO düzeyine çıkarmak için üç alternatif yol üzerinde çalışılmalıdır.

1. İlk Pa kademesinde daha yüksek oranda perasetik asit kullanarak düşük viskozite kaybı ile yüksek parlaklığa erişmek.
2. Son peroksit kademesi yerine klordioksit kullanmak.
3. Alkali reaksiyon ortamında oluşan HexA'nın takip ve kontrolü.

Oksijen esaslı kimyasalların kağıt hamurunun ağartılması amacıyla kullanımını sınırlayan en büyük etken klorlu ağartıcılara göre üretim maliyetlerinin yüksekliğidir. Bu nedenle tümüyle TCF ağartmasına geçmek için kimyasal madde sarfiyatındaki artış ve çevresel kirlenme kriterlerindeki azalış birlikte değerlendirilerek nihai karar verilmelidir.

Kaynaklar

- Colodette, J.L., Gomes, C.M., Rabelo, M.S., Eiras, K.M.M., A. Gomes, F.,Oliveira, K.D., 2008. Eucalyptus Kraft Pulp Bleaching: State-of-the-art and New Developments. *Tappi Journal Online Exclusive*, 18A-18M.
- Colodette, J.L. Gomide, J.L., Salles, D.V., Brito, A.C.H., 1995, Effect of Brownstock Kappa Number on Fiberline Bleached Yield. Proceedings of the 1995 Tappi Pulping Conference, Tappi Pres, Atlanta, Georgia, USA, pp 404-413.
- Dahl, O., 1999. Evaporation of Acidic Effluent from Kraft Pulp Bleaching Reuse of the Concentrate and Further Processing of the Concentrate, Academic Dissertation, Faculty of Technology, Oulu Finland.
- Dence, C.W.ve Reeve, D.W., 1996. Pulp Bleaching Principles and Practice, Tappi Press Atlanta
- Gratzl, J.S., 1995, The Chemical Basis of Pulp Bleaching with Oxygen, Hydrogen Peroxide and Ozone- A Short Review. *Papier* 10A: V1-V8,
- Jaakko Polyry. 2004. Available at www.poyry.com/en/. Cited November 29.
- Kalyoncu, E. E. , Boran, S., Peşman, E., 2004. Kağıt Hamuru Endüstrisinde Çevre Kirlenmesi, V. Ulusal Orman Fakülteleri Öğrenci Kongresi, Trabzon, 87-91.
- Khristova, P., Kordsachia, O., Dafaalla,S. 2005. Alkaline Pulping of Some Eucalypts from Sudan, *Bioresource Technology* 97(4) 535-544.
- Kırcı, H., 2002. Organosolv Hamurunun Klorsuz Ağartma Teknikleri ile Ağartılması. K.T.Ü. Araştırma Fonu Proje Kod no 20.113.002.5, Trabzon.
- Kordsachia, O., Wardinger, B., Patt, R., 1992. Some Investigation on ASAM Pulping and Chlorine Free Bleaching of Eucalyptus from Spain, *Holz Roh-Wekst.* 50, p85-91
- Linden, J. ve Ohman, L.O., 1997. Redox Stabilization of Iron and Manganese in the II Oxidation State by Magnesium Precipitates and Some Anionic Polymers, *J. Pulp Paper Sci.* 23(5): J193-J199.
- Nelson, P.J., 1998. Elemental Chlorine Free (ECF) and Totally Chlorine Free (TCF) Bleaching of Pulps, in Environmentally Friendly Technologies for the Pulp and Paper Industry by Young, R.A. ve Akthar, M., John Wiley & Sons. Inc., USA.
- Sixta, H., 2006. Handbook of Pulp, Wiley-VCH, Weinheim
- Van Heiningen, A. ve Violette, S., 2003. Selectivity Improvement During Oxygen Delignification by Adsorption of a Sugar-Based Polymer, *Journal of Pulp and Paper Science*, 29(2).

Kırıkhan (Hatay) Okaliptus Ormanındaki Üretim ve Satış Durumunun İncelenmesi

Mehmet KANAT¹, Rasim YAŞAR²

¹ Prof. Dr., KSÜ Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, mkanat@ksu.edu.tr

² Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü, OZM Şube Müdürlüğü, Kahramanmaraş

Özet

Bu araştırmada 2002-2007 (6 yıl) yıllarında toplam 168.7 hektar alandaki Kırıkhan okaliptus ormanında yıllar itibariyle tomruk, maden direği, sanayi odunu ve yakacak odun olarak yapılan üretim miktarları, üretim maliyetleri, satış miktarları, satış tutarları, hektardaki artım ve eta miktarları incelenmiştir. Aynı ormanda yapılan bakım giderleri (tel çit, kültür bakımı, ot alma, tüplü fidan vb.) de hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Okaliptus ormanı, üretim, maliyet, Kırıkhan (Hatay)

A study on the situation of the production and marketing in Kırıkhan (Hatay) Eucalyptus forests

Abstract

In this research, production amounts and costs, sales amounts, and incomes, increment amounts per hectare and allowable cutting amounts in terms of timber, mine pole, industrial wood and firewood are examined each year from 2002 to 2007 (6 years) in Kırıkhan Eucalyptus forest which covers a total of 168.7 hectares. In addition, maintenance costs (fencing, herbaceous plants and culture maintenance, potted seedling etc.) are determined.

Key Words: Eucalyptus forest, production, cost, Kırıkhan (Hatay)

Giriş

Dünya’da ve ülkemizde odun hammaddesi açığının gün geçtikçe artmakta olduğu kaçınılmaz bir gerçektir. Ortaya çıkan bu açığın ancak hızlı gelişen ağaç türleri ile giderilebileceği de diğer bir gerçektir (Avcıoğlu ve ark., 1994).

Okaliptus cinsi yurdumuzda Akdeniz ve Ege Bölgelerinde yetiştirilmektedir. Devlet işletmeciliğinin yanı sıra özel sektör işletmeciliğine de konu olması itibariyle önem kazanmaktadır. Dünya’da yoğun olarak okaliptus yetiştiriciliği yapılan yerlerde sahip olunan yağış rejimi ve yeterli yağış miktarı nedeniyle sulama yapılmamaktadır. Fakat ülkemizde yapılan okaliptus yetiştiriciliğinde özellikle ilk yaşlarda sulama yapılması gerekmektedir (Özkurt ve ark., 2002).

Yapılan bir araştırmada yurdumuzda 14 bin ha alanda *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. yetiştiriciliğinin yapıldığı ifade edilmektedir. Özellikle Çukurova Bölgesinde yoğunlaşan yetiştiricilik tarımsal üretime alternatif olarak görülmekte ve özel sektör ağaçlandırmalarına konu olmaktadır. Resmi ve özel fidanlıklardan elde edilen fidan satış rakamlarına bakarak her yıl yaklaşık 1-1.5 milyon adet fidanın satıldığı ve Türkiye genelinde okaliptuslar ile yapılan ağaçlandırmanın 20 bin hektarı bulunduğu ve bu alanlardan 500 000 m³ odunun piyasaya sürüldüğü belirtilmektedir (Gürses ve ark., 1996). Okaliptus ağaçlandırmaları için ülkemizde kullanılabilecek potansiyel alan 150 bin hektar dolayındadır (Avcıoğlu ve ark., 1994).

Okaliptus, derin, su tutma kapasitesi yüksek, iyi ayrıştıma sahip fosfor ve azotça zengin topraklarda en iyi yetişme ortamı bulur. Taban suyu yüksekliği 80-140 cm’ler arasında olması idealdir. Tuzluluk dereceleri 0-2 (tuzsuz) arasında olması gerekir. Toprak Ph’sı hafif alkalin (7.1-7.8) karakterli olması iyi sonuçlar verir (Anonim 1, 1986)

Yağış isteği okaliptus türlerine göre farklılık gösterir. Memleketimiz koşullarına çok iyi uyum sağlayan *E. camaldulensis*, yıllık yağışı 400 mm olan yerlerde hayatini devam ettirebilir. Ancak, normal bir gelişme gösterebilmesi için en az 650 mm’lik yıllık yağışa ihtiyaç vardır. Yıllık yağışın vejetasyon süresine dağılması çok önemlidir. Sıcaklık okaliptüs türlerine göre değişmekle birlikte en soğuk ay

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

sıcaklık ortalamasının 0-2 °C olması gerekir. Don gözlenen günler 25-50 gün arasında değişir (Anonim 1, 1986).

Okaliptus suyu çok seven bir ağaç türüdür. Sulama imkanı olan yerlerde sulanabildiği takdirde gelişmesi iyi olmaktadır. Özellikle ilk 3 yılda yapılacak sulama elde edilecek hasılayı önemli derecede etkileyecektir. Yılın kurak döneminde (Mayıs-Eylül) 3 defa sulama yapılmalıdır (Anonim 1, 1986).

Araştırma Müdürlüğünün gözlemlerine dayanılarak sulamanın okaliptus yetiştiriciliğinde vazgeçilmez bir bakım tedbiri olduğu rahatlıkla söylenebilir. Devlet işletmeciliğinde ilk 3 yıl yapılan sulama, özel sektörde ilk 6 yıl yapılmaktadır (Özkurt ve ark., 2002).

Odun hammaddesine duyulan gereksinim giderek artması ve tarımsal uğraşılarda girdinin yüksek boyutlara ulaşması nedeniyle son yıllarda okaliptus yetiştiriciliği hızla yaygınlaşmakta ve bu arada bazı tuzluluk sorunu olan topraklarda da okaliptusların yetiştirilmek istendiği gözlenmektedir. Yapılan bir ankete yaklaşık %32 oranında okaliptus yetiştiriciliğinin daha karlı olduğunu, %23 oranında ise tarlanın verimli olmaması (tuzluluk sorunu) nı belirtmişlerdir (Gürses ve ark., 1998).

Bu araştırmada okaliptus ağaçlandırmalarda elde edilen ürün miktarları ve maliyetlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Araştırma materyali olarak Kırıkhan okaliptus ormanına ait yıllar itibariyle üretilen tomruk, maden direği, sanayi ve yakacak odun miktarları ve bunların satış durumları kayıtları kullanılmıştır. Elde edilen bilgiler değerlendirilerek tablolar oluşturulmuş, tablolarda yıllar itibariyle maliyetleri, satış tutarları ve % oranları ayrı ayrı verilmiştir.

Bulgular, Sonuç ve Öneriler

Kırıkhan okaliptus ormanında 2002-2007 (6 yıl) yıllarında toplam 168.7 hektar alandaki yıllar itibariyle tomruk, maden direği, sanayi odunu ve yakacak odun olarak yapılan üretim miktarları, üretim maliyetleri, satış miktarları, satış tutarları, hektardaki artım ve eta miktarları incelenmiş, yapılan bakım giderleri (tel çit, kültür bakımı, ot alma, tüplü fidan vb.) de hesaplanmış, aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

2002 yılında 4 nolu bölmeden toplam 114 473 YTL gelir elde edilmiş, aynı yıl yaklaşık 14 000 YTL üretim masrafı, 2003 yılında tel çit amacıyla 326, kültür bakımı amacıyla 823, 2005 yılında kültür bakımı amacıyla 1 731, 2006 yılında ot alma (çapa) için 3 377, fidan dikimi için 2 832, 2007 yılında kültür bakımı için 4 507, fidan dikimi için ise 248 YTL olmak üzere toplam 27 844 YTL harcama yapılmıştır. Aynı bölmeden 86 000 YTL net gelir elde edilmiştir.

Tabloların incelenmesinden üretim cinsi olarak maden direği üretimi yaklaşık %50 oranıyla 1. sırada, tomruk üretimi yaklaşık %29 oranıyla 2. sırada, yakacak odun üretimi yaklaşık %19 oranıyla 3. sırada bulunmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. 2002 yılında 4 nolu bölmeden (16.1 ha) üretilen miktarlar

Cinsi	Üretilen miktar (m ³)	Oranı (%)
Tomruk	706,010	28.7
Maden direği	1251,971	50.9
Sanayi	42,67	1.7
Yakacak odun	459	18.6
Toplam	2459,651	100

Yıllar itibariyle incelenen satış tutarlarından üretim masrafları çıkarıldığında elde edilen fiyatlara yakın bir fiyat ile son iki yılda (2006-2007) direkt dikili satışlar gerçekleştirilmiştir (Tablo 2).

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

Tablo 2. Yıllar itibariyle maliyet – satış tutarları (m³/YTL)

	2002		2003		2004		2005		2006	2007
	satış	maliyet	satış	maliyet	satış	maliyet	satış	maliyet	Dikili satış	Dikili satış
Tomruk	45,13	6,86		6,56	78,99	18,48	80,21	30,80	-	-
Maden direği	46,08	6,28	95,48	8,20	64,43	22,81	70,72	36,75	-	-
Sanayii	42,18	6,67		7,22	70,37	23,11	70,16	24,63	-	-
Yakacak odun	15,47	0,9	30	2,47	37,92	6,79	18,12	8,49	-	-
									47,96	52,43

Arz-talep durumuna göre 2003 yılından itibaren satış tutarları, 2004 yılından itibaren ise üretim maliyeti tutarlarında artışlar gözlenmektedir. Üretilenler genellikle aynı yıl satılabilmektedir.

Bölgedeki arz talep durumuna göre üretilen fidanların %90 Devlet, %10 ise özel sektör tarafından kullanılmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Serinyol fidanlığında (2003-2007) üretilen fidan miktarları

Yıllar	Adet
2003	30 000
2004	12 000
2005	32 000
2006	5 000
2007	2 000

2002 yılında 4 nolu bölmeden (16.1 ha) 10 yılın sonunda yaklaşık 86 000 YTL gelir elde edilmiş olup, 1 hektardan 10 yılda 5 341 YTL gelir, 1 hektardan 1 yılda ise 534 YTL gelir elde edilmiştir. Ortaya çıkan bu gelir miktarı tarımsal üretim maliyetlerindeki girdilerin yüksek olması, arazinin uzun süre kullanıldığından dolayı oluşan tuzluluk oranı vb. faktörler birlikte düşünüldüğünde okaliptüs ağaçlandırmaları ilgililerin tercihine, tercih ise ayrıca maliyet analizini gerekli kılacaktır.

Kaynaklar

- Avcıoğlu, E., M. K. Gürses, A. G. Gülbaba, A. Genç, N. Özkurt ve A. Özkurt, 1994. Türkiye’de Okaliptüslerin Yetiştirilebileceği Bölgelerde Tür ve Orijin Seçimi Üzerine araştırmalar. DOA Tek. Bül. 1, Tarsus –Türkiye.
- Özkurt A., N. Özkurt ve S. Tüfekçi, 2002. Tarsus Karabucak Yöresinde Okaliptus Plantasyonlarında Sulama Suyu Miktarı ve Sulama Aralığının Belirlenmesi. DOA, Tek. Bül. 17, Tarsus-Türkiye.
- Gürses, M. K., A. Özkurt ve N. Özkurt, 1996. Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) İşletmeciliğinde Farklı Kesim Yöntemlerinin Sürgün verimi Üzerine Etkileri ve Birim Zamanlarının Belirlenmesi. DOA, Teknik Bül. 2, Tarsus-Türkiye.
- Anonim 1, 1986. Okaliptüs Yetiştiriciliği. Orman Genel Müdürlüğü, Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Akdeniz Kavakçılık Araştırma Müd. Tarsus-Türkiye.
- Gürses, M. K., A. Özkurt ve A. G. Gülbaba, 1998. Bazı Okaliptüs Tür ve Orijinlerin Değişik Tuzluluk Derecesindeki Topraklarda Gelişmelerinin İncelenmesi, DOA, Teknik Bül. 6, Tarsus-Türkiye.
- Anonim 2, 2007. Kırıkhan Orman İşletme Şefliği Verileri. Kırıkhan (Hatay) – Türkiye.

Akyatan Kumulundaki (Kapıköy, Adana) Ormancılık Etkinliklerinin Toprak Kalitesine Etkisi ve Ekonomik Getirisi

Erhan AKÇA¹, Süheyla YAKTI¹, Mustafa PEKEL², Seyfettin YILMAZ², Osman POLAT³,
Sevda POLAT³, Ersin YILMAZ³, Selim KAPUR¹

¹Çukurova Üniversitesi Toprak ve Arkeometri Bölümleri, 01330 Balcalı, Adana

²Adana Orman Bölge Müdürlüğü, Adana

³Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü. 33401 Tarsus, Mersin

Özet

Arazi bozunumunun başlıca sorunlarından biri olan ormansızlaştırma ki tarım, yerleşim için arazi açma, otlatma, yakıt ve barınak amacıyla kullanıma bağlı birçok nedene bağlıdır. 19yy'da artan nüfus baskısıyla büyük bir ivme kazanarak dünya ve ülkemiz ormanlarında büyük kayıplara yol açmıştır. Ancak, 1960'lerin sonlarında sorunun önemi kavranarak ülkemizin birçok yerinde büyük emek ve ekonomik harcamalarla ormancılık örgütü projelere başlamıştır. Bu süreç günümüzde de artan biçimde sürmektedir. Buna karşın proje sonuçları değerlendirilirken kimi zaman yalnızca yeşil örtü ölçütleri göz önüne alınarak değerlendirmeler yapılmıştır. Ormanın aralarında fauna ve toprak olan önemli bileşenlerindeki değişimler -olumlu olumsuz- ise yeterince değerlendirilmemiş veya ölçülmemiştir. Ülkemizin hem çevre koşulları hem de uygulama yönünden önem taşıyan Güney Akdeniz sahilinde yer alan Akyatan deniz kulağındaki kumullarında 1970'lerde yapılan ağaçlandırma çalışmalarının değerlendirildiği bu çalışmada etkinliğin toprak kalitesine olan etkisi ve toprak kalitesindeki artışın ekonomik getirisi değerlendirilmiştir. Veriler, Okaliptüs, Fıstık çamı ve Kıbrıs akasyası dikimlerinin topraklardaki organik madde ile bitki besin elementlerinde belirgin artışa yol açtığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte, toprak organik maddesindeki artışın, 20.yy'ın önemli bir sorunu olan artan karbondioksit gazının neden olduğu olumsuz etkileri azaltmada göz ardı edilemeyecek potansiyele sahip olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kumul, Toprak, Okaliptüs

The Impact of Forestry Activities in Akyatan Sand Dune (Kapıköy, Adana) On Soil Quality and Its Economic Income

Abstract

Deforestation, being one of the major land degradation causes, is closely related to conversion of forest lands for agriculture, urbanization, grazing and use for fuel, which severely accelerated due to population pressure in 19th Century and resulted loss of huge forest areas globally and locally. However, in late 1960s due to seizing of the issue, forestation studies started in the country with great effort and expenses by forestry institutions. This process is still going on with excess efforts. Unfortunately when the impacts of projects are evaluated, as a common approach, only vegetation cover is considered. And changes –positive negative- in fauna and soil important components of the forest are not adequately considered or measured. This study reviews effect of forestation studies on soil quality and economical benefits gained via soil quality enhancement, hold in 1970s in Akyatan lagoon sand dunes, that are unique sites for environmentally and practical implications in South Mediterranean coast. Results revealed that stone pine (*Pinus pinea*), eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*), and Acacia cyanophylla plantations significantly increased soil organic matter and plant nutrients. Moreover, increasing soil organic matter which sequesters C in soils, has a great potential for mitigating adverse effects of CO₂ which is an important problem of 20th century.

Key words: Sand dune, Soil, Eucalyptus

1. Giriş

Günümüzde çevre sorunlarının ülkesel ve bölgesel sınırların dışına taşması bir çok ülkeyi bu sorunların çözümünde beraber hareket etmeye zorlamaktadır. Bir ülkenin sürdürülebilir kalkınması o ülke kaynaklarının doğru ve akılcı kullanımıyla sağlanabilir. Uygulamada bunun gerçekleştirilebilirliği eldeki doğal kaynakların potansiyelinin tam olarak tanınması amacıyla araştırılması sonucunu beraberinde getirmektedir.

Ağaçlar, uzun yaşam süreçleri, daha çok canlı kütle birikimi sağlamaları, yoğun ve sürekli kök sistemleri nedeniyle toprak özellikleri üzerinde farklı etkiler sergilerler. Ağaçlar besin elementi girişini arttırmayı;

biyolojik azot tutumu, alt toprak katmanlarında bulunan ve/veya yıkanmış olan besin elementlerini toprak yüzeyine taşıma ve canlı kütle taşınımı şeklinde gerçekleştirirler. Ağaçlar toprak yüzeyini ağaç tacı, ölü örtü tabakası ve kök girişimi yoluyla korumaktadır. Bu yolla yüzey akış ve erozyon kayıpları azaltılır, sıcaklık ve nem dalgalanmaları kırılır ve bir çok durumda toprağın fiziksel özellikleri korunur ve geliştirilir (Lal, 1989). Ağaç kökleri radyal büyüme yoluyla üst toprağı gevşetir ve köklerin ayrışması sırasında alt toprağın geçirgenliğini artırır. Ağaç kök sistemlerinin çok yıllık oluşu rizosferde mikroorganizmalar için C besin kaynağı sağlar. Derin köklüler, ana materyalin alt tabakalarda ayrışmasını sağlayarak sığ köklülerden daha çok toprak gelişimine yardım ederler. Kökler, toprak altı organik madde (OM) miktarını artırmaları yanında, çürüyüp ayrıştıktan sonra toprakta suyun ve havanın dolaşımı için bir kanal sistemi doğururlar. Bu kanalların sayısı, boyutu ve genişliği vejetasyonun türüne bağlıdır. Saplı meşe, gürgen, sarıçam gibi derin köklü bitkiler derine inen ve kısmen geniş olan kanallar oluştururlar; oysa ladin gibi sığ köklüler çoğunlukla daha az derine inen kanallar bırakırlar. Topraktaki mikroorganizmalar kayaç ve OM'lerin ayrışmasında etkili olurken daha gelişmiş olan toprak canlılarından olan toprak solucanları, inorganik ve organik maddeler ile beslenerek bunları toprağa katarlar ve bu yolla toprak yapısının gelişimine ve strüktür dayanımının artmasına neden olurlar (Tisdall ve Oades, 1982). Böylelikle bitki besin elementlerinin yıkanarak kaybına engel olarak uzun dönemde toprak profili gelişimini arttırmaktadırlar.

Akdeniz iklimi ve buna bağlı akarsu aktivitesi sonucu deniz-kara sınırı boyunca oluştukları belirlenen kıyı kumulu ekosistemleri; günümüzde akarsular üzerinde inşa edilen barajlar ve iklimsel değişimler nedeniyle akarsu etkinliklerinin azalması ya da kesintiye uğraması sonucu oluşumları yavaşlamış, yada hemen hemen yok olma durumuna ulaşmıştır. Bu nedenle zengin bir kıyı kumulu ekosistemi olan Akyatan-Kapıkum kumulu doğal bir kaynak olması açısından bölge için büyük bir önem taşımaktadır. Ancak kumullarda ağaçların toprak işlemleri üzerindeki etkilerini inceleyen iyi planlanmış oldukça az çalışma vardır (Binkley ve Valentine, 1991). Ağaç türlerinin toprak işlemleri üzerindeki etkilerini vurgulamada başlangıç toprak koşullarının mümkün olduğunca tekdüze (uniform) olması önemlidir. Akyatan Kapıkum kıyı kumulu üzerinde kurulan farklı yaştaki fıstık çamı plantasyonları vejetasyonun ana materyal üzerindeki etkilerinin açık şekilde incelenebilmesini sağlaması açısından da önemlidir. Bu çalışmanın amacı homojen özellik gösteren bir ana materyale sahip olan bu alanda; çukurluk diye adlandırılan kesit boyunca farklı yıllarda plantasyonu yapılan Fıstık Çamı plantasyonunun Kıbrıs akasyası ve Okaliptüs etkisinde toprak gelişimine olası etkilerini araştırmaktır.

2. Materyal Ve Yöntem

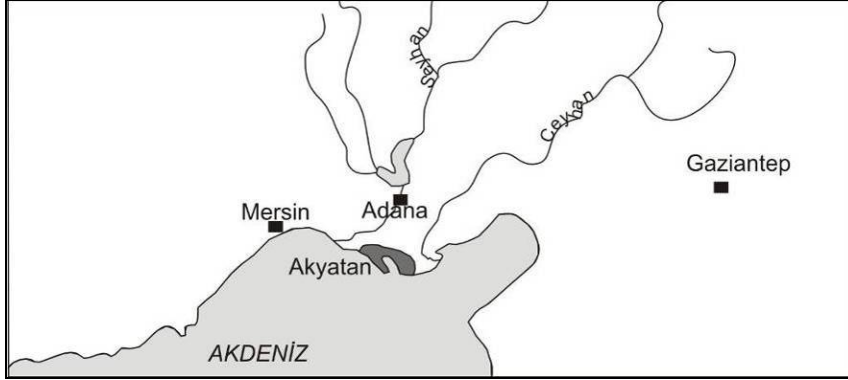
2.1. Ana Materyal

Akyatan Kapıkum kıyı kumulu Adana ilinin Karataş ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1) ve Adana'ya 68 km mesafededir. Deltadaki göl ve lagünler, Akdeniz'in su düzeylerinin değişmeye başladığı Holosen'de (10.000 yıl önce) oluşmaya başlamıştır. Akyatan gölü, Türkiye'nin en büyük lagün gölüdür. Ortalama su seviyesindeki alanı 4.900 hektardır. Göl, güneybatıdan çıkan 2 km.lik dar bir kanalla denize bağlanmaktadır. Göl sularının yüksek olduğu dönemlerde kanal yoluyla gölden denize, düşük olduğu dönemlerde ise denizden göle doğru su akışı olmaktadır. Göl ile deniz arasında yer yer genişliği birkaç km'yi, yüksekliği ise 20 m'yi bulan Türkiye'nin en büyük kumulları yer almaktadır. Yer yer birkaç sıra halinde olan kumul tepeleri arasında deniz seviyesinin altında oluklar (çukurlar) bulunmaktadır (ÇOB,2008). Akyatan lagünü barındırdığı flora ve fauna zenginliği nedeniyle bir çok çevre çalışmasına konu olan ender doğal alanlardan biridir. Bu bağlamda çalışma bu alanın bitki toprak ilişkisini ortaya koyması açısından önem taşımaktadır.

1972 yılında düzenlenen Akyatan – Kapıkum Kumul Tespit ve Okaliptüs Ağaçlandırma Projesi ile 4500ha genişliğindeki kumulun aktif olan 2021 hektarındaki kumul hareketlerini durdurmak hedeflenmiştir. 1977-1986 yılları arasında ağaçlandırma çalışmalarının büyük bölümü tamamlanmıştır.

Ambar diye adlandırılan (iki kumul tepesi arasında kalan alan) alanlara Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis*) ve tepelik alanlarda Kıbrıs akasyası (*Acacia cyanophylla*) dikimi yapılmıştır. Bu iki ana türün yanında kimi alanlara Fıstık Çamı (*Pinus pinea*), Sahil Çamı (*Pinus pinaster*), Dağ servisi (*Cupressus sempervirens*) ve Akasya (*Acacia horrida*) toplu ve dağınık olarak dikilmişlerdir. Dikimden bir

süre sonra ambarlara dikilen Okaliptüslerde tepe kurumalarının gözlenmesi üzerine bu alanlarda tür değişikliğine gidilmiştir.



Şekil 1. Akyatan Lagününün konumu

Başlangıçta ambara dikilen Fıstık çamlarının olumlu gelişim göstermeleri sonucu Okaliptüs alanlarına Fıstık Çamı plantasyonlarının kurulmasına karar verilmiştir. Sonuçta aşamalı olarak ambarlarda Okaliptüsün yerini Fıstık çamı plantasyonları almıştır.

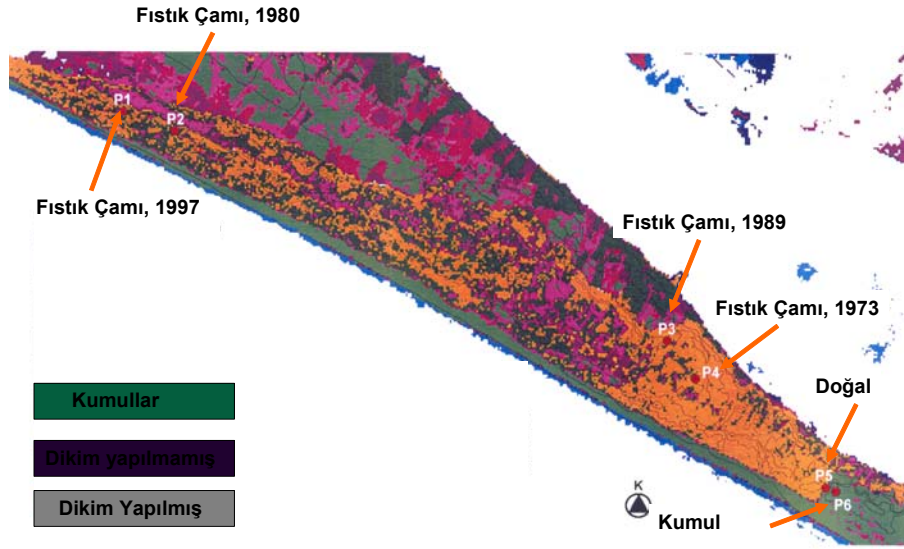
2.2.Yöntem

2.2.1. Toprak Profillerinin Belirlenmesi

Ağaçlandırılmış alandaki topoğrafik değişimleri belirlemek amacıyla 1/25.000 ölçekli topografik haritalar kullanılmıştır. Topografik haritalardaki eş yükselti eğrileri sayısallaştırılarak çalışma alanı kesiti saptanmıştır. Elde edilen topoğrafik harita üzerine uydu görüntüsü kullanılarak plantasyonun günümüz yayılma deseni elde edilmiştir (Şekil 2). Günümüz uydu görüntüsü ve plantasyonlar kurulurken hazırlanan ve plantasyonu yapılan bitkilerin dağılımını gösteren haritalar kullanılarak farklı dönemlerde dikilen ve benzer eğim sınıfında yer alan fıstık çamı alanları seçilmiştir. Bu alanların seçimi yapılırken yaş ve uygulama eşitliği göz önünde bulundurulmuştur. Bunun yanında büyük olasılıkla en yaşlı alan olarak düşünülen doğal dikim alanının stabilize ettiği doğal bir alan ve tanık olabilecek bir çıplak kumul sırtı alanı belirlenmiştir. Sonuç olarak dört farklı dönemde dikilen Fıstık çamı plantasyon alanı seçilmiştir. Tanımlanan her fıstık çamı plantasyonu profilinden yüzey ve alt horizon örnekleme yapılmıştır (Soil Survey Staff, 1999). Doğal vetejasyon altındaki alanda ve çıplak kumul sırtı alanında sadece yüzey horizon örnekleme yapılmıştır.

2.2.2. Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metotları

Organik madde yaş yakma ve fırında yakma yöntemleri ile (Schlichting ve Blume, 1966) saptanmıştır. Organik, P Walker ve Adam (1958) yöntemiyle saptanmıştır. Bitkiler tarafından alınabilir P, Olsen yöntemiyle (Olsen ve ark. 1954) saptanmıştır. Örneklerdeki kalsiyum karbonat değerleri (CaCO_3) Scheibler kalsimetresi ile hacimsel olarak belirlenmiştir (Çağlar, 1949). EC ve pH saturasyon çamurları hazırlanarak wheatstone köprüsü yöntemi ile saptanmıştır (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954). 0.5 mm'lik elekten geçirilmiş örneklerde Humin maddeleri içeriği (Aiken, 1985) 0.1 N NaOH ekstraksiyon yöntemiyle yapılmıştır.



Şekil 2. Akyatan Lagünü Fıstık Çamı dikim sahaları dağılımı

- Profil1: 1997 yılında dikilen Fıstık çamı (öncesi Okaliptüs + Kıbrıs akasyası)
Profil2: 1980 yılında dikilen Fıstık çamı (öncesi Okaliptüs + Kıbrıs akasyası)
Profil3: 1989 yılında dikilen Fıstık çamı (öncesi Okaliptüs + Kıbrıs akasyası)
Profil4: 1973 yılında dikilen Fıstık çamı
Profil5: doğal vejetasyon
Profil6: çıplak kumul sırtı

3. Araştırma Bulguları

3.1. Kimyasal Analiz Verileri

Akyatan Kapı kumluk kıyı kumulunda farklı dönemlerde dikilen fıstık çamı örtüsü altındaki profillerinin kimi kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

1973 yılında kurulan sahada pH, EC, % Kireç üst horizonta sırasıyla 7.28, 0.80, 21.19 ve 8.87 iken alt horizonta bu değerler sırasıyla 7.72, 1.60, 23.04 ve 5.92 dir. pH, EC, kireç değerleri üst horizonta alt horizonta göre daha düşük ve KDK içeriği daha yüksek bulunmuştur.

1980 yılı fıstık çamı sahasında pH, EC, % kireç ve KDK üst horizonta sırasıyla 6.48, 0.730, 13.97 ve 8.87 iken alt horizonta sırasıyla 6.18, 1.65, 17.81 ve 5.49 değerlerindedir. Profil içerisinde pH, EC ve kireç üst toprak horizontunda alt toprak horizontuna göre daha düşüktür. Bunun yanında KDK üst toprak horizontunda alt toprak horizontuna göre daha yüksek bulunmuştur.

1989 yılı dikim sahası toprak profilinde pH, EC, % kireç ve KDK üst horizonta sırasıyla 7.52, 1.30, 21.96 ve 6.20 iken alt horizonta sırasıyla 7.68, 1.50, 24.42 ve 6.55 değerlerindedir. PH, EC, kireç ve KDK yüzey horizontunda alt horizonta göre daha düşüktür.

1997 yılı fıstık çamı plantasyonu toprak profilinde pH, EC, % kireç ve KDK üst horizonta sırasıyla 7.21, 1.10, 19.96 ve 6.32 iken alt horizonta sırasıyla 7.66, 2.35, 21.8 ve 5.81 değerlerindedir.

Doğal vejetasyon altındaki yüzey toprak örneğinde pH, EC, % kireç ve KDK sırasıyla 7.52, 1.90, 22.42 ve 8.24 tür.

Çıplak kumul sırtı yüzey toprak örneğinde pH, EC, % kireç ve KDK sırasıyla 7.85, 2.10, 23.65 ve 6.06'dır.

Çizelge 1. Çalışılan Profillerin Bazı Kimyasal Analiz Sonuçları

Dikim Yılı	Horizon Derinlik (cm)	pH	EC (mmhos/cm)	CaCO ₃ (%)	KDK (meq/100 g)
1973	A (0-4)	7.28	0.80	21.19	8.87
	C (4+)	7.72	1.60	23.04	5.92
1980	A (0-6)	6.48	0.73	13.97	8.87
	C (6+)	7.60	1.65	17.81	5.49
1989	A (0-3)	7.52	1.30	21.96	6.20
	C (3+)	7.68	1.50	24.42	6.55
1997	A (0-2)	7.21	1.10	19.96	6.32
	C (2+)	7.66	2.35	21.80	5.81
Doğal vej.	Yüzey	7.52	1.90	22.42	8.24
Kumul Sırtı	Yüzey	7.85	2.10	23.65	6.06

3.2. Profillerin Organik Madde İçeriği

Fıstık çamı örtüsü altındaki yüzey toprağı üzerinde biriken iğne yapraklar, dal, sap, çiçek, tohum ve ağaç ve dal kabuklarından oluşan ölü örtü tabakasının dikim yılları arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Tüm plantasyonlar arasında ölü örtü tabakasıyla OM içeriği arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur. Ana materyalin kum tekstürlü olması nedeniyle toprak yüzeyine düşen organik materyaller (ölü örtü tabakası) yüzey üzerinde görünür belirgin bir örtü oluşturmuşlardır. Ölü örtü tabakasının miktarı ve kalınlığı ağaçların türü, yaşı ve plantasyonun kapalılık durumuna bağlı olarak değişim gösterdiği (Arol,1956; Irmak ve Çepel, 1968) tarafından da belirtilmiştir.

1973, 1980, 1989 ve 1997 yıllarında oluşturulan fıstık çamı dikim alanları toprak profillerinde OM iki farklı yöntemle yapılmıştır (Çizelge 2). Her iki metotla elde edilen sonuçlar benzer toprak profilleri için birbirine paralel değerler vermiştir. Ancak yanma kaybı ile elde edilen değerler tüm toprak profilleri için yaş yakma (Lichter felder) metodu ile elde edilen değerlerden daha yüksektir.

1973 yılında kurulan ve en yaşlı fıstık çamı ağaçlarının bulunduğu alanda %OM ve C yüzey horizonunda sırasıyla 5.64 ve 3.27'dir. Benzer değerler alt horizon için sırasıyla 1.96 ve 1.13 tür ve yüzey değerlerinden düşüktür.

1980 yılında kurulan fıstık çam plantasyonunun %OM ve C miktarı yüzey horizonunda sırasıyla 8.64 ve 5.02'dir. Alt toprak horizonunda %OM ve C üst toprak horizonuna göre daha düşük bulunmuştur.

1989 yılında kurulan fıstık çamı plantasyonunda % organik madde ve C sırasıyla üst horizonlarda 3.40 ve 1.97 iken alt horizonunda 2.27 ve 1.31 değerlerinde bulunmuştur.

1997 yılında kurulan fıstık çamı plantasyonunda %OM ve C sırasıyla üst horizonunda 3.15 ve 1.83 tür. Alt toprak horizonunda %OM 1.70 ve % C 0.98'dir. Bu profilde de organik madde alt horizonunda yüzey horizonunda göre daha düşüktür (Çizelge 2).

Doğal vejetasyon altında ki kumullarda %OM ve C sırasıyla 4.06 ve 2.36'dır. Buna karşın çıplak kumul sırtında %OM ve C sırasıyla 1.96 ve 1.13 olup doğal vejetasyon altında elde edilen değerlerden düşüktür.

Dikim alanları arasında en yüksek OM 1980 yılında kurulan Fıstık çamı plantasyonundan elde edilmiştir. Bunu sırasıyla 1973, doğal vejetasyon alanı, 1989 ve 1997'de dikim yapılan alanlar izlemektedir. En düşük OM değerleri çıplak kumul sırtı alanından elde edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Toprak Profillerinde iki farklı yöntem Kullanılarak Elde edilen OM içeriği

Dikim Yılı	Horizon	Derinlik (cm)	YAŞ YAKMA		YANMA KAYBI (550°C)	
			%C	% OM	%C	% OM
1973	A	(0-4)	1.94	3.33	3.27	5.64
	C	(4+)	0.17	0.30	1.13	1.96
1980	A	(0-6)	4.08	7.00	5.02	8.64
	C	(6+)	0.20	0.35	1.33	2.29
1989	A	(0-3)	0.76	1.31	1.97	3.40
	C	(3+)	0.14	0.24	1.31	2.27
1997	A	(0-2)	0.80	1.37	1.83	3.15
	C	(2+)	0.08	0.13	0.98	1.70
Doğal Vej.	Yüzey		1.19	2.04	2.36	4.06
Kumul Sırtı	Yüzey		0.10	0.17	1.13	1.96

3.3. Fıstık Çamı Plantasyonlarındaki Fosfor Fraksiyonları

1973 yılında kurulan plantasyonda toplam inorganik organik ve yarayışlı fosfor değerleri sırasıyla 336.50 ug/g, 283.24 ug/g, 53.26 ug/g ve 17.92 ug/g dir. Toplam, organik ve yarayışlı P değerleri yüzey horizonunda alt horizonza göre daha yüksektir. İnorganik fosfor yüzey horizonunda düşük bulunmuştur (Çizelge 3).

1980 yılında kurulan plantasyonda toplam, inorganik, organik ve yararlı fosfor sırasıyla 347.15 ug/g, 280.78 ug/g, 66.37 ug/g ve 21.04 ug/g'dir. Bu toprak profilinde sırasıyla tüm fosfor değerleri yüzey horizonunda alttaki horizonza göre yüksek bulunmuştur (Çizelge 3).

1989 yılı plantasyonunda toplam, inorganik, organik ve yarayışlı fosfor değerleri sırasıyla 339.23 ug/g, 289.32ug/g, 49.91 ug/g ve 18.76 ug/g dir. Tüm fosfor değerleri yüzey horizonunda alt toprak horizonuna göre daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 3).

1997 yılında kurulan plantasyonda toplam, inorganik, organik ve yararlı P değerleri yüzey horizonunda sırasıyla 299.08 ug/g, 267.12 ug/g, 31.96 ug/g ve 11.16 ug/g dir. Bu plantasyon alanında da tüm fosfor değerleri yüzey horizonunda alt horizonza göre daha yüksektir (Çizelge 3). Toplam P değerleri çalışılan tüm profillerde 1973 yılı plantasyonu dışında, yüzey horizonlarında alt horizonlara göre daha yüksek bulunmuştur. Çalışılan profiller arasında yüzey horizonlarında toplam P değerleri 356 ug/g ile 278.60 ug/g arasında değişim göstermektedir. Buna karşın alt toprak horizonları arasında toplam P değerleri en yüksek 304 ug/g ile en düşük 266 ug/g arasında değişim göstermiştir. İnorganik P yüzey 314.10 ug/g olarak en yüksek düzeyine doğal vejetasyon alanında, buna karşın en düşük değerine de 267.29 ug/g ile 1997 yılı fıstık çamı plantasyonunda ulaşmıştır. Alt horizonlarda en yüksek inorganik P değerleri 1989 yılı fıstık çamı plantasyonunda 297.17 ug/g olarak belirlenirken, en düşük değer 1997 yılı fıstık çamı plantasyonunda 254.29 ug/g olarak elde edilmiştir. Organik fosfor çalışılan tüm toprak profillerinde yüzey toprak horizonunda alt horizonza göre daha yüksek bulunmuştur. Bu büyük olasılıkla toprak yüzeyinde biriken canlı kütle ile yakından ilişkilidir.

Çizelge 3. Toprak profillerindeki P Fraksiyonları

Dikim Yılı	Toplam ug/g	İnorganik ug/g	Organik ug/g	Alınabilir ug/g
1973	336.50	283.24	53.26	18
1980	347.15	280.78	66.37	21.04
1989	339.23	289.32	49.91	18.76
1997	299.08	267.12	31.96	11.16
Doğal	356.99	314.10	42.88	27.52
Kumul	278.60	272.04	6.56	3.04

3.4. Humin Maddeleri

Çalışma alanında seçilen profillerden ekstrakte edilen humin maddelerinin (HM) humin (HA) ve fulvik asit (FA) fraksiyonu içerikleri, ağırlık esasına göre hesaplanmıştır. Humin maddelerinin çalışıldığı örneklerde organik madde yanma kaybıyla belirlenmiştir.

1973 yılında kurulan ve en yaşlı fıstık çamı ağaçları örtüsü altındaki toprak profili yüzey horizonunda OM, toplam HM, HA ve FA fraksiyonu içerikleri sırasıyla 3.26, 1.06, 0.410 ve 0.650g'dır. Aynı toprak profilinde alt horizonunda benzer değerler sırasıyla 1.53, 0.51, 0.102 ve 0.408 g olup, OM, toplam HM, HA ve FA fraksiyonu üst horizonuna göre daha düşük bulunmuştur.

1980 yılı sahasında OM, toplam HM, HA ve FA fraksiyonu içerikleri yüzey horizonunda sırasıyla 4.34, 1.300, 0.613 ve 0.687 değerlerindedir. Alt toprak horizonunda ise organik madde, toplam HM, HA ve FA fraksiyonları sırasıyla 1.99, 0.610, 0.148 ve 0.462'dir. OM, toplam HM, HA ve FA fraksiyonu içerikleri üst toprak horizonunda alt toprak horizonuna göre daha yüksek bulunmuştur. FA fraksiyonu içeriği her iki horizonunda da HA içeriğine göre daha yüksek değerlerdedir (Çizelge 4).

1989 yılı sahasında OM, toplam HM, HA ve FA fraksiyonu içerikleri üst toprak horizonunda sırasıyla 2.57, 0.754, 0.218 ve 0.536 değerlerindedir. Alt toprak horizonunda OM 1.96'dır. HM toplam 0.534 iken, HA 0.138 ve FA fraksiyonu 0.396 değerlerindedir. Bu toprak profilinde de organik madde, toplam humin maddeleri, humin asit ve fulvik asit fraksiyonu içerikleri üst toprak horizonunda alt toprak horizonuna göre daha yüksek bulunmuştur. FA fraksiyonu içerikleri her iki toprak horizonunda HA'de göre daha yüksektir (Çizelge 4).

1997 yılında kurulan ve en genç fıstık çamı ağaçlarının bulunduğu alandaki OM, toplam HM, HA ve FA fraksiyonu içerikleri sırasıyla 2.53, 0.925, 0.316 ve 0.609 değerlerindedir. Alt toprak horizonunda bu değerler sırasıyla 1.66, 0.600, 0.168 ve 0.432 olarak belirlenmiştir. Bu toprak profilinde OM, toplam HM, HA ve FA fraksiyonu üst toprak horizonunda alt toprak horizonuna göre daha yüksek bulunmuştur. Fulvik asit fraksiyonu içeriği humin asit içeriğine göre daha yüksek değerlerdedir (Çizelge 4).

Doğal vejetasyon altında, OM, HM, HA ve FA fraksiyonu içerikleri sırasıyla 2.79, 1.190, 0.404 ve 0.786 değerlerindedir.

Çıplak kumul sırtı alanlarında organik madde, humin maddeleri, humin asit ve fulvik asit fraksiyonu içerikleri sırasıyla 1.47, 0.474, 0.166 ve 0.308'dir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Organik Madde ve Humin Maddeleri

Dikim Yılı	Horizon Derinlik (cm)	HM % (g/g)	HA % (g/g)	FA % (g/g)	OM % (g/g)	Toplam H.M./O.M. (%)	HA/FA % (g/g)
1973	A (0-4)	1.06	0.410	0.650	3.26	32.50	0.630
	C (4+)	0.51	0.102	0.408	1.53	33.33	0.250
1980	A (0-6)	1.30	0.613	0.687	4.34	29.95	0.892
	C (6+)	0.610	0.148	0.462	1.99	30.65	0.320
1989	A (0-3)	0.754	0.218	0.536	2.57	29.33	0.406
	C (3+)	0.534	0.138	0.396	1.96	27.24	0.348
1997	A (0-2)	0.925	0.316	0.609	2.53	36.56	0.518
	C (2+)	0.600	0.168	0.432	1.66	36.14	0.388
Doğal	Yüzey	1.190	0.404	0.786	2.79	42.65	0.513
Kumul Sırtı	Yüzey	0.474	0.166	0.308	1.47	32.24	0.538

3.5. Ekonomi

Çalışma alanında ağaçlandırma sonrasında artış gösteren organik madde ve fosfor materyalleri kimyasal yöntemlerle verilmesi durumunda yüksek harcamalar dışında kırılğan bir yapıya sahip olan lagünde kimyasal kirleticilerin gelmesine yol açacaktı (Gönenç, 1989; 1998). Örneğin fosforlu gübrelerden ortama kadmiyum katıldığı bilinmektedir (Friberg et al. 1992). Ayrıca fazla uygulama sonrasında lagünde artacak P düzeyi lagünde yosun gelişimini arttıracak, sonuçta balık yaşamını olumsuz etkileyecekti (Environmental Directorate, 1974). Bu bağlamda dikim yapılan sahalarda yüzey horizonlardaki ortalama %2.5 düzeyindeki organik madde artışını ahır gübresiyle sağlamak gerekseydi ilk 4cm’de 40 ton toprak olduğu varsayıldığında %2.5’lik organik madde düzeyini sağlamak için dekara 1.5 ton gübre uygulaması yapılması gerekecekti (1 ton ahır gübresinde ortalama %65 organik madde vardır). Sonuçta 2021 hektara yılda 30315 ton uygulama yapılarak yıllık 1.515.750 YTL’lik sadece gübre harcaması yapılacaktı. Ayrıca uygulama ve nakliye harcamaları eklendiğinde anılan rakam 1.650.000 YTL’ye ulaşacaktı.

Benzer biçimde fosfor uygulamasında ise dekarda yaklaşık 2kg’a çıktığı saptanmıştır. Bu miktara ulaşmak için dekara triple süperfosfat uygulandığında (%42–44 P) ilk dört cm’ye 5-6 kg uygulama ile 2021 hektara toplam 121 ton uygulanması gerekecekti. TSP’nin tonunun 1.200YTL olduğu düşünülürse yıllık 145.000 YTL’lik harcama yapılması gerekecekti. Sonuçta yalnızca organik madde ve fosfor katkısının 1.795.000 YTL olduğu saptanmıştır. 30 yıl göz önüne alındığında (1975–2005) 53.850.000 YTL’lik bir kazanım söz konusudur.

4. Sonuç

Çalışmada irdelenen özet bilgilerin çerçevesinde bitki faktörünün toprak oluşumundaki etkisi, arazide yürütülen morfolojik ön çalışmalarda, başlangıç toprak oluşumu saptanan Akyatan-Kapıkum kıyı kumul alanında farklı süreçlerde dikilen fıstık çamı plantasyonlarında irdelenmiştir. Yukarıdaki bulgular özetlenecek olursa;

- 1) Vejetasyonun değişimiyle birlikte toprakta organik madde ve buna bağlı P değişimleri belirlenmiştir.
- 2) Stabil organik maddeler olarak adlandırılan humin maddelerinin toprakta birikmeye başladığı ve buna bağlı C birikiminin oluştuğu saptanmıştır.
- 3) Stabilizasyon amacıyla ağaçlandırılan Akyatan kıyı kumulunda organik madde ve özellikle humin maddelerinin yüksek düzeylerde saptanması toprak oluşumunun başladığını göstermektedir.
- 4) Doğal vejetasyon alanında da organik madde ve humin maddelerinin yüksek düzeylerde bulunması bu alanların ağaçlandırma yapılmadan da doğal vejetasyonun gelişimi ile toprak oluşumunun başlayabileceği belirlenmiştir.
- 5) Ekonomik açıdan bakıldığında da yalnızca organik madde ve fosfor getirisi göz önüne alındığında 30 yılda 53.850.000 YTL’lik bir katkı olduğu ortaya çıkmıştır. Bu da projenin sürdürülebilirliği açısından önem kazanmaktadır.

Sonuç olarak okaliptüs, fıstık çamı ağaçlandırmaları ve doğal vejetasyona bağlı olarak incelediğimiz topraktaki-kumul alanındaki değişimlerin-oluşum olaylarının (proseslerinin) 30 yıl gibi kısa bir zaman (1975-2005) diliminde bile toprak oluşum sürecine etkili olabileceği saptanmıştır.

Kaynaklar

- Aieken,G.R., Mcknight, D.M., Wershaw, R.L., And Maccarthy, P.,1985, An Introduction to Humic Substances in Soil, Sediment, and Water. P. 1-9 In G.R. Aiken Et al.(Ed) Humic Substances in Soil,Sediment,and Wate: Geochemistry, Isolation and Characterization, Wiley-Intescience, New York.
- Arol, N., 1959. Bolu Civarında Bazı Gökmar, Kayın, Çam Saf Ve Karışık Meşçerelerinde Ölü Örtü Miktarı İle Besin Maddesi Muhtevası Üzerine Araştırmalar. T.C. Ziraat Vekaleti Orman Umum Müdürlüğü Yayınlarından. Neşriyat Sıra No.301, Seri 3. Ankara.
- Binkley, D. and Valentine, D., 1991, Fifty-year Biogeochemical Effects of Green Ash, White pine and Norway Spruce in a Replicated Experiment, For.Ecol.Manage, 40:3-25

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

- ÇOB, 2008. (<http://www.cevreorman.gov.tr/sulak/sulakalan/akyatan.htm>, (Erişim tarihi: 03.03.2007)
- Environment Directorate, 1974, Waste Water Treatment Processes for Phosphorus and Nitrogen Removal, Organization for Economic Co-Operation and Development, Paris, p. 109.
- Friberg, L., Elinder, C.G., Kjellström, T. 1992. Cadmium — Environmental Aspects (Environmental Health Criteria 135)., World Health Organisation, Geneva.
- Gönenç, İ.E. 1989. Eutrophication Problems in Turkey. Proc. Of International Symposium on Regulatory and Safety Aspects of Soaps and Detergents in Turkey and in EEC. Turkish Soaps and Detergents Indust. Assoc.,Ankara, May 1990, pp. 57 -64.
- Gönenç, İ.E. 1998. Hydrodynamic and Eutrophication Modelling of Lagoons. Proc. of 5th Workshop of NATO-CCMS Pilot Study on Ecosystem Modelling of Coastal Lagoons for Sustainable Management, Faro, Portugal, October, 1998.
- Irmak, A., ve Çepel, N., 1968. Belgrad Ormanında Seçilen Birer Kayın, Meşe Ve Karaçam Meşceresinde Yıllık Yaprak Dökümü Miktarı Ve Bu Yolla Toprağa Verilen Besin Maddelerinin Bu Yolla Toprağa Verilen Besin Maddelerinin Tesbiti Üzerine Araştırmalar. I.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A Cilt XVIII, Sayı: 2, İstanbul
- Lal,R.,1989, Agroforestry Systems and Soil Surface Management of Tropical Alfisol.V., Effect on Soil Physical and Mechanical, Propoities. Agroforestry Systems, 8: 197-215
- Soil Survey Staff, 1999. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Later Preting Soil Survey. USDA Agriculture Handbook No. 436 Washington D.C.
- Tisdall, J., and Oades, J.M., 1982, Organic Matter and Water-Stable Aggregates in soils, J. Soil sci., 33, 141-163.

Reşadiye (Datça) Yarımadası'nda Yetiştirilmiş Olan Okaliptüs Ormanının Kuruluşu ve Okaliptüs Ormanlarının Eysel Arıtma Suyu İle Beslenmesi İmkanları

M. Doğan KANTARCI¹

¹ Prof.Dr., İst. Üni. Orman Fakültesi, (EM), Bahçeköy-İstanbul, E-mail: mdkant@istanbul.edu.tr

Özet

Dalaman'da kurulacak kâğıt fabrikası reçinesiz odun işlemek üzere planlandığı için Muğla Orman Bölge Müdürlüğünde okaliptüs ağaçlandırmaları yapılması projelendirilmiş ve uygulanmıştır. Ancak sonradan Dalaman kâğıt fabrikasının reçineli odun işlemek üzere düzenlenmesi üzerine yetiştirilmiş okaliptüs ormanları da kesilmiş ve elde edilen odun başka amaçlar için kullanılmıştır. Bu ağaçlandırma programında Reşadiye Yarımadasında Kuruca Bük'te 1974-75 yıllarında yetiştirilmiş olan okaliptüs ormanı kesilmemiş, korunmuştur.

Kuruca Bük okaliptüs ormanı hafif bir eğimle denize ulaşan taban arazidedir. Ancak burada devamlı akan akarsu veya taban suyu yoktur (Adı üstünde Kuruca Bük). İlkbaharda biraz daha nemli olan toprak ile toprağın oluştuğu anamateryalde yükselen (yağışa bağlı) taban suyu okaliptüs fidanlarının gelişmesine yeterli olmuştur. Yetiştirilen ormanda kalın çaplı ve ince çaplı okaliptüs ağaçları gelişmiştir. Aynı yetiştirme ortamında farklı çaplarda ağaçların yan yana bulunuşu buradaki toprak ile anamateryalin özelliklerine bağlı olmayıp, dikilen fidanların farklı klonlardan olduğunu işaret etmektedir. Öte yandan Kuruca Bük alanında biraz daha yüksekçe arazi ile daha alçak taban arazideki okaliptüs meşcerelerinin büyümesi farklı bulunmuştur.

Kuruca Bük okaliptüs ormanında 1990 yılında 16 yaşında olan okaliptüs ormanında yaptığımız ölçmelere göre; taban arazideki örnek alanlarda 725-1000 ağaç/ha, hafifçe yüksek arazideki örnek alanda 900 ağaç/ha , sırtta ise 850 ağaç/ha belirlenmiştir. Kurumuş ağaç miktarı taban arazide 25-100 ağaç/ha, yüksekçe sırtta 300 ağaç/ha olarak belirlenmiştir. Düzgün gövdeli ağaçlar taban arazide 375-500 ağaç/ha, yüksekçe arazide 675 ağaç/ha, sırt arazide ise 325 ağaç/ha olarak bulunmuştur. Ağaçların ulaştığı üst boy taban arazide 18-20 m olup, arazinin tabandan yükselmesine bağlı olarak, 16-18 m,12-14 m ve sırtta 6-8 m arasında değişmektedir. Ağaçlar en kalın çap olarak (Ø1.30 m) taban arazide 30-32 cm'e ulaştığı halde, taban araziden yükseldikçe en kalın çap giderek azalmakta ve sırtta 8-10 cm aralığına inmektedir.

Kuruca Bük kıyısında yerleşmiş olan "Küçük Aktur" sitesinin 2002 yılında düzenlenen arıtma tesisinden çıkan sular bu okaliptüs ormanına verilmiştir (Çalışma Prof. Dr. Beyza Üstün tarafından düzenlenmiştir). Geçen 6 sene boyunca yaptığımız gözlemler okaliptüs ormanının evsel arıtma suyu ile beslenen bölümünün sağlıklı durumda geliştiğini göstermiştir. Gözlemlerimize göre; küçük yerleşme alanlarının evsel arıtma sularının daha kuru yetiştirme ortamlarında yetiştirilecek okaliptüs ormanlarına verilmesi bu nitelikteki suların odun üretiminde kullanılmasını (denize verilip yok edilmemesi) sağlayacak ve faydalı olacaktır.

Anahtar kelimeler: Okaliptüs, Yetiştirme ortamı, Meşcere kuruluşu

Abstract

Eucalyptus afforestation projects have been designed and realized at Regional Forestry Directorate of Muğla with respect to plans on the construction of the paper mill about to be set up as to process wood free of resin in Dalaman. However, eucalyptus forests cultivated with the aim of processing the resinous wood in Dalaman paper mill were cut down and the obtained wood served for the other purposes. The eucalyptus forest cultivated in Kuruca Bük of Reşadiye Peninsula in 1974-1975 within this afforestation programme was not cut down instead preserved.

Kuruca Bük Eucalyptus forest reaching the sea level with a slight slope is situated at the base ground. Nevertheless, there isn't any continuous flow of water or ground water (as the name implies "dry contort"). The presence of more humid soil in spring and the ground water mounting in the main matter forming the soil by depending upon the amount of rainfall provided favorable ground for the eucalyptus saplings to foster. Eucalyptus trees have grown up in thick and thin diameters in the cultivated forest. The existence of trees of different diameters in the same habitat indicates that planted saplings have comprised of different clones revealing the ineffective role of soil and main matter characteristics in the cultivation process. On the other hand, the growth rate of the eucalyptus stands in the land at higher altitudes of Kuruca Bük and in the lower pots was determined to be different. This difference points out the effect of ground water flowing throughout the main matter on the base in spring and beginning of summer.

According to the measurements obtained from the 16 year old eucalyptus forest of Kuruca Bük in 1990, 725-1000 tree/ha in the sample areas on the base ground and 850-900 tree/ha in the sample areas on a slightly higher land have been determined. The number of dead trees on the base ground was around 25-104 tree/ha, and it was indicated as around 25-300 tree/ ha on higher land. Trees of straight trunk were specified as 375-500 tree/ha on the base ground and 325-675 tree/ha on the higher land. The upper height access of trees was 18-20 m at the base and

differed from 16 to 18m, 12 to 14m, and 6 to 8m with respect to the ascension of the lands from the base level on the higher lands. Although the thickest diameter (as Ø1.30m) of the trees at the base ground reached to 30-32m, it exhibited a decline by having 8-10 cm of thickness when the altitude gradually got further from the ground level. The upper height of the trees in Pinus pinaster forests cultivated on the same years reached to 4.55- 5.45 m on the 13 year old ones of the sample areas situated at the base level of the Gebekum forestation area and 5.65 m on the 16 year old trees of the Yassikiçi forestation. The variation in the height of these two species points out that eucalyptus trees grow out at a better pace than Pinus pinaster trees which foster in drier habitats not having the characteristics of areas like marshes or like the ones inclined to floods.

Water obtained from the refinery planted in 2002 in “Küçük Aktur” site located at the coast of Kuruca Bük was supplied to eucalyptus forest (This investigation was performed by Prof. Dr. Beyza Üstün). Observations carried out for the previous 6 years revealed that the part of the eucalyptus forest watered by purified water presented a healthy sprout. A decade is expected to take place in order to compare the parts of the eucalyptus forest to which purified water was supplied and not. A period of ten year is considered to be appropriate as to evaluate the increase in the number of trees and the effects of the humid and dry periods of the climate. According to conducted researches, delivery of the purified water obtained from smaller settlement areas to the eucalyptus forests about to be grown up in drier habitats will provide the utilization of that kind of water supplies in the wood production phase (not wasting this source by draining into sea) and will be practical.

Keywords: Eucalyptus, Site, Structure of Stand

1. Giriş

Okaliptüs türleri ve bu türlere ait farklı orijinler ile klonlar uygun yetiştirme ortamlarında yaptıkları hızlı gelişme ve sert/ağır odun oluşumları ile dikkati çekmiştir. Belirlenen okaliptüs türlerinin sayısının 432’ye ulaştığı bildirilmiştir. Bunların farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirebilen orijinleri ve klonları hesaba katıldığında Türkiye için konunun önemi kolayca kavranabilir. Türkiye’de öncelikle Karabucak Bataklığının (Tarsus) kurutulması ve odun üretiminin de sağlanabilmesi için 1939’ da başlatılan ağaçlandırma çalışmalarında 855.12 ha’lık alanın 570.86 ha’ına Kıyı Okaliptüsü = Kızılokaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* (Syn-*E.rostrata*)), geri kalan 250.00 ha Alana Karakavak (*Populus nigra*), Salkım Ağacı (*Robinia pseudoacacia*), Çiçekli Dışbudak (*Fraxinus ornus*), Dışbudak yapraklı Akçaağaç (*Acer negundo*) dikilmiştir. Elde edilen sonuçlar çeşitli yayımlarla meslek kamu oyuna ulaştırılmıştır. Daha sonra kurulmuş olan “Tarsus Okaliptüs Araştırma İstasyonu” (1967) giderek “Tarsus Okaliptüs Araştırma Bölge Müdürlüğü” (1976) ve “Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü’ne” (1992) gelişerek Okaliptüs konusunda değerli araştırmalar yürütmüş ve ilginç sonuçlar elde etmiştir. Okaliptüs türleri üzerinde yapılan araştırmalar; farklı türlerin farklı orijinlerinin Akdeniz Bölgemizdeki yetiştirme ortamlarına uyumları ve artımları üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Ancak yetiştirilen Okaliptüs ormanlarının meşcere kuruluşları ile yetiştirme ortamının yeryüzü şekli toprak suyu kapasitesi arasındaki ilişki pek incelenmemiştir. Reşadiye (Datça) Yarımadasında yetiştirilmiş ve kesilmemiş bir okaliptüs ormanında bu konudaki incelemelerimizin yayınlanmamış olan önceki sonuçları ilgili araştırmacı ve meslektaşlarımızın bilgilerine sunulmuştur. Kuruca Bük Ormanı atık su ile yapılan sulamanın sonuçlarının alınması için izlenmektedir.

2. Reşadiye (Datça) Yarımadasındaki Kuruca Bük Okaliptüs Ormanı

Reşadiye (Datça) Yarımadası iklim özellikleri bakımından okaliptüs ormanı yetiştirmeye uygundur. Datça meteoroloji istasyonunun ölçmelerine göre; yıllık ortalama sıcaklık 19.4 C°, ortalama yüksek sıcaklık 22.6 C°, ortalama düşük sıcaklık 16.2 C°, ortalama yağış 836.4 mm’ dir. Ocak ayındaki ortalama sıcaklık 12.2 C°, ortalama yüksek sıcaklık 14.6 C°, ortalama düşük sıcaklık 9.9 C°, ortalama yağış 195.0 mm’ dir. Beş yaz ayındaki (V-IX) ortalama sıcaklık 24.9 C°, ort. yük. sıcaklık 29.0 C°, ort.düş.sıcaklık 21.2 C° ve ortalama yağış 31.8 mm’ dir (Kantaracı, M.D.1990). Bu iklim değerleri Yarımada’nın kuzey rüzgârlarından korunmuş olan güney kıyıları için geçerlidir. Kuzey kıyılarındaki kuzey rüzgârlarının etkisi bazı yıllarda turuncuğil ağaçlarının donmalarına sebep olmaktadır.

Yukarıda belirtilen iklim değerleri E. Avcıoğlu ve arkadaşları (1994) tarafından yapılan bölgesel araştırma çalışmalarında Muğla-Gökova deneme alanından daha sıcak bir iklim karakterini işaret etmektedir. Ancak yaz yağışlarının azlığı, toprakta taban suyunun varlığını gerektirmektedir.

Dalaman Kağıt Fabrikasının ihtiyacını karşılamak için 1974-75 yıllarında yetiştirilmiş olan okaliptüs ormanları, fabrikanın recineli ağaç odunu işlemek üzere düzenlenmesi üzerine kesilmiş ve yerlerine kızılçam ve fıstıkçamı ormanları yetiştirilmiştir. Kesilen okaliptüs ağaçları kütük sürgünleri vermişlerdir. Böylece yeni yetiştirilen ormanlar da korulu baltalık ormanına dönüşmüşlerdir. Bu okaliptüs ormanlarından Reşadiye Yarımadası'nın Datça Bölümünde Kuruca Bük'te yetiştirilmiş orman kesilmemiştir. Orman; Kuruca Bük'te kurulmuş olan Küçük Aktur Tatil Sitesinin çevresinin ve gerisinin yapraklı orman ile çevrelenmesi amacı ile korunmuştur.

Kuruca Bük okaliptüs ormanı tatil yerleşiminin arkasındaki taban araziden başlayarak geriye (eski Datça-Marmaris) yoluna doğru ve yanlardaki sırtlara doğru yükselen arazide yetiştirilmiştir. Esas itibariyle taban araziye yapılmış olan dikimler, yamaçların alt ve orta kesimleri ile alçak sırtlara da yaygınlaştırılmıştır. Böylece farklı yeryüzü şekli ve topraksuyu ilişkileri olan yetişme ortamlarında okaliptüs yetiştirilmiştir. Dikilen fidanlar kıyı okaliptüsü (*Eucalyptus camaldulensis*) türüdür. Bu fidanlar Gökova Fidanlığında yetiştirilmiştir.

3. Örnek Alanlar ve Bulgular

3.1. Örnek Alanlar

Kuruca Bük Okaliptüs Ormanında toplam 6 örnek alanda ($20 \times 20 = 400 \text{ m}^2$) tüm ağaçların boyları ile 1.3 m' deki çapları ölçülmüş ve düzgün gövde, çatal gövde nitelikleri ile kurumuş olanlar belirlenmiştir. Örnek alanlardan 4 tanesi taban arazide yer almaktadırlar (1,2,3,4). İki örnek alan üst yamaç ve sırtta bulunmaktadır (5,6). Sırtta yer alan örnek alan bol çakıllı toprağa dikilmiştir.

Örnek alanların çevresindeki arazi ofiolitlerden (denizaltı lavları) oluşmuştur. Ofiolitlerin bir bölümü serpantinleşmişlerdir. Ofiolitler yüksek miktarda magnezyum içermektedirler. Ayrışmaları oldukça yavaş olup, içerdikleri demir miktarına ve serpantinleşme şiddetine bağlı olarak değişmektedir. Kuruca Bük taban arazisi ile alt yamaçlar ve bu alandaki alçak sırtlar çevredeki ofiolitlerden taşınmış \varnothing 2-10 cm arasındaki çakıllardan ve kumlu balçık topraklarından oluşmuştur.

3.2. Bulgular

Ölçülen ağaçların \varnothing 1.3 m ve soy sınıflarına dağılımı düzenlediğimiz özel bir tabloya işlenmiştir. Bu tabloda ölçülen ormanın kuruluşu incelenebilmektedir. Kuruca Bük okaliptüs ormanında ölçmeler 1990 yılında yapılmıştır. Ormanın dikim yaşı ölçme yılında 16' dır.

Taban arazideki örnek alanlarda (1,2,3,4) 1 ha alandaki ağaç sayısı 725-1000 arasında, orta yamaçta (Örnek alan 5) ağaç sayısı 900, sırtta ise (Örnek alan 6) 850 tane bulunmuştur. Ağaçların ulaştığı üst boy taban arazide 18-20 m, orta yamaçta 12-14 m, sırtta 6-8 m'dir. Ağaçların 1.3 m'deki en geniş çapları taban arazide 30-32 cm, orta yamaçta 20-22 cm, sırtta ise 8-10 cm arasındadır. Sırtta $\varnothing < 4$ cm olan gövde oranı ise 79,4'tür (38,2+41,2).

Meşcere kuruluşu incelendiğinde 6 örnek alanda da farklı çap ve boylarda okaliptüs ağaçlarının geliştiği görülmektedir. Meşcere içindeki bu boy ve çap farkları 1974-75 yıllarında Muğla'da yapılmış okaliptüs ağaçlandırmalarının hepsinde oluşmuştur. Bunlardan sadece Kuruca Bük ağaçlandırması örnek olarak korunmuştur. Meşcere içi boy ve çap farkları, tortul materyalden oluşmuş topraklarda 400 m^2 lik örnekleme alanlarında toprak özelliklerinin farkından kaynaklanamaz. Bu boy ve çap farklarının oluşumu dikilen fidanlar arasındaki genetik farklardan kaynaklanmış olmalıdır.

Eldeki tohum ve fidan materyaline göre hektarda 700-1000 ağacın yetiştirilebileceği bir ağaçlandırma alanında farklı boylarda ve çaplarda ağaçların yetiştirilmiş olması, elde edilen gövdelerin sırk, direk ve ince tomruk sınıflarında değerlendirilebileceğini göstermektedir. Ancak buradan da önemli bir sonuç çıkmaktadır. Fidanların 3×3 m aralıkla dikildiği kabul edilirse 1 ha alana 1100 fidan dikilmektedir. Fidanların gelişerek, tepe kapallılığının oluşmasından sonra, sıkışan genç meşcerede

ayıklama/seyreltme işleminin çok erken yapılmaması gerekmektedir. Fidanlar geliştikten ve büyüme hızları belirginleştikten sonra ince, güçsüz ve çatal gövde yapmaya eğilimli olanların ayıklanması daha uygun olacaktır.

Kurumuş ağaç miktarı taban arazide 25-104 ağaç/ha, yüksekçe arazide 25-300 ağaç/ha olarak belirlenmiştir. Düzgün gövdeli ağaçlar taban arazide 375-500 ağaç/ha, yüksekçe arazide 675 ağaç/ha, sırta ise 325 ağaç/ha olarak bulunmuştur. Kurumuş ağaç oranı taban arazide %3-11.1 arasında olduğu halde sırta %35.3' oranındadır.

Taban arazide ve orta yamaçta yetiştirilmiş okaliptüs ormanlarında düzgün gövde oranı %44-69 arasında, değişmektedir. Sırta düzgün gövde oranı %38' e düşmektedir. Çatal gövde oranı %26.5-43.0 arasındadır.

Aynı yıllarda yetiştirilen Sahil çamı ormanlarında ağaçların üst boyu; Gebekum ağaçlandırmasında taban arazideki örnek alanlarda 13 yaşında 4.55-5.45 m'ye, Yassikiçi ağaçlandırmasında 16 yaşında 5.65 m'ye ulaşabilmiştir. İki tür arasındaki boy farkı Okaliptüs Ağacının bataklık veya subasar olmayan daha kurakça taban arazide de, benzer yetiştirme ortamlarında hızlı gelişen bir tür olan Sahil Çamından daha iyi büyüdüğünü göstermektedir.

4. Kuruca Bük Ormanının Atık Su ile Sulanması

Kuruca Bük (Küçük Aktur) yazlık yerleşiminin evsel atık suyu ön arıtmadan geçirilerek okaliptüs ormanına verilmiştir. Bu proje Prof. Dr. Beyza Üstün tarafından 2002 yılında planlanmış ve uygulanmıştır. Böylece denizin evsel atık su ile kirletilmesi de önlenmiştir. Yaz aylarında artan nüfusun kullandığı atık su, okaliptüs ormanının tamamında yaz kuraklığını karşılayacak sulama suyunu sağlamasa da önemli bir bölümünün sulanmasında kullanılabilir. Proje son yıllarda gelişen yazlık yerleşimlerin atıksu sorunlarına (ön arıtma şartı ile) çözüm getirebilecek bir örnektir. Gelişmeler tarafımızdan izlenmektedir. Sulama sonuçları yaklaşık 10 yıllık bir izlemeden sonra ölçülüp, değerlendirilecektir.

5. Sonuçlar ve Öneriler

Kuruca Bük Okaliptüs Ormanının kuruluşunun incelenmesi dikkat çekici bazı sonuçların elde edilmesini sağlamıştır.

- 1) Okaliptüs türlerinden ülkemizde yetiştirilenler taban suyuna bağlı olarak yüksek odun artımları yapan türlerdir. Bunların sırt yetiştirme ortamlarında çakıllı taşlı topraklarda yetiştirilmesi mümkündür. Ancak kuru yetiştirme ortamlarında beklenen yüksek verimin alınması mümkün değildir.
- 2) Kızılçam ağaçlandırmalarında yangın önleme şeritlerinin oluşturulması amacı ile taşlı topraklara okaliptüs fidanları yerine Akdeniz Servisi (Kara Servi) fidanlarının dikilmesi daha uygundur. Taşlı topraklarda yaz kuraklığına daha dayanıklı olan Servi, Okaliptüsten daha iyi gelişmektedir.
- 3) Taban suyunun yaz boyunca yüksek olmadığı, ancak ilkbaharda ve ilk yazda yeterli olabildiği yetiştirme ortamlarında da okaliptüs ormanları yetiştirilebilir. Elde edilecek artım Karabucak (Tarsus) bataklığındaki kadar olmasa da küçümsenmeyecek kadar fazladır.
- 4) Reşadiye Yarımadası'nın Teke Suyu ve Yassık İçi ağaçlandırma alanlarında kesilmiş olan okaliptüs ormanlarının yerine kızılçam ve fıstıkçamı fidanları dikilmiştir. Ancak kök sistemini geliştirmiş olan okaliptüs ağaçları kütük sürgünleri vermişlerdir. Bu kütük sürgünleri çok iyi gelişebilmiştir. Elde edilen sonuçlar burada yer darlığından verilememiştir. Datça' da elde edilen sonuçlar S.Tüfekçi, N.Özkurt, A.Özkurt (2002) sonuçlarına benzemektedir.
- 5) Genetik bakımdan ayıklanmamış orijinlerden elde edilen tohumlarla yetiştirilen fidanlar aynı meşcerede farklı boy ve çaplarda ağaçların gelişmesine sebep olmaktadır. Bu ormanlarda farklı amaçlarla kullanılacak gövde sınıfları elde edilebilmektedir. Ancak fidanların gelişmelerinin

gövde özelliklerini belirginleşme çağına ulaşmasından sonra ayıklama/seyreltme işleminin yapılması gerekmektedir. Kuruca Bük Ormanı bu bakımdan iyi bir örnek olarak korunmuştur.

- 6) Okaliptüs türlerinden ülkemizde kitle üretiminde kullanılacak olan orijinlerin iyi gelişen ve düzgün gövde yapabilenlerinin seçilerek fidan yetiştirmekte kullanılması, bu yöndeki araştırmalara devam edilmesi gerekmektedir.
- 7) Son yıllarda yazlık yerleşim alanlarında evsel atık suların arıtılmadan denize veya akarsulara verilmesi önemli kirlenmelere yol açmıştır. Güney kıyılarımızda yaz aylarında artan nüfusun kullandığı suların ön arıtmadan geçirilip, küçük vadi tabanlarında yetiştirilecek olan okaliptüs ormanlarının sulanmasında kullanılması mümkündür. Böylece atık su odun üretiminde kullanılabilir.

Kaynaklar

- Ergün, A., Gürses, M.K., Gülbaba, A.G., Genç, A., Özkurt, N., Özkurt, A. 1994, Türkiye’ de okaliptüslerin yetişebileceği bölgelerde tür ve orijin seçimi üzerine araştırmalar. Orman Bakanlığı Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülteni nu.1 (II+60)-Tarsus.
- Kantarıcı, M.D. 1990, Reşadiye (Datça) Yarımadası’ nın ekolojik özellikleri. İst. Üni. Orman Fakültesi Dergisi Seri A, cilt 40, sayı 1 (55-78)-İstanbul
- Özşen, Ş.. 1991, Reşadiye (Datça) Yarımadası’nda bir okaliptüs ormanında yetiştirme ortamı özellikleri ile meşcere kuruluşu arasındaki ilişkiler üzerine incelemeler. İst. Üni. Orman Fakültesi Toprak İlimi ve Ekoloji Abd. Lisans bitirme tezi/(17sh.) (Danışman: Prof. Dr. M. Doğan Kantarıcı) (Basılmamıştır).
- Tüfekçi, S.,Özkurt, N., Özkurt, A. 2002, E. Camaldulensis Dehn. Baltalık İşletmesinde sürgün seyreltme işleminin zamanı ve ekonomisi. Orman Bakanlığı Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülteni nu.19 (Orman Bkn’lığı yay. Nu.207, DOA yay. Nu.28) ISSN 1300-7912 (10+17)-Tarsus
- Saatçioğlu ,F. ve Pamay, B. 1959. 20. Ans de Boisement d’Eucalyptus a Karabucak, près Tarsus. Revue Forestiere Française Nu.6, juin 1959 (439-448)-Fransa.

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

Tablo 1. Reşadiye Yarımadası Kuruca Bük Okaliptüs ormanında ağaçların boy ve çap sınıflarına dağılımı ve nitelikleri (Örnek Alan 1 Taban arazide 20 x 20 m = 400 m²)

BOY m	ÇAP SINIFLARI (Ø 1.3) cm																TOPLAM SAYI ALAN ha'da	ORAN %	ÇATAL SAYI %	KURU SAYI %	DÜZGÜN SAYI %							
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30						32						
20													2	1				3	75	7,5	25	2,5			50	5,0		
18											2	2		1				5	125	12,5	25	2,5			100	10,0		
16									1	2	2	1	1	1				8	200	20,0	100	10,0			100	10,0		
14								2		2		1	2			1		8	200	20,0	100	10,0			100	10,0		
12					2	1	1											4	100	10,0	25	2,5			75	7,5		
10				1														2	50	5,0	25	2,5			25	2,5		
8			1	3														4	100	10,0	25	2,5	50	5,0	25	2,5		
6			3	1														4	100	10,0	75	7,5	25	2,5				
4			1	1														2	50	5,0	25	2,5	25	2,5				
2																												
0																												
SAYI																		40										
400 m²'de																												
ha'da																												
ORAN %																												
ÇATAL ha'da																												
ORAN %																												
KURU ha'da																												
ORAN %																												
DÜZGÜN ha'da																												
ORAN %																												

M.DOĞAN KANTARCI

Tablo 2. Reşadiye Yarımadası Kuruca Bük Okaliptüs ormanında ağaçların boy ve çap sınıflarına dağılımı ve nitelikleri (Örnek Alan 2 Taban arazide 20 x 20 m = 400 m²)

BOY m	ÇAP SINIFLARI (Ø 1.3) cm																TOPLAM SAYI ALAN ha'da	ORAN %	ÇATAL SAYI %	KURU SAYI %	DÜZGÜN SAYI %						
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30						32					
20											1							1	25	2,8					25	2,8	
18																											
16													1					1	25	2,8					25	2,8	
14									1					1				2	50	5,6	25	2,8			25	2,8	
12										2			2					4	100	11,2	25	2,8			75	8,3	
10						1	4	3	3	5	1		1					18	450	50,0	175	19,4	25	2,8	250	27,8	
8					1	2	2	1										6	150	16,8	100	11,1			50	5,5	
6																											
4					2													2	50	5,6	25	2,8	25	2,8			
2				2														2	50	5,6			50	5,5			
0																											
SAYI																		36									
400 m²'de																											
ha'da																											
ORAN %																											
ÇATAL ha'da																											
ORAN %																											
KURU ha'da																											
ORAN %																											
DÜZGÜN ha'da																											
ORAN %																											

M.DOĞAN KANTARCI

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

Tablo 3. Reşadiye Yarımadası Kuruca Bük Okaliptüs ormanında ağaçların boy ve çap sınıflarına dağılımı ve nitelikleri (Örnek Alan 3 Taban arazide 20 x 20 m = 400 m²)

BOY m	ÇAP SINIFLARI (Ø 1.3) cm																TOPLAMSAYI ALAN ha'da	ORAN %	ÇATAL SAYI %	KURU SAYI %	DÜZGÜN SAYI %				
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30						32			
20													1	2		1	4	100	13,8	50	6,9	50	6,9		
18										1		2	2			1	6	150	20,7	50	6,9		100	13,8	
16								1	3	1							5	125	17,2	25	3,4		100	13,8	
14					1	1	1	2	1	1		1					8	200	27,6	75	10,3		125	17,2	
12						2	1										3	75	10,3		25	3,4	50	6,9	
10						2											2	50	6,9				50	6,9	
8																									
6																									
4																									
2		1																25	3,4					25	3,4
0																									
SAYI																		29							
400 m ² 'de		1			1	5	2	3	4	3		3	2	1	2	2	29								
ha'da		25			25	125	50	75	100	75		75	50	25	50	50	725								
ORAN %		3,4			3,4	17,2	6,9	10,3	13,8	10,3		10,3	6,9	3,4	6,9	6,9	100								
ÇATAL ha'da					25				50		25	25		50	25	200									
ORAN %					3,4				6,9		3,4	3,4		6,9	3,4	27,6									
KURU ha'da						25																25			
ORAN %						3,4																3			
DÜZGÜN ha'da		25			100	50	75	50	75		50	25	25		25	500									
ORAN %		3,4			13,8	6,9	10,3	6,9	10,3		6,9	3,4	3,4		3,4	69,0									

M.DOĞAN KANTARCI

Tablo 4. Reşadiye Yarımadası Kuruca Bük Okaliptüs ormanında ağaçların boy ve çap sınıflarına dağılımı ve nitelikleri (Örnek Alan 4 Alt Yamaçta 20 x 20 m = 400 m²)

BOY m	ÇAP SINIFLARI (Ø 1.3) cm																TOPLAMSAYI ALAN ha'da	ORAN %	ÇATAL SAYI %	KURU SAYI %	DÜZGÜN SAYI %			
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30						32		
20																								
18																								
16											2	2	1		1	2	8	200	23,5	100	11,7		100	11,7
14									1		2		3		1		7	175	20,6	100	11,7		75	8,8
12								3	1	2	1	2					9	225	26,5	125	14,7		100	11,7
10							1	1	2								4	100	11,7	50	5,9		50	5,9
8					1		1										2	50	5,9	25	3,0		25	3,0
6				1													1	25	3,0	25	3,0			
4		1			1												2	50	5,9	25	3,0		25	3,0
2		1															1	25	3,0		25	3,0		
0																								
SAYI																		34						
400 m ² 'de		2	1	1	1	2	4	4	2	5	4	4		2		2	34							
ha'da		50	25	25	25	50	100	100	50	125	100	100		50		50	850							
ORAN %		5,9	3,0	3,0	3,0	5,9	11,7	11,7	5,9	14,7	11,7	11,7		5,9		5,9	100							
ÇATAL ha'da			25		25	25	25	50	25	75	75	75		25	25	450								
ORAN %			3,0		3,0	3,0	3,0	5,9	3,0	8,8	8,8	8,8		3,0	3,0	52,9								
KURU ha'da		25																			25			
ORAN %		3,0																			3,0			
DÜZGÜN ha'da		25			25		25	75	50	25	50	25	25		25	375								
ORAN %		3,0			3,0		3,0	8,8	5,9	3,0	5,9	3,0	3,0		3,0	44,1								

M.DOĞAN KANTARCI

Tablo 7. Örnek alanlardaki okaliptüs ağaçlarının boy sınıflarına dağılımı

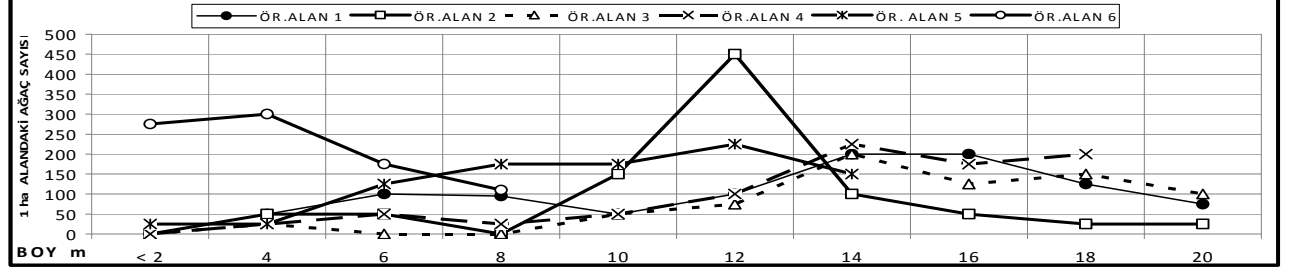
TABLO 7.1. OKALİPTÜS AĞAÇLARININ BOY SINIFLARINA 1 ha ALANDAKİ AĞAÇ SAYISI OLARAK DAĞILIMI

YERYÜZÜ ŞEKLİ	ÖRNEK ALAN Nu.	BOY SINIFLARI m											TOPLAM AĞAÇ	
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20		
TABAN ARAZİ	1	0	0	50	100	100	50	100	200	200	125	75		1000
TABAN ARAZİ	2	0	0	50	50	0	150	450	100	50	25	25		900
TABAN ARAZİ	3	0	0	25	0	0	50	75	200	125	150	100		725
ALT YAMAÇ	4	0	0	25	50	25	50	100	225	175	200	0		850
ORTA YAMAÇ	5	25	25	125	175	175	225	150	0	0	0		900	
SIRT ÇAKILLI TOPRAK	6	275	300	175	100	0	0	0	0	0	0		850	

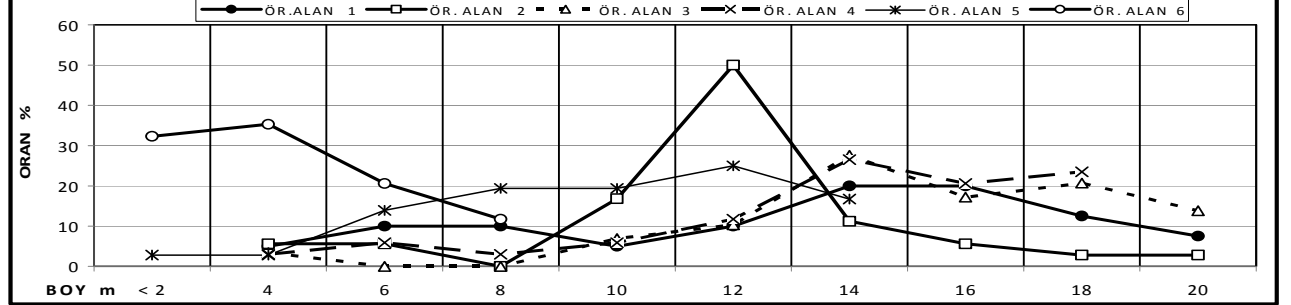
TABLO 7.2. OKALİPTÜS AĞAÇLARININ BOY SINIFLARINA DAĞILIM ORANLARI (%)

YERYÜZÜ ŞEKLİ	ÖRNEK ALAN Nu.	BOY SINIFLARI m											TOPLAM
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
TABAN ARAZİ	1		5,0	10,0	10,0	5,0	10,0	20,0	20,0	12,5	7,5		100
TABAN ARAZİ	2		5,6	5,6	0,0	16,8	50,0	11,2	5,6	2,8	2,8		100
TABAN ARAZİ	3		3,4	0,0	0,0	6,9	10,3	27,6	17,2	20,7	13,8		100
ALT YAMAÇ	4		3,0	5,9	3,0	5,9	11,7	26,5	20,6	23,5		100	
ORTA YAMAÇ	5	2,8	2,8	13,9	19,4	19,4	25,0	16,7				100	
SIRT ÇAKILLI TOPRAK	6	32,3	35,3	20,6	11,7							100	

OKALİPTÜS ORMANINDAKİ AĞAÇLARIN BOY SINIFLARINA DAĞILIMI (AĞAÇ SAYISI /ha)



OKALİPTÜS ORMANINDAKİ AĞAÇLARIN BOY SINIFLARINA DAĞILIM ORANLARI %

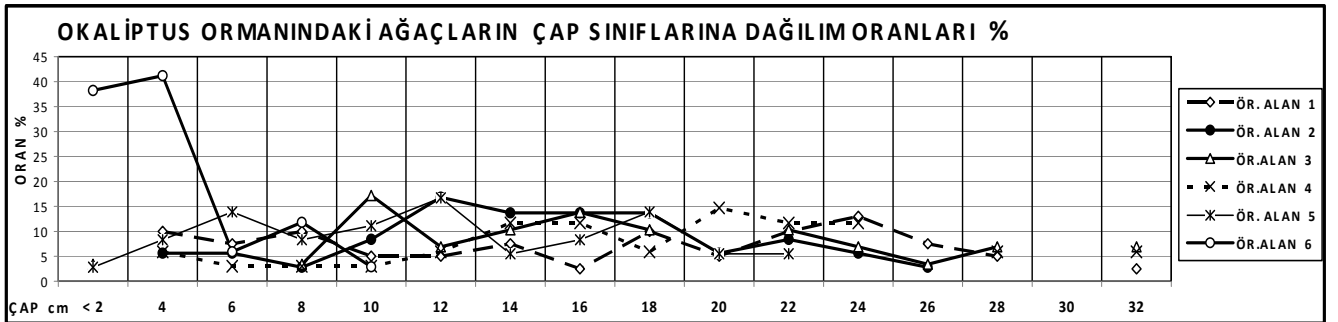
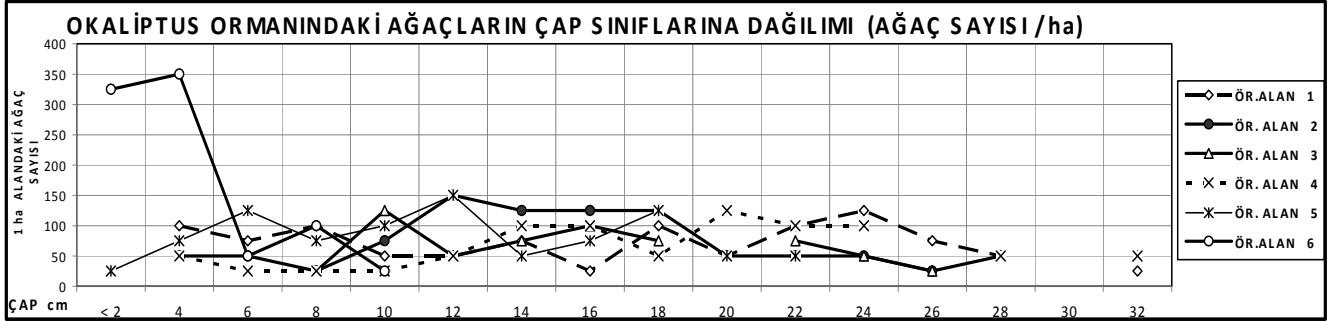


M. DOĞAN KANTARCI

Tablo 8. Örnek alanlardaki okaliptüs ağaçlarının çap (Ø 1.3 m) sınıflarına dağılımı

TABLO 8.1. OKALİPTÜS AĞAÇLARININ ÇAP SINIFLARINA 1 ha ALANDAKİ AĞAÇ SAYISI OLARAK DAĞILIMI																		
YERYÜZÜ ŞEKLİ	ÖRNEK ALAN Nu.	ÇAP SINIFLARI (Ø 1.3 m) cm															TOPLAM SAYI	
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28		30
TABAN ARAZİ	1		100	75	100	50	50	75	25	100	50	100	125	75	50		25	1000
TABAN ARAZİ	2			50	50	25	75	150	125	125	125	50	50	50	25			900
TABAN ARAZİ	3		25			25	125	50	75	100	75		75	50	25	50	50	725
ALT YAMAÇ	4			50	25	25	25	50	100	100	50	125	100	100		50	50	850
ORTA YAMAÇ	5		25	75	125	75	100	150	50	75	125	50	50				900	
SIRT ÇAKILLI TOPRAK	6		325	350	50	100	25										850	

TABLO 8.2. OKALİPTÜS AĞAÇLARININ ÇAP SINIFLARINA DAĞILIM ORANLARI (%)																		
YERYÜZÜ ŞEKLİ	ÖRNEK ALAN Nu.	ÇAP SINIFLARI (Ø 1.3 m) cm															TOPLAM	
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28		30
TABAN ARAZİ	1			10,0	7,5	10,0	5,0	5,0	7,5	2,5	10,0	5,0	10,0	13,0	7,5	5,0	2,5	100
TABAN ARAZİ	2			5,6	5,6	2,8	8,4	16,8	13,7	13,7	13,7	5,6	8,4	5,6	2,8			100
TABAN ARAZİ	3		3,4			3,4	17,2	6,9	10,3	13,8	10,3		10,3	6,9	3,4	6,9	6,9	100
ALT YAMAÇ	4			5,9	3,0	3,0	3,0	5,9	11,7	11,7	5,9	14,7	11,7	11,7		5,9	5,9	100
ORTA YAMAÇ	5		2,8	8,3	13,9	8,3	11,1	16,7	5,5	8,3	13,9	5,5	5,5				100	
SIRT ÇAKILLI TOPRAK	6		38,2	41,2	5,9	11,8	2,9										100	



M. DOĞAN KANTARCI

Türkiye’de Okaliptüsler Üzerinde Saptanan Bazı Böcek Türleri

Fatih AYTAR¹, Mehmet KANAT²

¹Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Tarsus-Mersin, e-mail: fatihaytar@yahoo.com

²Prof. Dr. KSÜ, Orman Fakültesi, Kahramanmaraş, e-mail: mkanat@ksu.edu.tr

Özet

Bu çalışma Türkiye’de bulunan *Eucalyptus* spp.’lere arız olan böceklerin saptanması amacıyla 2000–2008 yılları arasında yapılmıştır. Araştırma kapsamında Türkiye’de bulunan tüm okaliptüs alanlarında survey çalışmaları ve ilaveten konuya ilişkin literatür çalışması yapılmıştır. Araştırma sonucunda Coleoptera, Homoptera, Hymenoptera, Lepidoptera ve Thysanoptera takımlarına bağlı 8 farklı familyada 11 tür saptanmıştır. Bunlardan *Phoracantha semipunctata* (Col.: Cerambycidae), *Leptocybe invasa* (Hym.: Eulophidae) ve *Ophelimus maskelli* (Hym.: Eulophidae)’nin ekonomik öneme haiz türler olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Okaliptüs, *Leptocybe invasa*, *Phoracantha semipunctata*, *Blastopsylla occidentalis*

Some Insect Species Determined on Eucalyptus in Turkey

Abstract

This study was done between the years 2000 and 2008 to determine the insect species on eucalyptus in Turkey. Within this, The survey research on all eucalyptus fields in Turkey and the research on literature review have been concluded. As a result, 11 species in 8 different families that belong to Coleoptera, Homoptera, Hymenoptera, Lepidoptera and Thysanoptera orders have been determined. Among these, *Phoracantha semipunctata* (Col.: Cerambycidae), *Leptocybe invasa* (Hym.: Eulophidae) and *Ophelimus maskelli* (Hym.: Eulophidae) have been observed to be economically important species.

Key Words: Turkey, Eucalyptus, *Leptocybe invasa*, *Phoracantha semipunctata*,

Giriş

Okaliptüs Avustralya ve çevresinin doğal ağaç türüdür. Türkiye’de ilk kez 1885 yılında Adana-Mersin demiryolu çevresinde süs bitkisi olarak kullanılmıştır (Adalı, 1944). Bu tür 1939 yılına kadar park ve bahçelerde süs bitkisi olarak değerlendirilmiştir. Türkiye’de ilk endüstriyel okaliptüs plantasyonu 1939 yılında Tarsus-Karabucak’ta 885 hektar alanda tesis edilmiştir (Gürses, 1990). Günümüzde okaliptüsün iki türü ağaçlandırma ve diğer amaçlı kullanılmaktadır. Bunlar *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. (section Exsertaria) ve *E. grandis* W.Hill ex Maiden (section Transversaria)’dir. Bu türlerden *E. grandis* daha çok Karabucak Ormanlarında (Tarsus) bulunmasına karşın *E. camaldulensis* Çukurova ve Dalaman Bölgeleri ağırlıklı olarak Akdeniz ve Ege Bölgelerinin sahil kesimlerinde odun üretimine yönelik plantasyonları mevcuttur. Odunları bina inşaatı, demiryolu traversi, mobilya, ambalaj sanayi, direk, sırik, yakacak odun, odun kömürü ve kağıt hamurunda kullanılmaktadır. Yapraklarından elde edilen eterik (uçucu) yağlar eczacılık, deterjan sanayi, parfümeri, şeker, likör imalatında, tanen, metil alkol, asetik asit, suni ipek ve selofan üretiminde yararlanılmaktadır. Bunlara ilaveten oluşturdukları polenlerden arıcılıkta bal üretiminde faydalanılmaktadır (Gül Baba, 1990).

E. camaldulensis ve *E. grandis* Türkiye için yabancı orijinli tür olmasına karşın günümüze kadar iki böceğin zararı rapor edilmiştir. Bunlar *Phoracantha semipunctata* (Col.: Cerambycidae) ve *Abgrallaspis cyanophylli* (Sign.) (Homoptera, Diaspididae) (Acatay, 1960; Sekendiz ve Yıldız, 1969; Yıldız ve ark., 1981; Güler, 1990)’dir. Bu türlerden *P. semipunctata* halen dönem dönem zarar yapabilmektedir. Türkiye’de 1939 yılından beri yaygın bir biçimde kullanılan okaliptüs hemen hemen böcek zararından muaf olduğu düşünülürken 2000 yılından sonra Avustralya kökenli iki böcek türünün saldırısına maruz kalmıştır. Bu durum entomologların dikkatini çekmiş ve son yıllarda okaliptüslerde zarar yapan böcekler konusunda araştırmalar artmıştır (Aytar 2003; Aytar 2006a,b; Aytar ve Avcı 2007; Doğanlar 2007). Bu çalışma da son yıllarda artan çalışmalarla birlikte yeni zararlıların topluca değerlendirilmesi yapılmıştır.

Materyal ve Metot

Bu çalışma 2000–2008 yılları arasında Akdeniz, Ege ve Güney Doğu Anadolu Bölgelerindeki okaliptüs plantasyonları ile bu türün süs bitkisi olarak kullanıldığı park ve bahçelerde survey çalışmaları yapılmıştır. Bulaşıklı örnekler uygun kaplarda kültüre alınmıştır. Elde edilen Coleoptera takımı mensubu türler Acatay 1960, Güler 1990 ve Erdem 1976'a göre, Homoptera takımı mensubu türler Sekendiz ve Yıldız 1969, Hymenoptera takımı mensubu türler Mendel ve ark. 2004, Protasov ve ark. 2007 ve Doğanlar 2007'ye göre, Lepidoptera takımı mensubu türler Spuler 1908, Mazzei ve ark. 1999 ve Anonim 2004'e göre ve Thysanoptera mensubu türler Doğanlar 2007'e göre yapılmıştır. Konukçu bitkilerin teşhisi ise Wilcox 1997'ye göre yapılmış olup, konuya ilişkin literatür çalışmaları da yapılmıştır.

Tartışma ve Sonuç

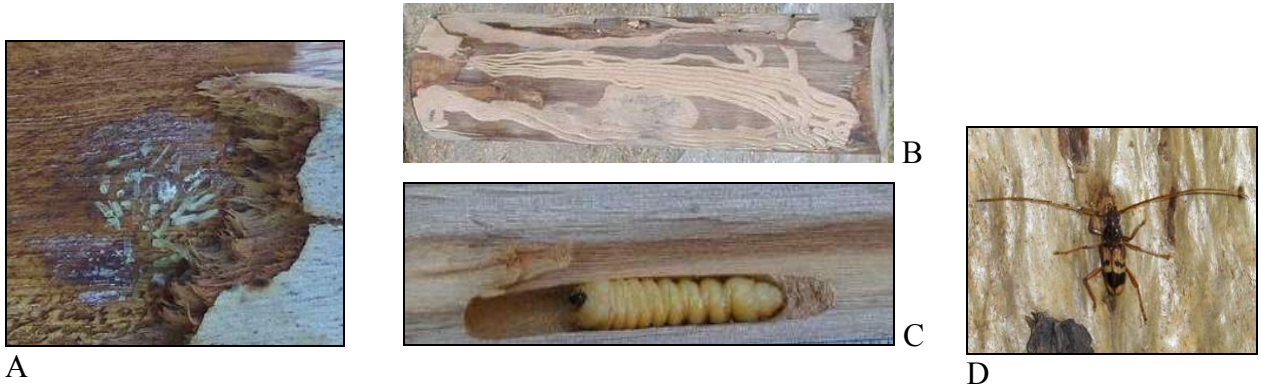
Çalışma sonucunda Coleoptera, Homoptera, Hymenoptera, Lepidoptera ve Thysanoptera takımlarına bağlı 8 farklı familyada 11 tür saptanmıştır. Bunlara ilişkin bilgiler alfabetik sıraya göre aşağıda verilmiştir.

1. Takım COLEOPTERA

1.1. Familya **Cerambycidae**

1. ***Phoracantha semipunctata* Fabre (Okaliptüs Teke Böceği)**

Türkiye'de ilk kez 1957 yılında Tarsus-Karabucak Ormanlarında bulunmuş olup, şu ana kadar Adana, Antalya, Hatay, Mersin, Muğla ve Şanlıurfa illerinde bulunduğu rapor edilmiştir (Acatay, 1960; Sekendiz ve Yıldız, 1969; Yıldız ve ark., 1981; Güler 1990). Konukçu bitkileri *E. camaldulensis* ve *E. grandis*'i kapsamaktadır. Zararı, odunda galeri açarak onların teknik özelliklerinin bozulmasına buna bağlı olarak ürünlerde ekonomik kayba neden olurlar. Tarafımızca yapılan arazi çalışmalarında 24.04.2007 tarihinde Karacailyas mevkiinde hem yumurta hem de erginlerine rastlanmıştır (Resim-1).

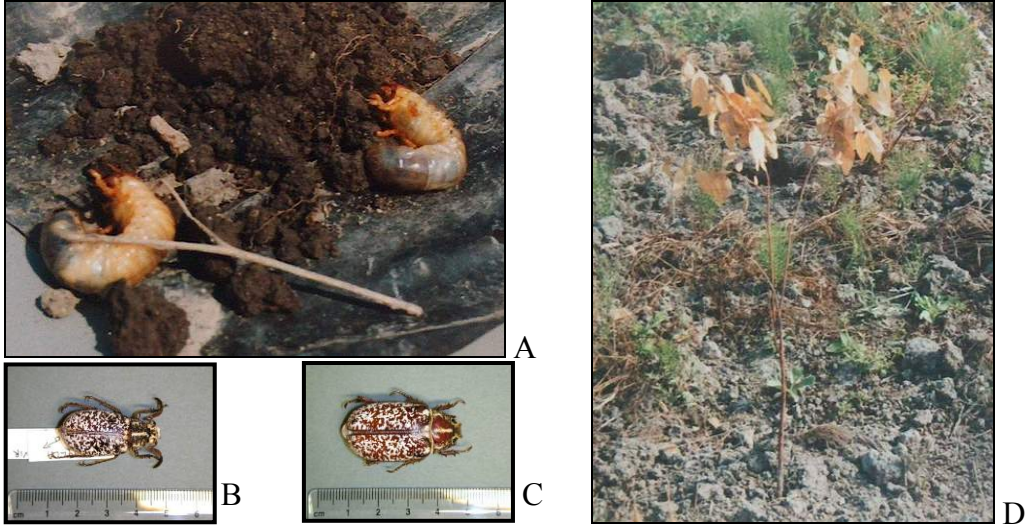


Resim 1. *Phoracantha semipunctata*'nın A) Yumurta Paketi, B) Larva yolları, C) Larva, D) Ergin

1.2. Familya **Scarabaeidae**

2. ***Polyphylla fullo* (Linnaeus) (Haziran Böceği)**

Karabucak Orman İşletme Şefliği'nin kayıtlarına göre ilk kez 1994 yılında 115 nolu bölmesinde bulunan 1 yaşında bazı *E. camaldulensis* fidanından köklerini yiyerek kurutmuştur (Resim-2). 2000 yılında gençleştirme yapılan parsellerde kuruyan fidanların kök çevresinde *Polyphylla fullo*'nun larvaları toplanmıştır. Larvalar, toprağa gömülü bulunan 150x80x80 cm ebadındaki kafeslere konulmuştur. Kafeslerden 29 Mayıs 2000'de erginleri elde edilmiştir. Türkiye'nin hemen hemen her yerinde yaygın olarak bulunan ve polifag türdür (Çanakçıoğlu ve Mol 1998; Lodos 1995). Okaliptüslerde ilk kez rastlanmıştır. Zararı *E. camaldulensis* fidanının köklerini yiyerek onların kurumalarına neden olurlar.



Resim 2. *Polyphylla fullo*'nın A) Larva, B) Erkek, C) Dişi, D) Zarar verdiği *E. camaldulensis* fidanı

3. *Melolontha melolontha* (Linnaeus) (Adi Mayıs Böceği)

Larvaları 16 Mart 2003 tarihinde Tarsus-Karabucak ormanında 1 yaşındaki *E. camaldulensis*'nin kuruyan fidanlarının kök ve çevresinden toplanarak tel kafeste kültüre alınmıştır. Kafes içerisinde 12 Mayıs 2003 tarihinde erginleri görülmüştür. Yurdumuzda İstanbul, İzmit, Eskişehir, Bursa, Manisa ve Karadeniz bölgesinde yaygın olarak bulunur. Polifag bir türdür (Çanakçıoğlu ve Mol 1998; Lodos 1995). Okaliptüslerde ilk kez rastlanmıştır. Zararı *E. camaldulensis* fidanının köklerini yiyerek onların kurumalarına neden olurlar.

2. Takım HOMOPTERA

1.3. Familya Diaspididae

4. *Abgrallaspis cyanophylli* (Sign.)

Bu koşnilin kolonileri 08/07/1968 tarihinde Tarsus-Karabucak'ta *E. camaldulensis*'nin ince, kalın dallar ile gövde üzerinde saptanmıştır (Sekendiz ve Yıldız, 1969).

1.4. Familya ????

5. ????????????

Teşhisi halen devam eden bu türün örnekleri Mersin-merkez ve Tarsus-Karabucak ormanında *E. camaldulensis*'in genç sürgünleri üzerinde toplanmıştır (Resim-3).



Resim 3. *Eucalyptus camaldulensis* üzerinde bulunan afidler

3. Takım HYMENOPTERA

1.5. Familya Eulophidae

6. *Leptocybe invasa* Fisher ve La Salle (Okaliptüs Gal Arısı)

Türkiye’de ilk kez 2000 yılında Tarsus-Karabucak ormanında bulunmuştur (Aytar, 2003; Mendel ve ark., 2004). Türkiye’de şu ana kadar doğudan batıya doğru Güney Doğu Anadolu, Akdeniz ve Ege Bölgelerinde bulunan hemen hemen bütün okaliptüs sahalarında varlığı saptanmıştır (Aytar, 2008). Gal arısı okaliptüsün yan ve tepe çatısında bulunan taze yaprak orta damarı, yaprak sapı ve sürgünlerinde gal (ur veya yumru) oluşumuna neden olmaktadır. Bu etki konukçu bitkide başta tepe tacında deformasyon ve bazı bireylerde yaprak azalmasına neden olmakta, sonuçta *L. invasa* saldırısına maruz kalan fertlerde sağlıklı eş değer bireylere göre çap ve boy artımında azalmalar gözlenmekte hatta bazı fertlerin bodur kalmaktadır. Konukçu bitkileri *E. camaldulensis* ve *E. grandis*’i kapsamaktadır.

7. *Ophelinus maskelli* (Ashmead) (Okaliptüs Yaprak Ayası Gal Arısı)

Okaliptüs yaprak aya gal arısı olarak da bilinen bu tür Türkiye’de ilk kez 2004 yılında Balcalı (Adana)’da bulunan *E. camaldulensis*’in yaprak yüzeyinde meydana getirdikleri gallardan elde edilmiştir. Şu ana kadar Akdeniz ve Ege Bölgelerinin hemen hemen bütün okaliptüs alanlarında varlığı saptanmıştır (Aytar, 2006a). Zararı aynı yaprağa tekrar eden saldırı sonucu yaprakların erken dökülmesine neden olurlar.

8. *Quadrastichodella nova* Girault (Okaliptüs Tohum Kapsül Arısı)

Okaliptüs tohum kapsül Arısı Türkiye’de ilk kez Doğanlar 2007 tarafından Serinyol-Antakya’da bulunmuştur. Ayrıca aynı yazar tarafından yukarıdaki alana ilaveten Muğla, Antakya-Tokluca, Serinyol’da varlığı bildirilmiştir. Tarafımızca yapılan surveyde Antalya-Kemer, Mersin-merkez, Erdemli, Silifke ve Tarsus ile Adana-Balcalı’da varlığı saptanmıştır. Konukçu bitkisi *E. camaldulensis*’dir. Dişi yumurtasını kapsül içine koyduğu, çıkan larvanın yeni oluşan 4-5 embriyoyu birbirine yapıştırarak bir gal oluşturduğu ve bunun içinde pupa olduğu bildirmektedir. Daha sonra *Q. nova* erginleri kapsül üzerinde çıkış deliği açarak çıkmaktadır (Resim-4). Bu arada kapsüldeki diğer tohumların da gelişmediği kapsülün kapalı kaldığı gözlenmiştir (Doğanlar, 2007).



Resim 4. *Quadrastichodella nova*’nın ergin çıkış deliği (Doğanlar 2007’den)

4. Takım LEPIDOPTERA

1.6.Familya **Lasiocampidae**

9. *Pachypasa otus* (Drury)

Bu türün larvaları Tarsus-Karabucak, Mersin-otogar ile Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi bahçesinde bulunan *E. camaldulensis* üzerinde bulunmuştur. Karabucak’ta saf okaliptüs meşçeresinde bulunmasına karşın Mersin otogar ve Üniversite bahçesinde *E. camaldulensis*+*Cupressus sempervirens*+Yalancı biberden oluşan parklarda bulunmuştur. Larvalar eylül ayı sonundan ertesi yılın yine eylül ayına kadar 5 gömlek değiştirirler. Olgun larvaları gövde ve dallarda bulunan kabuk arasında veya çatlaklarda pupa olurlar. Erginleri eylül-ekim aylarında görülmektedir (Resim-5). *P. Otus* larvaları konukçu bitkinin yaprakları ile beslenmektedir. Konukçuları *Thuja occidentalis*, *Juniperus sabina*, *Cupressus sempervirens*, *Quercus pubescens* ve *Pinus* sp.’lardır (Spuler 1908; Anonim 2004).



Resim 5. *Pachypasa otus* ergini

1.7. Familya **Geometridae**

10. ????????

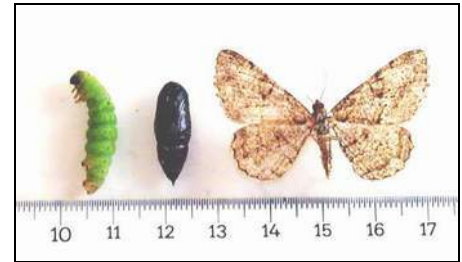
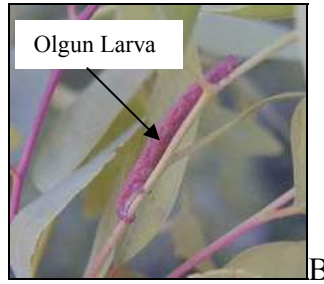
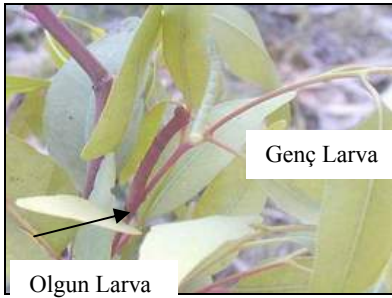
Teşhisi halen devam eden bu türün larvaları 21 Haziran 2002 tarihinde Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü'nün klon bahçesinde bulunan *E. camaldulensis* yapraklarında bulunarak cam kavanozda kültüre alınmıştır. 08 Temmuz 2002 tarihinde ilk erginleri elde edilmiştir. Larvaları *E. camaldulensis* yaprakları ile beslenmektedir. Larvaları başlangıçta yeşil renkte, daha sonra *E. camaldulensis*'in taze sürgün rengi olan bordo renge dönüşmekte nihayet prepupa döneminde tekrar yeşile dönmektedir. Erginlerinin kanat açıklığı yaklaşık 4 cm bulmaktadır (Resim-6).

5. Takım THYSANOPTERA

1.8. Familya **Thripidae**

12. *Thrips australis* (Bagnall) (Okaliptüs Çiçek Tripsi)

Türkiye'de Antakya, Adana ve Tarsus Karabucak'ta bulunan *E. camaldulensis* çiçeklerinden larvaları toplanmış, erginleri ise atrapla yakalanmıştır (Resim-7). Zararlı konukçu bitkinin çiçeklerinde bulunan polenleri ile beslenmesi sonucunda döllenmeyi ve tohumların olgunlaşmasını engellediği gözlenmiştir (Doğanlar, 2007).



Resim 6. Mühendis kelebeği A-B) Larva C) Prepupa, Pupa ve Ergin



Resim 7. *Thrips australis* ergini (Doğanlar 2007'den)

Kaynaklar

- Acatay A., 1960. Tarsus-Karabucak Ormanlarında Zarar Yapan Okaliptüs Tekeböceği. İ.Ü. Orman Fak. Dergisi, B, 10 (1), İstanbul
- Adalı, F., 1944. Sağlık Ağacı Okaliptüs. Ziraat Vekâleti Neşriyat Müdürlüğü Genel Sayı: 609, Pratik Kitaplar Sayı: 3, İstanbul.
- Anonim 2004. La Chouette: *Pachypasa otus* (Drury, 1773), (Lépidoptère Lasiocampidé). Fiche technique d'élevage
- Aytar, F. 2003. Okaliptüs Gal Arısı *Leptocybe invasa* Fisher & La Salla 2004 (Hym., Eulophidae)'nın Türkiye'deki Biyolojisi, Yayılışı ve Mücadelesi. DOA Dergisi sayı:9, s.47-66, Tarsus.
- Aytar 2006a. Natural History, Distribution and Hosts of Eucalyptus Gall Wasps In Turkey. VIII the European Congress of Entomology, on September 17-22, 2006, Abstract Book, PP4-25 (Poster Number) Poster Presentation, p.156, Izmir, Turkey
- Aytar, F. 2006b: Türkiye'de Okaliptüslerin Yeni ve Ciddi Bir Zararlısı Okaliptüs Gal Arısı [*Leptocybe invasa* (Hym., Eulophidae)]. Orman Mühendisleri Dergisi :(33-37),2006 ISSN: 1301-3572.
- Aytar F ve Avcı M. 2007. Okaliptüs Gal Arısı, *Ophelimus maskelli* (Ashmead) (Hym.: Eulophidae)'nin Tanımı, Türkiye'deki Yayılışı, Parazitotileri ve Biyolojisine İlişkin Bazı Gözlemler. Türkiye 2. Bitki Koruma Kongresi. 27-29 Ağustos 2007-İsparta, Türkiye.
- Aytar 2008. Avustralya Kökenli İki Eulophid, *Leptocybe invasa* Fisher ve La Salle, 2004 ve *Ophelimus maskelli* (Ashmead 1900) (Hymenoptera: Eulophidae)'nin Türkiye'deki Yayılışı, Konukçuları ve Doğal Düşmanları. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, Tarsus.
- Çanakçıoğlu H. ve Mol, T. 1998. Orman Entomoloji, Zararlı ve Yararlı Böcekler. İ.Ü. Orman Fak. Yayın No: 451, İstanbul.
- Doğanlar D. 2007. Türkiye'de Okaliptüs Ağaçlarında Saptanan Zararlı Hymenopter'ler, Tanımları, Zarar Şekilleri, Biyolojileri, Ekonomik Önemleri ve Mücadele Yöntemleri. Türkiye'de Ormancılık Eğitiminin 150. Yılı, Uluslar arası Sempozyum. s. 635-645, İstanbul.
- Erdem R., 1976: Ormanın Faydalı ve Zararlı Böcekleri, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 2078, Orman Fakültesi Yayın No: 217, İstanbul, Kurtulmuş Matbaası, XIII+227 s.
- Gülbaba, G., 1990. Okaliptüs yapraklarından elde edilen eterik yağlar, kullanım yerleri ve yaprak işletmeciliği. Türkiye'de Okaliptüs yetiştiriciliği'nin 50. yılı, Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi. 1.:51-64.
- Güler N. 1990. Okaliptüs Zararlısı Önemli Bir Böcek: *Phoracantha semipunctata* Fabr. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi 1990/1, Türkiye'de Okaliptüs Yetiştiriciliğinin 50. Yılı, s: 61-64, İzmit.
- Gürses, M. K., 1990. Dünya'da ve Türkiye'de Okaliptüs. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi 1990/1, Türkiye'de Okaliptüs Yetiştiriciliğinin 50. Yılı, s: 1-19, İzmit.
- Lodos, N. 1995. Türkiye Entomolojisi IV. E.Ü.Ziraat Fak.,Ofset Atelyesi, VI+250 s.Bornova-İzmir.
- Mazzei P., Reggianti D., ve Pimpinelli I. 1999 : Moths and Butterflies of Europe and North Africa. <http://www.leps.it/SpeciesPages/PachyOtus.htm> (Last editing: February 17, 2008) (Erişim:01/03/2008)
- Mendel, Z., Protasov, A., Fisher, N. Ve La Salle, J., 2004 : The Taxonomy and Natural History of *Leptocybe invasa* (Hymenoptera : Eulophidae) gen. & sp. Nov, an Invasive Gall Inducer on Eucalytus. Australian Journal of Entomology.(2004) 43, 51-63 pp
- Protasov A, La Salle J, Blumberg D, Brand D, Saphir N, Assael F, Fisher N ve Mendel Z 2007. Biology, Revised Taxonomy and Impact on Host Plants of *Ophelimus maskelli*, an Invasive Gall Inducer on *Eucalyptus* spp. in the Mediterranean Area. Phytoparasitica 35(1):
- Sekendiz O. ve Yıldız, N. 1969. Türkiye'de Okaliptüs Türlerine Arız Olan böcekler. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü. Yıllık Bülten No: 4, s: 31-36, İzmit.
- Spuler, A. 1908. Die Schmetterlinge Europas I-III: cxxviii, 385 pls. Stuttgart, Germany: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- Wilcox M. D., 1997. A Catalogue of the Eucalypts. 114 p. New Zealand
- Yıldız, N., Güler, N. ve Günaştı, R., 1981. Yurdumuzda Okaliptüs Türlerine Arız Olan *Phoracantha semipunctata* Fabr.'in Biyolojisi, Tahribatı, Koruma ve Savaş Metotları Üzerine Araştırmalar. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yıllık Bülten No: 17, s: 59-133. İzmit

Atık Okaliptüs Unlarıyla Doldurulmuş Geri Dönüşüm Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE) Polimer Kompozitler

Fatih MENGELOĞLU¹, Ramazan KURT², Kadir KARAKUŞ³

¹Yrd. Doç. Dr., KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. Bölümü, K. Maraş, Türkiye, fmengelo@ksu.edu.tr

²Doç. Dr., KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. Bölümü, K. Maraş, Türkiye, rkurt@ksu.edu.tr

³Yüksek Lisans Öğr., KSÜ, Orman Fakültesi, Orman End. Müh. Böl., K. Maraş, kadirkarakus82@hotmail.com

Özet

Odun lifi ya da unlarının polimer matrisi içerisine katılması sonucunda elde edilen kompozit malzemeler odun-polimer kompozit (OPK)'ler olarak adlandırılır. OPK üretiminde bakir polimerler kullanılabilirdiği gibi geri dönüşüm (recycled) polimerler de kullanılabilir. Bu çalışmada kereste fabrikası atığı okaliptüs unları ile geri dönüşüm yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) birleştirilerek kompozit levhalar üretilmiş ve bunların mekanik ve morfolojik özellikleri incelenmiştir. Polimer matrisi içerisine katılan okaliptüs unu miktarı arttıkça malzemenin çekmede ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri artmış ancak eğilme ve darbe direnci değerleri düşmüştür. Taramalı elektron mikroskobu ile yapılan çalışmada polar yapıdaki okaliptüs unları ile polimer arasındaki zayıf birleşme tespit edilmiş ve bu durum uyumsuzluk giderici kimyasal kullanılarak belli ölçüde bertaraf edilmiştir. Sonuç olarak ülkemizdeki atık plastiklerin ve okaliptüs unlarının kompozit levha üretiminde kullanılmasının mümkün olabileceği standartlara uygun özelliklerde kompozitlerin üretilmesiyle gerçekleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: YYPE, polimer-kompozit, taramalı elektron mikroskobu, mekanik özellikler

Eucalyptus Wood Residue Filled Recycled High Density Polyethylene (HDPE) Polymer Composites

Abstract

The mechanical properties of eucalyptus wood flours (EWF) filled recycled high density polyethylene (HDPE) composites were investigated. The effects of EWF and maleic anhydride grafted polyethylene (MAPE) concentrations were studied. Mechanical property evaluation showed that the increased concentration of EWF in polymer-composites reduced the tensile, flexural and impact strength while increased the tensile and flexural modulus. The addition of small amount of MAPE coupling agent improved the tensile and flexural strength but this increase was leveled off at higher concentrations. Impact strength of the composites was reduced by the coupling agent. This study showed that polymer-composites can be manufactured utilizing recycled HDPE and eucalyptus wood flours and could provide additional income for the lumber mills and promote the recycling of HDPE.

Keywords: recycled HDPE, polymer-composites, scanning electron microscope, mechanical properties

1. Giriş

Plastik sektöründe, malzemenin özelliklerini iyileştirmek ve maliyetlerini düşürmek amacıyla çeşitli dolgu maddeleri kullanılmaktadır. Geleneksel olarak kil, cam yünü, kalsiyum karbonat, vb. gibi inorganik dolgu maddeleri kullanılmasına rağmen son yıllarda işlenme kolaylığı, düşük yoğunluğu, düşük maliyeti, yenilenebilir kaynaklardan gelmesi dolayısıyla odun unu ya da lifi gibi organik dolgu maddeleri kullanılmaya başlanmıştır (Clemons, 2002; Mengelöglu ve Matuana, 2003). Organik dolgu maddelerinin kullanılması yüksek oranlarda dolgu maddesinin kullanılmasına olanak vermesi, daha düşük enerjiye ihtiyaç duyması, yüksek spesifik özelliklere sahip olması, biyolojik olarak bozunabilmesi ve dünyanın her yerinde bulunabilmesi dolayısıyla her geçen gün artmaktadır (Abu-Sharkh ve ark., 2004; Matuana ve ark., 1998).

Odun unlarının plastikler ile karıştırılmasıyla oluşan kompozit levhalara odun-plastik kompozitler (OPK) denilmektedir. OPK üretiminde farklı türde odunlardan elde edilen unlar ya da lifler ile polietilen (PE), polipropilen (PP), polistiren (PS) veya polivinilklorür (PVC) gibi plastikler kullanılabilir. OPK'ler otomobil iç parçalarının üretiminde (Clemons, 2002), dış cephe kaplaması olarak, çit direği olarak, pencere çerçevesi ve kamelya malzemesi vb kullanım alanlarına sahiptir (Clemons, 2002; La Mantia, 2005; Youngquist, 2005; Mengelöglu ve ark., 2007). OPK'nın sağladığı avantajlar

arasında yüksek spesifik özellikler, aşındırıcı bir yapısının olmaması ve kolay bulunması sayılabilir (Clemons, 2002; Mengelöglu ve Matuana, 2003; Panthapulakkal ve ark., 2006).

Çeşitli ağaç türleri OPK üretiminde denenmiştir. Bunlar arasında çoğu çam türleri (Kim ve ark., 2006), kavak (Rachtanapun ve ark., 2003), ladin (Bengtsson ve Oksman, 2006), akça ağaç (Li ve Matuana, 2003) vb. sayılabilir. Daha önce okalıptüs ununun OPK üretiminde kullanılma potansiyeli yeterli seviyede araştırılmamıştır.

Atık plastiklerin ve kereste fabrikası atığı talaşların OPK üretiminde kullanılma potansiyeli vardır. Türkiye’de yaklaşık 6 milyon ton geri dönüşüm plastik olduğu ve bunun sadece az bir miktarının yeniden değerlendirildiği bilinmektedir. Ayrıca, Türkiye’de 20.000 m³ okalıptüs odunu işlenerek yaklaşık 500 m³ talaş oluşturulmaktadır. Ülkemizdeki mevcut atık plastik ve okalıptüs odun talaşı miktarı göz önüne alındığında bu ürünlerin OPK üretiminde değerlendirilmesi uygun bir seçenek olabilir. Bu çalışmada okalıptüs odun unu miktarının ve uyumsuzluk giderici kimyasal miktarının oluşturulan odun-plastik kompozitlerin mekanik özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1 Materyal

Bu çalışmada atık yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ve okalıptüs kereste talaşları kullanıldı. Önce YYPE boruları toplanıp yıkandıktan sonra şerit testere ile küçük parçalara kesildi. Bu küçük parçacıklar ise plastik kırma makinesi yardımıyla boncuk haline getirildi. Okalıptüs talaşları ise Tarsus’taki kereste işleyen atölyelerden alınarak Wiley değirmeni yardımıyla un haline getirildi. Daha sonra sarsak elek yardımıyla 45 mesh boyutundaki unlar toplandı. MAPE uyumsuzluk giderici kimyasal ise plastik ile odun unu arasında bağlayıcı olarak kullanıldı.

2.2 Kompozit Üretimi

Kompozit üretiminde kullanılacak malzemelerin miktarları Tablo 1 de verilmiştir. Üretilecek kompozit malzemeye göre, yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE), okalıptüs odun unu (OOU) ve maleik anhidrit ile graft edilmiş polietilen (MAPE) yüksek devirli bir karıştırıcı içerisinde homojen bir karışım haline getirildi. Bu karışım laboratuvar tipi tek burgulu bir ekstruder içerisinde eritildi. Ekstruderin vida hızı 40 rpm ve sıcaklık ayarları 150-180 °C arasında ayarlandı. Ekstruderden çıkan örnekler soğuk su içerisinde soğutulduktan sonra plastik kırma makinesi yardımıyla küçük parçacıklar haline getirilmiştir. Son aşama olarak ise bu küçük parçacıklar sıcak pres içerisinde 175 °C sıcaklık ve 5 dakika pres süresi ile 7x150x160 mm boyutlarında kompozit levhalara dönüştürüldü.

Tablo 1. Çalışma planı

ID	YYPE Miktarı (%)	OOU Miktarı (%)	MAPE Miktarı (%)
A	83.3	16.7	0
B	50.0	50.0	0
C	48.0	50.0	2

- YYPE: yüksek yoğunluklu polietilen
- OOU: okalıptüs odun unu
- MAPE: maleik anhidrik graft edilmiş polietilen

2.3 Örneklerin Test Edilmesi

Üretilen OPK örnekleri üzerinde eğilme, çekme ve darbe dayanımı testleri gerçekleştirildi. Eğilme direnci değerlerinin belirlenmesi amacıyla uygulanan testler ASTM D 790’a göre yapıldı. 5x13x15 mm boyutlarında 10 adet test örneği kazımlandı. Tes sırasında 100 mm ‘lik dayanak açıklığı kullanıldı. Testler 10KN kapasiteli Zwick test aletinde 2.0 mm/dk test hızı kullanılarak gerçekleştirildi.

Çekme direnci testleri ise ASTM D 683'e göre gerçekleştirildi. 10 adet test örneği 10KN kapasiteli Zwick test aletind 5.0 mm/dk test hızında test edildi. Darbe direnci testleri ise ASTM D 256'ya göre gerçekleştirildi. Darbe direnci örnekleri üzerinde Polytest RayRan™ çentik açma makinası kullanılarak çentik açıldı ve testler Zwick marka HIT5.5P darbe direnci test makinasında gerçekleştirildi.

2.4 Taramalı Elektron Mikroskobu

Kırılmış örnek yüzeylerini incelemek amacıyla JEOL marka taramalı elektron mikroskobu (SEM, Model JSM 5500LV) kullanıldı. Örnekler önce sıvı nitrojen içerisine daldırıldı ve daha sonra dondurulmuş örnekler kırılarak düzgün yüzeyler elde edildi. Taramalı elektron mikroskobunda yansımaya sebep olmaması için yüzeyler altın ile kaplandı.

3. Sonuç ve Tartışmalar

Bu çalışmada üretilen kompozit levhalar üzerinde yapılan mekanik özellikleri belirleme çalışmaları Tablo 2'de özetlenmiştir. Kompozit içerisindeki odun miktarı %16,7 den %50 ye çıkarıldığında çekme direnci önemli oranda düşmüştür. Bu düşüş plastik ve odun unu yüzeyleri arasındaki uyumsuzluktan kaynaklanmaktadır. Suyu sevmeyen bir yapısı olan plastik ile suyu seven bir yapıya sahip olan odun unu arasındaki uyumsuzluk iki malzeme arasındaki yapışmayı olumsuz yönde etkilediğine ve bunun ise düşük çekme direncine sebep olduğuna inanılmaktadır. Şekil 1 de gösterilen SEM resminde sıyrılmış odun unları rahatlıkla gözükebilmektedir. Bünyesinde %50 oranında odun unu bulunan kompozitler içerisine %2 oranında MAPE katıldığında direnç özelliklerinin iyileştiği görülmektedir. Şekil 2 de gösterilen SEM fotoğrafında sıyrılmış odun unu sayısındaki azalma bu katkı maddesinin plastik ve odun unu arasındaki yapışmaya olumlu yönde etki ettiğini göstermektedir.

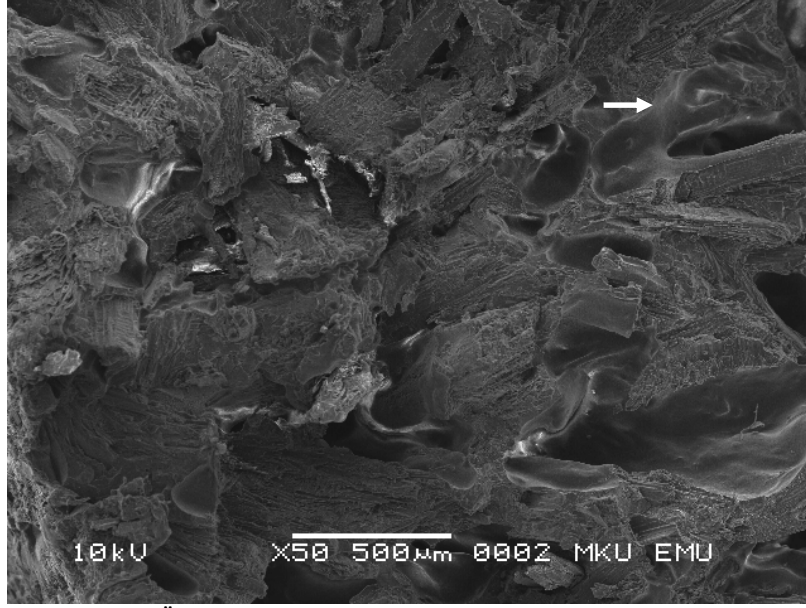
Eğilmede elastikiyet modülüne baktığımızda ise odun unu miktarındaki artışın bunu artırdığını gözlemlemekteyiz. Bu durum basitçe karışım kuralıyla (rule of mixture) açıklanabilir (Matuana and Balatinecz, 1998). Odun unu plastik malzemeye kıyasla daha yüksek elastikiyet modülüne sahiptir ve bu sebeple iki malzemenin karıştırılması esnasında odun miktarı arttıkça bu değerinde artması beklenmektedir. Bu durum bu tip kompozitlerin önemli avantajlarından bir tanesidir. Ayrıca uyumsuzluk giderici kimyasalın kompozit içerisine katılması belli ölçüde elastikiyet modülünü de artırmıştır.

Tablo 2. YYPE ve OOU kullanılarak üretilen odun-plastik kompozitlerin mekanik özellikleri

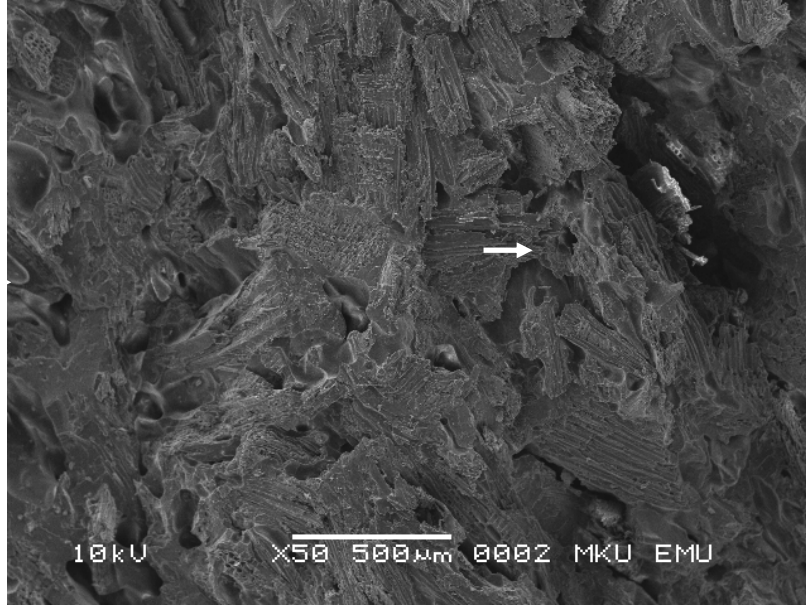
ID	Çekme Direnci (MPa)	Çekme E. Modülü (MPa)	Çekme Uzama (%)	Eğilme Direnci (MPa)	Eğilme E. Modülü (MPa)	Darbe Direnci (J/m)
A	10.75 (1.92)	204.5 (71.4)	9.52 (1.24)	20.23 (2.47)	813.1 (114.7)	71.82 (16.89)
B	6.51 (1.72)	248.3 (31.7)	3.39 (0.62)	14.97 (1.24)	1263.8 (100.2)	30.32 (2.21)
C	8.53 (1.25)	286.8 (62.6)	3.52 (0.32)	17.72 (1.89)	1299.3 (142.3)	26.41 (1.54)

— Parantez içerisindeki değerler standart sapmadır.

Çekme esnasındaki uzama ise odun miktarının artmasıyla azalmıştır. Kompozit içerisindeki odun unu miktarının artması malzemenin daha sert olmasına sebep olmaktadır bu ise malzemenin uzamasını azaltmaktadır. Genelde kompozitlerde uzamanın azalması elastikiyet modülünün artmasıyla sonuçlanmaktadır (Chan ve Balke, 1997; Sain ve Panthapulakkal, 2006; Yang ve ark., 2007).



Şekil 1. Örnek B'nin SEM fotoğrafı (%50 OOU + %50 YYPE)



Şekil 3. Örnek C'nin SEM fotoğrafı (%50 OOU + %48 YYPE + %2 MAPE)

Eğilme direnci değerlerinde odun unu miktarının artmasıyla azalma gözlemlenmiştir. Bu durum yine plastik ile odun arasındaki uyumsuzluk ile açıklanabilir. Nitekim uyumsuzluk giderici kimyasalın kullanılmasıyla malzemenin eğilme direncinde artış gözlemlenmiştir. Çekmede elastikiyet modülüne benzer şekilde eğilmede elastikiyet modülünde de artış oluşmuştur. Benzer sonuçlar farklı ağaç türleriyle üretilen odun-plastik kompozitlerde de tespit edilmiştir (Li ve Matuana, 2003; Wang ve ark., 2003). ASTM D 6662 (2001) standardı polietilen ve polipropilenden üretilen levhalar için 6.9 MPa (1,000 psi) eğilme direnci ve 0.34 GPa (50,000 psi) eğilmede elastikiyet modülü istemektedir. Bu çalışmada üretilen kompozitler bu değerlerin üzerinde sonuçlar vermiştir.

Kompozit içerisinde odun unu miktarının artırılması darbe direnci değerlerinin de düşmesine sebep olmuştur. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir. Odun ununun kompozit malzemenin sertliğini artırdığı bilinmektedir (Matuana ve Balatinecz, 1998; Mengelöglu ve Matuana, 2000; Li ve Matuana, 2003). Uyumsuzluk giderici kullanıldığında darbe dayanımının daha da azaldığı gözlemlenmiştir. Bu durum odun unlarını sıyırmak için gerekli olan enerjinin bunları kırmak için gerekli olan enerjiden daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Matuana ve Balatinecz, 1998; Mengelöglu ve Matuana, 2000). Sonuç olarak, kompozit içerisinde okaliptüs unu miktarı artırıldıkça

çekme, eğilme ve darbe direncin azaldığı ancak elastikiyet modüllerinde artma olduğu gözlemlenmiştir. MAPE kullanımının ise çekme ve eğilme dirençlerinde iyileşme sağladığı görülmüştür.

Türkiye’de atık YYPE ve okaliptüs odun unlarının plastik kompozit üretiminde başarılı bir şekilde kullanılması geri dönüşüm plastik kullanımı artıracak gibi yerel ekonomiye de bir katkı sağlayabilecektir. Ayrıca atık malzemeler için yeni bir pazar oluşturabilecektir.

4. Kaynaklar

- Abu-Sharkh B. F., R. Kahraman, S.H. Abbasi and I.A. Hussein. 2004. Effect of epolene E-43 as a compatibilizer on the mechanical properties of palm fiber-poly(propylene) composites. *J. Appl. Polym. Sci.* 92: 2581-2592.
- Bengtsson, M. and K. Oksman. 2006. Silane crosslinked wood plastic composites: Processing and properties. *Compos. Sci. Technol.* 66: 2177-2186.
- Chan, J. H. and S.T. Balke. 1997. The thermal degradation kinetics of polypropylene: Part II. Time-temperature superposition. *Polym. Degrad. Stabil.* 57(2): 127-134.
- Clemons, C. 2002. Wood-Plastic Composites in the United States. The interfacing of two industries. *Forest Prod. J.* 52(6): 10-18.
- La Mantia, F.P., M. Morreale and Z.A. Izhak. 2005. Processing and mechanical properties of organic filler-polypropylene composites. *J. Appl. Polym. Sci.* 96: 1906-1913.
- Li Q. and L.M. Matuana. 2003. Effectiveness of maleated and acrylic acid-functionalized polyolefin coupling agents for HDPE-wood-flour composites. *J. Thermoplast. Compos.* 16: 551-564.
- Matuana, L.M. and J.J. Balatinez. 1998. Effect of surface properties on the adhesion between PVC and wood veneer laminates. *Polym. Eng. Sci.* 38(5): 765-773.
- Matuana L.M., C.P. Park and J.J. Balatinez. 1998. Cell morphology and property relationships of microcellular foamed PVC/Wood-fiber composites. *Polym. Eng. Sci.* 38: 1862-1872.
- Mengelöglü, F., L.M. Matuana and J. King. 2000. Effects of impact modifiers on the properties of rigid PVC/wood-fiber composites. *J. Vinyl. Addit. Techn.* 6(3): 153-157.
- Mengelöglü, F. And L.M. Matuana. 2003. Mechanical properties of extrusion foamed rigid PVC/Wood-flour composites. *J. Vinyl. Addit. Techn.* 9(1): 26-31.
- Mengelöglü, F., R. Kurt, D.J. Gardner and S. O’neill. 2007. Mechanical properties of extruded high density polyethylene (HDPE)- and polypropylene (PP)- wood flour decking boards. *Iran Polym. J.* 16(7):477-487.
- Panthapulakkal, S., A. Zereshkian and M. Sain. 2006. Preparation and characterization of wheat straw fibers for reinforcing application in injection molded thermoplastic composites. *Bioresource Technol.* 97(2): 265-272.
- Sain, M. and S. Panthapulakkal. 2006. Bioprocess preparation of wheat straw fibers and their characterization. *Ind. Crops Prod.* 23: 1-8.
- Wang Y., F.C. Yeh, S.M. Lai, H.C. Chan and H.F. Shen. 2003. Effectiveness of functionalized polyolefins as compatibilizers for polyethylene/wood flour composites. *Polym. Eng. Sci.* 43 (4): 933-945.
- Woodhams R. T., G. Thomas and D.K. Rodgers. 1994. Wood fibers as reinforcing fillers for polyolefins. *Polym. Eng. Sci.* 24: 1166-1171.
- Mwaikambo, L.Y. and M.P. Ansell. 2002. Chemical modification of hemp sisal jute and kopak fibers by alkalization. *J. Appl. Polym. Sci.* 84: 2222-2234.
- Yang H. S., M.P. Wolcott, H.S. Kim, S. Kim and H.J. Kim. 2007. Effect of different compatibilizing agents on the mechanical properties of lignocellulosic material filled polyethylene bio-composites. *Compos. Struct.* 79: 369-375.
- Youngquist, J.A., 2005. Unlikely partners? The marriage of wood and nonwood materials. *Forest Prod. J.* 45(10): 25-30.

Asetillendirme ile *Eucalyptus. camaldulensis* Dehn. Diri Odununa Boyutsal Sabitlik Kazandırılması

Nihat Sami ÇETİN¹, Nilgöl ÖZMEN¹

¹ Doç.Dr., KSÜ Orman Fakültesi, 46060 Kahramanmaraş
nihatcetin@ksu.edu.tr

Özet

Ülkemizde de olduğu gibi kısıtlı orman kaynaklarına sahip ülkelerde hızlı yetişen odun türlerinin plantasyonu önem taşımaktadır. 1885 yılında ilk defa Türkiye’de dikimi gerçekleştirilen *Eucalyptus camaldulensis* türü hızlı yıllık artım özelliği sayesinde (24,7 m³/ha/yıl) ekonomik açıdan büyük önem taşımaktadır (Saygıdeğer, 1987). Selüloz ve kağıt, kompozit endüstrileri, yakacak odun, odun kömürü üretimi gibi oldukça geniş kullanım alanı bulunan okalıptüs odununun yüksek oranda çalışma göstermesi (%14 hacimsel değişim) nedeniyle çeşitli kullanım alanlarında değerlendirilmesi kısıtlı kalmaktadır. Bu çalışmada *Eucalyptus camaldulensis* diri odun örnekleri asetik anhidrit ile pridin kataliz eşliğinde modifiye edilmiştir. 100°C’de farklı reaksiyon sürelerinde asetillendirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Asetillendirme işlemi ile maksimum %14 ağırlık kazancı (WPG) seviyeleri elde edilmiştir. Reaksiyon ilk iki saat içerisinde tamamlanmış reaksiyon süresinin artırılması WPG seviyelerinde bu noktadan sonra bir artış meydana getirmemiştir. Reaksiyon Fourier Dönüşümlü Infrared Spektrofotometre (FTIR) analizi ile karakterize edilmiştir. Modifiye edilen örneklerin boyutsal sabitlik testi gerçekleştirilmiş ve %14 WPG seviyelerinde asetillendirilen okalıptüs örneklerine %70 oranında daralmaya veya şişmeye karşı etkinlik derecesi (ASE) kazandırılmıştır.

Anahtar kelimeler: *Eucalyptus camaldulensis*, boyutsal sabitlik, asetillendirme, kimyasal modifikasyon

Improving Dimensional Stability of *Eucalyptus. camaldulensis* Dehn. Sapwood by Acetylation

Abstract

Plantation of fast growing trees carries grate importance in countries who have limited forest resource like Turkey. *Eucalyptus camaldulensis* was planted first time in 1885 and carries great importance due to fast annual growth rate (24,7 m³/ha/per year) (Saygıdeğer, 1987). Even though eucalyptus wood has many utilisation area such as cellulose and paper, composite industries, firewood, charcoal, there is some limitation of usage due to showing high dimensional instability (14% volume change). In this study, *Eucalyptus camaldulensis* sapwood samples were modified with acetic anhydride in the presence of pridin as catalyst. Modification reaction was performed at 100°C for various reaction time. After two hours reaction time, maximum 14% WPG level was obtained with acetylation. Beyond this point increasing reaction time did not make any increase on WPG values. Modified samples were characterised by FTIR. Dimensional stability test was performed and acetylated eucalyptus samples showed 70% ASE values.

Key words: *Eucalyptus camaldulensis*, dimensional stability, acetylation, chemical modification.

1. Giriş

Dünyadaki hızlı nüfus artışının ve endüstriyel gelişmenin doğal sonucu olarak odun ve odun kökenli ürünlerin kullanımında da artış yaşanmaktadır. Geleneksel olarak kağıt ve kompozit üretimi için gerekli olan liflerin büyük bir kısmı orman kökenli kaynaklardan temin edilmektedir. Bu artan talebin karşılanması ve kısıtlı orman kaynakların tüketiminin önüne geçilmesi için çeşitli alternatif çözümler aşağıda belirtilmiştir (Rowell ve ark., 1991; Maloney, 1992; Grigoriou ve ark., 2000); bunlar:

- Hızlı yetişen (kavak, okalıptüs vb.) ağaç türlerinin veya kenaf, keten vb. yıllık bitkilerin yetiştirilmesi
- Odun ve odun kökenli ürünlerin geri dönüşümü
- Tarım yan ürünlerinin ve atıklarının değerlendirilmesi (pamuk, mısır, tütün, ayçiçeği sapları vb.)

Ülkemizde de olduğu gibi kısıtlı orman kaynaklarına sahip ülkelerde hızlı yetişen odun türlerinin plantasyonu önem taşımaktadır. 1885 yılında ilk defa Türkiye’de dikimi gerçekleştirilen *Eucalyptus camaldulensis* türü hızlı yıllık artım özelliği sayesinde (24,7 m³/ha/yıl) ekonomik açıdan büyük önem

taşımaktadır (Saygıdeğer, 1987). Okaliptüs odunu selüloz ve kağıt, kompozit endüstrileri, yakacak odun, odun kömürü üretimi gibi oldukça geniş kullanım alanlarında değerlendirilmektedir.

Kullanım alanlarını kısıtlayan en önemli dezavantajları arasında, çalışması yani havanın bağıl nemine bağlı olarak daralma ve genişlemesi, biyolojik etkenler (mantar ve böcekler v.s.) ile bozunması ve yanıcı olması gibi özellikleri sıralanabilir. Odun hammaddesi temelde üç ana bileşenden oluşmaktadır bunlar selüloz, hemiselüloz ve lignindir. Hücre duvarı polimerleri hidroksil grupları içermektedir ve lif doygunluğu noktası altındaki rutubet değerlerinde bu gruplara hidrojen köprü bağları aracılığı ile su moleküllerinin bağlanması ile odunda boyutsal değişimlere neden olmaktadır. Odunun teğet, radyal ve boyuna yönde farklı çalışması, kullanım alanını kısıtlayan özelliklerinden en önemlilerinden biridir. Üç yöndeki bu farklı çalışma, iç gerilmelere sebep olmakta, kullanım yerlerinde hacmin ve böylece şeklin değişmesine, çarpılma, eğilme vb. kusurların oluşmasına yol açmaktadır.

Oduna boyutsal sabitlik kazandırılması için günümüze kadar farklı yöntemler uygulanmıştır. Bu yöntemler arasında odunun suda çözünen (polietilen glikol v.b.) polimerler ile muamelesi, sentetik reçineler ile emprenye (impreg), odun hücre lümenlerinin polimerize olan monomerler (metil metakrilat, epoksi reçineleri v.b.) ile muamelesi, oduna basınç uygulaması (staypak) ve ısı ile muamele (staybwood) yer almaktadır (As ve Akbulut, 1989). Oduna boyutsal sabitlik kazandırmak için yeni bir yöntem olarak odunun çeşitli kimyasallarla reaksiyona sokularak odunun kimyasal yapıların değiştirilmesi gelmektedir. Kimyasal modifikasyonun tanımı yapılacak olunursa, odunun hücre duvarı polimerlerinin reaktif grupları ile kimyasal madde arasında katalizli veya katalizörsüz gerçekleşen ve kovalent bağ oluşumu ile sonuçlanan kimyasal reaksiyonlardır.

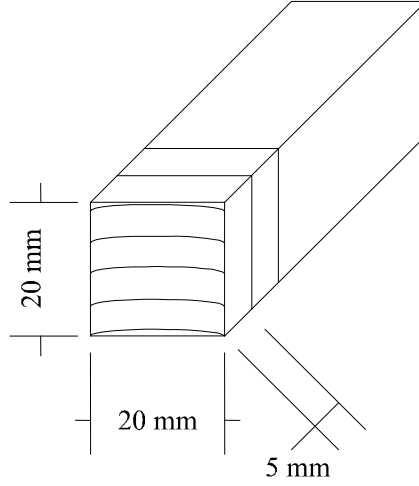
Çeşitli kimyasallar ile birçok çalışma yapılmasına rağmen günümüze kadar yapılan çalışmalarda en çok odunun asetik anhidrit ile asetilasyonu üzerine odaklanılmıştır. Modifikasyon işlemlerinin çoğu boyutsal stabilite sağlamak ve biyolojik etkenlere (mantar, böcek v.s.) karşı odunun direncini artırmak için gerçekleştirilmiştir. Asetillendirme işlemi ticari olarak uygulaması Hollanda'da Titan Wood adı altında ve yılda 24.000 m³ asetillendirilmiş odun üretimi gerçekleştirilmektedir. Gelecekte asetillendirilmiş odun zehirli kimyasallar kullanılarak emprenye edilmiş ağaç malzemenin kullanım yerini alacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada, boyutsal stabilite sağlamak için hızlı büyüyen yapraklı ağaç türlerinden olan okaliptüs diri odunlarının asetik anhidrit ile kimyasal modifikasyon işlemi gerçekleştirilerek farklı ağırlık kazançları elde edilmiş ve reaksiyon sonuçları FTIR ile analiz edilmiştir. Kimyasal modifikasyon işleminin odunun şişme ve daralmasına karşın etkinlik derecesinin bulunması için 5 gün saf suda, takibinde 3 gün 105±3°C'deki fırında bekletilmiş ve bu işlem 6 kez tekrar edilerek şişmeye karşı etkinlik (ASE) derecesi tespit edilmiştir.

2 Materyal ve Yöntem

2.1 Odun bloklarının hazırlanması

Modifikasyon işleminden önce örnekler, okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) odunun diri odun kısımları 20 x 20 x 5 mm (R x T x L) ebatlarında yıllık halkalar birbirlerine paralel olacak şekilde kesilerek hazırlandı (Şekil 1). Kullanılan tüm örneklerde budak, çatlak, yarık gibi kusurların olmamasına dikkat edilerek kusurlu olanlar ayrıldı. Kimyasal modifikasyon işlemi öncesinde örnekler toluen: aseton: etanol karışımı (4/1/1, hacim/hacim) ile 8 saat süresince sokslet aleti yardımıyla ekstraksiyon işlemine tabi tutuldu. Ekstraksiyon sonrası 105±3°C'deki etüvde gece boyunca kurutuldu. Fırın kurusu örnekler desikatörde bekletilerek oda sıcaklığı seviyelerine soğutulduktan sonra örneklerin ağırlıkları ve ebatları ölçülerek modifikasyona hazır duruma getirildi.



Şekil 1. Modifikasyon örneklerinin hazırlanması

2.2 Odun bloklarının asetilasyonu

Ekstraktiflerden arındırılmış, ağırlık ve boyutları belirlenmiş okaliptüs diri odun örneklerinin asetik anhidrit ile 100°C'de farklı reaksiyon sürelerinde modifikasyon işlemleri gerçekleştirildi. Her bir reaksiyon süresi için 5 odun örneği kullanıldı. Kuru odun ağırlığının 0.7 mmol Py/g, 1.4 mmol asetik anhidrit (AA)/g ve 40 mL DMF ile reaksiyon hazırlandı. Reaksiyon sonunda, modifiye edilen odun örneklerinden reaksiyona girmemiş asetik anhidrit ve oluşan yan ürün asetik asidin uzaklaştırılması için 6 saat süre ile toluen: aseton: etanol (4/1/1, hacim/hacim) karışımıyla sokset aleti yardımıyla ekstraksiyon işlemi gerçekleştirildi. Takibinde örnekler gece boyu 105±3°C'deki etüvde kurutuldu. Örnekler desikatörde bekletilerek ağırlık kazançları ve modifikasyon sonrası meydana gelen hacimsel artış aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplandı.

Ağırlık kazancı (WPG) ve hacim değişikliği (VC) aşağıdaki formüllere göre hesaplandı.

$$WPG (\%) = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100$$

W_1 = Reaksiyon öncesi örnek ağırlığı
 W_2 = Reaksiyon sonrası örnek ağırlığı

$$VC (\%) = \frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100$$

V_1 = Örneğin modifikasyon öncesi hacmi
 V_2 = Örneğin reaksiyon sonrası hacmi

2.3 Boyutsal stabilizasyon

Modifiye edilmiş fırın kuru odun örneklerinin ebatları, ±0.01 mm hassasiyet ile mikrometre yardımıyla ölçüldü. Ölçümlerden sonra, odun blokları destile edilmiş su içerisinde vakum ve atmosfer basıncı döngüsü uygulanarak su ile tam doymun hale getirildi. Örnekler toplam 5 gün süre ile suda bekletildikten sonra su ile doymun hacimleri belirlendi. Ölçümlerden sonra, bloklar etüve alınarak 105°C'de 72 saat süre ile değişmez bir kuruluk sağlanıncaya kadar kurutuldu. Tamamen kurutulan örneklerin ebatları tekrar ölçüldü. Fırın kuru ve suda bekletme işlemleri toplam 6 kez tekrar edildi.

Hacim şişme katsayısı (S (%)), aşağıdaki formüle göre hesaplandı (Stamm, 1964) :

$$S = \left(\frac{V_w - V_d}{V_d} \right) \times 100$$

V_w = Su ile dolu odun hacmi

V_d = Fırın kurusu hacim

Daralma katsayısı (ASE (%)) aşağıdaki eşitliğe göre hesaplandı:

$$ASE (\%) = \left(\frac{S_c - S_m}{S_c} \right) \times 100$$

S_c = Modifiye edilmemiş örneklerin hacimsel şişme katsayısı

S_m = Modifiye edilmiş örneklerin hacimsel şişme katsayısı

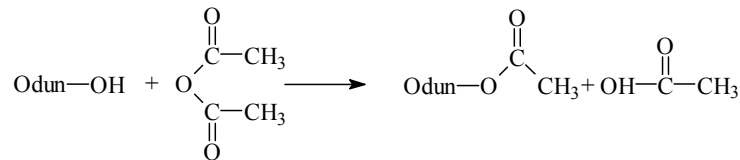
2.4 Infrared spektroskopisi

Modifiye edilmiş ve modifiye edilmemiş odun örnekleri öğütüldükten sonra potasyum bromür (KBr) ile %1'lik karışım hazırlanarak kalıp içerisinde şeffaf bir tablet haline getirildi. Tabletler Shimadzu FTIR-8400S Fourier Dönüşümlü Infrared Spektrofotometre cihazı ile 4 cm^{-1} (40 skan) ile infrared absorpsiyon spektrası sağlandı.

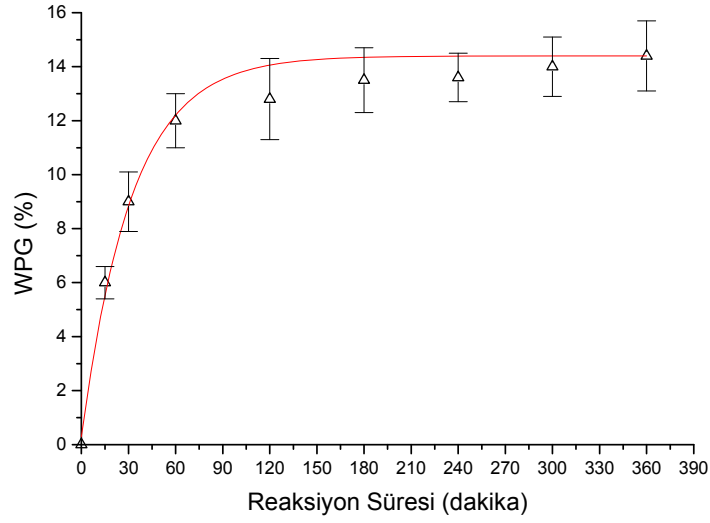
3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Odun bloklarının asetilasyonu

Okaliptüs odun blokları ile asetik anhidrit arasında gerçekleşen reaksiyonun mekanizması Şekil 2'de gösterilmiştir. Asetillendirme işleminin reaktivitesini belirlemek için gerçekleştirilen farklı reaksiyon süreleri ile elde edilen ağırlık kazançları (WPG) değerleri Şekil 3'de gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi, okaliptüs odun blokları asetilasyon ile %14'lük bir ağırlık kazancı sağlamıştır. Kimyasal modifikasyon işlemi ilk 120 dakika içerisinde tamamlanmakta, reaksiyon süresinin daha fazla uzatılması durumunda WPG değerleri üzerinde kayda değer her hangi bir artış gözlenmemiştir. Daha önceki çalışmalarda karaçam, sarıçam ve kızılçam diri odun bloklarının asetik anhidrit ile kimyasal modifikasyonun da maksimum ağırlık kazancı (WPG) değerleri olarak %25 elde edilmiştir (Çetin, 2000; Çetin ve Özmen, 2001; 2005). Okaliptüs ile diğer iğne yapraklı ağaç türleri arasındaki bu ağırlık kazancındaki fark, iğne yapraklı ağaç türlerinin kimyasal yapısının ve içeriğinin, yapraklı ağaç türleri ile farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Fengel ve Wegener, 1989).

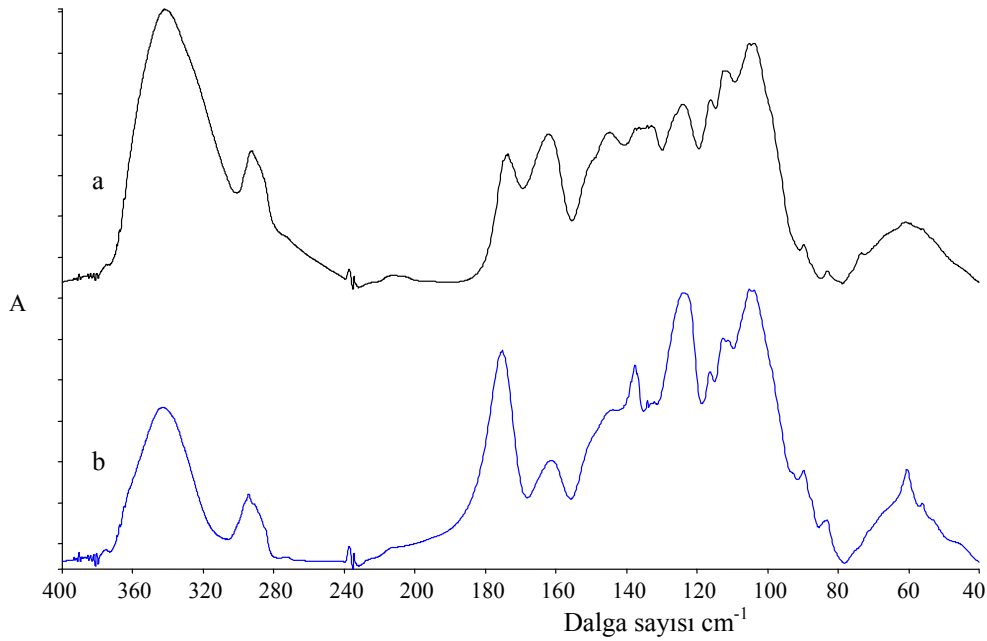


Şekil 2. Odun blokları ile asetik anhidritin reaksiyon mekanizması



Şekil 3. Reaksiyon süresinin asetillendirme işleminde ağırlık kazancı (WPG) değerleri üzerine etkisi

Asetik anhidrit ile okaliptüs odun bloklarının arasında gerçekleşen reaksiyon FTIR spektra analizi ile karakterize edilmiştir. Şekil 4'te asetik anhidrit ile modifiye edilmiş ve modifiye edilmemiş (kontrol örnekleri) okaliptüs örneklerinin FTIR spektrası gösterilmektedir. FTIR analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Asetik anhidrit ile modifiye edilmiş odun örneklerinin spektrasında, asetil grubunun odunun hidroksil grubuna ester bağı ile bağlandığını 1752 cm^{-1} 'de oluşan yeni pik ile ispatlanmakta ve bu pik oduna bağlanan karbonil gruplarından ($\nu_{\text{C=O}}$) kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda 1752 cm^{-1} ($\nu_{\text{C=O}}$)'e ek olarak, 1238 cm^{-1} 'deki pikte de bir artış görülmektedir ve bu pik bağlanan asetil gruplarının C-O bağlarından kaynaklanmaktadır. 1375 cm^{-1} 'deki pik de asetilasyon işleminden sonra artmıştır. Bu pik asetik gruplarının yapısında bulunan metil grupları ile ortaya çıkan C-H bağına karşılık gelmektedir (Silverstein ve ark., 1991). 605 cm^{-1} 'de görülen pikte de yükselme görülmüştür.



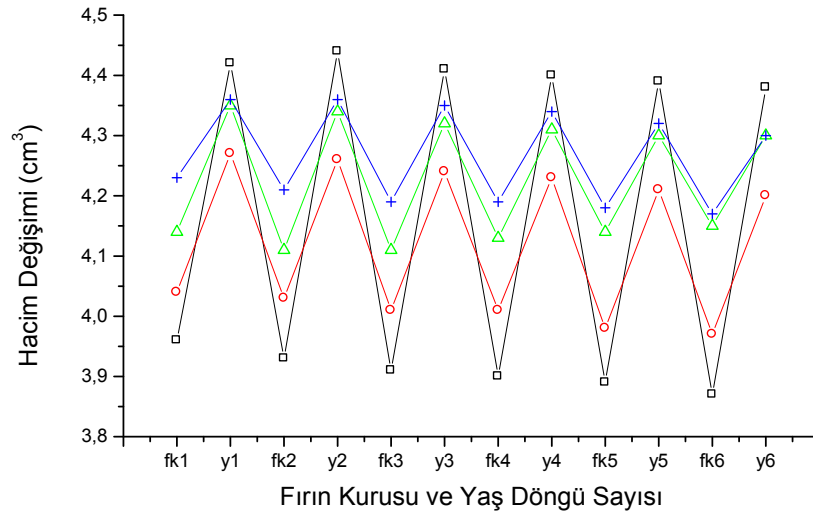
Şekil 4. Kontrol (a) ve asetillendirilmiş (b) okaliptüs odunlarının FTIR analizi

Tablo 1. Asetillendirilme öncesi ve sonrası okaliptüs odununun FTIR analiz sonuçları

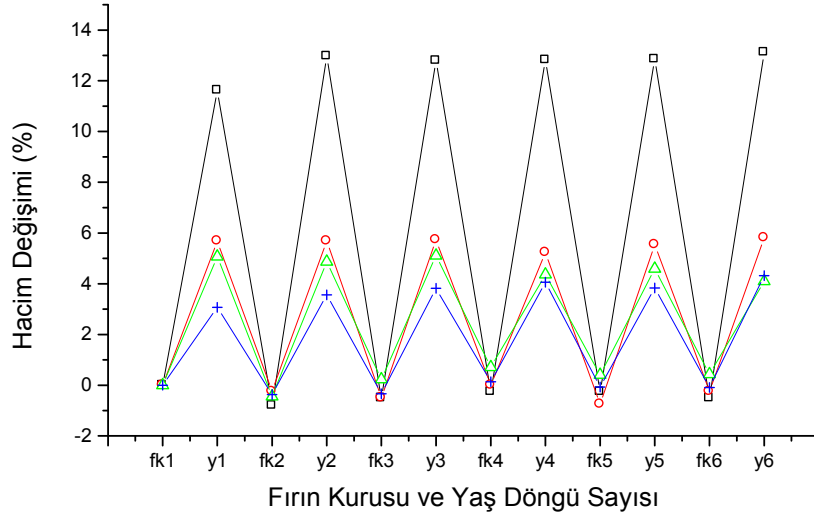
Okaliptüs		Yorum
Kontrol	Asetillendirilmiş	
3421	3430	Geniş güçlü -OH grubu gerilme titreşimi
2925	2941	Orta -CH grubu gerilme titreşimi
1735	-	Selüloz ve hemiselülozdan kaynaklanan non-konjuge C=O grubu titreşimi
-	1752	Asetil grubundaki güçlü -C=O grubu gerilme titreşimi
1619	1611	Selüloz ve hemiselülozdan kaynaklanan konjuge C=O grubu titreşimi
-	1375	Asetil grubundaki -C-H gerilme titreşimi
-	1238	Asetil grubundaki -C-O grubu titreşim gerilimi
-	605	Asetil grubundaki -CH ₃ grubu titreşimi

3.2 Boyutsal stabilite testleri

Asetik anhidrit ile modifiye edilmiş okaliptüs odunlarının boyutsal stabilite testleri üzerine, ağırlık kazancının etkisi araştırılmıştır. Modifiye edilen örneklerle sağlanan üç farklı ağırlık kazancı (%8, %12 ve %14) esas alınarak, 5 gün suya daldırma ve 3 gün fırında bekletme döngüsü toplam 6 kez tekrar edildi. Modifiye edilen örneklerde her bir ağırlık grubu için 5 adet ve kontrol örneği olarak 20 adet örnek kullanılmıştır. Şekil 5’de asetik anhidrit ile modifiye edilmiş ve kontrol okaliptüs odun örneklerinin tam yaş ve fırın kurusu hacim değişim değerleri gösterilmiştir. Tüm odun örneklerinin hacimleri farklı olduğundan sonuçların birbirleri karşılaştırılmasında günlük yaşanmaktadır. Bu nedenle yaş ve fırın kurusu haldeki hacim değişiklikleri yüzde hacim değişiklikleri olarak hesaplanmış ve Şekil 6’da gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi elde edilen ağırlık kazancı (WPG) değerlerindeki artış yaş hacim artışlarında azalmaya neden olmuştur.



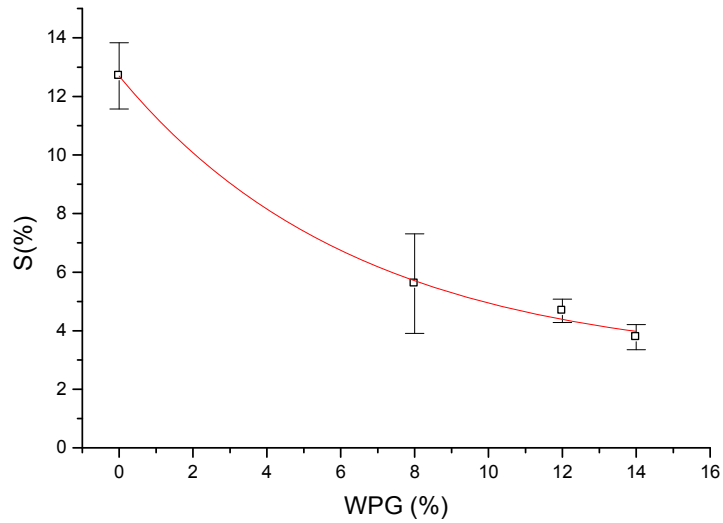
Şekil 5. Farklı döngülerdeki kontrol okaliptüs (kare), asetillendirilmiş (daire = %8 WPG, üçgen = %12, artı = %14 WPG) okaliptüs odunlarının tam yaş ve fırın kurusu hacim değerleri



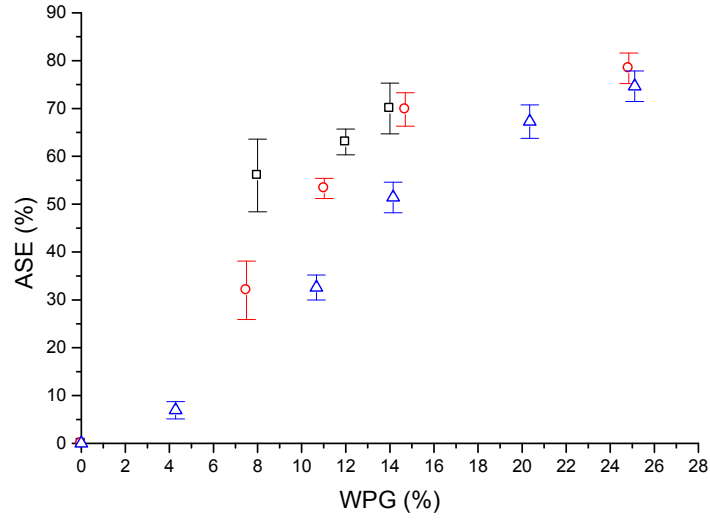
Şekil 6. Farklı döngülerdeki kontrol okalıptüs (kare), asetillendirilmiş (daire = %8 WPG, üçgen = %12, artı = %14 WPG) okalıptüs odunlarının tam yaş ve fırın kuru yüzde hacim değerleri

Kontrol ve modifiye edilen örneklerin yüzde şişme katsayıları Şekil 7’de gösterilmiştir. Modifiye edilmemiş okalıptüs odun örnekleri %13 gibi şişme katsayısı gösterirken, asetillendirilmiş okalıptüs örneklerinde şişme katsayısı %4'lere kadar düşüş göstermektedir. Modifikasyon işleminin odunun boyutsal stabilitesi üzerine etkisini daha iyi anlayabilmek için şişmeye karşı etkinlik derecesi (ASE) değerleri hesaplanarak Şekil 8’de gösterilmiştir. Asetillendirilmiş okalıptüs örnekleri %56, %63 ve %70 ASE değerlerini %8, %12 ve %14 WPG değerlerinde göstermiştir. Bu sonuçların yanında farklı ağırlık kazancı seviyelerinde asetik anhidrit ile modifiye edilmiş karaçam ve sarıçam odun örneklerinin ASE değerleri de Şekil 8’de gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi aynı ağırlık kazancı seviyeleri elde edildiği sürece farklı odun türlerinde de aynı ASE değerleri elde edilmiştir.

Modifiye edilmiş odunun boyutsal sabitliği iki etkenden kaynaklanmaktadır. Bunlardan ilki odun bileşenlerinde bulunan hidrofilik hidroksil gruplarının hidrofobik gruplar ile yer değiştirilmesi sonucunda odununun hidrofobik özelliklerinin artırılması, diğeri ise modifikasyon işlemi sonucunda kimyasal maddenin odun hücre çeperi içerisinde kalıcı olarak yerleşmesi sonucu hacim işgal etmesi nedeniyle odunun daha fazla şişme gösterememesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 7. Asetillendirme seviyelerinin okalıptüs diri odununun şişme katsayısı (S) üzerine etkisi



Şekil 8. Asetillendirilmiş odunun farklı ağırlık kazancı (WPG) değerlerindeki şişmeye karşı etkinlik dereceleri (ASE) (kare =okaliptüs, daire = karaçam, üçgen = sarıçam)

Sonuç

Okaliptüs odununa asetik anhidrit modifikasyonu ile etkin bir şekilde boyutsal sabitlik kazandırmak mümkündür (%14 WPG seviyelerinde yaklaşık %70 ASE). Aynı WPG seviyelerinde asetik anhidrit modifiye edilmiş sarıçam, karaçam ve okaliptüs örnekleri benzer ASE değerleri sergilemiştir.

Kaynaklar

- As N. ve Akbulut, T. 1989. Odunun Fiziksel Özelliklerini İyileştiren İşlemler ve Mekanik Özellikler Üzerine Olan Etkisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 39(3), 98-112.
- Çetin, N. S. ve Özmen, N. 2001. Dimensional Changes in Corsican Pine Sapwood due to Reaction with Crotonic Anhydride, Wood Science and Technology, 35(3), 257-267.
- Çetin, N. S. ve Özmen, N. 2005. Modification of Wood with Environmental Friendly Chemicals to Improve Decay Resistance. Journal of Environmental Biology, 26(4), 735-740.
- Fengel, D. ve Wegener, G. 1989. Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions. Water de Gruyter, Berlin.
- Grigoriu, A., Passili, C. ve Voulgaridis, E. 2000. Experimental Particleboards from Kenaf Plantations Grown in Greece. Holz als Roh- und Werkstoff. 58, 309-314.
- Maloney, T. M. 1992. Effects of Improved Product Desing and Processing Technologies on Future Demand for Wood Fibre. In Wood Product Demand and the Environment. A Forest Products Research Society International Conf. Proceedings. 101
- Rowell, R. M., Youngquist, J. A. ve McNatt, D. 1991. Composites from Recycled Materials. In proceeding 25th International Particleboard/Composite Materials Symposium W.S.U., Pulman, Washington, 301-314.
- Saygıdeğer, S., 1987: Tarsus-Karabucak Eucalyptus Ormanlarında Bazı Eucalyptus Türleri Arasında Büyüme Hızı, Verim ve Kalori Değerleri Karşılaştırmaları. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi, 1987/1, İzmit.
- Silverstein, R. M., Bassler, G. C. ve Morrill, T. C. 1991. Spectrometric Identification of Organic Compounds. John Wiley and Sons, Inc., Singapore.

Okaliptüs'ün (*Eucalyptus camadulensis*) Kurutma Cetvellerinin Bilgisayar Programı ile Oluşturulması

Alper AYTEKİN¹, Bülent KAYGIN²

¹Alper Aytekin, Yrd.Doç.Dr., ZKÜ Bartın Orman Fakültesi, 74100 – BARTIN, alperaytekin@hotmail.com

²Bülent Kaygın, Yrd.Doç.Dr., ZKÜ Bartın Orman Fakültesi, 74100 – BARTIN, bulentkaygin@yahoo.com

Özet

Bu çalışmada, kalınlığı 30 mm'den küçük, 30–60 mm arasında ve 60 mm'den büyük okaliptüs (*Eucalyptus camadulensis*) kerestelerinin, hazırlanan bilgisayar programı aracılığı ile kurutma cetvelleri oluşturulmuştur. Program, “kuruma eğimi” esasına göre işlem yapmaktadır. Program içerisinde okaliptüs dışında dünyada ticari öneme sahip yüzün üzerinde ağaç türüne ait veriler (özgül ağırlık, LDN derecesi, ısıtma ve kurutma evresinde uygulanabilecek sıcaklıklar, %20'nin altında ve üstündeki kurutma eğimleri) hazır olarak bulunmaktadır. Bu programın avantajı kereste kalınlığı, başlangıç ve sonuç rutubeti, fırın tipi, hava hareket hızı ve kurutma kalitesi gibi parametrelerin kullanıcı tarafından girilebilmesi ve bu verilere göre kurutma cetvellerini yeniden oluşturabilmesidir. Ayrıca bu bilgisayar programı ile muhtemel kurutma süresi de tahmin edilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Okaliptüs, Bilgisayar Programı, Kurutma Cetveli

Creation of Computer Aided Drying Schedules for Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*)

Abstract

In this study, computer aided drying schedules were created for *Eucalyptus camadulensis* lumber as less than 30 mm thick, between 30-60 mm thick and larger than 60 mm. The software Works on drying gradient basis. In this software users can find more than hundred other species' data (density, fiber saturation point, temperatures for warming up and drying periods, drying gradients for moisture contents above and fewer than 20%). Users can choose lumber thickness, initial and final moisture content, kiln type, air velocity and drying quality. It is an advantage of this software. The drying schedule can be shaped according to this data. Moreover, possible total drying duration can be predicted by this software.

Keywords: Eucalypt wood, Computer Software, Drying Schedule

1. Giriş

Ağaç malzeme birçok olumlu özelliğinin yanında istenmeyen bazı özelliklere de sahiptir. Organik bir madde olması sebebiyle çürümektedir. Kolay yanmaktadır. Kuru ise bünyesine su alarak, yaş ise su kaybederek boyutlarını değiştirmektedir (Kantay, 1993). Higroskopik bir madde olan ağaç malzeme, çevresindeki havanın sıcaklık ve bağıl nemine bağlı olarak içerisinde su almakta veya çevresine su vermektedir. Higroskopik rutubet bölgesi olarak tanımlanan %0 ile %25–33 rutubet dereceleri arasında ağaç malzemenin boyutlarında ve hacminde rutubet alma ile genişleme, kuruma ile daralma meydana gelir (Kantay, 1993; Üçüncü, 1992; Örs, 1986).

Modern ağaç teknolojisi, ağaç malzemenin arzu edilmeyen söz konusu özelliklerini iyileştirici birçok yöntem geliştirmiştir. Odunun masif yapısını bozmadan arzu edilmeyen özellikleri iyileştirici teknik işlemlerin en önemlileri kurutma, buharlama, emprenye ve yüzey işlemleridir (Örs, 1986).

Kurutma, ağaç malzemenin içindeki sıvının dışarı atılması işlemidir. İyi ve doğru kurutulmuş ağaç malzemeye kazandırılan özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Aytekin ve ark., 1999).

1. İyi kurutulmuş ağaç malzeme kuruluk derecesi muhafaza edilirse çürümez. Çürümeye neden olan mantarların ağaç malzemedeki işlemini sürdürmesi için rutubet, sıcaklık ve oksijene beraberce ihtiyacı vardır. Bu faktörlerden birinin kontrol altında tutulması ile kerestenin çürümesini önlemek mümkündür. Kurutma ile rutubet faktörü kontrol altında tutulmaktadır.
2. İyi kurutulmuş kereste çok az çalır. Böylece çatlama, çarpılma, dönme gibi kusurların ortaya çıkma ihtimali azalır.

3. Doğru bir kurutma işlemi; kerestenin işlenmesini, düzgün boyutlar ve yüzeylerin elde edilmesini kolaylaştırır.
4. Kurutulmuş ahşap malzeme yapıştırma ve tutkallama işlemlerinde daha iyi sonuçlar verir.
5. Dış etkenlere karşı yapılan koruyucu yüzey işlemlerinin (örneğin emprenyeme) başarı oranını, doğru bir kurutma işlemi ile maksimum seviyelere çıkarmak mümkündür.
6. Kurutulmuş kerestenin direnci, sertliği, çivi ve boya tutma kabiliyeti artar.

Ağaç malzemenin kurutulmasında uygulanan esas metotlar doğal ve teknik kurutma olmak üzere iki çeşittir. Ancak bu iki esas kurutma arasında bir geçit teşkil eden hızlandırılmış doğal kurutma da bulunmaktadır. Doğal kurutma, açıkta, atmosferik şartlar altında, kurutmaya etkileyen dış faktörler değiştirilmeden yapılan kurutmadır. Bu kurutma şekli ile elde edilen sonuç rutubeti özellikle kapalı ve kaloriferle ısıtılan yerlerde kullanılan malzeme ve eşya için istenilen sonuç rutubeti bakımından yeterli değildir. Teknik kurutmada ise kurutma tesisleri kullanılmak suretiyle dış kurutma faktörleri değiştirilmekte ve ayarlanmakta, böylece kereste doğal kurutmaya nazaran daha düşük ve kullanım yerlerinin gerektirdiği sonuç rutubetlerine kadar kurutulabilmektedir (Berkel, 1978, Örs, 1986).

Teknik kurutmanın başarılı olabilmesi, fırında uygulanacak kurutma programına bağlıdır. Kurutma cetvelleri ve kurutma tabloları olarak adlandırılan kurutma programları teknik kurutma için son derece önemlidir. Biçilmiş ağaç malzemenin başlangıç rutubetinden sonuç rutubetine kadar çeşitli aşamalarında kurutma şartlarının ne şekilde ayarlanacağı, kurutmanın nasıl yönetileceği kurutma programlarında belirtilmektedir. Başarılı bir kurutma yapabilmek için kurutulacak ağaç türünün özellikleri, kalınlığı dikkate alınarak hazırlanmış ve denemelerle uygunluğu ispatlanmış bir kurutma programına ihtiyaç vardır (Aytekin, 1997).

Kurutma programları kurutma meyli (kurutma şiddeti) yardımı ile hazırlanmaktadır. Seçilecek bir kurutma meyli değeri, ortalama kereste rutubetine bölünerek o rutubet kademesinde uygulanacak denge rutubeti bulunmaktadır. Bulunan denge rutubetini sağlayan kuru termometre ve yaş termometre sıcaklığı ayarlanarak kurutma yapılmaktadır (Tablo 1) (Keylwerth, 1950; Kantay, 1980; 1993).

2. Materyal ve Metot

Kereste rutubeti ile denge rutubeti arasındaki düzenlemeler en basit şekilde kuruma eğimi esasına göre yapılmaktadır.

2.1. Denge Rutubetinin Belirlenmesi

Kuruma eğimi (∇_k) kurutulan kerestenin kurutma sırasında herhangi bir andaki ortalama rutubetinin (r), o anda kurutma fırınının sıcaklık ve bağıl nemine bağlı olarak oluşan denge rutubetine (r_d) oranı olarak tarif edilmektedir. Kuruma eğimi kurutmanın şiddetini ifade eden boyutsuz bir değerdir.

Kuruma eğimi $\nabla_k = \frac{r}{r_d}$ şeklinde ifade edilir.

Kurutma programlarının hazırlanmasında, lif doygunluğunun altındaki rutubet derecelerinde denge rutubeti bu eşitlik yardımı ile bulunmaktadır.

Kuruma eğiminin kurutma süresince sabit tutulması gerekmektedir. Kaliteli kurutmada, 30 mm'den daha kalın kerestelerin kurutulmasında yapraklı ağaçlar için yaklaşık olarak 1,5; iğne yapraklı ağaçlar için ise yaklaşık olarak 2,0 değeri tavsiye edilmektedir. Buna karşılık koruyucu olmayan şiddetli ve kurutma bakımından yüksek bir kurutma kalitesi istenmeyen hallerde 30 mm den daha kalın kerestelerin kurutulmasında yapraklı ağaçlar için 2,0-3,0; iğne yapraklı ağaçlar için ise yaklaşık olarak 3,0-4,0 kuruma eğimi değerleri önerilmektedir. Fakat son yıllarda aynı kurutma işleminde kereste rutubeti azaldıkça kuruma eğimi değerinin büyütüldüğü görülmektedir. Genellikle %20'ye kadar küçük, %20'den sonra daha büyük kuruma eğimi değeri uygulanmaktadır. Bu şekildeki uygulamalarda denge rutubeti fazla düşeceği için dikkatli olunması gerekmektedir.

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

Tablo 1. Psikometrenin kuru termometre sıcaklık derecesi ile kuru ve yaş termometre sıcaklık dereceleri arasındaki farka göre bağıl nem ve denge rutubet yüzdeleri (Kollman, 1955).

fark	Kuru termometre sıcaklığı																
	20	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
2	17.0	17.9	18.0	18.1	18.2	18.1	17.9	17.6	17.1	16.8	16.3	15.9	15.5	15.2	14.0	14.6	
	82	86	87	88	89	90	90	90	91	92	92	92	93	94	94	95	
3	14.2	15.4	15.8	16.0	15.9	15.8	15.6	15.3	15.0	14.7	14.4	14.1	13.8	13.0	13.2	13.0	
	73	79	80	82	83	84	85	86	87	88	88	89	89	89	90	90	
4	12.2	13.4	13.9	14.0	14.2	14.1	14.0	13.8	13.6	13.3	13.1	12.8	12.5	12.3	12.0	11.8	
	68	73	75	77	78	80	80	82	83	83	84	84	84	86	86	87	
5	10.6	11.8	12.1	12.4	12.6	12.7	12.7	12.5	12.3	12.1	12.0	11.6	11.4	11.1	11.0	10.8	
	60	67	70	73	74	75	77	77	78	79	79	80	81	82	83	83	
6	9.2	10.6	11.0	11.2	11.4	11.5	11.5	11.4	11.3	11.1	11.0	10.7	10.5	10.2	10.1	9.9	9.8
	51	60	64	67	69	71	73	74	75	76	76	77	77	78	79	80	81
7	8.2	9.6	10.0	10.3	10.6	10.7	10.7	10.6	10.5	10.3	10.1	9.9	9.7	9.5	9.3	9.1	9.0
	45	55	59	63	64	66	68	70	71	73	73	74	74	75	77	78	79
8	7.2	8.8	9.2	9.5	9.7	9.8	9.9	9.8	9.7	9.6	9.5	9.3	9.1	9.0	8.8	8.6	8.5
	38	50	54	56	60	63	64	66	66	68	69	71	72	72	73	74	75
9	6.1	8.0	8.4	8.8	9.0	9.2	9.3	9.2	9.1	9.0	8.8	8.7	8.5	8.4	8.2	8.1	7.9
	30	45	49	53	55	58	60	63	64	65	65	67	69	69	70	72	73
10	5.0	7.2	7.7	8.2	8.5	8.6	8.7	8.7	8.5	8.5	8.3	8.2	8.0	7.9	7.7	7.5	7.5
	25	40	45	48	52	54	57	58	60	63	63	65	66	67	68	68	70
11	4.0	6.1	7.2	7.6	8.0	8.0	8.1	8.1	8.0	8.0	7.8	7.7	7.5	7.4	7.3	7.1	7.0
	18	35	40	44	47	50	54	55	57	58	58	62	63	64	65	66	67
12	2.9	5.8	6.5	7.0	7.4	7.5	7.6	7.7	7.5	7.5	7.3	7.2	7.1	7.0	6.9	6.7	6.7
	12	30	37	40	44	46	50	53	54	55	55	59	60	62	63	63	64
13	1.7	5.0	5.9	6.4	6.8	7.0	7.1	7.2	7.1	7.0	7.0	6.8	6.7	6.6	6.5	6.4	6.3
	5	25	33	36	40	43	46	49	51	53	53	56	57	58	60	61	62
14		4.3	5.3	5.9	6.3	6.6	6.7	6.7	6.7	6.7	6.6	6.5	6.4	6.3	6.2	6.0	5.9
		20	27	33	36	40	43	46	48	50	50	53	55	56	58	58	60
15		3.6	4.7	5.3	5.9	6.2	6.3	6.4	6.4	6.4	6.3	6.2	6.1	6.0	5.9	5.8	5.7
		16	24	29	33	37	40	44	45	47	47	51	53	54	55	56	58
16		2.9	4.1	4.9	5.4	5.7	5.9	6.0	6.0	6.0	5.9	5.9	5.8	5.7	5.5	5.5	5.4
		12	20	26	30	34	38	40	43	45	46	49	50	52	53	53	55
18		1.1	3.0	3.9	4.5	4.9	5.2	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.3	5.2	5.1	5.0	5.0
		5	13	19	24	28	32	34	37	39	39	43	45	47	49	49	51
20				3.0	3.8	4.2	4.6	4.8	4.8	4.9	4.9	4.9	4.9	4.8	4.8	4.7	4.6
				13	19	24	27	30	33	35	35	39	41	43	43	46	47
22				1.8	2.9	3.5	3.9	4.2	4.3	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.3	4.3
				8	13	18	23	25	28	31	33	35	37	38	40	42	43
24						2.8	3.3	3.7	3.9	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.9
						13	18	22	24	27	27	32	33	34	36	38	39
26						2.1	2.7	3.1	3.4	3.5	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6
						9	13	18	21	23	26	28	30	32	33	35	37
28						1.4	2.2	2.6	2.9	3.1	3.2	3.2	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
						5	9	13	17	20	23	26	27	28	30	32	33
30						1.5	2.1	2.4	2.7	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
						6	10	13	18	20	23	23	26	27	28	31	

Tablo 1 kuru termometre sıcaklık derecesi ile kuru ve yaş termometre sıcaklık dereceleri arasındaki farka (psikometrik fark) göre bağıl nem yüzdelerinin ve denge rutubet miktarının bulunması için düzenlenmiştir.

2.2. Kurutma Süresinin Hesaplanması

Bugüne kadar kurutma süresinin bulunmasında birçok grafik ve hesap yöntemi geliştirilmiş olup, bunlar yaklaşık sürelerin bulunmasında kullanılmıştır. Bilindiği gibi kurutma süresi (Z_t); Isıtma periyodu (Z_1), esas kurutma periyodu (Z_k) ve dengeleme periyodu (Z_d) sürelerinin toplamına eşittir.

$$Z_t = Z_1 + Z_k + Z_d \quad (1)$$

2.3. Isıtma Periyodu Süresi (Z_1)`nin Hesaplanması

Isıtma periyodu süresinin hesaplanması kolay olup numaralı eşitlikte görüldüğü gibi kereste kalınlığı e (mm) ile $f_1=0.1$ katsayısı çarpılır.

$$Z_1 = e \cdot f_1 \quad (2)$$

Eşitlikte (e) mm olarak kereste kalınlığıdır. (f_1) ise, bir katsayı olup değeri ortalama 0.1 (saat/mm)`dir. Fakat güç kuruyan yapraklı ağaçlarda bu katsayının 0.15 (saat/mm) alınması daha uygundur.

2.4. Kurutma Periyodu Süresi (Z_k)`nin Hesaplanması

Kurutma süresinin bulunması için literatürde daha çok aşağıdaki eşitlikten faydalanılmaktadır.

$$Z_k = \frac{1}{\alpha} (\ln r_b - \ln r_s) \left(\frac{e}{25}\right)^{1.5} \frac{65}{T} \left(\frac{1.5}{v}\right)^{0.6} \quad (3)$$

Eşitlikte, $1/\alpha$ kurutulmuş kerestenin özgül ağırlığına bağlı bir katsayıdır. r_b ve r_s kerestenin başlangıç ve sonuç rutubeti (%), \ln ise doğal logaritmadır. e , mm olarak kerestenin kalınlığıdır. T sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) olup, v istif katları arasındaki hava hareket hızı (m/sn) dir.

Kurutma periyodu genellikle başlangıçtan lif doygunluğuna ve lif doygunluğundan sonuç rutubetine kadar olmak üzere iki kademe uygulanmakta ve buna bağlı olarak da kurutma periyodu süresi iki kademe hesaplanmaktadır.

2.5. Dengeleme Periyodu Süresi (Z_d)`nin Hesaplanması

Dengeleme periyodu aşağıda verilen numaralı eşitlik yardımıyla kolayca bulunabilir.

$$Z_d = Z_k \cdot f_d \quad (4)$$

Eşitlikte, Z_k esas kurutma süresi (saat), f_d ise bir katsayı olup, kurutmada istenilen kaliteye ve fırının metal veya kargir oluşuna göre değişmektedir.

Metal fırınlarda; $f_d = 0.2-0.6$

Metal fırınlarda kaliteli (koruyucu) bir kurutma için $f_d=0.4$ alınabilir

Kargir fırınlarda;

Hava hareket hızı $v > 2$ m/sn ise $f_d=0.2-0.45$

Hava hareket hızı $v < 2$ m/sn ise $f_d=0.1-0.3$

3. Bulgular

Yapılan çalışma sonunda hazırlanan bilgisayar programı ile okaliptüs (*Eucalyptus camadulensis*) kerestelerine ait üç farklı kalınlık için aşağıdaki kurutma cetvelleri oluşturulmuştur.

3.1. Cetvel I (20 mm kalınlık)

İlk cetvelde kereste kalınlığı 20 mm olarak alınmıştır. Kurutma cetveli ve detayları aşağıdadır.

Tablo 2. 20 mm kalınlıktaki okaliptüs (*E. camadulensis*) için kurutma cetveli

Kereste kalınlığı	: 20 mm					T ₁ : 35°C
Başlangıç rutubeti:	: %50					T ₂ : 50°C
Sonuç rutubeti	: %7					TG ₁ : 1,6
Özgül Ağırlık	: 0,809 gr/cm ³					TG ₂ : 2,2
Kereste Rutubeti	Kurutma Eğimi	Denge Rutubeti	Kuru Termometre	Yaş Termometre	Psikometrik Fark	Bağıl Nem
-	-	-	20	19,0	1,0	94,0
-	-	-	25	23,5	1,5	89,0
-	-	-	30	28,0	2,0	86,0
-	-	16,9	35	32,5	2,5	83,3
50 - 30	-	16,9	35	32,5	2,5	83,5
-	-	16,0	40	37,0	3,0	82,0
-	-	15,9	45	42,0	3,0	83,0
-	-	15,0	50	46,5	3,5	82,0
30	1,6	18,8	50	46,5	3,5	82,0
27	1,6	16,9	50	47,5	2,5	87,0
24	1,6	15,0	50	46,5	3,5	82,0
21	1,6	13,1	50	45,5	4,5	77,5
18	2,2	8,2	50	39,5	10,5	52,0
15	2,2	6,8	50	36,5	13,5	41,0
12	2,2	5,5	50	33,0	17,0	31,0
9	2,2	4,1	50	29,0	21,0	21,0
		7,0	50	37,0	13,0	43,0

Başlangıç rutubeti %50, sonuç rutubeti ise %7 olarak ayarlanmıştır. Sıcaklık değerleri sırasıyla 35°C ve 50°C olarak belirlenmiş, kurutma meyli ise sırasıyla 1,6 ve 2,2 olarak ayarlanmıştır (Tablo 2). Kurutma süresi Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. 20 mm kalınlıktaki okaliptüs (*E. camadulensis*) için kurutma süresi

Periyotlar	Süreler (saat)
Ön Isıtma	2,5
Kurutma I	31,9
Kurutma II	63,7
Dengeleme	38,2
Toplam	136,4
5 gün 16 saat	

3.2. Cetvel II (30-60 mm arası kalınlık)

İkinci cetvelde kereste kalınlığı 50 mm olarak alınmıştır. Başlangıç rutubeti %55, sonuç rutubeti ise %14 olarak ayarlanmıştır. Sıcaklık değerleri sırasıyla 35°C ve 40°C olarak belirlenmiş, kurutma meyli ise sırasıyla 1,6 ve 2,2 olarak ayarlanmıştır (Tablo 4). Kurutma süresi Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 4. 50 mm kalınlıktaki okaliptüs (*E. camadulensis*) için kurutma cetveli

Kereste kalınlığı : 50 mm				T ₁ : 35°C		
Başlangıç rutubeti: : %55				T ₂ : 40°C		
Sonuç rutubeti : %14				TG ₁ : 1,6		
Özgül Ağırlık : 0,873 gr/cm ³				TG ₂ : 2,2		
Kereste Rutubeti	Kurutma Eğimi	Denge Rutubeti	Kuru Termometre	Yaş Termometre	Psikometrik Fark	Bağıl Nem
-	-	-	20	19,0	1,0	94,0
-	-	-	25	23,5	1,5	89,0
-	-	-	30	28,0	2,0	86,0
-	-	16,9	35	32,5	2,5	83,5
55 - 30	-	16,9	35	32,5	2,5	83,5
-	-	16,0	40	37,0	3,0	82,0
-	-	16,0	40	37,0	3,0	82,0
-	-	15,0	40	36,5	3,5	79,5
30	1,6	18,8	40	36,5	3,5	79,5
28	1,6	17,5	40	37,5	2,5	85,0
26	1,6	16,3	40	37,5	2,5	85,0
24	1,6	15,0	40	36,5	3,5	79,5
22	1,6	13,8	40	35,5	4,5	75,0
20	1,6	12,5	40	35,5	4,5	75,0
18	2,2	8,2	40	29,5	10,5	56,0
16	2,2	7,3	40	28,5	11,5	42,0
14		14,0	40	36,0	13,0	77,0

Tablo 5. 50 mm kalınlıktaki okaliptüs (*E. camadulensis*) için kurutma süresi

Periyotlar	Süreler (saat)
Ön Isıtma	5,0
Kurutma I	118,1
Kurutma II	130,0
Dengeleme	99,2
Toplam	352,3
14 gün 16 saat	

3.3. Cetvel III (60 mm kalınlıktan fazla)

İlk cetvelde kereste kalınlığı 65 mm olarak alınmıştır. Başlangıç rutubeti %60, sonuç rutubeti ise %14 olarak ayarlanmıştır. Sıcaklık değerleri sırasıyla 35°C ve 50°C olarak belirlenmiş, kurutma meyli ise sırasıyla 2,0 ve 2,6 olarak ayarlanmıştır (Tablo 6). Kurutma süresi ise Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. 65 mm kalınlıktaki okaliptüs (*Eucalyptus camadulensis*) için kurutma süresi

Periyotlar	Süreler (saat)
Ön Isıtma	6,0
Kurutma I	207,2
Kurutma II	170,8
Dengeleme	151,2
Toplam	535,2
22 gün 7 saat	

Tablo 6. 65 mm kalınlıktaki okaliptüs (*Eucalyptus camadulensis*) için kurutma cetveli

Kereste kalınlığı	: 65 mm	T ₁ :	35°C			
Başlangıç rutubeti:	: %60	T ₂ :	40°C			
Sonuç rutubeti	: %14	TG ₁ :	2,0			
Özgül Ağırlık	: 0,873 gr/cm ³	TG ₂ :	2,6			
Kereste Rutubeti	Kurutma Eğimi	Denge Rutubeti	Kuru Termometre	Yaş Termometre	Psikometrik Fark	Bağlı Nem
-	-	-	20	19,0	1,0	94,0
-	-	-	25	23,5	1,5	89,0
-	-	-	30	28,0	2,0	86,0
-	-	16,9	35	32,5	2,5	83,5
60 - 30	-	16,9	35	32,5	2,5	83,5
-	-	16,0	40	37,0	3,0	82,0
-	-	16,0	40	37,0	3,0	82,0
-	-	15,0	40	36,5	3,5	79,5
30	2,0	15,0	40	36,5	3,5	79,5
28	2,0	14,0	40	36,0	4,0	77,0
26	2,0	13,0	40	35,5	4,5	75,0
24	2,0	12,0	40	34,5	5,5	70,5
22	2,0	11,0	40	33,5	6,5	65,0
20	2,0	10,0	40	32,5	7,5	59,0
18	2,6	6,9	40	27,5	12,5	38,0
16	2,6	6,2	40	26,5	13,5	34,5
14		14,0	40	36,0	4,0	77,0

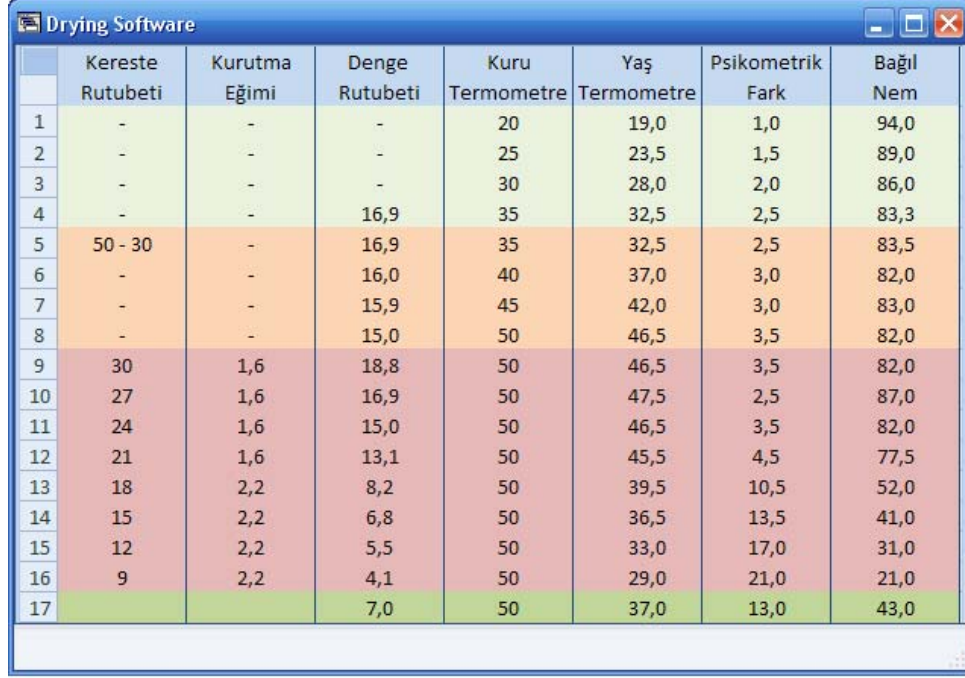
3.4. Hazırlanan Bilgisayar Programı ile ilgili Bulgular

Konu ile ilgili geliştirilen bilgisayar programı çalıştırıldığında aşağıdaki ekran belirir. İlk etapta ağaç türü ve kalınlığı girildiğinde, bu ağaç türüne ait sıcaklık, lif doygunluğu noktası gibi değerler bulunarak ekranda gösterilir (Şekil 1).

Şekil 1. Program içerisinde veri giriş penceresi

Ağaç türü yazılmaya başlandığı sırada, eğer kayıtlı ağaç türlerinde bu isime benzeyenler varsa bunlar da ekranda ticari ve latince adları ile birlikte görülür. Burada lif doygunluğu noktası II. kurutma aşamasına geçiş noktası olduğu için mutlaka belirlenmelidir. Bu bilgi, girilen ağaç türü için kayıtlar arasından

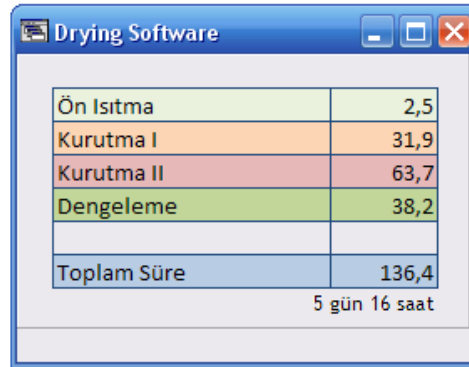
bulunamıyorsa %28 olarak tespit edilir. Bunun gibi kayıtlarda bulunmayan veriler için ortalama değerler belirlenir. İstenirse bu veriler kullanıcı tarafından gerçek değerleri ile değiştirilebilirler. Gerekli veriler girildikten sonra uygun bir kurutma programının oluşturulması için F5 tuşuna basılır. Belirtilen kalınlıktaki ağaç türü için bir kurutma programı belirlenir (Şekil 2).



	Kereste Rutubeti	Kurutma Eğimi	Denge Rutubeti	Kuru Termometre	Yaş Termometre	Psikometrik Fark	Bağlı Nem
1	-	-	-	20	19,0	1,0	94,0
2	-	-	-	25	23,5	1,5	89,0
3	-	-	-	30	28,0	2,0	86,0
4	-	-	16,9	35	32,5	2,5	83,3
5	50 - 30	-	16,9	35	32,5	2,5	83,5
6	-	-	16,0	40	37,0	3,0	82,0
7	-	-	15,9	45	42,0	3,0	83,0
8	-	-	15,0	50	46,5	3,5	82,0
9	30	1,6	18,8	50	46,5	3,5	82,0
10	27	1,6	16,9	50	47,5	2,5	87,0
11	24	1,6	15,0	50	46,5	3,5	82,0
12	21	1,6	13,1	50	45,5	4,5	77,5
13	18	2,2	8,2	50	39,5	10,5	52,0
14	15	2,2	6,8	50	36,5	13,5	41,0
15	12	2,2	5,5	50	33,0	17,0	31,0
16	9	2,2	4,1	50	29,0	21,0	21,0
17			7,0	50	37,0	13,0	43,0

Şekil 2. Kurutma cetvelini gösteren pencere

Süre düğmesine tıklandığında ya da F3 tuşuna basıldığında kurutulacak türün kurutma süresi de kolaylıkla hesaplanabilmektedir. Ön ısıtma, kurutma ve dengeleme periyotları için ayrı ayrı süreler hesaplanıp bir pencere içerisinde gösterilmektedir (Şekil 3).



Ön Isıtma	2,5
Kurutma I	31,9
Kurutma II	63,7
Dengeleme	38,2
Toplam Süre	136,4

5 gün 16 saat

Şekil 3. Kurutma süresini gösteren pencere

4. Sonuç ve Değerlendirme

Geliştirilen program sayesinde kurutmanın seyrine müdahale etmek ve fırındaki iklim şartlarını değiştirmek mümkündür. Ancak, kurutulan ağaç türü için belirlenen kurallar dışına çıkıldığında, örneğin kollaps oluşumu tehlikesi olan okalıptüs türü kurutuluyorsa sıcaklığın 60°C'nin altında tutulması uygun görüldüğü halde bu sıcaklık yükseltilirse, program bu durumu bildirmektedir.

Uygulanan kurutma programı başarıya ulaştığında, yani başarılı bir kurutma gerçekleştiğinde bu ağaç türü için programı kaydetmek mümkündür. Böylece daha sonra yine aynı ağaç türü için aynı veya farklı

kalınlıktaki kerestelerin kurutulması söz konusu olunca bu program hafızaya yüklenerek tekrar uygulanabilir.

Bilgisayar programı içerisinde yapraklı ve iğne yapraklı olmak üzere yaklaşık 150 değişik ağaç türüne ait bilgiler bulunmaktadır. Daha önce de belirtildiği üzere ağaç türü hakkında gerekli verilerin tespit edilememesi veya kayıtlarda bulunamaması halinde program, bu veriler için öngörülen ortalama değerleri kullanmaktadır. Kayıtlar arasında bulunmayan herhangi bir ağaç türünün kurutulması gerektiği zaman, bu ağaç türü ile ilgili bilgiler girilip, bu ağaç türü de kayıtlar arasına dâhil edilebilmektedir. Kurutulacak türün kurutma süresi de kolaylıkla hesaplanabilmektedir.

Bu çalışmada okaliptüs ağaç türüne ait üç adet kurutma programı bilgisayar programı tarafından hazırlanmıştır. Daha önce denemeleri yapılan çalışmalar ile kıyaslandığında bilgisayar programının gerçek şartlara uygun bir kurutma programı hazırladığı görülmüştür. Kantay ve arkadaşları (1999) tarafından yapılan bir çalışmada kurutulan okaliptüs kerestelerinin 20 ve 50 mm kalınlıktaki kurutma cetvelleri ile bilgisayar paket programının kurutma cetvelleri birebir örtüşmektedir.

Aynı ağaç türüne ait kereste istiflerinin dahi farklı bir kurutma seyri izlemesi mümkün olduğundan hazırlanan kurutma cetvellerinin bir parti için başarılı olması demek tüm partiler için de başarıyla uygulanabileceği anlamına gelmemektedir. Bu konu göz ardı edilmemelidir. Bu amprik çalışma, kullanıcılara bir fikir vermek ve kurutma fırınına verimli bir şekilde kullanmalarını sağlamak için hazırlanmıştır.

5. Kaynaklar

- Aytekin, A., 1997, Kereste Kurutma Fırınları için Kurutma Programlarının Bilgisayarla Hazırlanması, Karadeniz teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 110 s. Trabzon.
- Aytekin, A., Kaygın, B., Gündüz, G., Karayılmazlar, S., Özşahin, Ş., (1999), Preparing Drying Schedules of *Fraxinus excelsior* L. by Computer Program, New and Nontraditional Plants and and Prospects of Their Utilization, International Symposium, 21-25 June, Pushino-Moscow.
- Berkel, A., 1978, Kerestenin Doğal ve Hızlandırılmış Doğal Kurutulması Tekniği, İstanbul Üniversitesi, Yayın No: 2488, Orman Fakültesi, Yayın No: 266, İstanbul.
- Kantay, R., 1980, Ağaç Malzemenin Yüksek Sıcaklık Derecelerinde Kurutulması. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi B Serisi, Cilt 30, Sayı 2, Sayfa 134–151.
- Kantay, R., 1993. Kereste Kurutma ve Buharlama. Ormancılık Eğitim ve Kültür Vakfı, Yayın No: 6, İstanbul.
- Kantay, R, As, N., Ünsal, Ö. (1999), Okaliptüs (*Eucalyptus camadulensis* Dahn.) Kerestesinin Teknik Kurutma Özellikleri, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, DOA Dergisi, Sayı: 5, Tarsus.
- Keylwerth, R., 1950. Trocknunggefäelle und die Steuerung von Holz-trockenanlage. Holz-Zentralblatt, Jg. 76, Nr. 36, S. 375.
- Kollman, F., 1955, Technologie des Holzes und Wekstoffe, 2. Bd. Springer Verlag, Berlin.
- Örs, Y., 1986, Kurutma ve Buharlama Tekniği, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Ders Notlar Serisi, No: 15, Trabzon.
- Üçüncü, K., 1992, Kereste Kurutmada Güneş Enerjisinden Yararlanma, ORENKO 92, I. Ulusal Orman Ürünleri Kongresi, Bildiri Metinleri, Cilt I, 249-264, 22-25 Eylül 1992, Trabzon.

Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Odununun Bazı Fiziksel, Kimyasal, Mekanik ve Anatomik Özellikleri

Salih ASLAN¹, E. Yılmaz DEMETÇİ², Rasih SÖZEN³, Emel İLTER⁴, Özgür Deniz BALKIZ⁵

¹Prof. Dr., Hacettepe Üniversitesi, MTYO, aslan@hacettepe.edu.tr
²Doç. Dr. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Müd., edemetci@hotmail.com
³, İç Anadolu Ormancılık Araştırma Müd., rasihsozen@hotmail.com
⁴ İç Anadolu Ormancılık Araştırma Müd., emelilter@hotmail.com
⁵Dr., İç Anadolu Ormancılık Araştırma Müd., ozgurbalkiz@hotmail.com

Özet

Bu çalışmada hızlı gelişen bir tür olan *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. odununun fiziksel ve mekanik özellik olarak özgül ağırlığı, hacim yoğunluk değeri, daralma ve genişleme oranları, liflere paralel ve dik yönde basınç, statik eğilme ve elastikiyet modülü, liflere paralel ve dik yönde janka sertlik, liflere paralel yönde makaslama, çivi ve vida tutma ve liflere paralel yönde çekme dirençleri ile yüzey pürüzlülük değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca; okaliptüs odununun lif morfolojisi ve kimyasal bileşenleri de belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan materyaller Tarsus-Karabucak okaliptüs plantasyon sahasından temin edilmiş ve deneyler İç Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğünde TSE ve ASTM standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bilgiler ışığında okaliptüsün maden direği, tel direği, çit kazığı, inşaat sektöründe, ambalaj sandığı yapımında, mobilya üretiminde, tornacılıkta, parke üretiminde kullanılmasının uygun olduğu söylenebilir. Ayrıca lif ve yonga levha sanayisi ile kâğıt hamuru üretiminde tek başına veya diğer ağaç türleri ile belli oranlarda karıştırılarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Okaliptüs, Fiziksel özellikler, Mekanik özellikler, Kimyasal özellikler, Anatomik özellikler

Some Physical, Chemical, Mechanical and Anatomical Properties of *Eucalyptus (Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Woods

Abstract

In this study, specific gravity, density value in volume, shrinkage and swelling ratios are determined for physical properties and also from mechanical properties ; compressive strength ,bending strength, static bending strength, modulus of elasticity, janka hardness, shearing strength, nail and screw holding strength, tensile strength and surface roughness values of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. wood which is a fast growing specie were determined . Also fiber morphology and chemical composition of this wood were established. Materials used in the study were taken from Tarsus-Karabucak eucalyptus plantation areas and tests were done Central Anatolia Forestry Research Institute laboratories according to TSE and ASTM Standards. In respect of these results obtained, eucalyptus wood can be used for mining poles, tel poles, building industry, in the production of packing boxes, furniture and parquet manufacturing. Also it can be used particle and fiber board production and paper industry alone or by mixing with other tree specie woods at proper ratios.

Key Words: Eucalyptus; Physical properties; Mechanical properties; Chemical properties; Anatomical properties.

1. Giriş

Yenilenebilir doğal kaynakların başında yer alan ormanların ekonomik ve sosyal işlevlerinin önemi her geçen gün artmaktadır. Günümüzde dünyada 1,5 milyar m³ endüstriyel oduna ihtiyaç vardır. İkame maddelerin artışına rağmen bu talep hızla sürmektedir. 24 milyon m³'e ulaşan yıllık odun talebinin % 60'ını endüstriyel odun oluşturmaktadır. Ülkemiz endüstriyel odun talebinin 8 milyon m³'ü devlet ormanlarından, 3-3,5 milyon m³'ü özel sektör (kavak ve hızlı gelişen türler) den karşılanmakta, talebin geriye kalan 1.5-2 milyon m³'lük kısmı ise ithalat yoluyla sağlanmaktadır (Kaplan, 2006).

Türkiye'de orman ürünleri sanayinin hammadde talebi göz önüne alındığında, odun arz açığının karşılanmasında hızlı gelişen türlerin endüstriyel plantasyonlarının önemi ortaya çıkmaktadır. Yeryüzünde toplam 523 tür ile temsil edilen okaliptüsün ülkemizde yetiştirileni ağırlık olarak *E. camaldulensis* Dehn. Türü olup yaklaşık 2419,2 hektarlık bir alanda başta Tarsus-Karabucak'ta olmak üzere yetiştirilmektedir (Anonymus, 2006). Ülkemizde bu türün koru ormanlarında ortalama 17-20 m³

artımı olmasına karşılık, baltalık ormanlarında ise 25-30 m³'lük bir artım yapabilmektedir (Anonymus, 1980). Bu artım miktarı ile ülkemizin en hızlı gelişebilen türlerinden biri olduğunu, bu nedenle de yaygınlaştırılması gereken bir tür olduğunu göstermektedir. Okaliptüs, hızlı gelişen bir tür olması ve birim alandan en kısa sürede en yüksek verimin alınabilmesi nedeniyle ormancılığımızda önemli bir yere sahiptir. *E. camaldulensis* Dehn. odununun önemli bazı anatomik, fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerinin tespit edilmesi ile ağacın yapısal özelliklerine uygun kullanım alanları rasyonel ve verimli bir şekilde belirlenebilecek, böylece mevcut arz açığı ve hammadde ithalatı belirli oranlarda azaltılabilecektir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Deneme Materyali

Deneme materyalleri Tarsus-Karabucak plantasyon sahasından Basit Rastlantı Metodu'na göre deneme alanlarının tespit edildiği meşçere ve bölmelerden alınmıştır. Deneme materyallerinin alınmasında ağaçların yapıları itibariyle çok dallı, budaklı, anormal tepe formu göstermemesine, gövdelerinin normal, çürüksüz, sağlam ve böcek zararına uğramamış olmasına ve özellikle meşçereyi temsil edebilecek özellikte bulunmasına dikkat edilmiştir. Seçilen 15 adet deneme ağacının kesimden önce, pusulayla kuzey yönleri tespit edilerek işaretlenmiş ve 1.30 m yükseklikteki göğüs çapları ölçülmüştür. Deneme ağaçlarının gövdelerinden dipten 0,30 m yükseklikten başlamak üzere her iki metrede bir 15 cm kalınlığında tekerlekler alınmış, enine kesitte kuzey yön işaretlenmiş ve üzerlerine ağaç numarası ile gövdeden alındığı yükseklik yazılmıştır. Ayrıca, her bir deneme ağacının 3-4 m yükseklikteki gövde kısımlarından 1 m uzunluğunda tomruklar alınarak gerekli işaret ve numaralar verilmiştir.

2.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması

Karabucak ormanından alınan deney numuneleri uygun bir şekilde Ankara'ya getirilmiş ve İç Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü laboratuvarında denge rutubeti sağlanması için istiflenmiştir. Yaklaşık 35 gün bekletilen deney numunelerinden 15 cm kalınlığındaki tekerlekler 5 cm kalınlığında 3 ayrı tekerleğe ayrılmıştır. Bunlardan birincisinden özgül ağırlık, hacim ağırlık, rutubet miktarı ve lif uzunluğu, ikincisinden liflere paralel ve dik doğrultuda basınç direnci ve kimyasal özelliklerin tayini, üçüncü tekerlekten ise liflere paralel ve dik doğrultuda janka sertlik deney numuneleri alınmıştır.

2.3. Fiziksel Özelliklerin Tayini

Okaliptüs odununun fiziksel özellikleri olarak; rutubet miktarı, tam kuru ve hava kurusu özgül ağırlığı, hacim yoğunluk değeri, hacimsel daralma değeri ile radyal ve teğet doğrultuda daralma ve şişme değerleri belirlenmiştir. Ayrıca okaliptüs odununun yüzey pürüzlülük değerleri de belirlenmiştir. Rutubet miktarı ile hacim yoğunluk değerinin belirlenmesinde özgül ağırlık tayininde deney numunelerinden yararlanılmıştır. Rutubet miktarı TS 2471 standardına uygun olarak belirlenmiştir. Özgül ağırlık tayininde deneme ağaçlarından alınan tekerleklerin 4 yönünden 2x2x3 cm boyutlarında hazırlanan 770 adet deney numunesinden yararlanılmıştır. Özgül ağırlık TS 2472 standardına uygun olarak belirlenmiştir. Tam kuru ve hava kurusu özgül ağırlık ayrı ayrı tespit edilmiştir. Radyal ve teğet doğrultuda daralma ile hacimsel daralmanın tayininde 2x2x3 cm boyutlarında hazırlanan 690 adet deney numunesinden, radyal ve teğet doğrultuda genişleme ile hacimsel genişlemenin tayininde 2x2x3 cm boyutlarında hazırlanan 774 adet deney numunesinden yararlanılmıştır. Radyal ve teğet doğrultuda daralma TS 4083 standardına uygun olarak, radyal ve teğet doğrultuda şişme TS 4084 standardına uygun olarak hacimsel daralma TS 4085 standardına uygun olarak, hacimsel genişleme ise TS 4086 standardına uygun olarak belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülük ölçümleri için 10 ağaçtan hazırlanan 1,6x6x20 cm ölçülerinde 480 adet deney numunesinden yararlanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü TS 6212 EN ISO 4288 standardına uygun olarak belirlenmiştir.

2.4. Kimyasal Özelliklerin Tayini

Kimyasal özelliklerin tespitinde kullanılacak deney numuneleri TS 4430'da belirtilen metoda göre hazırlanmıştır. Okaliptüs odununun kimyasal özellikleri olarak; holoselüloz, lignin, pentozan ve kül miktarı tayini ile sıcak suda, alkol-benzende, eterde, %1'lik sodyum hidroksitte çözünürlük yüzdeleri ve pH değeri tespit edilmiştir. Holoselüloz tayini TS 4431'e göre, lignin tayini TS 4497'ye göre, kül miktarı tayini TS 4432'ye göre, pentozan tayini ise TS 4640'a göre gerçekleştirilmiştir. Deneylerden önce okaliptus odunundaki ekstraktif maddeler TS 4451'e uygun olarak uzaklaştırılmıştır. Sıcak suda çözünürlük değeri TS 4567'ye göre, alkol benzende çözünürlük değeri TS 4568'e göre, eterde çözünürlük değeri TS 4569'a göre, %1'lik Sodyum hidroksitte çözünürlük değeri ise TS 4570'e göre gerçekleştirilmiştir.

2.5. Mekanik Özelliklerin Tayini

Okaliptüs odununun fiziksel özellikleri olarak; liflere dik ve paralel doğrultuda basınç direnci, statik eğilme direnci, statik eğilmede elastikiyet modülü, liflere paralel doğrultuda makaslama direnci, çivi ve vida tutma direnci, liflere paralel ve dik doğrultuda statik sertlik (Janka sertlik) ile liflere paralel yönde çekme direnci belirlenmiştir. Liflere dik ve paralel doğrultuda basınç direncinin tayininde deneme ağaçlarından alınan tekerleklerin 4 yönünden 2x2x3 cm boyutlarında hazırlanan deney numunelerinden yararlanılmıştır. Liflere dik doğrultuda basınç direnci TS 2473 standardına uygun olarak ve 108 numune kullanılarak belirlenmiştir. Liflere paralel doğrultuda basınç direnci ise TS 2595 standardına uygun olarak ve 271 numune kullanılarak belirlenmiştir. Statik eğilme direncinin ve statik eğilmede elastikiyet modülünün tayininde deneme ağaçlarının 3-4 metrelik kısımlarından alınan tomruklardan 2x2x30 cm boyutlarında hazırlanan 157 adet deney numunesinden yararlanılmıştır. Statik eğilme direnci TS 2474 standardına uygun olarak, statik eğilmede elastikiyet modülü TS 2478 standardına uygun olarak belirlenmiştir. Liflere paralel doğrultuda makaslama direncinin tayininde deneme ağaçlarının 3-4 metrelik kısımlarından alınan tomruklardan TS 3459 standardına uygun ölçülerde hazırlanan 67 adet deney numunelerinden yararlanılmıştır. Çivi ve vida tutma deneyleri deneme ağaçlarının 3-4 metrelik kısımlarından alınan tomruklardan 5x5x15 cm boyutlarında hazırlanan deney numuneleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çivi tutma deneyi her yüzey için 133 adet deney numunesi kullanılarak ve TS 6094 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Vida tutma deneyi ise 132 adet deney numunesi kullanılarak ve ASTM-D 1761 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Liflere paralel ve dik doğrultuda statik sertlik (Janka sertlik) değerinin belirlenmesinde TS 2479 standardına uyulmuştur. Liflere paralel Janka sertliğinin tespitinde 65 adet, liflere dik Janka sertliğinin tespitinde ise 57 adet deney numunesinden yararlanılmıştır. Liflere paralel yönde çekme direncinin belirlenmesinde ise 58 deney numunesinden yararlanılmış olup deney TS 2475 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

2.6. Anatomik Özelliklerin Tayini

Okaliptus odununun enine kesitinde ilkbahar odunu ve yaz odununda lifin teğet ve radyal yönde boyu, çapı, çeper kalınlığı ve lümen genişliği ölçülmüştür. Deney numuneleri lif doğrultusunda 2 cm boyunda ve 0,5 mm kalınlığında küçük parçalara ayrılarak Schultz'un maserasyon metoduna göre liflendirilmiştir. Mikroskobik ölçümler ise Leitz Ortholux mikroskobunda belirlenmiştir. Elde edilen verilerden keçeleşme, elastikiyet ve runkel oranı ile F faktörü ve katılık (rijidite) katsayısı tespit edilmiştir.

3. Bulgular

İlgili standartlarına uygun olarak yapılan deneyler neticesinde elde edilen verilerin aritmetik ortalaması, standart hatası, varyasyon katsayısı ve değişim genişliği gibi istatistik değerleri tespit edilmiş ve bu değerler her bir deneyin bulguları kısmında verilmiştir.

3.2. Fiziksel Özelliklere Ait Bulgular

3.2.1. Özgül Ağırlık ve Hacim Yoğunluk Değeri

Okaliptüs odununun tam kuru özgül ağırlığı ortalama $0,624 \text{ g/cm}^3$, hava kurusu özgül ağırlığı ortalama $0,669 \text{ g/cm}^3$, hacim yoğunluk değeri ise ortalama $0,505 \text{ g/cm}^3$ olarak tespit edilmiştir. Elde edilen istatistik sonuçlara ilişkin değerler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. *E. camaldulensis* odununun tam kuru ve hava kurusu özgül ağırlık değerleri ile hacim yoğunluk değeri

	Numune Sayısı Number of Specimen (N)	Aritmetik Ortalama Aritmetic Mean (x)	Standart Sapma Standard Deviation ($S_d \pm$)	Varyans Variance (S^2)	Değişim Genişliği Range (R)
Tam Kuru Özgül Ağırlık Oven Dry Specific Gravity	770	0,624	0,0551	0,0030	0,48-0,84
Hava Kurusu Özgül Ağırlık Air Dry Specific Gravity	770	0,669	0,0570	0,0033	0,52-0,87
Hacim Yoğunluk Değeri Density Value in Volume	770	0,5045	0,0343	0,0012	0,42-0,62

3.2.2. Radyal ve Teğet Doğrultuda Daralmanın Tayini

Okaliptüs odununun radyal doğrultuda daralması ortalama % 4,7, teğet doğrultuda daralması ortalama % 8,5 ve hacimsel daralması ise % 11,8 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen istatistik sonuçlara ilişkin değerler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. *E. camaldulensis* odununun radyal, teğet ve hacim daralması değerleri

	Numune Sayısı Number of Specimen (N)	Aritmetik Ortalama Aritmetic Mean (x)	Standart Sapma Standard Deviation ($S_d \pm$)	Varyans Variance (S^2)	Değişim Genişliği Range (R)
Radyal Yönde Daralma Shrinkage in Radial Direction	690	4,6869	1,7617	3,1035	2,01-11,11
Teğet Yönde Daralma Shrinkage in Tangential Direction	690	8,4822	3,8006	14,4443	0,60-26,98
Hacim Daralması Volumetric Shrinkage	690	11,8257	4,2292	17,8860	4,07-28,60

3.2.3. Radyal ve Teğet Doğrultuda Genişlemenin Tayini

Okaliptüs odununun radyal doğrultuda genişlemesi ortalama % 6,5, teğet doğrultuda genişlemesi ortalama % 12,2 ve hacimsel genişlemesi ise % 19,4 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen istatistik sonuçlara ilişkin değerler Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. *E. camaldulensis* odununun radyal, teğet ve hacim genişlemesi değerleri

	Numune Sayısı Number of Specimen (N)	Aritmetik Ortalama Aritmetic Mean (x)	Standart Sapma Standard Deviation ($S_d \pm$)	Varyans Variance (S^2)	Değişim Genişliği Range (R)
Radyal Yönde Genişleme Swelling in Radial Direction	774	6,4879	2,1630	4,6784	2,45-16,34
Teğet Yönde Genişleme Swelling in Tangential Direction	774	12,1518	3,5692	12,7394	4,43-28,22
Hacim Genişleme Volumetric Swelling	774	19,4486	5,7065	32,5644	6,18-44,39

3.2.4. Yüzey Pürüzlülük Değerleri

Okaliptus odunu 2 farklı bıçak (2 ve 3 bıçaklı), 2 farklı zımpara (60 ve 80 numara zımpara) ve 2 farklı makine besleme hızı (kalınlık makinesi için 5 ve 10 m/dk) uygulanarak kalınlık ve zımpara makinelerinden geçirilmiş ve Ra, Rz, Rmax yüzey pürüzlülük parametreleri tespit edilmiştir. Elde edilen istatistik sonuçlara ilişkin değerler Tablo 4 'te verilmiştir.

Tablo 4. *E. camaldulensis* Odununun Radyal ve Teğet Doğrultuda Yüzey Pürüzlülük (Ra, Rz, Rmax) Değerleri

Ra		Numune Sayısı Number of Specimen (N)	Aritmetik Ortalama Aritmetic Mean (x)	Standart Sapma Standard Deviation (S _d ±)	Varyans Variance (S ²)	Değişim Genişliği Range (R)
RADYAL	2B-5	40	5,94	0,6535	0,4271	5,02-6,96
	2B-10	40	5,84	0,6490	0,4212	4,76-6,68
	3B-5	40	6,17	0,4532	0,2054	5,38-6,72
	3B-10	40	5,49	0,5773	0,3333	4,67-6,20
	60	40	9,85	0,3274	0,1071	9,20-10,41
	80	40	6,73	0,3906	0,1526	6,12-7,39
TEĞET	2B-5	40	5,28	0,1374	0,1888	4,61-5,95
	2B-10	40	5,42	0,6416	0,4116	4,73-6,40
	3B-5	40	4,92	0,2679	0,0717	4,55-5,53
	3B-10	40	4,97	0,5403	0,2919	4,34-5,86
	60	40	9,23	0,5464	0,2986	8,41-9,92
	80	40	6,67	0,4737	0,2244	5,65-7,36

Rz		Numune Sayısı Number of Specimen (N)	Aritmetik Ortalama Aritmetic Mean (x)	Standart Sapma Standard Deviation (S _d ±)	Varyans Variance (S ²)	Değişim Genişliği Range (R)
RADYAL	2B-5	40	38,42	3,8027	14,4606	32,47-44,00
	2B-10	40	39,04	4,7689	22,7428	32,35-45,13
	3B-5	40	41,61	3,5064	12,2950	37,26-46,27
	3B-10	40	37,53	3,5273	12,4423	32,00-42,62
	60	40	53,05	2,4466	5,9862	49,08-56,58
	80	40	39,35	2,0216	4,0871	36,88-42,97
TEĞET	2B-5	40	33,18	5,0379	25,3810	23,57-40,66
	2B-10	40	40,20	5,5987	31,3461	34,10-49,94
	3B-5	40	37,59	3,1944	10,2047	32,37-43,38
	3B-10	40	38,08	4,7441	22,5074	33,25-47,58
	60	40	51,83	2,2185	4,9221	48,17-54,65
	80	40	39,84	2,2438	5,0347	37,35-43,69

Rmax		Numune Sayısı Number of Specimen (N)	Aritmetik Ortalama Aritmetic Mean (x)	Standart Sapma Standard Deviation (S _d ±)	Varyans Variance (S ²)	Değişim Genişliği Range (R)
RADYAL	2B-5	40	61,79	4,9234	24,2404	55,72-68,69
	2B-10	40	63,24	6,9130	47,7908	56,14-73,75
	3B-5	40	67,01	8,3099	69,0559	50,82-79,22
	3B-10	40	59,74	6,5767	43,2538	53,78-72,55
	60	40	69,04	6,6902	44,7589	58,73-77,95
	80	40	51,92	4,5820	20,9948	47,52-62,47
TEĞET	2B-5	40	52,61	5,8971	34,7767	43,84-60,99
	2B-10	40	61,83	3,1262	9,7732	57,48-68,81
	3B-5	40	56,81	3,8470	14,7998	50,33-60,97
	3B-10	40	59,74	4,0664	16,5362	56,06-67,55
	60	40	68,05	1,4219	2,0219	65,14-70,25
	80	40	51,25	3,9400	15,5237	46,30-58,11

3.3. Mekanik Özelliklere Ait Bulgular

3.3.1. Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Direnci

Okaliptüs odununun liflere paralel basınç direnci ortalama 546,8 kg/cm² olarak tespit edilmiştir. Elde edilen istatistik sonuçlara ilişkin değerler Tablo 5 'te verilmiştir.

Tablo 5: *E. camaldulensis* odununun liflere paralel basınç direnci

	Numune Sayısı Number of Specimen (N)	Aritmetik Ortalama Aritmetic Mean (x)	Standart Sapma Standard Deviation (S _d ±)	Varyans Variance (S ²)	Değişim Genişliği Range (R)
Liflere Paralel Basınç Direnci Compression Strenght Paralel to Grain	271	546,7859	71,7317	5145,4310	370-736

3.3.2. Liflere Dik Doğrultuda Basınç Direnci

Okaliptüs odununun liflere dik basınç direnci kuzey, güney doğu ve batı yönlerinde olmak üzere ayrı ayrı tespit edilmiştir. Elde edilen istatistik sonuçlara ilişkin değerler Tablo 6 'da verilmiştir.

Tablo 6. *E. camaldulensis* odununun liflere dik basınç direnci

Liflere Dik Basınç Direnci Compression Strenght Perpendicular to Grain	Numune Sayısı Number of Specimen (N)	Aritmetik Ortalama Aritmetic Mean (x)	Standart Sapma Standard Deviation (S _d ±)	Varyans Variance (S ²)	Değişim Genişliği Range (R)
Kuzey North	30	190,7	30,5324	932,23	114-262
Güney Sought	33	231	33,6043	1129,24	148-299
Doğu East	15	185	31,3506	982,85	142-252
Batı West	30	192,7	28,7161	824,61	146-262

3.3.3. Statik Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü

Okaliptüs odununun statik eğilme direnci ortalama 793 kg/cm², statik eğilmede elastikiyet modülü ise ortalama 62853 kg/cm² olarak tespit edilmiştir. Elde edilen istatistik sonuçlara ilişkin değerler Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. *E. camaldulensis* odununun statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü

	Numune Sayısı Number of Specimen (N)	Aritmetik Ortalama Aritmetic Mean (x)	Standart Sapma Standard Deviation (S _d ±)	Varyans Variance (S ²)	Değişim Genişliği Range (R)
Statik Eğilme Direnci Static Bending Strenght	157	793,0106	130,9224	17143,29	475,03-1152,59
Elastikiyet Modülü Elasticity Module	157	62853	12,4547	155,1197	40573-96223

3.3.4. Liflere Paralel Makaslama Direnci

Okaliptüs odununun liflere paralel makaslama direnci ortalama 88,99 kg/cm² olarak tespit edilmiştir. Elde edilen istatistik sonuçlara ilişkin değerler Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. *E. camaldulensis* odununun liflere paralel makaslama direnci

	Numune Sayısı Number of Specimen (N)	Aritmetik Ortalama Aritmetic Mean (x)	Standart Sapma Standard Deviation (S_d±)	Varyans Variance (S²)	Değişim Genişliği Range (R)
Liflere Paralel Makaslama Direnci Shear Strenght Paralel to Grain	67	88,9861	11,6884	134,57	70,12-117,77

3.3.5. Çivi Tutma Direnci

Okaliptüs odununun çivi tutma direnci enkesit yüzey, radyal yüzey ve teğet yüzey için ayrı ayrı tespit edilmiştir. Elde edilen istatistik sonuçlara ilişkin değerler Tablo 9 'da verilmiştir.

Tablo 9: *E. camaldulensis* odununun radyal, teğet ve enkesit çivi tutma direnci

Çivi Tutma Direnci Nail Holding Strenght	Numune Sayısı Number of Specimen (N)	Aritmetik Ortalama Aritmetic Mean (x)	Standart Sapma Standard Deviation (S_d±)	Varyans Variance (S²)	Değişim Genişliği Range (R)
Enkesit Yüzey Cross-Section Surface	133	87,2406	18,1851	330,6989	51-152
Radyal Yüzey Radial Surface	133	128	24,0009	576,0413	85-227
Teğet Yüzey Tangential Surface	133	125,3383	23,2150	538,9379	70-220

3.3.6. Vida Tutma Direnci

Okaliptüs odununun vida tutma direnci ortalama 368,6743 kg olarak tespit edilmiştir. Elde edilen istatistik sonuçlara ilişkin değerler Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10: *E. camaldulensis* odununun vida tutma direnci

	Numune Sayısı Number of Specimen (N)	Aritmetik Ortalama Aritmetic Mean (x)	Standart Sapma Standard Deviation (S_d±)	Varyans Variance (S²)	Değişim Genişliği Range (R)
Vida Tutma Direnci Screw Holding Strenght	132	368,6743	56,0603	3142,75	246-506

3.3.7. Janka Sertlik Değeri

Okaliptüs odununun liflere paralel janka sertlik değeri ortalama 590,3692 kg/cm², liflere dik janka sertlik değeri ise ortalama 419,1053 kg/cm² olarak tespit edilmiştir. Elde edilen istatistik sonuçlara ilişkin değerler Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11: *E. camaldulensis* odununun janka sertlik değeri

Janka Sertlik Janka Hardness	Numune Sayısı Number of Specimen (N)	Aritmetik Ortalama Aritmetic Mean (x)	Standart Sapma Standard Deviation (S_d±)	Varyans Variance (S²)	Değişim Genişliği Range (R)
Liflere Paralel Paralel to Grain	65	590,3692	7,1214	3296,43	480-756
Liflere Dik Perpendicular to Grain	57	419,1053	58,2974	3398,58	264-541

3.3.8. Liflere Paralel Çekme Direnci

Okaliptüs odununun liflere paralel çekme direnci ortalama 443,2586 kg/cm² olarak tespit edilmiştir. Elde edilen istatistik sonuçlara ilişkin değerler Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12: *E. camaldulensis* odununun liflere paralel çekme direnci

	Numune Sayısı Number of Specimen (N)	Aritmetik Ortalama Aritmetic Mean (x)	Standart Sapma Standard Deviation (S_d±)	Varyans Variance (S²)	Değişim Genişliği Range (R)
Liflere Paralel Çekme Direnci Tension Strenght Paralel to Grain	58	443,2586	122,441	14991,8	223-638

3.4. Kimyasal Özelliklere Ait Bulgular

Okaliptüs odununun kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla holoselüloz, lignin, pentozan, kül miktarı tayini ile sıcak suda, alkol-benzende, eterde, %1’lik Sodyum Hidroksitte çözünürlük değerleri ve pH değeri tespit edilmiştir. Elde edilen istatistik sonuçlara ilişkin değerler Tablo 13’te verilmiştir.

Tablo 13. *E. camaldulensis* odununun kimyasal özellikleri

Kimyasal Özellikler Chemical Properties	Numune Sayısı Number of Specimen (N)	Aritmetik Ortalama Aritmetic Mean (x)	Standart Sapma Standard Deviation (S_d±)	Varyans Variance (S²)	Değişim Genişliği Range (R)
Holoselüloz Holoseluloz	30	71,831	1,808	3,270	67,95-74,55
Lignin Lignin	29	32,410	3,32	11,00	27,13-37,94
Pentozan Pentozan	30	6,606	1,445	2,089	4,080-9,373
Kül Miktarı Ash	30	0,447	0,102	0,010	0,270-0,639
Sıcak Suda Çözünürlük Solubility in Hot Water	30	4,417	1,444	2,086	2,498-8,673
Alkol-Benzende Çözünürlük Solubility in Alcohol-Benzene	30	9,321	0,814	0,663	7,710-10,420
Eterde Çözünürlük Solubility in Eter	30	8,420	0,753	0,567	7,350-9,880
%1’lik NaOH’te Çözünürlük Solubility in NaOH 1 %	30	15,527	1,437	2,065	14,160-19,990
Ph Değeri Ph	30	4,863	0,219	0,048	4,500-5,400

3.5. Anatomik Özelliklere Ait Bulgular

Okaliptüs odununun lif uzunluğu, lif çapı, lümen çapı, çeper kalınlığı, keçeleşme oranı, elastikiyet oranı, F faktörü, Runkel oranı ve katılık katsayısı 7-8 yaşındaki ağaçlar ile 9-10 yaşındaki ağaçlar için ayrı ayrı belirlenmiştir. 7-8 ve 9-10 yaş aralığındaki ağaçların anatomik özelliklerine ait değerler Tablo 14’te verilmiştir.

Tablo 14. *E. camaldulensis* odununun anatomik özellikleri

Anatomik Özellikler Anatomic Properties	Yaş Age	Numune Sayısı Number of Specimen (N)	Aritmetik Ortalama Aritmetic Mean (x)	Standart Sapma Standard Deviation ($S_d \pm$)	Varyans Variance (S^2)	Değişim Genişliği Range (R)
Lif Uzunluğu	7-8	175	0,7962	0,0031	0,000009	0,78-0,80
Fiber Length	9-10	140	0,8769	0,045	0,000002	0,86-0,89
Lif Çapı	7-8	156	13,8222	0,0675	0,0046	13,68-13,99
Fiber Diameter	9-10	144	15,1858	0,0503	0,025	15,08-15,00
Lümen Çapı	7-8	152	7,4139	0,0351	0,0012	7,31-7,49
Lumen Diameter	9-10	154	7,1808	0,0383	0,015	7,10-7,29
Çeper Kalınlığı	7-8	200	31,724	0,0450	0,002	31,00-32,50
Cell Wall Thickness	9-10	199	39,41	0,0528	0,003	38,50-40,40
Keçeleşme Oranı	7-8	189	57,59	0,3934	0,1548	56,30-59,90
Felting Ratio	9-10	142	57,63	0,4535	0,2057	56,00-58,80
Elastikiyet Oranı	7-8	154	53,06	1,0236	1,0478	51,00-55,30
Elasticity Ratio	9-10	171	47,73	0,9612	0,9239	45,60-49,30
F Faktörü	7-8	165	32,00	0,0547	0,0030	3,10-3,29
Flaxibility	9-10	170	39,60	0,0601	0,0036	3,87-4,07
Runkel Oranı	7-8	177	0,86	0,0474	0,0022	0,79-0,96
Runkel's Ratio	9-10	151	1,10	0,0371	0,014	1,04-1,17
Katılık Katsayısı	7-8	147	23,22	0,3435	0,1180	22,70-24,12
Rijidity Coefficient	9-10	152	26,18	0,1149	0,0132	25,32-26,36

Tablo 14 incelendiğinde bu türün 7-8 yaş ve 9-10 yaşlı bireylerinin bazı anatomik özellikleri arasında belirgin farklılıkların olduğu söylenebilir. Örneğin 7-8 yaşlı bireylerde lif uzunluğu, lif çapı, hücre çeperi kalınlığı, keçeleşme oranı, F faktörü, Runkel oranı ve katılık katsayısı gibi konulardaki değerler 9-10 yaşlı bireylerinkine göre daha düşük olduğu, bunun da yaşlılıkla odunlaşmanın artması sonucunda normal bir gelişme olabildiği söylenebilir.

4. Sonuçlar

Çalışmada elde edilen sonuçlar Tablo 15'te verilmiştir.

Ortalama pürüzlülük değerine (R_a) göre en düzgün yüzeyler sırasıyla; 3 bıçaklı ve 2 bıçaklı 10m/dk. besleme hızındaki kalınlık makinesi ve 2 bıçaklı, 5m/dk. besleme hızındaki rendeleme makinesi ile elde edilmektedir. Onları 3 bıçaklı, 5m/dk. ve 80 ve 60 numaralı zımparalama işlemi takip etmektedir. Yüzey pürüzlülük değerleri (R_a için), 3 Bıçaklı ve 10m/dk hızla rendelemde 5,914 μm , 2 Bıçaklı ve 10m/dk hızla rendelemde 6,390 μm , 2 Bıçaklı ve 5m/dk hızla rendelemde 6,481 μm , 3 Bıçaklı ve 5 m/dk hızla rendelemde 6,563 μm , 80 numaralı zımpara işleminde 8,077 μm , ve 60 numaralı zımpara işleminde 11,579 μm olarak tespit edilmiştir.

Tablo 15'teki bu türün teknolojik özellikleri incelendiğinde görüleceği üzere bu türün odunu Maden direği, Tel direği, Çit kazığı, İnşaatlarda iskele yapımı, ambalaj sandıkları yapımında kullanılabilir. Ayrıca direnç özelliklerinin yanında renk, tekstür, budaksızlık, az çalışma ve iyi cila kabul etme özelliklerinin bulunması ve düzgün (pürüzsüz) bir yüzey vermesi nedeniyle mobilyacılıkta, masa, sandalye ve mutfak dolapları yapımında kullanılabileceğini de göstermektedir. İşlenme özelliklerinin uygun olması nedeniyle tornacılıkta ve oyuncak yapımında, sertliğinin ve aşınmasının uygunluğu açısından da parke üretimine elverişli olduğu söylenebilir. Ayrıca liflerinin uzunluğu, lif çeper kalınlığı, lümen çapı, keçeleşme katsayısı, elastikiyet oranı, F faktörü ve Runkel oranı ile katılık katsayısı gibi değerlerinin uygunluğu nedeniyle de kâğıtçılıkta kullanılabilecek bir tür olduğunu göstermektedir. Ayrıca lif ve yonga levha yapımında belirli oranlarda iğne yapraklı ağaç türleri ile karıştırılarak kullanılması da uygun olabilecektir. Bunların dışında odunu, kömür üretiminde değerlendirilebileceği gibi kabuklarından ve yapraklarından ilaç ve kozmetik sanayinde, çiçeklerinden ise bal üretiminden faydalanılabilmektedir.

Tablo 15. *E. camaldulensis* odununun fiziksel, kimyasal, mekanik ve anatomik Özellikleri

Deneyle Experiments		Değer Value	Deneyle Experiments		Değer Value
Fiziksel Özellikler Physical Properties	Tam Kuru Özgöl Ağırlık Oven Dry Spesific Gravity	0,624 g/cm ³	Mekanik Özellikler Mechanical Properties	Liflere Paralel Basınç Direnci Compression Strenght Paralel to Grain	546,8 kg/cm ²
	Hava Kurusu Özgöl Ağırlık Air Dry Spesific Gravity	0,669 g/cm ³		Liflere Dik Basınç Direnci Compression Strenght Perpendicular to Grain	200 kg/cm ²
	Hacim Yoğunluk Değeri Density Value in Volume	0,505 g/cm ³		Statik Eğilme Direnci Static Bending Strenght	793 kg/cm ²
	Radyal Yönde Daralma Shrinkage in Radial Direction	% 4,7		Elastikiyet Modülü Elasticity Module	62853 kg/cm ²
	Teğet Yönde Daralma Shrinkage in Tangential Direction	% 8,5		Liflere Paralel Makaslama Direnci Shear Strenght Paralel to Grain	89 kg/cm ²
	Hacim Daralması Volumetric Shrinkage	% 11,8		Çivi Tutma Direnci Nail Holding Strenght	87 kg
	Radyal Yönde Genişleme Swelling in Radial Direction	% 6,5		Enkesit/Radyal/Teğet Cross-Section/Radial/Tangential	128 kg
	Teğet Yönde Genişleme Swelling in Tangential Direction	% 12,2		Vida Tutma Direnci Screw Holding Strenght	125 kg
	Hacim Genişleme Volumetric Swelling	% 19,4		Janka Sertlik Janka Hardness	369 kg
	Holoselüloz Holoseluloz	% 71,83		Liflere Paralel Çekme Direnci Tension Strenght Paralel to Grain	// 590 kg/cm ²
Lignin Lignin	% 32,41	Lif Uzunluğu Fiber Lenght	± 419 kg/cm ²		
Pentozan Pentozan	% 6,61	Lif Çapı Fiber Diameter	0,84 mm		
Kül Miktarı Ash	% 0,45	Lümen Çapı Lumen Diameter	14,50 µm		
Sıcak Suda Çözünürlük Solubility in Hot Water	% 4,42	Çeper Kalınlığı Cell Wall Thickness	7,30 µm		
Alkol-Benzende Çözünürlük Solubility in Alcohol-Benzene	% 9,32	Keçeleşme Oranı Felting Ratio	3,56 µm		
Eterde Çözünürlük Solubility in Eter	% 8,42	Elastikiyet Oranı Elasticity Ratio	57,61		
%1'lik NaOH'te Çözünürlük Solubility in NaOH 1 %	% 15,53	F Faktörü Flaxibility	50,40		
Ph Değeri Ph	4,86	Runkel Oranı Runkel's Ratio	35,80		
		Katlık Katsayısı Rijidity Coefficient	0,98		
Kimyasal Özellikler Chemical Properties			Anatomik Özellikler Anatomical Properties		24,70

Kaynaklar

- Anonymus, 1980. Firewood Crops, Shrub and Tree Species for Energy Production. National Academy of Sciences, 237 p.
- Anonymus, 2006. Orman Varlığımız, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, 160 s, Ankara.
- Aslan, S., E. Y. Demetçi ve R. Sözen, 1994. *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. Odununun Bazı Anatomik, Kimyasal ve Teknolojik Özelliklerinin Tespiti Üzerine Araştırmalar. TÜBİTAK Projesi, Proje No: TOAG-874, 144s.
- ASTM-D 1761, 1977. Standard Test Methods for Mechanical Fasteners in Wood, ASTM International.
- İlter, E. ve Ö.D. Balkız, 2005, Okalıptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn) Odununun Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Belirlenmesi. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No:283, ISSN 1302-9452, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın No:280, 56s, Ankara.
- Kaplan, E, 2006. Türkiye'de Orman Ürünleri Arz-Talebi ve Endüstriyel Plantasyonların Önemi, Orman Mühendisliği Dergisi, Orman Mühendisleri Odası, Yıl:43, Sayı:7-8-9, Ankara.
- TS 2471, 1976. Odunda, Fiziksel ve Mekaniksel Deneyle İçin Rutubet Miktarı Tayini, TSE, 8s, Ankara.
- TS 2472, 1976. Odunda, Fiziksel ve Mekaniksel Deneyle İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini, TSE, 8s, Ankara.
- TS 2473, 1976. Odunun Liflere Dik Doğrultuda Basınçta Denenmesi, TSE, 8s, Ankara.
- TS 2474, 1976. Odunun Statik Eğilme Dayanımının Tayini, TSE, 4s, Ankara.
- TS 2475, 1976. Odunda Liflere Paralel Doğrultuda Çekme Gerilmesinin Tayini, TSE, 8s, Ankara.

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

- TS 2478, 1976. Odunun Statik Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini, TSE, 8s, Ankara.
- TS 2479, 1976. Odunun Statik Sertliğinin Tayini, TSE, 4s, Ankara.
- TS 2595, 1977. Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımı Tayini, TSE, 4s, Ankara.
- TS 3459, 1980. Odunda Liflere Paralel Doğrultuda Makaslama Dayanımının Tayini, TSE, 4s, Ankara.
- TS 4083, 1983. Odunda Radyal ve Teğet Doğrultuda Çekmenin Tayini, TSE, 4s, Ankara.
- TS 4084, 1983. Odunda Radyal ve Teğet Doğrultuda Şişmenin Tayini, TSE, 4s, Ankara.
- TS 4085, 1983. Odunda Hacimsel Çekmenin Tayini, TSE, 5s, Ankara.
- TS 4086, 1983. Odunda Hacimsel Şişmenin Tayini, TSE, 5s, Ankara.
- TS 4430, 1985. Odun- Kimyasal Deneylede Kullanılan Numunelerin Hazırlanması, TSE, 4s, Ankara.
- TS 4431, 1985. Odun- Holoselüloz Tayini, TSE, 7s, Ankara.
- TS 4432, 1985. Odun- Kül Tayini, TSE, 5s, Ankara.
- TS 4451, 1985. Odun- Ekstraktiflerinden Arındırılması, TSE, 5s, Ankara.
- TS 4497, 1985. Odun- Lignin Tayini, TSE, 6s, Ankara.
- TS 4567, 1985. Odun- Suda Çözünen Maddenin Tayini, TSE, 5s, Ankara.
- TS 4568, 1985. Odun- Alkol-Benzende Çözünen Maddenin Tayini, TSE, 5s, Ankara.
- TS 4569, 1985. Odun- Eterde Çözünen Maddenin Tayini, TSE, 5s, Ankara.
- TS 4570, 1985. Odun- % 1'lik Sodyum Hidroksitte Çözünen Maddenin Tayini, TSE, 5s, Ankara.
- TS 4640, 1985. Odun- Pentozan Tayini, TSE, 7s, Ankara.
- TS 6094, 1988. Odun-Çivi Sökme Mukavemetinin Tayini, TSE, 5s, Ankara.
- TS 6212 EN ISO 4288, 1999. Mamulün Geometrik Özellikleri (GPS)- Yüzey Yapısı: Profil Metodu- Yüzey Yapısının Değerlendirilmesi İçin Kurallar ve İşlemler, TSE, 10s, Ankara.

Adana, Osmaniye ve Hatay’da Okaliptüs Ağaçlarında *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae), Dağılımı, Zarar Durumu ve Dayanıklı Çeşitlerin Tespiti

Miktat DOĞANLAR¹ Abdurrahman YİĞİT¹ Oğuzhan DOĞANLAR²

¹ Mikdat Doğanlar, Prof.Dr., MKÜ, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Böl., Antakya-Hatay, doganlar@mku.edu.tr

² Abdurrahman Yiğit, Prof.Dr., MKÜ, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Böl., Antakya-Hatay, ayigit@mku.edu.tr

³ Oğuzhan Doğanlar, Yrd.Doç.Dr., Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir, doganlar@yahoo.com.tr

Özet

Büyük bir ekonomik öneme sahip olan okaliptüs ağaçlarında son yıllarda Türkiye’de zararlara neden olan Okaliptüs gal arısı, *Leptocybe invasa* Fisher and La Salle 2004 bulunmuştur. Bu zararlı böcek ülkemizde okaliptüs üretilen bütün yörelerde görülmektedir. Bu zararlının Adana, Osmaniye ve Hatay illerinde dağılım oranları ve ekonomik önemini belirlemek, ayrıca üretimde kullanılabilir dayanıklı çeşitlerin tespiti amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda sözkonusu zararlı böcek Hatay ve Osmaniye’deki kamu fidanlıkları ile Antakya-Fidanlı Köyü ve Adana-Kozan’daki özel fidanlıkların % 70-80 düzeylerinde bulaşık olduğu belirlenmiştir. Bu böceğin yeni dikilen fidanlarda, 3-4 yaşlı genç ağaçlarda ve hasat (kesim) sonrası gelişen sürgünlerde yaptığı zararlar çok yüksek düzeylerde olup, özellikle yeni çıkan sürgünlerde %100’e varan enfeksiyonlar oluşturmaktadır. Bunun sonucunda ağaçların gelişmedikleri ve hatta kurudukları tespit edilmiştir. Üretim alanlarında bazı ağaçların zararlı tarafından tercih edilmediği, özellikle yumurta bırakmak üzere sürgünlerine ovipozitörünü soktuğu, ancak 1-2 yumurta bıraktıktan sonra ağacı terk ettiği belirlenmiştir. Bu ağaçların diğerlerine göre daha iyi geliştiği tespit edilmiştir. Bu ağaçlar kendi aralarında “dayanıklı” ve “tolerant” bitkiler olarak iki grup altında toplanıp işaretlenmiştir. Bunlardan iyi gelişenler ve odun özellikleri iyi olanların klon veya doku kültürü yöntemleriyle üretilerek bu zararlı ile mücadelede kullanılabilirliği değerlendirilmektedir.

Anahtar kelimeler: Okaliptüs, *Leptocybe invasa*, zarar durumu, dayanıklı çeşitler

The distribution range and pest status of Eucalyptus gal wasp, *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae), and observations on resistant varieties to the pest in Adana, Osmaniye and Hatay provinces

Abstract

The eucalyptus gal wasp, *Leptocybe invasa* Fisher and LaSalle 2004, causing severe damage were recently found on eucalyptus trees having great economical importance in Turkey. The pest distributed on all eucalyptus planted areas in Turkey. The distribution range, pest status of *L. invasa* and the tolerant and resistant varieties against this pest were determined in Adana, Osmaniye and Hatay provinces. In Hatay and Osmaniye state plantations, Antakya-Fidanlı village, Adana-Kozan private plantations, the infestation rates were found between 70% and 80%. The high damage were occurred by this pest on 3-4 years old young trees, especially on newly growing shoots, and the damage reached to approximately 100% on young shoots. Due to this kind of damage the trees were not amply grown and in fact they dried out in many cases. It was observed that some eucalyptus trees were not preferred by the pest. It was observed that *L. invasa* penetrated its ovipositor into epidermis of eucalyptus leaves and laying only 1-2 eggs and then left the plant surface of these unpreferable varieties. Development of these trees was determined to be better compared to other pest-preferred varieties. They were separated into two groups as “tolerant” and “sensitive”, and were labeled accordingly. The labeled tolerant trees should be used as a source of breeding materials for seedling propagation by the ways of tissue culture and/or cloning.

Key words: Eucalyptus, *Leptocybe invasa*, pest status, resistant varieties.

1. Giriş

Türkiye’de Akdeniz ve Ege bölgelerinde ekonomik amaçla 7 842 ha alanda devlet ve 7 842 ha’da özel sektör kuruluşları tarafından olmak üzere toplam 13 505 ha alanda okaliptüs ağacı yetiştirilmektedir (Gürses, 1990). Ülkemizde 1939 yılından beri yetiştirilmekte olan bu bitkiden, önce demiryolu traversleri ve köprü yapımı için, daha sonra kâğıt sanayinin hammaddesi olan selüloz başta olmak üzere çeşitli amaçlarla değişik orman ürünleri elde edilmektedir (Gül Baba, 1990). Öte yandan son yıllarda okaliptüs ağacının enerji amaçlı üretimi, uçucu yağlarından yararlanılması ve doğal arıtımda kullanılabilmesi, okaliptüsü dikkatleri üzerine çeken bir bitki konumuna getirmiştir.

Chalcidoidea (Hymenoptera) üstfamilyasına giren Eulophidae familyasının Tetrastichinae alt familyasındaki bazı türleri bitkilerde gal oluşumuna neden olmaktadır (La Salle, 2005). Bu türler konukçu bitkilerinin yaprak, sürgün, çiçek tomurcukları ve hatta tohumlarında gal oluşturmaktadır. Ancak son yıllarda Avustralya'daki gal oluşturan eulophid türlerinden bazıları burada zarar oluşturmazken, dünyanın diğer yörelerinde okaliptüs ağaçlarında salgınlara neden olan zararlılar durumuna gelmiştir (Boucek, 1988; Graham, 1987; 1991; Mendel *et al.* 2004; La Salle, 2005; Doğanlar, 2005; Doğanlar, 2007).

Türkiye'ye 2000'li yıllarda girerek, okaliptüs ağaçlarının sürgünlerinde, büyüme noktasında ve yaprak damarlarında larvalarının beslenmesi sonucunda galler oluşturan Okaliptüs gal arısı, *Leptocybe invasa* Fisher and LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) bütün okaliptüs yetiştirilen alanlara yayılmıştır. Bu zararlı böcek fidan üretimini, yeni plantasyonların tesisini ve kesim sonrası yeni sürgünlerin gelişimini engellemektedir (Aytar, 2003; Doğanlar, 2005; Doğanlar, 2007). Doğanlar (2007) Türkiye'de okaliptüs ağaçlarında belirlenen zararlı hymenopter'ler, tanımları, zarar şekilleri, biyolojileri, ekonomik önemleri ve mücadele yöntemleri ile ilgili bilgiler vermiştir.

Bu çalışma ile söz konusu zararlının Adana, Osmaniye ve Hatay illeri okaliptüs üretim sahalarında dağılımı, zarar durumu ve entegre mücadele imkanları araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma 2007 yılında Adana, Osmaniye ve Hatay illerinin okaliptüs (*Eucalyptus* spp.) üretim alanlarında yürütülmüştür. Çalışmada sözkonusu bitkinin özellikle olgun yapraklarındaki galler ele alınmış ve bunlardan elde edilen zararlı *L. invasa* ile parazitoidleri incelenmiştir. Zararlı ile ilgili çalışmalar doğada ve Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü laboratuvarlarında yürütülmüştür.

2.1. Zararlının dağılış durumu

Leptocybe invasa'nın yukarıda belirtilen üç ildeki dağılış durumunu belirlemek için okaliptüs alanlarında örneklemeler yapılmıştır. Bu amaçla Adana İli'nde Merkez (3 yer), Yakapınar, Ceyhan, İmamoğlu (2 yer), Kozan (2 yer)'da olmak üzere 10 yerde, 25-47 ağaçtan oluşan örneklem birimlerinde; Osmaniye İli'nde Merkez, Orhaniye, Kadirli (3 yer), Düziçi'nde olmak üzere 6 yörede yapılan sayımlarda 35-148 ağaçtan oluşan örneklem birimlerinde ve Hatay İli'nde ise Antakya, Kırıkhan, Kumlu, Samandağ, Reyhanlı, Hassa ve Yayladağ'daki okaliptüs üretim alanlarında incelemeler yapılmış; zararlı ile bulaşık ağaç oranları belirlenmiştir. Ayrıca örneklenen alanlarda rastlanan diğer bir zararlı, *Ophelimus maskelli* (Hymenoptera: Eulophidae) ile bulaşık ağaçlar da kaydedilmiştir.

2.2. *Leptocybe invasa*'nın zarar durumunun belirlenmesi

Kırıkhan (Hatay)'daki Tokluca üretim sahasında 4 yıllık ağaçlarda yapılmıştır. Bunun için 5'er ayrı sırada kuru şartlarında 96 ağaç ve sululu yetiştirme şartlarında 134 ağaç olmak üzere toplam 230 ağaç *L. invasa* ile bulaşma yönünden incelenmiştir. Ayrıca Kumlu-Hatay'daki Haceraslı üretim sahasında kesim sonrası oluşan sürgünlerde *L. invasa*'nın bulaşma durumu belirlenmiştir.

Belirtilen yerlerde zararlının ağaçlardaki bulaşma durumu, bulaşma şekli ve bunun büyümeye etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla kuru ve sululu şartlarda parseller alınarak, bunlarda sözkonusu zararlıya "hassas" (yoğun bulaşık), "orta" (orta düzeyde bulaşık) ve "dayanıklı" (bulaşık olmayan) olarak belirlenen 3-6'şar ağaçta ölçümler yapılmıştır. Bunun için aynı yılda dikilmiş ve aynı bakım şartlarında gelişen ağaçlarda kök boğazından 0-0,15 m ve 0,5 m yükseklikte gövde çapı (cm) ve bitki boyu (m) ölçümleri yapılmıştır. Bunlar kendi aralarında karşılaştırılmıştır.

2.3. Zararlı ile entegre mücadele imkânları

Yukarıda belirtilen sahalardan alınan örnekler laboratuvara getirilmiş ve her birinde yaklaşık 100'er bulaşık yaprak bulunacak şekilde 50x28 cm boyutundaki plastik torbalara yerleştirilerek kültüre alınmıştır. Torbalardaki fazla rutubetin alınması için galli okaliptüs yaprakları kurutma kâğıtlarına sarılmıştır. Günlük olarak torbaların uç kısmında toplanan erginler alınarak % 70'lik alkol içinde muhafaza edilmiştir. Daha sonra mikroskop altında örneklerin teşhisi yapılmıştır. Bölgede doğal düşman varlığı da belirlenmiştir.

Örnekleme yapılan alanlarda *L. invasa* zararı görülmeyen, bu zararlı böcek ile entegre mücadelede yararlanılabilecek dayanıklı ağaçlar ve bunları sözkonusu zararlının tercih etmeme durumu belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla hassas ve dayanıklı olduğu gözlenen ağaçlarda 25'şer yeni sürgün Mayıs-2007 başlarında alınarak stereo-mikroskop altında incelenmiş; yumurta bırakılan ve bırakılmayan sürgünler belirlenmiştir.

3. Sonuçlar ve Tartışma

3.1. Zararının dağılışı durumu

Adana İline bağlı 10 yöredeki örnekleme birimlerinde incelenen toplam 353 ağacın büyük bir çoğunluğunda (%65,72) *L. invasa* galeri bulunurken, 21 ağaçta zararlı böcek olmadığı belirlenmiştir (Tablo 1).

Osmaniye ilinde 6 yöredeki örnekleme birimlerinde incelenen toplam 366 ağacın *L. invasa* ile bulaşma oranı ortalama %38,80 olarak bulunmuştur. Bu ilin Kadirli-Merkez ve Aydınlı beldesinde *L. invasa* en yüksek düzeyde (%80,1) bulunurken, diğer yörelerde bulaşma durumunun % 50 ve daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu yörede zararlı böcek olmayan ve "dayanıklı" olarak kabul edilebilecek ağaç oldukça fazladır (Tablo 1). Bunun nedeni olarak bu yörelerin bir kısmına böceğin yeni girmeye başladığı, Merkez ilçe ile Düziçi ilçesine zararlının henüz erişemediği veya bu yörelerde zararlının biyolojisini tamamlayabilmesi için muhtemelen iklimin uygun olmadığı değerlendirilmektedir. Bu nedenle bu yörede gözlemlerin devam etmesi gerekmektedir.

Hatay İli'nde ise Hassa, Altınözü ve Yayladağı dışında diğer yerlerde zararlının bulunduğu ve özellikle genç ağaçlarda zararlar yaptığı tespit edilmiştir.

3.2. *Leptocybe invasa*'nın zarar durumu

Kırıkhan (Hatay)'daki Tokluca üretim alanında kuru yetiştirme şartlarındaki parsellerde *L. invasa* bulaşıklığı belirlenen ağaçlar bütün ağaçların %52,4-74,2'sini oluşturmuş, ağaçların %25,8-47,6'sında ise bu zararlıya rastlanmamıştır. Sulu yetiştirme şartlarında ise ağaçların parsellere göre % 48,1-75,0'inde *L. invasa* bulunurken, % 25,0-51,8'inde bu zararlıya rastlanmamıştır (Tablo 2). Bu sonuçlara göre zararlının her iki şartta da bulaşma oluşturduğu belirlenmiştir. Özellikle kuru şartlarda *L. invasa* bulaştığında ağaç gelişmemekte ve bodur kalmaktadır (Şekil 1). Yapılan çalışmada üretim alanında ağaçların ortalama % 47,17±5,94'ünde gelişim geriliği belirlenmiş ve bu farklılık diğer faktörlerden istatistiki olarak da ayrılmıştır (Tablo 2). Yoğun bulaşmalarda, ağaçların ilk 2-3 yılda yeterli düzeyde su bulduğu takdirde normal gelişme gösterebildikleri ve söz konusu zararlıdan fazla etkilenmedikleri görülmektedir (Şekil 2). Sulu şartlarda üretim yapılan alanlarda ağaçların ortalama %45,98±3,59'u 3 metreden daha fazla boylanmış ve zarardan çok etkilenmemiştir (Tablo 2).



Şekil 1. *L. invasa* zararına uğramış okaliptüs ağacı (kuru şartlarda).



Şekil 2. Sulu şartlarda iyi gelişen *L. invasa*'lı bir okaliptüs ağacı.

Tablo 1. Adana ve Osmaniye illerinde 2007 yılında değişik örnekleme yerlerindeki okaliptüs alanlarında *Leptocybe invasa*'nın bulaşma durumu

Örnekleme Yeri	L. invasa ile bulaşık		Yalnız O. mzskelesi		Dayanıklı		Toplam	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
Adana								
M.Topal I.O.ve çevresi	32	94.1	0	0.0	2	5.9	34	
H.I. Özalaban koruluğu	14	53.8	11	42.3	1	3.8	26	
İncirlik (Tigem)	39	83.0	7	14.9	1	2.1	47	
Yakapınar (mezarlık)	16	59.3	7	25.9	4	14.8	27	
Çakaldere- Yakapınar	10	31.3	20	62.5	2	6.3	32	
Ceyhan-Yılankale karşısı	34	70.8	11	22.9	3	6.3	48	
Sançam-İmamoğlu	7	15.6	38	84.4	0	0.0	45	
İmamoğlu	25	100.0	0	0.0	0	0.0	25	
Kozan (giriş)	23	79.3	3	10.3	3	10.3	29	
Kayhan Köyü-Kozan	32	80.0	3	7.5	5	12.5	40	
Toplam/ ortalama	232	65.7	100	28.3	21	5.9	353	
Osmaniye								
Çukurköprü-Kadirli	25	58.1	13	30.2	5	11.6	43	
Aydınlar-Kadirli	29	82.9	1	2.9	5	14.3	35	
Kadirli-DSİ yanı	35	79.5	2	4.5	7	15.9	44	
Orhaniye	11	28.2	0	0.0	28	71.8	39	
Düzüçü	17	11.5	0	0.0	131	88.5	148	
Osmaniye – Merkez	25	43.9	13	22.8	19	33.3	57	
Toplam/ ortalama	142	38.8	29	7.9	195	53.3	366	

Tablo 2. Kırıkhan (Hatay)-Tokluca üretim sahasında 2007 yılında okaliptüs ağaçlardaki *Leptocybe invasa*'nın bulaşma oranı ve bulaşıklığın gelişmeye etkisi

Kuru	Ağaç Bulaşıklık Durumu (%)				Toplam Ağaç
	<3m	>3m	böceksiz	deforme	Adet
	57.1	0.0	38.1	4.8	21
	42.9	9.5	28.6	19.0	21
	52.9	11.8	35.3	0.0	17
	25.8	48.4	22.6	3.2	31
	57.1	9.5	33.3	0.0	21
Sulu	14.8	33.3	48.1	3.7	27
	18.5	44.4	37.0	0.0	27
	28.6	46.4	21.4	3.6	28
	15.4	53.8	30.8	0.0	26
	14.8	51.9	29.6	3.7	27
Duncan Test (p≤0.05)					
ANOVA	$F_{kuru}=10.642$	sd=3;19	$P_{kuru}=0.0004$		
	$F_{sulu}=35.432$	sd=3;19	$P_{sulu}=0.0001$		
	<3m	>3m	böceksiz	deforme	
Kuru	47.17±5.94	15.83±8.36	31.57±2.73	5.40±3.53	
	a	c	b	d	
Sulu	18.42±2.62	45.98±3.59	33.40±4.44	2.19±0.89	
	bc	a	ab	c	

Kumlu (Hatay)'daki Haceraslı üretim sahasında kesim sonrası oluşan sürgünlerde de benzer sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 3). Yeni sürgünlerde *L. invasa* bulaşması *O. maskelli*'ye göre çok daha fazla olmuştur. Bu sürgünlerdeki zararın daha çok *L. invasa* nedeniyle olduğu ve bulaşık sürgünlerin gelişemediği gözlenmiştir (Şekil 3). Bu nedenle söz konusu yörede *L. invasa*'nın ileriki yıllarda bulaşma durumunun göz ardı edilmemesi gerekir. Ayrıca *O. maskelli*'nin ağaçların gelişimine olan etkilerinin incelenmesinde yarar vardır. Mendel *et al.* (2004) de *L. invasa*'nın kesim sonrası oluşan sürgünlerde ve yeni tesis edilen okaliptüs alanlarında yaprak ve sürgün gelişimini önemli düzeyde olumsuz yönde etkilediğini ve bu ağaçları büyük ölçüde zayıflattığını belirtmektedirler.

Tablo 3. Haceraslı-Kumlu (Hatay)'da 2007 yılında okaliptüs ağaçlarında kesim sonrası oluşan sürgünlerde *L. invasa*'nın bulaşma durumu

Ağacın durumu	Sıralar	<i>L. invasa</i>	<i>O. maskelli</i>	Dayanıklı	Toplam
1.yıl sürgünleri	1	33	5	13	51
	2	17	1	14	32
	Toplam	50	6	27	83
3.yıl sürgünleri	1	31	3	22	56
	2	28	2	17	47
	Toplam	59	5	39	103
Genel Toplam		109	11	66	186



Şekil 3. Kumlu (Hatay)'daki Haceraslı okaliptüs üretim alanında kesim sonrası oluşan sürgünlerde *L. invasa* zararı.

Kırıkhan (Hatay)-Tokluca üretim alanında 4 yıllık sürede farklı düzeylerde *L. invasa* enfeksiyonundan etkilenen sulu ve kuru şartlarda yetiştirilen ağaçlarda belirlenen gelişme durumu incelendiğinde, kök boğazı çevresinde kuru şartlarda dayanıklı çeşitlerde gövde çapı ortalama 9,08 (6,5-12) cm ve 0,5 m yükseklikteki çap ise 7,33 (5,0-9,5) cm arasında değişirken; hassas çeşitlerde bu ölçümler sırasıyla 4,16 (3,0-5,5) ve 2,91 (2,0-3,5) cm arasında kalmıştır. Orta düzeyde enfeksiyona maruz kalmış ağaçların gelişimi dayanıklı çeşitlere yakın bulunmuştur. Bununla birlikte zarar sonucu ağaçların boylanmaları da etkilenmiş; dayanıklı çeşitler 5 m yüksekliğe erişirken, hassas olanların boyu ancak 2 m civarında kalmıştır.

Sulu şartlarda ise dayanıklı ve orta düzeyde enfeksiyona maruz kalmış ağaçlar ile hassas çeşitlerdeki kök boğazı ve 0,5 m yüksekliklerdeki çapları arasında fazla bir fark görülmemiş; bununla birlikte hassas çeşitlerin hem boyları kısa kalmış, hem de gövdeleri çatallanarak şekilleri bozulmuştur (Tablo 4).

Tablo 4. Kırıkhan-Tokluca üretim sahasında 4 yıllık sürede farklı düzeylerde *L. invasa* enfeksiyonundan etkilenen sulu ve kuru şartlarda yetiştirilen okaliptüs ağaçlarında 2007 yılında belirlenen gelişme durumu

Bulaşma durumu	Gelişme durumu [yerden yükseklik (m)-çap(cm)]		
	0-0,15 m (cm)	0.5 m (cm)	Ağaç boyu (m)
Kuru şartlarda*			
Dayanıklı	9,08 a (6,5-12,0)**	7,33 a (5,0-9,5)	4,93 a (3,0-7,0)
Orta	8,07 a (6,0-10,0)	6,07 a (4,5-8,0)	4,26 a (2,8-6)
Hassas	4,16 b (3,0-5,5)	2,91 b (2,0-3,5)	1,99 b (1,7-2,2)
Sulu şartlarda			
Dayanıklı	9,33 a (7,0-12,0)	6,83 a (5,5-9,0)	5,60 a (4,0-7,0)
Orta	6,40 a (5,6-8,0)	6,00 a (4,0-8,0)	4,33 a (3,0-5,0)
Hassas	6,00 a (5,0-7,0)	3,60 a (2,5-5,0)	2,10 b (2,0-2,3)

*) Aynı sütunda aynı harfi alan ortalamalar arasındaki fark, Duncan testi (0.05)'ne testine göre önemli bulunmamıştır.

**) Parantez içerisinde en düşük ve en yüksek değerler bildirilmiştir.

Öte yandan aynı duyarlılıktaki çeşitlerin kuru veya sulu şartlarda yetiştirilmiş olması, *L. invasa* zarar düzeyini genellikle etkilememektedir (Tablo 5).

3.3. Zararlı ile entegre mücadele imkânları

Adana, Osmaniye ve Hatay'da örnekleme yapılan yörelerde doğal düşman olarak *Megastigmus* sp. (Hymenoptera: Torymidae) bulunmuş; Eylül-Ekim aylarında alınan örneklerde parazitlenme oranları %5 ve daha düşük olarak belirlenmiştir. Gelecekte bu parazitoit böceğin etki düzeyini etkileyen faktörlerin araştırılması gerekir.

Zararlının türe özgü, Avustralya orijinli 2 *Megastigmus* türü ile bir *Aprostocetus* ve bir *Quadrasthicus* türü Avustralya'dan getirilerek İsrail'e yerleştirilmiş olup, *L. invasa* populasyonlarını önemli düzeyde kontrol ettikleri Prof. Zvi Mendel tarafından bildirilmektedir (Mendel, 2008). Bunlardan bir *Megastigmus* türü galli yapraklar içerisinde temin edilerek laboratuvarında üretim çalışmalarına başlanmıştır. Çalışmalar devam etmektedir.

Tablo 5. Kırıkhan (Hatay)-Tokluca üretim sahasında 4 yıllık sürede farklı düzeylerde *L. invasa* enfeksiyonundan etkilenen sulu ve kuru şartlarda yetiştirilen okaliptüs ağaçlarında 2007 yılında belirlenen gelişme durumu

Bulaşma durumu	Gelişme durumu [yerden yükseklik (m)-çap(cm)]		
	0-0,15m (cm)	0.5 m (cm)	Ağaç boyu (m)
Dayanıklı*			
Kuru	9,08 a	7,33 a	4,93 a
Sulu	9,33 a	6,83 a	5,60 a
Orta			
Kuru	8,07 a	6,07 a	4,26 a
Sulu	6,40 a	6,00 a	4,33 a
Hassas			
Kuru	4,16 a	2,91 a	1,99 a
Sulu	6,00 b	3,60 a	2,10 a

*) Çeşitlere göre aynı sütunda aynı harf alan ortalamalar arasındaki fark, t - testi (0.05)'ne göre önemli bulunmamıştır.

Öte yandan çalışmaların yapıldığı alanlarda zararlının bulaşmadığı, “dayanıklı” olarak tanımlanabilecek olan ağaçlar belirlenmiştir (Şekil 4). Bu ağaçlardan hassas olanların % 100'ünde her bir yaprak ana damarına iki sıra halinde 15-20 yumurta bıraktığı tespit edilirken, dayanıklı olanların sadece %12'sinde zararlının 1-2 yumurta bıraktığı, ancak bu yumurtalardan larvaların çıkmaması nedeniyle gallerin oluşmadığı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak dayanıklı ağaçların çeşit olarak belirlenip muhafaza edilmesi, bunlardan fidan üretiminde iyi gelişenler ve odun özellikleri iyi olanların klon veya doku kültürü yöntemleriyle üretilerek bu zararlı ile mücadelede kullanılması gerekmektedir. Bu arada parazitoitlerinin çoğaltılarak doğada populasyonlarının desteklenme işlemleri *L. invasa* ile entegre mücadelede kullanılmaları yararlı olacaktır.



Şekil 4. *L. invasa* zararına dayanıklı bir okaliptüs ağacı.

4. Kaynaklar

- Aytar, F., 2003. Natural biology, distribution and control method of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hym., Eulophidae), Eucalyptus Gall Wasp in Turkey. *DOA Dergisi (Journal of DOA)*. 9: 47-66.
- Boucek, Z., 1988. Australasian Chalcidoidea (Hymenoptera). A biosystematics revision of genera of fourteen families, with a reclassification of species. CAB International, Wallingford, Oxon, U.K., Cambrian News Ltd. Aberystwyth, Wales.
- Doğanlar, O., 2005. Occurrence of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle, 2004 (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eulophidae) on *Eucalyptus camaldulensis* in Turkey, with description of the male sex. *Zoology in the Middle East*, 35: 112-114.
- Doğanlar, M., 2007. Türkiye’de Okaliptüs Ağaçlarında Saptanan Zararlı Hymenopter’ler, Tanımları, Zarar Şekilleri, Biyolojileri, Ekonomik Önemleri ve Mücadele Yöntemleri. Proceedings of International Symposium, Bottlenecks, Solutions, and Priorities in the Context of Functions of Forest Resources. The 150th Anniversary of Forestry Education in Turkey, October 17-19, 2007, İstanbul. pp. 635-645.
- Eldridge, K.G., J. Davidson, C.E. Harwood, and G. van Wyk, 1993. Eucalypt Domestication and Breeding. Clarendon Press, Oxford.
- FAO, 1980. Genetic Resources of Tree Species in Arid and Semi-arid Areas. A survey for the improvement of rural living in Latin America, India and Southwest Asia. http://www.fao.org/sd/dim_kn1/kn1_060202_en.htm.
- Gülbaba, G., 1990. Okaliptüs yapraklarından elde edilen eterik yağlar, kullanım yerleri ve yaprak işletmeciliği. Türkiye’de Okaliptüs yetiştiriciliğinin 50. yılı, *Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Ar. Ens. Dergisi*. 1: 51-64.
- Gürses, M. K., 1990. Dünyada ve Türkiye’de okaliptüs. Türkiye’de Okaliptüs yetiştiriciliğinin 50. yılı, *Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 1: 1-20.
- Graham, M.W.R. de V., 1987. A reclassification of the European Tetrastichinae (Hymenoptera:Eulophidae), with a revision of certain genera. *Bulletin of the British Museum (Natural History)Entomology series*, 55 (1): 1-392.
- Graham, M.W.R. de V., 1991. A reclassification of the European Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae): revision of the remaining genera. *Memoirs of the American Entomological Institute* 49: 297
- La Salle, J., 2005. Biology of gall inducers and evolution of gall induction in Chalcidoidea (Hymenoptera: Eulophidae, Eurytomidae, Pteromalidae, Tanaostigmatidae, Torymidae) In:Raman, A., Schaeffer, C.W. & Withers, T.M. (Eds.), *Biology, Ecology, and Evolution of Gall- inducing Arthropods*. Science Pub., Inc., USA.
- Mendel, Z., A. Protasov, N. Fisher, and J. La Salle, 2004. The taxonomy and natural history of *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) gen. & sp. nov., an invasive gall inducer on Eucalyptus. *Australian Journal of Entomology*, 43: 101-113.
- Mendel, Z. 2008. Şahsi görüşme. Department of Entomology, Agricultural Research Organization, The Volcani Center, Bet Dagan 50250- İsrail.

Okaliptüs Ağaçlarında Zararlı Okaliptüs Gal Arısı, *Leptocybe invasa* Fisher ve La Salle, 2004 (*Hymenoptera: Eulophidae*)'a Dayanıklı ve Hassas Okaliptüs Çeşitlerinin Kimyasal Analizleri ve Bunların Karşılaştırılması

Öznur ÖZDEN¹ Keriman GÜNAYDIN² Oğuzhan DOĞANLAR³

¹Yard. Doç. Dr. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Bahçeköy-İstanbul, ozdeno@istanbuliedu.tr

² Prof. Dr. İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Bayazıt-İstanbul, gunaydin@istanbul.edu.tr,

³ Yard. Doç. Dr. Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir, doganlar@yahoo.com.tr

Özet

Okaliptüs gal arısı *Leptocybe invasa* Fisher and La Salle, 2004, okaliptüs ağaçlarında önemli düzeyde zarar oluşturan bir zararlıdır. Ülkemizde ilk defa 2000 yılında belirlenen bu zararlı, popülasyonunu hızla artırmış ve okaliptüs üretilen bütün yörelere bulaşmıştır. Ülkemiz koşullarında 3-4 yaşlı genç ağaçlarda ve hasat sonrası gelişen sürgünlerde yaptığı zararlar çok yüksek düzeylerde olup özellikle yeni çıkan sürgünlerde % 100'e varan enfeksiyonlar oluşturmaktadır. Bunun sonucunda ağaçların gelişmedikleri hatta kurudukları tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda; Antakya ve Tarsus-Karabucak üretim sahalarında bazı ağaçların zararlı tarafından tercih edilmediği, bu ağaçların diğerlerine göre daha iyi ve normal şekilde geliştiği saptanmıştır. Bu ağaçlardan ve zararlıının bulunduğu hassas ağaçlardan alınan yaprak ve sürgünlerden uçucu yağlar su damıtması yöntemi ile elde edilmiştir ve analizleri GC-MS ile yapılmıştır. Antakya'da yetişen dayanıklı ağaçlarda Phenol,5-metyl-2-isopropyl, Cis-Z-σ-Bisabolene epoxide, Carophylene oxide, (-) Spathulenol, (+) Spathulenol, Isoaromadrene, bulunurken hassas çeşitlerde bu maddeler bulunmamaktadır. Bunun aksine hassas çeşitlerde Citronellyl acetate, Terpinolene, Cis-sabinol, Veridiflorol,, Globulol, σ-eudesmol, bulunmaktadır. Bu sonuçlara göre dayanıklı çeşitlerin en azından yukarıda belirtilen kimyasal maddeler yönünden farklı oldukları, ileride yapılacak melezlemelerde anaç olarak kullanıldıklarında *Leptocybe invasa*'ya dayanıklı üretim materyallerinin elde edilmesinde kullanılabilecekleri sonucuna varılmıştır. Çalışma ile ayrıca dayanıklılıkta rol alması muhtemel olan diğer kimyasallar da belirlenmiştir. Diğer taraftan yukarıda dayanıklı çeşitlerde tespit edilen kimyasallardan, fenolik bileşikler sentetik olarak üretilip hassas ağaçlar üzerine uygulanarak zararlı tarafından tercih edilmeme özelliği oluşturmada denenebileceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Okaliptüs, *Leptocybe invasa*, dayanıklı çeşitler, uçucu yağlar

Abstract

The *Eucalyptus* gal wasp, *Leptocybe invasa* Fisher and La Salle, 2004, is an important pest on *Eucalyptus* trees with occurred heavy damage. In Turkey, the pest were firstly determined in 2000 commonly distributed all *Eucalyptus* planted area and infested them. Under Turkey condition the young trees, 3-4 years old, and their new twigs were seriously damaged by the pest, and the % 100 infections were observed on new twig. It was determined that, the damaged tree can not be grown and finally may die. In our studies, the some *Eucalyptus* trees were not preferred by the pest in Antakya and Tarsus- Karabucak *Eucalyptus* planted area. The well and normally developing trees were compared with the other infected tree. The essential oils were obtained by the distillation methods from leaves and twigs collected tolerant and infected sensitive plants and analyzed by GC-MS. While the Phenol,5-metyl-2-isopropyl, Cis-Z-σ-Bisabolene epoxide, Carophylene oxide, (-) Spathulenol, (+) Spathulenol, Isoaromadrene were found in the tolerant trees growing in Antakya, they were not determined in sensitive varieties. The Citronellyl acetate, Terpinolene, Cis-sabinol, Veridiflorol,, Globulol, σ-eudesmol were found in only sensitive varieties.

Key words: *Eucalyptus*, *Leptocybe invasa*, tolerant and infected sensitive plants, essential oils

1. Giriş

Anayurdu Avustralya olan okaliptüsler Mersingiller familyasından, yetiştirilmeleri kolay, 60-70 metre boya ulaşabilen ağaçlardır. ve 19. yüzyıldan sonra Güney Avrupa, Cezayir, Mısır, Nepal, Hindistan, Amerika Birleşik Devletleri (özellikle Kaliforniya eyaleti), Türkiye gibi dünyanın sulak ve ılıman bir çok bölgesinde yetiştirilmeye başlamıştır (Gökçe ve Karlıkaya, 2002). Ortadoğu'da ve Kuzey Afrika'da düşük rakımda kurak ve yarı kurak topraklarda ağaçlandırmanın belkemiği olan Okaliptüsler, Ülkemizde de daha yoğun olarak Doğu Akdeniz bölgesinde yayılış göstermektedirler.

Türkiye'nin özellikle güney kıyılarında yoğun olarak yetiştirilen bu ağaç, ülkemizde ilk kez 1885 yılında Adana-Mersin demiryolu üzerindeki istasyonlara dikilmek üzere, yolun yapıcısı olan Fransız şirketi tarafından getirilmiştir. Orman ağacı olarak ilk kez 1939'da, Tarsus yakasında Karabucak Bataklığı'nı kurutmada kullanılmıştır.

Şu anda Türkiye'de bulunan okaliptüs türleri; *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus citriodora* ve *Eucalyptus grandis*'tir. Bu çalışmada kullandığımız okaliptüs türü *Eucalyptus camaldulensis* ve *Eucalyptus grandis*'tir.

Okaliptüs plantasyonlarının kullanım alanları oldukça fazladır. Endüstride kereste, yakacak odun ve kağıt hamuru (selüloz) olarak kullanılmakta, mobilya, parke ve dekorasyonda ise okaliptüs odunu olarak kullanılmaktadır. Ayrıca balarısı yiyeceklerinin temel kaynağıdır ve rekreasyon alanlarında da sürüklenen kumlardan korunma kuşağı gibi kullanılmaktadırlar. Ülkemizde selüloz üretiminde kullanılmamakta fakat kağıt üretiminde selüloz olarak ithal edilmek sureti ile bol miktarda kullanılmaktadır.

Okaliptüs ağacı ayrıca uçucu yağ sektöründe de geniş bir pazara sahiptir. Okaliptüs yağı bitkinin; yaprakları, meyveleri, tomurcukları ve kabuklarında bulunmaktadır. Fakat en önemli ticari yağı olan 1,8-sineol, bu ürüne zengin olan türlerin yapraklarından su buharı destilasyonu ile elde edilmektedir. Çeşitli yollarla elde edilen okaliptüs yağı, içerisinde bulundurduğu okaliptol (1,8-sineol) ile ilaç ve kozmetik sektöründe de kullanılmaktadır (Zrira and et al. 2004).

1.1 Okaliptüs Gal Arısı

Büyük bir endüstriyel öneme sahip olan okaliptüslerde mevcut zararlıların yanı sıra, 2000 yılında, Ortadoğu ve Akdeniz Bölgesinde *Leptocybe invasa* Fisher and La Salle adlı yeni bir zararlı bulunmuştur. Okaliptüs gal arısı olarak adlandırılan, *Leptocybe invasa* Fisher & LaSalle, *Eucalyptus camaldulensis* ve *E. grandis*'lerin taze sürgün ucunda bulunan yaprak orta damarı, yaprak sapı ve sürgünlerde tipik gal (ur) meydana getirmektedir. Türkiye'de yılda 2-3 döl vermektedir. Ağırlıklı olarak genç okaliptüslere zarar yapmaktadır. 0-32,70 m boyları arasındaki okaliptüs ağaçlarına yumurta bırakabilmektedir. *Leptocybe invasa* Türkiye'deki yayılışını Akdeniz ve Ege Bölgelerinin kıyı şeritlerinde yapmaktadır (Aytar, 2003).

L. invasa Türkiye'de ilk kez, 2000 yılında Tarsus-Karabucak'da Aytar tarafından (Aytar, 2003) bulunmuştur. Böceğe ait ilk gözlemler de aynı yazar tarafından verilmiştir. Bu yeni zararlı okaliptüslerde gal oluşturması ve bir arı olması itibarıyla ismi kolay ve anlaşılır olması için Okaliptüs Gal Arısı olarak Türkçeleştirilmiştir. 2007 yılı sonu itibarıyla zararlının Türkiye'de okaliptüs üretilen her yerde bulunduğu tespit edilmiştir. Okaliptüs gal arısının gelişimini yumurta, larva ve pupa dönemlerini meydana getirdikleri gal içerisinde geçirmeleri, Ülkemizde etkili doğal düşmanlarının henüz keşfedilmemiş olması, her bir dişinin 80-300 arası yumurta bırakabilme kabiliyetinde olması ve mayıs-kasım ayları arasında 4-5 döl vermesi nedeni ile uzun dönemde erginlerinin ortamda bulunuyor olması böcekle yapılacak mücadeleyi zorlaştırmaktadır.

Şu an için böceğe karşı uygulanacak en iyi yöntem Okaliptüs Gal Arısına dayanıklı klonların yetiştirilmesidir ve bunun için okaliptüs fidanı yetiştiren fidanlıklara önemli görevler düşmektedir.

1.2 Okaliptüs Uçucu Yağı

Okaliptüs yağı, değişik okaliptüs türlerinin yapraklarından su buharı distilasyonu ile elde edilen uçucu yağdır. Karakteristik, aromatik, kafura benzer kokuda, açık sarı renkte ve kafur benzeri ferahlatıcı ve yakıcı tattadır. Yağ büyük oranda 1,8-sineol (okaliptol), α -pinen, çok az fellandren ve diğer terpenleri içerir. Suda çok az, alkolde %70 oranında çözünür. İyice doldurulmuş kaplarda, 25 °C'yi geçmeyen sıcaklıkta ışıktan korunarak saklanabilir (Başer ve arkadaşları, 1998).

Okaliptüs uçucu yağları genellikle üç grup altında sınıflandırılmaktadır:

1. Sineolik Uçucu Yağlar: Okaliptüs cinsi içindeki en önemli ve yaygın olan uçucu yağlardır ve büyük miktarda üretimleri yapılmaktadır. Bu yağların fellandren ve aldehit içerikleri de uygun seviyededir.

Tıbbi kullanıma uygun yağlardır. Genellikle *E. polybractea*, *E. smithii* ve *E. globulus*'tan elde edilirler.

2. Parfümeri Uçucu Yağları: Bu sınıftaki yağlar *E. citriodora*, *E. staigeriana* ve *E. macarthurii*'den elde edilir. Bunlardan *E. citriodora* yağının %65-85 oranında içerdiği citronellal parfümeride önemli bir üründür.
3. Endüstriyel Uçucu Yağlar: Bu yağların ana kaynağını üç tür oluşturmaktadır. *E. radiata* var "B" uçucu yağı α -fellandren'ce zengindir. *E. dives* "type" ve *E. radiata* var "C" yağları piperiton içerirler ki bu madde timol ve mentol sentezinde kullanılır (Başer ve arkadaşları, 1998).

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma için kullanılan örnekler Tarsus-Karabucak ve Antakya-Serinyol Kampüs'ten temin edilmiştir. Tarsus-Karabucak üretim sahalarında bulunan bazı ağaçların zararlı tarafından tercih edilmediği, bu ağaçların diğerlerine göre daha iyi ve normal şekilde geliştiği saptanmıştır. Bu ağaçlardan ve zararlıının bulunduğu hassas ağaçlardan alınan yaprak ve sürgünlerden uçucu yağlar su damıtması yöntemi ile elde edilmiştir ve analizleri GC-MS ile yapılmıştır. Bu çalışmaya öncülük eden ilk çalışmada kullanılan *E. camaldulensis* örnekleri de aynı bölgeden fakat farklı zamanda alınmışlardır.

2.1 Su Distilasyonu ile Uçucu Yağ Elde Edilmesi

Su distilasyonu yöntemi, su ile temasta iken kaynatıldığında üründe bozunmanın olmadığı hallerde uygulanan yöntemdir. Bu yöntemle bitkilerden uçucu yağ elde edilir. Uçucu yağların çoğunun kaynama noktası suyun kaynama noktasından yüksek olmasına rağmen; uçucu yağların su buharı ile sürüklenebilme özelliğinden ve su buharının kısmi basıncının da etkisiyle normal kaynama noktalarının altındaki sıcaklıklarda da buharlaşabilmektedirler.

Tablo 1. Uçucu yağ elde edilen okaliptüs türleri,kısımları ve bitkilerin toplanış yeri ve tarihi

No	Tarih	Tür	Hastalık	Yer	Uçucu yağ kısımları
1	17/04/2007	<i>E.camaldulensis</i>	Dayaniksız=Hassas (Gal oluşturan)	Serinyol-Kampüs	Yapraklar
2	17/04/2007	<i>E.camaldulensis</i>	Dayanıklı (Gal oluşturmayan)	Serinyol-Kampüs	Yapraklar
3	17/04/2007	<i>E.camaldulensis</i>	Hassas (Gal oluşturan)	Serinyol-Kampüs	Galli dal Yapraklar
4	17/04/2007	<i>E.camaldulensis</i>	Hassas (Gal oluşturan)	Serinyol-Kampüs	Yaprakların Gal kısımları
5	19/04/2007	<i>E.camaldulensis</i>	Dayanıklı 1. Ağaç	Tarsus-Karabucak	Yapraklar
6	19/04/2007	<i>E.camaldulensis</i>	Dayanıklı 2. Ağaç	Tarsus-Karabucak	Yapraklar
7	19/04/2007	<i>E.camaldulensis</i>	Hassas 1.Ağaç	Tarsus-Karabucak	Yapraklar
8	19/04/2007	<i>E.camaldulensis</i>	Hasas 2.Ağaç	Tarsus-Karabucak	Yapraklar
9	19/04/2007	<i>E.globulus</i>	Tolerant	Tarsus-Karabucak	Yapraklar
10	19/04/2007	<i>E.citriodora</i>	Hassas	Tarsus-Karabucak	Yapraklar

Tablo 1'de çalışmada kullanılan *E. camaldulensis* örneklerinin toplandığı yer, zaman ve kullanılan kısımları görülmektedir. Su destilasyonu için öncelikle okaliptüs yaprakları dal kısımlarından (gal içeren uçucu yağ eldesi hariç) ayrılır. Uçucu yağın açığa çıkabilmesini kolaylaştırmak için küçük parçalara kesilir.Küçük parçalara ayrılmış yapraklar balon içersine yerleştirilir ve yaprakların üstünü kapatacak kadar su koyulur. Isıtıcı üzerine yerleştirilen balona bağlı bir yağ tayin cihazı ölçü tüpü ve bu ölçü tüpüne bağlı çift cidarlı bir soğutucu mevcuttur.

Balonun altındaki ısıtıcı sayesinde su kaynamaya başlar ve yükselen buhar soğutucunun iç kısmına (giren-çıkan suyla temas etmez) kadar ilerler. Soğutucu musluğa bağlıdır ve sürekli suyun devirdaimi olmaktadır. Buradaki buhar kondanse olup yağ tayin cihazı ölçü tüpünde birikir.Yoğunluk farkından dolayı;üst tarafta uçucu yağ, alt tarafta ise su birikir. Bu işlem her örnek için 2 saat yapılmıştır.

2.2 Sıvı- Sıvı Ekstraksiyonu

Sıvı-sıvı ekstraksiyonda ayırma hunisi kullanılır. Bu yöntem iki sıvının yoğunluk farkından yararlanma esasına dayanır. Karışım ayırma hunisine konulduğunda yoğunluğu küçük olan sıvı üstte, büyük olan ise altta toplanır. Su içindeki organik maddeyi organik çözücü fazına alabilmek için ayırma hunisi çalkalanırken, çalkalandıkça oluşan gazın çıkması için musluk hafifçe açılır. Gaz çıkışı bitene kadar bu işlem devam ettirilir. Daha sonra üstteki faz musluğun hizasına gelinceye kadar alt faz huniden boşaltılır. Sonra üst faz üst kapaktan alınır.

2.3 Çözücü Seçimi

Ekstraksiyon çözücüsü, ilgili analiti çözerken ortamdaki diğer bileşenlerin de birlikte ekstrakte olmasını (koekstraksiyon) minimize etmelidir. Çözücünün polaritesi hedef bileşenin polaritesine yakın olmalıdır. Bu yüzden apolar ve hidrofilik maddelerin ekstraksiyonu için hekzan, pentan gibi çözücüler kullanılır.

2.4 Hekzanla Sıvı-Sıvı Ekstraksiyonu

Uçucu yağların su ile sürüklenebilme özelliğine sahip oldukları daha önceden belirtilmişti. Ancak uçucu yağlar bünyelerinde , uçucu ve uçucu olmayan fraksiyonlar barındırırlar (Tablo 2). Uçucu olmayan fraksiyon; uçucu fraksiyondan daha ağır oldukları için su buharı ile sürüklenemezler. Bu yüzden okaliptüs yapraklarını kaynattığımız sulu fazı sıvı-sıvı ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Ekstraksiyon işlemi sırasında ayırma hunisinde oluşan köpüğü; istediğimiz bileşenleri elde etmemize engel olacağı için; çok az miktarda metanol eklemesiyle durdurulmuştur. Ekstraksiyon sonucu hekzanlı, homojen görümlü sıvı elde etmiş olduk. Bu sıvıdan hekzanı uzaklaştırmak için de damıtma işlemi yapılmıştır.

Tablo 2: Uçucu yağlarda,uçucu ve uçucu olmayan fraksiyon bileşenleri

UÇUCU FRAKSİYON % 95	UÇUCU OLMAYAN FRAKSİYON % 5
Monoterpenler	Hidrokarbonlar
Seksiterpen hidrokarbonlar ve oksijenli türevleri	Yağ asitleri
Düz zincirli aldehitler	Steroller
Esterler	Kretenoidler
Alkoller	Flavonoidler

2.5 Gaz Kromatografisi / Kütle Spektrometrisi (GC/MS)

Uçucu yağ içindeki bileşenler Gaz Kromatografisi kolonundan ayrılıp iyonlaştıktan sonra her birinin tek tek kütle spektrumları alınmıştır. GC/MS analizi sonuçları bulgular bölümünde gösterilmiştir. Uçucu yağların uçucu olma özelliğinden dolayı bu analiz yöntemi tercih edilmiştir. Okaliptüsten elde ettiğimiz uçucu yağların bileşenleri önce Gaz Kromatografisi ile ayrılmış daha sonra kütle spektrumları alınmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Elde edilen uçucu yağların GC/MS analizleri Mustafa Kemal Üniversitesinde yapılmıştır. Okaliptüsten elde edilen uçucu yağ miktarları Tablo 3' de gösterilmiştir.

Çalışmada kullandığımız okaliptüs bitkilerinin uçucu yağlarının % 0,5 den fazla miktarda olanları tespit edilmiştir. Bu çalışma için önem verdiğimiz madde 1,8-Sineol olduğu için Tablo 4' de GC/MS analizini yaptığımız bütün okaliptüs bitkilerinin 1,8-sineol yüzdeleri verilmiştir. Kullandığımız okaliptüs türleri kendi içinde de çeşitlilik gösterdiğinden dolayı; mevcut bitkilerin bileşenleri arasındaki karşılaştırma tablo 4' de gösterilmiştir.

Tablo 3. Okaliptüs bitkilerinden elde edilen uçucu yağ miktarları

No	Tür	Alınan Miktar (g)	Uçucu yağ miktarı (µl)
1	<i>E.camaldulensis</i> Dayaniksız=hassas	85	550
2	<i>E.camaldulensis</i> Dayanıklı	75	650
3	<i>E.camaldulensis</i> Dayanıklı (Gal oluşturan)	75	1000
4	<i>E.camaldulensis</i> Dayaniksız (Gal oluşturan)	60	300
5	<i>E.camaldulensis</i> Dayanıklı 1.Ağaç	30	450
6	<i>E.camaldulensis</i> Dayanıklı 2. Ağaç	30	300
7	<i>E.camaldulensis</i> Dayaniksız 1.Ağaç	30	200
8	<i>E.camaldulensis</i> Dayaniksız 2.Ağaç	30	100

Tablo 4. Okaliptüs bitkilerinin 1,8- sineol yüzdeleri

No	Tür	1,8-sineol (%)
1	<i>E.camaldulensis</i> Dayaniksız=hassas	55,84
2	<i>E.camaldulensis</i> Dayanıklı	12,03
3	<i>E.camaldulensis</i> Dayaniksız (Galli dallar ve yapraklar)	44,02
4	<i>E.camaldulensis</i> Dayaniksız(Yaprakların gal kısımları)	67,61
5	<i>E.camaldulensis</i> Dayanıklı 1.Ağaç	56,78
6	<i>E.camaldulensis</i> Dayanıklı 2.Ağaç	63,03
7	<i>E.camaldulensis</i> Dayaniksız 1.Ağaç	44,40
8	<i>E.camaldulensis</i> Dayaniksız 2.Ağaç	6,85

Tablo 5’de, öncü çalışmada kullanılan örneklerdeki bileşenlerin varlığına göre karşılaştırılması yapılmaktadır. Tek yıldız işareti olanlar *E. camaldulensis* türü okaliptusun hassas olanlarını göstermektedir. 3 ve 4 sırasıyla galli dallar-yapraklar ve yaprakların gal kısımlarından elde edilmiş uçucu yağdır. Çift yıldız işareti olanlar yine *E. camaldulensis*’tir fakat dayanıklı ağaçlardır.

Bu çalışmada kullandığımız, seçilen okaliptüslerde yapılan GC/MS analizlerinin sonuçları ortalama ve standart sapmaları ile tablo 6a ve 6b’de verilmiştir.

Tablo 5. Birbirinden farklı okaliptüs tür ve ağaçlarının bileşenlerin varlığına göre karşılaştırılması

MADELER	1* <i>E.cal</i>	3* <i>E.cal</i>	4* <i>E.cal</i>	7* <i>E.cal</i>	8* <i>E.cal</i>	2** <i>E.cal</i>	5** <i>E.cal</i>
α -Pinene		+	+			+	
1,8-Cineol	+	+	+	+	+		+
Aromadendrene	+	+	+	+			+
Globulol	+	+	+	+			+
Eudesmol	+						
α -Eudesmol	+	+	+	+			+
Citronella				+			
Epiglobulol	+	+	+	+			+
Tau-Cadinol			+	+	+		+
<i>Cis</i> -Sarbinol	+		+	+			
Juniper Camphor							
Phenol, 5-methyl-2-(1-methylethyl)- (CAS)	+	+	+		+		+
2-Amino-3,5-dicyano-6-(4-methoxyphoxy) pyridine					+		
<i>Trans</i> -Pinocarveol	+	+	+	+			
Valeric acid, undec-2-enyl ester							
Alloaromadendrene	+	+	+	+			+
Cyclohexanol, 2-methylene-5-(1-methylethenyl)- (CAS)	+	+	+				
3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)- (CAS)	+		+	+			+
α -Terpinolene	+						
3-buten-2-one, 4-(5,5-dimethyl-1-oxaspiro[2.5]oct-4-yl)	+	+	+				+
Caryophyllene oksit						+	
Aristolene epoxide					+	+	
1-Terpinole					+		
α -Terpinenyl asetat					+		
2-Propen-1-one, 1-siklohexyl-(CAS)					+		
2-Kloro-4,4'-dimethoxy-tetra-deuterobiphenyl				+	+		
İzoaromadendrene					+	+	+
6-izopropenil-4,8a-dimetil-1,2,3,5,6,7,8,8a octahydronaphthane			+				
(-)-Spathulero						+	
Pinocarvone		+					
Butanoic acid, 3-methyl-, 2-phenylethyl ester		+	+	+			
Butanoic acid, 3-methyl-, 3-methylbutyl ester (CAS)			+				
α -terpinole			+				
Benzaldehide, 4-(1-methylethyl)- (CAS)		+	+		+		
Corymbolone		+			+		
1-Phellendrene				+			
α -Citronello				+			
Linalyl propionate				+			

* -dayaniksız *E.camaldulensis* ** -dayanlı *E.camaldulensis*

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

Tablo 6a: Farklı okaliptüs çeşitlerinde belirlenen kimyasal bileşenlere ait ortalama ve standart sapma değerleri

Kimyasal	Ortalama	S.S.	Kimyasal	Ortalama	S.S.
Beta-Pinene,	0,615	1,455	Beta-Eudesmol,	0,166	0,330
Benzene, butyl-,	0,007	0,021	Isopentyl Isopentanoate,	0,065	0,195
1,8-Cineole,	42,332	23,382	Cryptone,	0,892	2,307
Benzene, 1-Methyl-4-isopropyl,	3,660	5,697	L-Carvone	0,017	0,051
Beta-Thujone,	0,018	0,054	Cuminal(Benz)	0,027	0,081
Benzene,1-Methyl-4-(1-Methylethenyl),	0,010	0,030	Bicyclo(3.1.1)heptan-3-ol	0,013	0,039
Alfa-Campholene aldehide,	0,011	0,033	Benzyl-isovalerate	0,005	0,015
2-Isopropylfuran,	0,011	0,033	2-Pentenal	0,078	0,234
Pinocarvone,	0,148	0,333	3-Octine-2-one	0,083	0,249
(+)-Nopinone,	0,050	0,150	Phenylethyl isovalerate	0,049	0,147
Cyclobutane, isopropyliden-,	0,010	0,030	Gama-Gurjunene	0,484	1,073
2H-Pyran-2-one,	0,010	0,030	Epiglobulol	0,327	0,981
p-menth-2-en-1-ol,	0,044	0,132	Tricyclo(3.1.0.0(2.4)hexane	0,131	0,393
Terpinen-4-ol,	1,906	1,476	Cyclohexane, 1,1,4,4-tetramethyl	0,182	0,546
Myrtenal,	0,239	0,717	(+)-Spathulenol	3,644	10,162
Bicyclo(3.1.0)hex-3-en-2-one, 4-Methyl,	0,015	0,045	Thymol	0,067	0,162
Alloaromadendrene,	0,111	0,125	Phenol-2-Methyl-5-isopropyl	0,439	1,005
1-Terpineol,	0,057	0,171	(Exo)-1-(hydroxymethyl)-2-vinyl.	0,030	0,090
4-Isopropyl-2-cyclohexen-1-one,	1,013	3,039	1(7),3,8-o-Menthatriene	0,079	0,161
(+)-Carvotanacetone,	0,010	0,030	Sabinylacetate	0,041	0,123
Bicyclo(3.1.1)hep-3-en-2-one,	0,027	0,081	Cyclohexane	0,192	0,490
Phellandral,	0,466	1,075	Phenol	0,019	0,057
Piperitone,	0,072	0,216	3-Cyclohexene-1-Methenol	0,110	0,226
Carvone,	0,061	0,132	Limonene	0,186	0,423
Trans-Pinocarveol,	0,180	0,540	Alfa-Bergamotene	0,067	0,201
Cuminal,	0,419	1,257	Citronellyl propionate	0,127	0,381
Benzene,4-(2-butenyl)-1,2-dimethyl,	0,073	0,219	Alfa-Phellandrene	0,156	0,468
2-Pentene,3-ethyl-4-methyl,	0,082	0,246	(+)-Caryophyllene oxide	0,152	0,456
1H-1,2,3-triazole,1-butyl-,	0,012	0,036	Fernesol	0,255	0,765
9-Homonoradamantan-9-one,	0,009	0,027	Belirlenmeyen	0,258	0,582
p-Cimen-8-ol,	0,183	0,360	(E)-Farnesene	0,109	0,327
Caryophyllene oxide,	1,197	2,686	Para-Cimene.....	0,725	2,175
Myrtenol,	0,164	0,492	Alfa-Terpinyl acetate	0,711	2,133
4-Isopropyl-2-cyclohexen-1-one,	0,074	0,222	Benzaldehyde	0,249	0,747
Pinocarvone,	0,020	0,060	2,4,6-trimethylindane	0,125	0,375
(+)-Aromadendrene,	0,121	0,186	2-Cyclopenten-1-one	0,196	0,588
1,8-Menthadien-4-ol,	0,232	0,330	2-Amino-3,5-dicyano	0,321	0,963
Alfa-Terpineol,	1,580	1,786	Trans,trans-2,4-Hexadienal	0,194	0,582
Isopinocarveol,	0,064	0,167	2,3,5,6-Tetrafluoroanisole	0,032	0,096
Trans-Verbenol,	0,073	0,166	Trans-caryophyllene	0,085	0,255
Para-Cimen-8-ol,	0,114	0,219	p-Cimene	0,179	0,537
Trans-Pinane,	0,051	0,107	Linaloloxide	0,015	0,045
1,8-Nonadiyne,	0,065	0,195	Citronellal	0,028	0,084
Alfa-Bisabolene,	0,071	0,213	Farnesol	0,011	0,033
Globulol,	4,656	6,542	Pinocarvone	0,025	0,075
Sabinene	0,101	0,303	Valencene	0,315	0,945
Phenol-,	0,062	0,186	4-Carvomethenol	0,149	0,447
Rosifoliol,	0,205	0,440	Trans-bicyclo(5.2.0)non-8-ene	0,040	0,120
Alfa-Farnesene,	0,046	0,138	Lynalyl Butyrate	0,007	0,021
Phenol,-5-methyl-2-isopropyl,	0,327	0,671	(+)Carvotanacetone	0,005	0,015
Carvacrol(phenol),	1,332	1,176	3-Cyclohexene	0,071	0,213

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

Tablo 6b. Farklı okaliptüs çeşitlerinde belirlenen kimyasal bileşenlere ait ortalama ve standart sapma değerleri

Kimyasal	Ortalama	S.S.	Kimyasal	Ortalama	S.S.
Beta-Elemene,	0,052	0,156	Isoamylisovalerate	0,012	0,036
Aromadendrene,	0,161	0,386	Pinocarveno	0,012	0,036
Ledane,	0,027	0,081	Citral	0,015	0,045
Beta-Selinene,	0,237	0,49	Pinocarvol	0,064	0,192
Viridiflorol,	3,466	5,703	Pulegol	0,013	0,039
Spathulenol,	0,560	1,68	Isopulegol	0,023	0,069
Thymol(phenol),	0,826	1,503	Isopulgeol	0,295	0,885
2,5-Diethylphenol,	0,224	0,672	Isopulgeol	0,203	0,609
Junipene,	0,125	0,375	Citronella	0,263	0,789
Isospathulenol,	0,041	0,123	Cyclopropane,1.1-dimethyl-....	0,016	0,048
Cyclopentane,1-Methylene-2-Vinyl	0,037	0,111	2,3-Dimethyl-1,5-hexadiene	0,059	0,177
Spiro(5,6)dodecane,	0,0150	0,045	Solanesol	0,194	0,582
Benzenemethanol,4-isopropyl,	0,028	0,084	Alfa Terpineol	1,117	2,477
Cis-Ocimene,	0,040	0,12	Cuminaldehyde	0,044	0,132
Gama-Terpinene,	0,532	0,779	2-Methyl-3-Hexyne	0,054	0,162
Benzene,1-methyl-2-isopropyl,	2,113	4,247	2-Butene....	0,006	0,018
Isopentylpentanoate,	0,059	0,177	Isoborneol-isomerl	0,021	0,063
Citronellal	0,037	0,111	Isoborneol-isomer	0,012	0,036
L-Linalool	1,622	4,866	Palustol	0,021	0,063
Beta-caryophyllene	0,037	0,111	Trans-(+)-Carveol	0,027	0,081
Trans-Roseoxide	0,023	0,069	Nerolidol	0,021	0,063
1,2-Cyclopentanediol	0,041	0,123	Phenol,2-isopropyl-5-methyl	0,160	0,48
Eugenol	0,038	0,114	Alfa-cadinol	0,036	0,108
Isogeraniol	0,047	0,141	Hexane....	0,018	0,054
Selinen-11-en-4-ol	0,059	0,133	Cyclopentane	0,018	0,054
Citronellyl acetate	0,517	1,473	Myrcene	0,017	0,051
Benzene,1,3-bis(3-phenoxyphenoxy)	0,101	0,303	1-Limonene	0,005	0,015
Myrcenol	0,440	0,814	Benzene-1-methyl-2-isopropyl	0,033	0,099
Sabinol	0,144	0,294	2,6-Dimethyl-5-Heptanal	0,013	0,039
1-(Methylencyclopropyl)-cyclopent	0,015	0,045	2,3-Epoxygeranial	0,012	0,036
Trans(beta)-Caryophyllene	0,157	0,471	Phenylethyl isobutyrate	0,019	0,057
2-Methylenebornane	0,039	0,117	Citronellol	0,006	0,018
Gama-Selinene	0,178	0,343	6-Octen-1-ol	0,162	0,486
1-(1,1-dimethyl-2-butenyl)-2-butenyl-1	0,026	0,078	2,7-Octadiene.....	0,067	0,201
Cyclohexane,1,1,4,4-tetramethyl-2-	0,092	0,276	t-Butylphenol	0,179	0,508
Benzene,1-methyl-3-isopropyl	1,913	3,847			

Yapılan analizlerin sonunda elde edilen değerler istatistiksel olarak da değerlendirilmiştir. Bunun için her okaliptüs varyetesinde 175 adet kimyasalın analizinden elde edilen değerler belirlenmiştir. Değerler yüzde değerler olduğu için $\arcsin(\sqrt{x+0,5})$ transformasyonu yapılmış analizlerde bu değerle kullanılmıştır. Tablo 6a ve 6b de verilen ortalamalar ve standart sapma değerlerinde transformasyonsuz değerler kullanılmıştır. Okaliptüs ağaçlarının bu kimyasallara göre sınıflandırılmasında, her bir kimyasal bir bileşen kabul edilmiş ve bileşenlere ait vektör değerleri, bileşenlere etki eden başlıca faktörlerin belirlenmesi ve başlıca bileşenlerin tespitinde başlıca bileşen analizi (principle component analiz (PCA)) kullanılmıştır. Bileşenlere ait korelasyon matrisinin belirlenmesine two-tailed test ($p \leq 0,05$) kullanılmıştır.

Farklı okaliptüs çeşitlerinden elde edilen kimyasal bileşimlerin faktörlerine ait eigen değerleri ile faktörlere ait yüzde varyans ve cumulatif değerleri aşağıda tablo 7 ve tablo 8'de yer almaktadır.

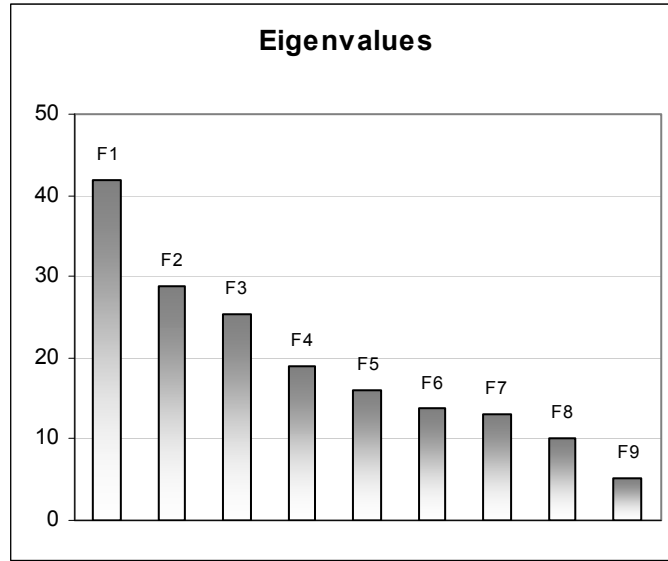
I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

Tablo 7. Farklı okaliptüs çeşitlerinden elde edilen kimyasal bileşimlerin faktörlerine ait eigen değerleri ile faktörlere ait yüzde varyans ve cumulatif değerler.

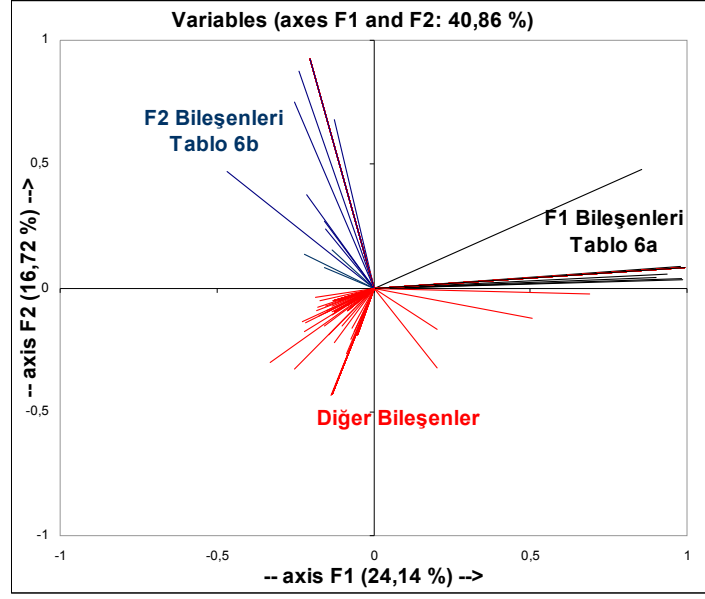
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Eigenvalue	41,763	28,929	25,249	19,044	15,908	13,673	12,982	10,188	5,263
% variance	24,141	16,722	14,595	11,008	9,195	7,904	7,504	5,889	3,042
Cumulative %	24,141	40,863	55,457	66,466	75,661	83,564	91,069	96,958	100,000

Tablo 8. Okaliptüs çeşitlerinde bileşenlere etki eden faktörler ve bu faktörlere ait skorlar.

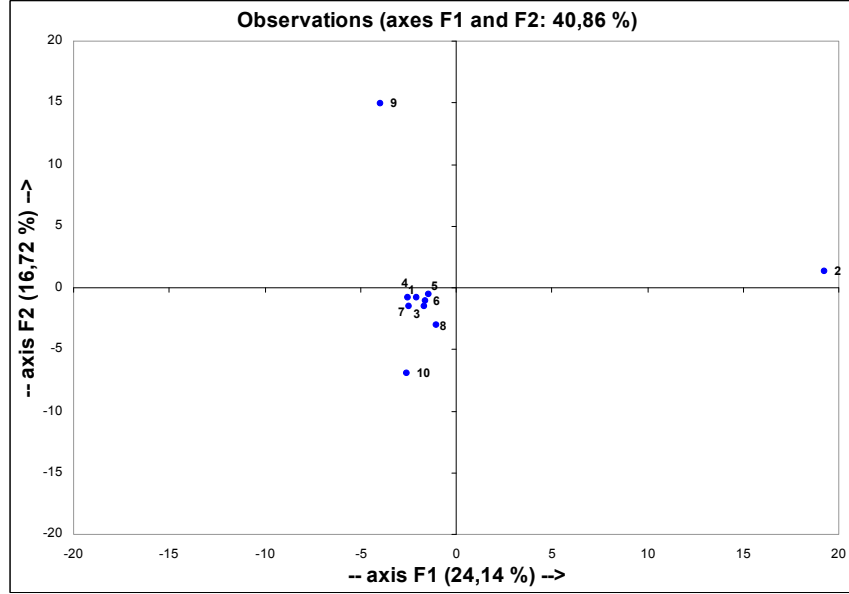
Okaliptüsler	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
1	-2,494	-0,806	-2,922	-3,990	-0,082	9,132	4,142	-0,596	-1,021
2	19,248	1,333	0,877	-0,367	0,387	0,303	-0,135	-0,130	-0,238
3	-1,632	-1,101	-3,991	-7,590	-7,516	-3,711	-2,750	-0,737	-0,486
4	-1,441	-0,538	-0,543	-0,227	1,098	-0,359	1,051	-0,251	6,786
5	-2,076	-0,840	-2,668	-0,902	4,628	-0,421	-3,220	7,992	-0,798
6	-2,440	-1,524	-3,218	0,841	6,449	-0,500	-4,949	-6,051	-1,069
7	-1,634	-1,497	-1,902	1,227	2,154	-6,047	8,183	-0,378	-1,621
8	-1,003	-3,049	-3,224	10,567	-5,705	1,517	-1,232	0,464	-0,380
9	-3,952	14,934	4,282	1,210	-0,847	-0,104	-0,377	-0,232	-0,521
10	-2,576	-6,912	13,309	-0,768	-0,567	0,189	-0,713	-0,081	-0,652



Şekil 1. Faktörler ve Eigen değerleri (PCA analizi)



Şekil 2. Okaliptüs çeşitlerinde incelenen bileşenlerin vektörel özellikleri



Şekil 3. Okaliptüs çeşitlerinde incelenen bileşenlerde en etkili iki faktörün başlıca bileşen analizine ait dağılım grafiği.

F1 ve F2 değerleri aşağıda tablo 9a ve tablo 9b’de yer almaktadır.

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda elde edilen değerlerin grafik ile ifade edilmeleri şekil 1,2 ve 3’de yer almaktadır.

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

Tablo 9a. Okaliptüs çeşitlerinin sınıflandırılmasında etkili olan bileşenler ve bileşenlere etkili faktör loading değerleri

Kimyasal	F1	F2	Kimyasal	F1	F2
Beta-Pinene,	0,979	0,088	Pinocarvone,	-0,129	-0,050
Benzene, butyl-,	0,993	0,083	(+)-Aromadendrene,	-0,222	-0,177
1,8-Cineole,	-0,467	0,472	1,8-Menthadien-4-ol,	-0,219	-0,139
Benzene, 1-Methyl-4-isopropyl,	0,688	-0,027	Alfa-Terpineol,	-0,251	-0,329
Beta-Thujone,	0,993	0,083	Isopinocarveol,	-0,159	0,083
Benzene,1-Methyl-4-(1-Methylethenyl),	0,993	0,083	Trans-Verbenol,	-0,155	-0,072
Alfa-Campholene aldehyde,	0,993	0,083	Para-Cimen-8-ol,	-0,126	-0,222
2-Isopropylfuran,	0,993	0,083	Trans-Pinane,	-0,182	-0,094
Pinocarvone,	0,936	0,056	1,8-Nonadiyne,	-0,129	-0,050
(+)-Nopinone,	0,993	0,083	Alfa-Bisabolene,	-0,129	-0,050
Cyclobutane,isopropyliden-,	0,993	0,083	Globulol,	-0,221	0,138
2H-Pyran-2-one,	0,993	0,083	Sabinene	-0,084	-0,093
p-menth-2-en-1-ol,	0,993	0,083	Phenol-,	-0,129	-0,050
Terpinen-4-ol,	0,204	-0,325	Rosifoliol,	-0,214	0,376
Myrtenal,	0,993	0,083	Alfa-Farnesene,	-0,129	-0,050
Bicyclo(3.1.0)hex-3-en-2-one, 4-Methyl,	0,993	0,083	Phenol,-5-methyl-2-isopropyl,	-0,149	-0,089
Alloaromadendrene,	-0,125	0,680	Carvacrol(phenol),	-0,330	-0,299
1-Terpineol,	0,993	0,083	Beta-Eudesmol,	-0,171	-0,051
4-Isopropyl-2-cyclohexen-1-one,	0,993	0,083	Isopentyl Isopentanoate,	-0,084	-0,068
(+)-Carvotanacetone,	0,993	0,083	Cryptone,	-0,069	-0,164
Bicyclo(3.1.1)hep-3-en-2-one,	0,993	0,083	L-Carvone	-0,084	-0,068
Phellandral,	0,982	0,036	Cuminal(Benz)	-0,084	-0,068
Piperitone,	0,993	0,083	Bicyclo(3.1.1)heptan-3-ol	-0,084	-0,068
Carvone,	0,857	0,477	Benzyl-isovalerate	-0,084	-0,068
Trans-Pinocarveol,	0,993	0,083	2-Pentenal	-0,084	-0,068
Cuminal,	0,993	0,083	3-Octine-2-one	-0,084	-0,068
Benzene,4-(2-butenyl)-1,2-dimethyl,	0,993	0,083	Phenylethyl isovalerate	-0,084	-0,068
2-Pentene,3-ethyl-4-methyl,	0,993	0,083	Gama-Gurjunene	-0,088	-0,267
1H-1,2,3-triazole,1-butyl-,	0,993	0,083	Epiglobulol	-0,084	-0,068
9-Homonoradamantan-9-one,	0,993	0,083	Tricyclo(3.1.0.0(2.4)hexane	-0,084	-0,068
p-Cimen-8-ol,	0,900	0,042	Cyclohexane,1,1,4,4-tetramethyl	-0,084	-0,068
Caryophyllene oxide,	0,984	0,032	(+)-Spathulenol	-0,060	-0,176
Myrtenol,	0,993	0,083	Thymol	-0,133	0,154
4-Isopropyl-2-cyclohexen-1-one,	0,993	0,083	Phenol-2-Methyl-5-isopropyl	-0,133	-0,074
Beta-Elemene,	0,993	0,083	Selinene-11-en-4-ol	-0,156	0,269
Aromadendrene,	0,203	-0,167	Citronellyl acetate	-0,138	-0,433
Ledane,	0,993	0,083	Benzene, 1,3-bis(3-phenoxyphenoxy)	-0,107	-0,052
Beta-Selinene,	0,507	-0,123	Myrcenol	-0,131	-0,094
Viridiflorol,	-0,159	-0,155	Sabinol	-0,174	-0,113
Spathulenol,	0,993	0,083	1-(Methylenecyclopropyl)-cyclopent	-0,107	-0,052
Thymol(phenol),	-0,134	-0,108	Trans(beta)-Caryophyllene	-0,107	-0,052
2,5-Diethylphenol,	0,993	0,083	2-Methylenebornane	-0,107	-0,052
Junipene,	0,993	0,083	Gama-Selinene	-0,185	-0,039
Isospathulenol,	0,993	0,083	1-(1,1-dimethyl-2-butenyl)-2-butenyl-1	-0,107	-0,052
Cyclopentane,1-Methylene-2-Vinyl	0,993	0,083	Cyclohexane,1,1,4,4-tetramethyl-2-	-0,107	-0,052
Spiro(5,6)dodecane,	0,993	0,083	Benzene,1-methyl-3-isopropyl	-0,153	-0,100
Benzenemethanol,4-isopropyl,	0,993	0,083	Isoamylisovalerate	-0,126	-0,094
Cis-Ocimene,	-0,129	-0,050	Pinocarveno	-0,126	-0,094
Gama-Terpinene,	-0,228	-0,136	Citral	-0,126	-0,094
Benzene,1-methyl-2-isopropyl,	-0,177	-0,076	Pinocarvol	-0,126	-0,094
Isopentylpentanoate,	-0,129	-0,050	Pulegol	-0,126	-0,094

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

Tablo 9b. Okaliptüs çeşitlerinin sınıflandırılmasında etkili olan bileşenler ve bileşenlere etkili faktör loading değerleri

Kimyasal	F1	F2	Kimyasal	F1	F2
(Exo)-1-(hydroxymethyl)-2-vinyl.....	-0,126	-0,094	2-Methyl-3-Hexyne	-0,204	0,926
1(7),3,8-o-Menthatriene	-0,253	0,752	2-Butene....	-0,204	0,926
Sabinylacetate	-0,126	-0,094	Isoborneol-isomer1	-0,204	0,926
Cyclohexane	-0,074	-0,206	Isoborneol-isomer	-0,204	0,926
Phenol	-0,126	-0,094	Palustol	-0,204	0,926
3-Cyclohexene-1-Methenol.....	-0,141	-0,191	Trans-(+)-Carveol	-0,204	0,926
Limonene	-0,100	-0,155	Nerolidol	-0,204	0,926
Alfa-Bergamotene	-0,084	-0,093	Phenol,2-isopropyl-5-methyl	-0,204	0,926
Citronellyl propionate	-0,084	-0,093	Alfa-cadinol	-0,204	0,926
Alfa-Phellandrene	-0,084	-0,093	Hexane....	-0,204	0,926
(+)-Caryophyllene oxide	-0,084	-0,093	Cyclopentane	-0,204	0,926
Fernesol	-0,084	-0,093	Myrcene	-0,204	0,926
Belirlenmeyen	-0,155	0,239	1-Limonene	-0,133	-0,428
(E)-Farnesene	-0,084	-0,093	Benzene-1-methyl-2-isopropyl	-0,133	-0,428
Para-Cimene.....	-0,052	-0,189	2,6-Dimethyl-5-Heptanal	-0,133	-0,428
Alfa-Terpinyl acetate	-0,052	-0,189	Citronellal	-0,133	-0,428
Benzaldehyde	-0,052	-0,189	L-Linalool	-0,133	-0,428
2,4,6-trimethylindane	-0,052	-0,189	Beta-caryophyllene	-0,133	-0,428
2-Cyclopenten-1-one	-0,052	-0,189	Trans-Roseoxide	-0,133	-0,428
2-Amino-3,5-dicyano	-0,052	-0,189	Isopulegol	-0,133	-0,428
Trans,trans-2,4-Hexadienal	-0,052	-0,189	Isopulgol	-0,133	-0,428
2,3,5,6-Tetrafluoroanisole	-0,052	-0,189	Isopulgeol	-0,133	-0,428
Trans-caryophyllene	-0,052	-0,189	Citronella	-0,133	-0,428
p-Cimene	-0,204	0,926	Cyclopropane,1,1-dimethyl-....	-0,133	-0,428
Linaloloxide	-0,204	0,926	2,3-Epoxygeranial	-0,133	-0,428
Citronellal	-0,204	0,926	Phenylethyl isobutyrate	-0,133	-0,428
Farnesol	-0,204	0,926	Citronellol	-0,133	-0,428
Pinocarvone	-0,204	0,926	6-Octen-1-ol	-0,133	-0,428
Valencene	-0,204	0,926	2,7-Octadiene.....	-0,133	-0,428
4-Carvomenthenol	-0,204	0,926	1,2-Cyclopentenediol	-0,133	-0,428
Trans-bicyclo(5.2.0)non-8-ene	-0,204	0,926	Eugenol	-0,133	-0,428
Lynalyl Butyrate	-0,204	0,926	Isogeraniol	-0,133	-0,428
(+)Carcotanacetone	-0,204	0,926	2,3-Dimethyl-1,5-hexadiene	-0,133	-0,428
3-Cyclohexene	-0,204	0,926	Solanesol	-0,133	-0,428
Alfa Terpeneol	-0,238	0,874	t-Butylphenol	-0,082	-0,056
Cuminaldehyde	-0,204	0,926			

4. Tartışma ve Sonuç

Tablo 6a ve 6b de yer alan bileşenlere ait faktörlerden faktör 1 ve faktör 2'nin en etkili faktörler olduğu belirlenmiş (Tablo 6, Şekil 1) ve okaliptüs varyetelerinin sınıflandırılmasında bu iki faktör esas alınmıştır. Faktör 1'in okaliptüs varyetelerine ait skor değerleri en düşük -1,003 ile 8 numaraları varyete de tespit edilmiş, en güçlü skor ise 19,248 ile 2 numaraları varyetede belirlenmiştir (Tablo 8). Okaliptüs varyetelerinde faktör 2 -0,538 lik skorla en düşük 4 numaraları varyete üzerinde belirlenmiş, en yüksek skor ise 14,934 skor değeri ile 9 numaraları varyetede saptanmıştır (Tablo 8). Okaliptüs çeşitlerinde bileşenlerin sınıflandırmaya etki eden vektör kuvvetleri Şekil 2'de verilmiştir. Bu vektörlerin etkisi altında yapılan sınıflandırma sonuçları Şekil 3'de verilmiştir. Yapılan başlıca bileşen analizinde 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 nolu okaliptüs varyetelerinin belirlenen 175 bileşen etkisinde bir araya toplandıkları belirlenmiştir. 10 numaraları çeşit gruptan ayrılmış ancak ayrılık istatistik düzeyde önemli bulunmamıştır. 2 numaraları okaliptüs varyetesi faktör 1 etkisi altında gruptan kopmuş ve diğer varyete ayrılmıştır. 9 numaralı çeşit ise faktör 2 etkisi ile gruptan ayrılarak, bileşenlerden farklı olarak etkilenmiş ve ayrı bir varyete özelliği oluşturmuştur (Şekil 3).

2 nolu çeşidin gruptan ayrılmasında etkili olan başlıca bileşenler belirlenmiş ve bu varyete üzerinde faktör 1 ve faktör 2 değerleri Tablo 9a'da verilmiştir. Tablo 9a'da verilen ayrılma özelliğine ait başlıca bileşenlerin faktör loading değerleri 0,857-0,993 arasında tespit edilmiştir. Bu çeşidi diğer çeşitlerden ayrılan başlıca 39 bileşen belirlenmiş ve tablo 9a'da koyu olarak belirtilmiştir. 9 nolu çeşit ise faktör 2 etkisinde diğer varyetelerden ayrılmış ve bu ayrıma konu olan başlıca 25 bileşen tespit edilmiş ve tablo 9b'de koyu olarak belirtilmiştir. Bu bileşenlere ait faktör loading değerleri ise 0,874-0,926 arasında belirlenmiştir.

Farklı zamanda alınan örneklerde yapılan kimyasal analiz sonuçları arasında tam bir ilişki bulunmamasına rağmen Tablo 4'de 1,8-sineol %'si 67,61 ile en yüksek Serinyol-Kampüs'ten alınan dayanıksız örneklerde görülmektedir. Bu sonuçlara göre dayanıklı çeşitlerin en azından yukarıda belirtilen kimyasal maddeler yönünden farklı oldukları, ilerde yapılacak melezlemelerde anaç olarak kullanıldıklarında *Leptocybe invasa*'ya dayanıklı üretim materyallerinin elde edilmesinde kullanılabilecekleri sonucuna varılmıştır.

Analiz sonucunda dayanıklı çeşitlerde tespit edilen kimyasallardan, **fenolik bileşikler** sentetik olarak üretilip hassas ağaçlar üzerine uygulanarak zararlı tarafından tercih edilmeme özelliği oluşturmada denenebileceği düşüncesindeyiz.

Diğer taraftan, Okaliptüs Gal Arıları'nda ilginç olan bir özellik aynı yerde yetişen bazı bitkilerin bu zararlıya yakalanmamasıdır. Okaliptüs Gal Arılarının aynı alanda bitkiyi neye göre seçtiklerinin cevabını bu çalışmada çıkan sonuçlara göre net olarak değerlendirmek söz konusu olamamaktadır. Ancak bu çalışma baz alınarak analiz için alınacak örneklerde zaman, yaş, bakı dikkate alınarak daha kapsamlı bir proje çalışmasının yapılmasının bizim daha kesin sonuçlar elde edilebilmemizi sağlayacağı düşüncesindeyiz.

5. Kaynaklar

- Rodriguez, P., Sierra, W., Rodriguez, P.M., 2006. Biotransformation of 1,8-cineole, the main product of Eucalyptus oils, Electronic Journal of Biotechnology, Vol.9 No.3, Special Issue.
- Matsuzaki, F., Wariishi, H., 2004. Functional diversity of cytochrome P450s of the white-rot fungus *Phanerochaete chrysosporium*, Biochemical and Biophysical Research Communications, 324 : 387-393.
- Miyazawa, M., Shindo M., Shimada, T., 2000. Oxidation of 1,8-cineole, the Monoterpene Cyclic Ether Originated from *Eucalyptus polybractea*, by Cytochrome P450 3A Enzymes in Rat and Human Microsomes, Drug Metabolism and Disposition, Vol. 29, No. 2.
- Kirimer, N., Demirci, F., Başer, K.H.C., 2002. Monoterpenlerin mikrobiyal transformasyonu, 14. bitkisel ilaç hammaddeleri toplantısı, bildiriler, 29-31 Mayıs 2002, Eskişehir.
- Kersten, P., Cullen, D., 2007. Extracellular oxidative systems of the lignin-degrading Basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium* (review), Fungal Genetic and Biology, 44 : 77-87. Al-Fatimi, M., Frediedrich, U., Jenett-Siems, J., 2005. Cytotoxicity of plants used in traditional medicine in Yemen, Fitoterapia, 76: 355- 358.
- Cruz, J., M., Dominguez, H., 2005. Anti-oxidant activity of isolates from acid hydrolysates of *Eucalyptus globulus* wood, Food Chemistry, 90: 503-511.
- Aytar, F., 2003. Okaliptüs Gal Arısı [*Leptocybe invasa* Fisher & LaSalla (Hym., Eulophidae)]'nın Türkiye' de biyolojisi, yayıllışı ve mücadelesi, Doa Dergisi, Sayı :9 Sayfa: 47-66.
- Türküsay, H., Onoğur, E., 1998. Bazı bitki ekstraktlarının in vitro antifungal etkileri üzerindeki araştırmalar, Tr. J. of Agriculture and Forestry, 22 -267-277.
- Ullrich, R., Holfrichter, M., 2007. Enzymatic hydroxylation of aromatic compounds, Cellular and Molecular Life Sciences, 64: 271-293.(Review)
- Yadav, J.,S., Doddapaneni, R., Subramanian, V., 2006. P450ome of the white rot fungus *Phanerochaete chrysosporium*: structure, evolution and regulation of expression of genomic P450 clusters, Biochemical Society Transactions, Vol.34 Part. 6
- Urlaher, V.,B., Lutz-Wahl, S., Schmid, R., D., 2004. Microbial P450 enzymes in biotechnology, Appl Microbiol Biotechnol, 64: 317-325.
- Başer, K., H., C., Gülbaba, G., Azcan, N., Kara, M., Kirimer, N., Kürkcüoğlum, Özek, T., Özkurt, N.,1998: Türkiye' de yetiştirilen bazı okaliptüs (*Eucalyptus*) türlerinin uçucu yağ verim ve bileşimlerinin ve üretim teknolojilerinin belirlenmesi, Orman Bakanlığı Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten, No:7.
- Pattnaik, S., Subramanyan, V., R., Kole, C., 1996. Antibacterial and antifungal activity of ten essential oils in vitro, Microbios., Vol.86 No. 349, 237-246.
- Gökçe, N., Karlıkaya, E., 2002. Okaliptüs (*Eucalyptus globulus*): sıtma ağacı, Trakya Ün. Tıp Fak. Der., 19(3-4): 189-194.

***Eucalyptus camaldulensis*'in *Leptocybe invasa*'ya ve Hastalıklara, Dayanıklı ve Hassas Çeşitlerinde Folin-Ciocalteu Reaktifi ile Toplam Fenol Tayini**

Fatma AYDOĞMUŞ ÖZTÜRK¹, Keriman GÜNAYDIN²

¹ Doktora Öğrencisi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Vezneciler/İstanbul, aydogmusozturk@ogr.iu.edu.tr

² Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Vezneciler/İstanbul, gunaydin@istanbul.edu.tr

Özet

Okaliptüslerin yeni zararlısı olan *Leptocybe invasa*'ya ve hastalıklara, hassas ve dayanıklı olan *Eucalyptus camaldulensis* türüne ait Tarsus-Karabucak ve Serinyol-Kampus çevresinden toplanan yedi farklı örneğin metanol ekstralarında toplam fenolik bileşik içeriği tayini Folin-Ciocalteu reaktifi ile belirlenmiştir. Standart olarak gallik asit ve pirokatekol kullanılmıştır. Ayrıca *L. invasa*'ya hassas örneklerin (F1 ve F3) sadece galli olan kısımlarından ekstralar hazırlanarak toplam fenolik bileşik içerikleri tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda hastalıklara dayanıklılık ve *L. invasa*'ya dayanıklılık açısından toplam fenolik bileşik içeriği bakımından bir paralellik gözlenmemiştir. Toplam fenolik içerik bakımından en yüksek F8 örneği (141.95 µg gallik asit'e eşdeğer/mg ekstre), en düşük ise F3 örneğinde (64.12 µg gallik asit'e eşdeğer /mg ekstre) tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *E. camaldulensis*, *L. invasa*, dayanıklı çeşitler, hassas çeşitler, toplam fenol, Folin-Ciocalteu

Abstract

Eucalyptus camaldulensis is known as resistant and/or sensitive to some diseases and *Leptocybe invasa* harmful for the *Eucalyptus* species. Total phenolic content of methanol extract of seven different samples including leaves and gall leaves of *Eucalyptus camaldulensis* which were collected from Tarsus- Karabucak and Serinyol-Kampus areas were determined by Folin Ciocalteus Reagent (FCR). Pyrocatechol and gallic acid were used as standards and results were expressed as pyrocatechol and gallic acid, respectively. In addition, the methanol extract of only gall part of F1 and F3 which are sensitive to *L. invasa* also studied for their total phenolic contents in some conditions. F8 found that the richest total phenolic content (141.95 µg gallic acid equivalents /mg extract) while F3 was the poorest one (64.12 µg gallic acid equivalents /mg extract). Results show that there is no parallelism between the samples resistant to diseases or to *L. invasa* and total phenolic contents.

Keywords: *E. camaldulensis*, *L. invasa*, resistant sample, sensitive sample, total phenol, Folin-Ciocalteu

1. Giriş

Eucalyptus (Myrtaceae), Avustralya'ya özgü bir cins olup, Afrika, Kuzey ve Güney Amerika, Asya ve Güney Avrupa gibi dünyanın farklı bölgelerinde de yetiştirilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre okaliptüs yaprakları, ekspektoran olarak orta derecedeki solunum rahatsızlıklarda ve bronşitte ve astım, ateş ve boğaz iltihaplanmalarının semptomatik tedavisinde kullanılmaktadır.

Bu bitkinin antibakteriyel (Ramezani ve ark., 2002; Takahashi ve ark., 2004; Salari ve ark., 2006), antihiperglisemik (Gray ve Flatt, 1998), analjezik ve antienflamatuar (Silva ve ark., 2003) etki gibi bazı biyolojik aktiviteler gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca bitkinin uçucu yağının (Dessi ve ark., 2001), odun örneklerinin (Gonzales ve ark., 2004) ve gövde kabuklarının (Yun ve ark., 2000) antioksidan aktiviteye sahip oldukları da bildirilmiştir.

Bitki üzerinde yapılan kimyasal çalışmalar ile *Eucalyptus* cinsinde fenolik asitler (Boukef ve ark., 1976) flavonoidler (Okamura ve ark. 1993), monoterenler (Foudil-Cherif ve ark., 2000), siyogenik glikozitler (Gleadow ve Wodrow, 2000) ve triterpenler (Benyahia ve ark., 2005) bulunduğu tespit edilmiştir. Flavonoidler, fenolik asitler ve aldehitler gibi okaliptüslerin yapraklardan elde edilen bileşikler (Conde ve ark., 1997) kâğıt, eczacılık ve kozmetik endüstrisinde kullanılmaktadır (Williams ve ark., 1998; Silva ve ark., 2003).

Damarlı bitkilerde 4000'den fazla fenolik bileşik (flavonoidler, monofenoller ve polifenoller) bulunmaktadır (Middleton ve Kandaswami, 1994). Bitkilerde bulunan fenoller, demir ve bakır gibi maddeler ve özellikle proteinlerle bağlanma potansiyelindedirler. Bunların bitkideki fonksiyonu ise

güneşin UV ışığının sebep olduğu protein, karbonhidrat, lipit ve DNA'da serbest radikallerin hasarlarını engellemeleridir (Vinson ve ark., 1995).

Folin-Ciocalteu yöntemi Slinkard ve Singleton tarafından (1977), antioksidan karışımların toplam fenolik bileşik içeriklerinin belirlenmesi için geliştirilmiştir. Folin reaktifi, fosfomolibdik-fosfotungustik asit karışımıdır ve fenolik ve polifenol antioksidanların kolorimetrik olarak tayin edilmesinde kullanılmaktadır (Singleton ve ark., 1999). Yöntemde kullanılan CuSO_4 (bakır (II) sülfat) alkali ortamda protein veya antioksidanla kompleks yapar. Folin reaktifi eklendiğinde protein veya antioksidana bağlanarak Cu (II) ile reaksiyonları sonucu Cu (I) açığa çıkmaktadır. Cu (I) büyük ihtimalle moliddatotungstat reaktifini heteropoli mavisini indirger ve renk sarıdan maviye dönüşür. Reaksiyon tamamlandığında 760 nm'de absorbans ölçülür. Bu denemede, geri dönüşümlü bir veya iki elektron indirgeme reaksiyonları, $\text{P}(\text{MoW}_{11}\text{O}_{40})^{4-}$ olması muhtemel mavi-yeşil renklerin oluşumunu sağlar. Esasen, molibdenin kompleks içinde indirgenmesinin daha kolay olduğu ve elektron transfer reaksiyonunun, indirgenler ve Mo (VI) arasında gerçekleştiği düşünülmektedir. Fenolik bileşikler, Folin-Ciocalteu reaktifi ile sadece bazik ortamlarda reaksiyon verirler. Burada pH sodyum karbonat ile ayarlanır. Fenolik protonun reaktif indirgeme yeteneği ile artan fenolat anyonunun oluşumunu sağlar.

Türkiye'de okaliptüs türleri, ilk kez 1885 yılında Adana-Mersin demiryolu güzergâhında kullanılmıştır (Adalı, 1944). Okaliptüs'ün Türkiye'ye adapte olmuş iki türü *E. camaldulensis* ve *E. grandis*'tir (Gül Baba, 1997).

Türkiye'de günümüze kadar *Phoracantha semipunctata* (Coleoptera, Cerambycidae) ve *Abgrallaspis cyanophylli* (Sign.) (Homoptera, Diaspididae) türlerinin *E. camaldulensis* ve *E. grandis*'de zararlarına rastlanmıştır. Ancak 2000 yılında, boyu 10 metreyi aşan bir *E. camaldulensis* ağacının yan dalında bulunan taze yaprakların orta damarı, yaprak sapı ve nadiren de yeni sürgünlerinde gal oluşumuna neden olan yeni bir okaliptüs zararlısı görülmüştür (Aytar, 2003). Erginlerinden böceğin *Leptocybe invasa* Fisher & LaSalla (Hymenoptera, Eulophidae) (okaliptüs gal arısı), olduğu saptanmıştır. İlk olarak 2000 yılında gözlenmesinden sonra bunun hem yeni bir cins ve yeni bir tür olduğu, hem de okaliptüslerin yeni zararlısı olduğu bildirilmiştir (Mendel ve ark., 2004).

L. invasa'nın, 2000–2001 yıllarında önemli bir zararına rastlanmamasına karşın 2002, 2003 ve 2004 yıllarında tesis edilen fidanlık ve yakın çevrede bulunan fidanlıklarda salgın meydana getirdiği, 2004 yılı itibarıyla 1500 hektarın üzerinde yayılım gösterdiği saptanmıştır. Zararının ergin dönemi hariç, diğer yaşam evrelerinin gal içerisinde geçmesi, ayrıca parazitoid ve predatörlerinin henüz keşfedilmemiş olması böcekle mücadelede önemli sorunlar olarak ortaya çıkmaktadır (Aytar, 2003).

Türkiye'ye, rüzgârla taşınarak İsrail'den geldiği düşünülen ve yaprakla beslenip bıraktığı yumurta ile bitkide kurumaya yol açan, özellikle Akdeniz bölgesindeki okaliptüs ağaçlarına önemli düzeylerde zarar verdiği bildirilen *L. invasa* son yedi yılda fidanlık ve üretme çiftliklerinde hasara yol açmaktadır. Gal oluşumu, genç ağaçlarda dejenerasyona ve şiddetli yaprak dökümlerine sebep olarak ciddi tehditler oluşturmaktadır.

L. invasa'nın Parthenogenese üreme tipinden Thelytokie üreme tipinde olması, erginlerinin Mayıs ayından Kasım ayına kadar çok döl vermeleri ve yüksek oranda yumurta bırakmaları sebebiyle bu zararlıya karşı etkin bir mücadele yöntemi geliştirilememiştir. Okaliptüs gal arısına karşı kimyasal (Menthomex 90 SP ve Confidor), mekanik ve kültürel mücadeleler uygulanmaktadır (Aytar, 2006).

L. invasa son yıllarda ülkemiz de dahil olmak üzere bütün Akdeniz ülkelerinde okaliptüs'ün en önemli zararlısı durumuna gelmiştir. Bu zararlının çok yüksek düzeyde üreme gücünün olması ve gelişme mevsimi boyunca 3–4 döl vermesi nedeniyle yapılan kimyasal mücadele uygulamalarında başarı elde edilememektedir. Diğer mücadele yöntemlerinden özellikle biyolojik mücadele imkânlarının araştırılması ve dayanıklı çeşitlerin bulunmasının bu zararlı ile mücadelede en etkili yöntemler olabileceği düşünülmekte ve bu konudaki çalışmalar hızla devam etmektedir. *E. camaldulensis* türüne ait dayanıklı ve dayanıksız aynı örneklerde uçucu yağ GC-MS analizleri sonucunda uçucu fenolik bileşiklerin içeriklerinin farklı olduğu, dayanıklı olan okaliptüslerde uçucu fenolik bileşik içeriklerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple *L. invasa* ve hastalıklar ile mücadelede fenollerin kullanılıp

kullanılmayacağı sorusuna cevap bulmak amacıyla toplam fenolik bileşik içerikleri ile çalışmaya karar verilmiştir. Yapılan olan bu çalışmada Tarsus-Karabucak ve Serinyol-Kampüs çevresinden tespit edilen dayanıklı ve dayanıksız *E. camaldulensis* örneklerinde Folin-Ciocalteu reaktifi ile toplam fenolik bileşik içeriği tayin edilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Bitki örnekleri

Örnekler, Tarsus-Karabucak ve Serinyol Kampüs'ten Nisan 2007 tarihinde toplanmıştır. Bitki örnekleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. *E. camaldulensis* örnekleri.

Örnekler	Örnek Adı
F1	Dayanıksız=Hassas, Gal Oluşan Çeşit
F2	Dayanıklı Çeşit, Gal Oluşmayan Çeşit
F3	Hassas Çeşit, Galli Dal ve Yapraklar
F5	Hastalığa Dayanıklı, 1. Ağaç
F6	Hastalığa Dayanıklı, 2. Ağaç
F7	Hastalığa Hassas, 1. Ağaç
F8	Hastalığa Hassas, 2. Ağaç

2.2. Kimyasallar

Pirokatekol, gallik asit, sodyum karbonat, Folin-Ciocalteu reaktifi (FCR), metanol Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO)'den sağlanmıştır.

2.3. Ekstraksiyon

Kuru yaprak ve/veya dal örnekleri oda sıcaklığında 4 defa metanol:su (9:1) çözücü karışımı ile ekstrakte edilmiştir. Çözücü vakum altında düşük sıcaklıkta döner buharlaştırıcı kullanılarak uzaklaştırılmıştır. Toplam fenol tayinini için kuru ekstrelerden 1000 µg/mL konsantrasyonlarda çözeltiler hazırlanmıştır.

2.4. Toplam fenol içeriği

Ekstrenin, fenol içeriği Folin-Ciocalteu yöntemine (Slinkard ve Singleton, 1977) göre standart olarak pirokatekol ve gallik asit kullanılarak belirlenmiştir. Bunun için; 20 µL metanol ekstresi üzerine 130 µL su ve 40 µL FCR eklenmiştir. 3 dakika sonra 60 µL % 2'lik Na₂CO₃ ilave edilerek, karışım oda sıcaklığında 2 saat arada sırada çalkalanarak bekletildikten sonra 760 nm'de absorbans okunmuştur. Fenolik bileşik içerikleri aşağıda verilen standart pirokatekol ve gallik asit grafikleri kullanılarak sırası ile µg pirokatekol'e eşdeğer mg ekstre ve µg gallik asit'e eşdeğer mg ekstre olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Absorbans} = 0.0443 \text{ pirokatekol } (\mu\text{g}) + 0.0256$$

$$(R^2 = 0.9972)$$

$$\text{Absorbans} = 0.0379 \text{ gallik asit } (\mu\text{g}) + 0.0374$$

$$(R^2 = 0.9999)$$

3. Bulgular ve Tartışma

Fenolik bileşiklerinin antioksidan aktiviteden sorumlu olduğu bildirilmiştir (Zieliński ve Kozłowska, 2000). *E. camaldulensis*'e ait örneklerde ise yüksek bir fenol içeriği tespit edilmiştir. Tablo 2 ve Şekil 1'de *E. camaldulensis*'in dayanıklı ve dayanıksız çeşitlerinin toplam fenolik bileşik içerikleri µg pirokatekol (PEs) ve µg gallik asit (GAs)'e eşdeğer mg ekstre olarak verilmektedir.

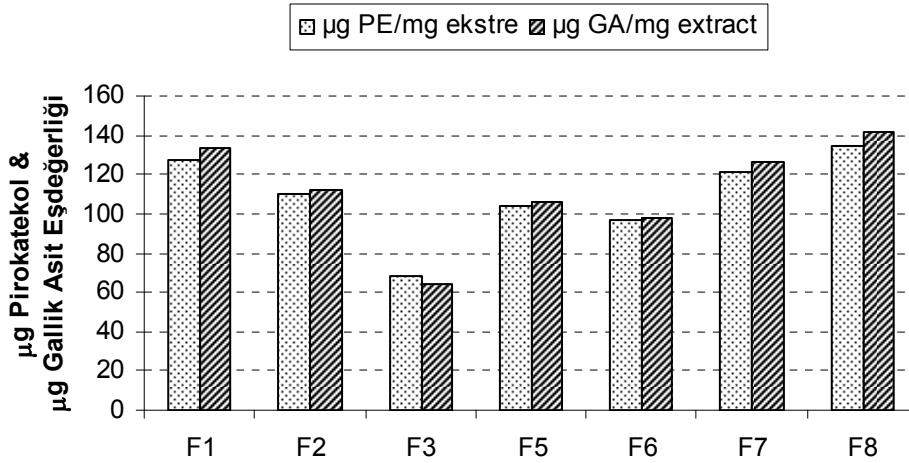
Tablo 2. *E. camaldulensis*^a'in metanol ekstrelerinin toplam fenolik bileşik içerikleri.

Örnekler	Fenolik içerik (µg PE/mg ekstre) ^b	Fenolik içerik (µg GAE/mg ekstre) ^c
F1	127.24±4.56	133.16±5.33
F2	109.56±2.35	112.49±2.75
F3	68.17±3.39	64.12±3.96
F5	104.29±5.97	106.33±6.98
F6	96.76±0.65	97.54±0.76
F7	121.22±4.79	126.12±5.60
F8	134.76±22.03	141.95±25.75
F1 Gal	99.40±2.35	100.62±2.75
F3 Gal	135.52±6.22	142.83±7.27

^a Değerler 3 paralel ölçümün ortalaması ve standart sapması olarak verilmiştir ($p < 0.05$).

^b PE, pirokatekol eşdeğerleri. $R^2=0.9972$ $y=0.0443x-0.0256$

^c GAE, gallik asit eşdeğerleri. $R^2=0.9999$ $y=0.0379x-0.0374$



Şekil 1. *E. camaldulensis*'in toplam fenolik bileşik içerikleri.

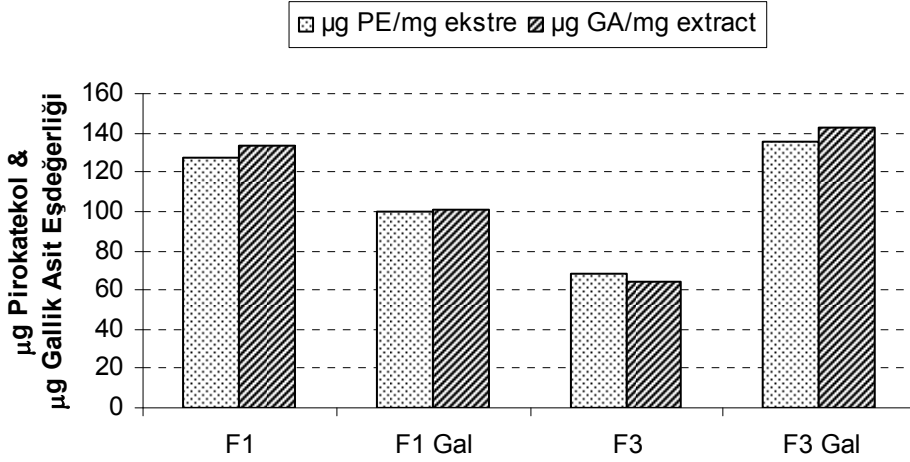
Aynı örneklerin uçucu yağlarının GC/MS analiz sonuçlarına göre uçucu fenolik bileşiklerin içeriğinde farklılıklar olduğu, *L. invasa*'ya ve hastalıklara dayanıklı örneklerde uçucu fenolik bileşiklerin içeriklerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu çalışma sonucunda elde edilen verilerde toplam fenolik bileşik içerikleri bakımından bir paralellik gözlenmemiştir.

L. invasa'ya dayanıklı ve hassas olan çeşitlerde yapılan çalışmalar sonucunda en yüksek toplam fenolik bileşik içeriği F1 (Dayanısız hassas-Gal oluşan) örneğinde PE ve GAE için sırası ile 127.24/133.16 µg olarak elde edilmiştir. En düşük toplam fenolik bileşik içeriği F3 (Hassas çeşit-Galli dal ve yapraklar) örneğinde 68.17/64.12 µg olarak tespit edilmiştir. F2 (Dayanıklı-Gal oluşmayan) çeşitte ise 109.56/112.49 µg olarak belirlenmiştir.

L. invasa'ya dayanısız olan çeşitlerin sadece galli kısımlarında toplam fenolik bileşik içerikleri araştırılmıştır. F1 Gal örneği için toplam fenolik bileşik içeriğinin 99.40/100.62 µg'a düştüğü tespit edilmiştir. Ancak F3 Gal örneği için toplam fenolik bileşik içeriğinin 135.21/142.83 µg'a yükseldiği belirlenmiştir (Şekil 2).

Hastalıklara hassas ve dayanıklı örneklerde yapılan çalışma sonucunda ise hastalığa dayanıklı 1. ve 2. ağaç örneklerinin (F5 ve F6) toplam fenolik bileşik içeriğinin hastalığa hassas 1. ve 2. ağaç örneklerinden (F7 ve F8) daha düşük olduğu gözlenmiştir. Hastalığa dayanıklı örnekler F5 ve F6'da sırası ile

104.29/106.33 μg ve 96.76/97.54 μg toplam fenolik bileşik içeriği tayin edilmiştir. Hastalığa hassas örnekler F7 ve F8’de ise sırası ile 134.76/141.95 ve 121.22/126.12 μg olarak belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 2. *E. camaldulesis*'in sadece galli bölgelerden alınan örneklerinin toplam fenol içerikleri.

Farklı *Eucalyptus* türlerinin yapraklarında bir takım polifenolik bileşikler teşhis edilmiştir. *E. camaldulesis*'de flavonoid grubu içinde yer alan bazı flavon glikozitler tanımlanmıştır (Abd-Alla ve ark., 1980). *E. camaldulesis*'in yapraklarındaki düşük molekül ağırlıklı polifenollerle yapılan çalışmada, çalışılan örneklerdeki en yüksek toplam fenol içeriğinin 94.3 μg kuersetine eşdeğer olduğu saptanmıştır (Conde ve ark., 1997). Üç *Eucalyptus* hibritinin yaprak çöplerindeki toplam fenol içeriğinin belirlendiği (Chapuis-Lardy ve ark., 2002) bir çalışmada ise örneklerin bu çalışmada kullanılan örneklere yakın değerler (1 mg örneğin 115.9–137.8 μg tannin asite eşdeğer) gösterdiği gözlenmiştir.

Pinus türleri, *Eucalyptus*'lar gibi hızlı büyüyen, ağaçlandırmada kullanılan bitkiler olup tropikal ülkelerde önemli bir ekonomik değere sahiptirler (Zinn ve ark., 2002). *Pinus* türleri ile *Eucalyptus*'ların toplam fenol içerikleri karşılaştırıldığında bir çalışmada *Pinus*'ların çok yüksek oranda (1610 μg gallik asite eşdeğer) (Jerez ve ark. 2007) fenol içerdikleri tespit edilmiştir. Pinuslarla yapılan diğer bir çalışmada ise *Pinus pinaster*'da toplam fenolik içerik 11.2 μg gallik asite eşdeğer olarak tespit edilmiştir (Pinelo ve ark., 2004).

E. camaldulensis türüne ait dayanıklı ve dayanıksız aynı örneklerde uçucu yağ GC-MS analizleri sonucunda uçucu fenolik bileşiklerin içeriklerinde farklılar olduğu, dayanıklı olan okaliptüslerde uçucu fenolik bileşiklerin içeriklerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla *L. invasa* ve hastalıklar ile mücadelede hangi kimyasal maddenin uygun olduğu sorusuna cevap bulmak, fenolik bileşiklerin mücadelede kullanılıp kullanılmayacağını araştırmak amacıyla toplam fenolik bileşik içeriklerinin belirlenmesine karar verilmiştir. Ancak bu çalışmanın sonunda böyle bir sonuca ulaşamamıştır. Bu sebeple *L. invasa* ve hastalıklara karşı dirençlilik ve hassaslık ile fenolik içerik arasında bir ilişki olmadığı, bunun dayanıklı ve hassas türlerin kimyasal içeriğinde bulunan diğer yapılardan kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Bu yapıların incelenerek mücadelede kullanılacak alternatif bir yöntem geliştirilmesi daha sonra yapılacak çalışmaların amacı olacaktır.

4. Kaynaklar

- Abd-Alla, M.F., El-Negoumy, J.I., El-Lakany, M.H., Saleh, N.A.M., 1980. Flavonoid, glycosides and chemosystematics of *Eucalyptus camaldulensis*. *Phytochemistry*, 19: 2629–2632.
- Adalı, F., 1944. Sağlık Ağacı Okaliptüs. Ziraat Vekâleti Neşriyat Müdürlüğü Genel Sayı: 609, Pratik Kitaplar Serisi: 3, İstanbul.
- Aytar, F., 2003. Okaliptüs gal arısı [*Leptocybe invasa* Fisher & LaSalla (Hym., Eulophidae)]'nın Türkiye'deki biyolojisi, yayılışı ve mücadelesi. *Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü DOA Dergisi*, 9: 47–66.
- Aytar, F., 2006. Türkiye'de Okaliptüslerin yeni ve ciddi bir zararlısı okaliptüs gal arısı (*Leptocybe invasa* (Hym., Eulophidae)). *Orman Mühendisliği Dergisi*, 43 (3): 33–37
- Benyahia, S., Benayache, S., Benayache, F., Leon, F., Quintana, J., Lopez, M., Hernandez, J.C., Estevez, F., Bermejo, J., 2005. Cladocalol, a pentacyclic 28-nor-triterpene *Eucalyptus cladocalyx* with cytotoxic activity. *Phytochemistry*, 66: 627–632.

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

- Boukef, K., Balansard, G., Lallemand, M., Bernard, P., 1976. Study of the phenolic acids isolated from *Eucalyptus globulus* Labill leaves. *Medica Phytoterapy*, 10: 24-29.
- Chapuis Lardy, L., Contour-Ansel, D., Bernhard-Reversat, F., 2002. High-performance liquid chromatography of water-soluble phenolics in leaf litter of three *Eucalyptus* hybrids (Congo). *Plant Science*, 163: 217-222.
- Conde, E., Cadahia, E., Garcia-Vallejo, M.C., 1997. Low molecular weight polyphenols in leaves of *Eucalyptus camaldulensis*, *E. globules* and *E. rudis*. *Phytochemical Analysis*, 8: 186-193.
- Dessi, M.A., Deina, M., Rosa, A., Piderra, M., Cottiglia, F., Bonsignore, L., Deidda, D., Pompei, R., Corongiu F.P., 2001. Antioxidant activity of extracts from plants growing in Sardinia. *Phytother Res.*, 15: 511-518.
- Foudil-Cherif, Y., Meklati, B.Y., Verzera, A., Mondello, L., Dugo, G., 2000. Chemical examination of essential oils from the leaves of nine *Eucalyptus* species growing in Algeria. *J. Ess. Oil. Res.*, 12: 186-191.
- Gleadow, R.M., Woodrow, I.E., 2000. Temporal and spatial variation in cyanogenic glycosides in *Eucalyptus cladocalyx*. *Tree Physiol.*, 20: 591-598.
- Gray, A.M., Flatt, P.R., 1998. Antihyperglycemic actions of *Eucalyptus globulus* (Eucalyptus) are associated with pancreatic and extra-pancreatic effects in mice. *J. Nutr.*, 128: 2319-2323.
- González, J., Cruz, J.M., Domínguez, H., Parajó, J.C., 2004. Production of antioxidants from *Eucalyptus globulus* wood by solvent extraction of hemicellulose hydrolysates. *Food Chem.*, 84: 243-251.
- Gülbaba, A.G., 1997. Tohumdan Okaliptüs Fidanı Yetiştirilmesi Teknikleri. *DOA Dergisi*, Tarsus.
- Jerez, M., Selga, A., Sineiro, J., Torres, J.L., Núñez, M.J., 2007. A comparison between bark extracts from *Pinus pinaster* and *Pinus radiata*: Antioxidant activity and procyanidin composition. *Food Chemistry*, 100: 439-444.
- Mendel, Z., Protasov, A., Fisher, N., La Salle, J., 2004. The taxonomy and natural of *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) gen. & sp. nov., an invasive gall inducer on Eucalyptus. *Australian Journal of Entomology*, 43: 51-63.
- Middleton, E., Kandaswami, C., 1994. The Impact of Plant Flavonoids on Mammalian Biology: Implications for Immunity, Inflammation and Cancer. In Harborne JB (ed): "The Flavonoids: Advances in Research since 1986." London: Chapman and Hall, pp 619-652.
- Okamura, H., Mimura, A., Niwano, M., Takahara, Y., Yasuda, H., Yoshida, H., 1993. Two acylated flavanol glycosides from *Eucalyptus rostrata*. *Phytochemistry*, 33: 512-514.
- Pinelo, M., Rubilar, M., Sineiro, J., Núñez, M.J., 2004. Extraction of antioxidant phenolics from almond hulls (*Prunus amygdalus*) and pine sawdust (*Pinus pinaster*). *Food Chemistry*, 85: 267-273.
- Ramezani, H., Singh, H.P., Batish, D.R., Kohli, R.K., 2002. Antifungal activity of the volatile oil of *Eucalyptus citriodora*. *Fitoterapia*, 73: 261-262.
- Salari, M.H., Amine, G., Shirazi, M.H., Hafezi, R., Mohammadypour, M., 2006. Antibacterial effects of *Eucalyptus globulus* leaf extract pathogenic bacteria isolated from species of patients with respiratory disorders. *Clin. Microbiol. Infect.*, 12: 194-196.
- Silva, J., Abebe, W., Sousa, S.M., Duarte, V.G., Machado, M.I.L., Matos, F.J.A., 2003. Analgesic and anti-inflammatory effects of essential oils of *Eucalyptus*. *Ethnopharmacol.*, 89: 277-283.
- Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventos R.M., 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Meth. Enzymol.*, 99: 152-178.
- Slinkard, K., & Singleton, V.L., 1977. Total phenol analyses: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28: 49-55.
- Takahashi, T., Kokubo, R., Sakaino, M., 2004. Antimicrobial activities of eucalyptus leaf extracts and flavonoids from *Eucalyptus maculata*. *Lett. Appl. Microbiol.*, 39: 60-64.
- Vinson, J.A., Dabbagh, Y.A., Serry, M.M., Jang, J., 1995. Plant flavonoids, especially tea flavonols, are powerful antioxidants using an in vitro oxidation model for heart disease. *J Agric Food Chem*, 43: 2800-2802.
- Yun, B.S., Lee, I.K., Kim, J.P., Chung, S.H., Shim, G.S., Yoo, I.D., 2000. Lipid peroxidation inhibitory activity of some constituents isolated from the stem bark of *Eucalyptus globulus*. *Arch. Pharm. Res.*, 23: 147-150.
- Williams, L.R., Stockley, J.K., Yan, W., Home, V.N., 1998. Essential oils with high antimicrobial activity for therapeutic use. *Int. J. Aromatherapy*, 8: 30-40.
- Zieliński, H. & Kozłowska, H., 2000. Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48: 2008-2016.
- Zinn, Y.L., Resck, D.M.S., da Silva, J.E., 2002. Soil organic carbon as affected by afforestation with *Eucalyptus* and *Pinus* in Cerrado region of Brazil. *Forest Ecology and Management*, 166: 285-294.
- http://www.cevre.gen.tr/index.php?option=com_content&task=view&id=94&Itemid=1 (Erişim: 03.03.2008)

Avustralya Kökenli İki Eulophid, *Leptocybe invasa* Fisher ve La Salle ve *Ophelimus maskelli* (Hym.; Eulophidae)'nin Türkiye'deki Yayılışı, Konukçuları ve Doğal Düşmanları

Fatih AYTAR

Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Tarsus-Mersin, e-mail: f_aytar@hotmail.com

Özet

Son yıllarda Türkiye'de bulunan okaliptüsler Avustralya kökenli iki istilacı eulophid *Leptocybe invasa* ve *Ophelimus maskelli* (Ashmead, 1900) (Hym.: Eulophidae)'nin saldırılarına maruz kalmıştır. Bu türlerden *L. invasa* *E. camaldulensis*, *E. grandis* *E. saligna* ve *E. tereticornis* üzerinden toplanmış, bunlardan *E. saligna* ve *E. tereticornis* üzerinde ilk kez saptanmıştır. *L. invasa*'nın *E. grandis* ve *E. camaldulensis* üzerindeki etkisi incelendiğinde *E. grandis*'in *L. invasa* saldırısına karşı *E. camaldulensis*'e göre daha az etkilendiği görülmüştür. İslah çalışmaları sonucunda yüksek hasılatın elde edileceği ve endüstriyel okaliptüs ağaçlandırmalarda kullanılacak olan *E. camaldulensis*, *E. grandis* ve melez klonlar arasında bazı klonların daha az etkilendiğini dolayısıyla bu konuda ayrıntılı çalışmalar yapılana kadar kurulacak endüstriyel okaliptüs ağaçlandırmalarında bu klonların tercih edilmesinin uygun olacağı önerilmektedir. *L. invasa*'nın yayılışına ilişkin yapılan çalışmada, Akdeniz, Ege ve Güney Doğu Anadolu Bölgelerinde örneklerine rastlanmış olup bu bildiriyle *L. invasa*'nın Güney Doğu Anadolu Bölgesinde (Şanlıurfa ve Gaziantep) bulunduğuna ilişkin ilk kayıttır. Türkiye'de *L. invasa*'nın doğal düşmanlarından *Megastigmus* sp. nr. *hilli* Dodd, 1917 (Hym.; Torymidae) Samandağ (Antakya)'da bulunduğu bildirilmiştir. Diğer okaliptüs gal arısı, *O. maskelli*'nin Akdeniz ve Ege Bölgelerinde bulunan hemen hemen bütün okaliptüslerin üzerinde bulunduğu görülmüştür. Alanların tamamında konukçu bitki olarak sadece *E. camaldulensis* belirlenmiştir. Zararlının görüldüğü alanlar içerisinde Balcalı (Adana), Tarsus-Silifke (Mersin), Gazipaşa-Belek-Kaş (Antalya) ve Fethiye-Ortaca-Dalaman'da *O. maskelli*'nin parazitoiti *Closterocerus chamaeleon* (Hym.: Eulophidae)'e bol miktarda rastlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis*, pest, parazitoit *Closterocerus chamaeleon*

Distribution, Hosts and Naturel Enemies of *Leptocybe invasa* Fisher ve La Salle and *Ophelimus maskelli* (Hym.; Eulophidae), Two Australian Eulophids in Turkey

Abstract

Recently two Australian invasive eulophids, *Leptocybe invasa* ve *Ophelimus maskelli* attacking Eucalyptus trees in Turkey. Both species induce galls on the leaf blade, with *L. invasa* also attacking the petiole and the twig. Suitable hosts for *L. invasa* include *E. camaldulensis* (section Exsertaria), *E. grandis* (section Transversaria) *E. saligna* and *E. tereticornis* in Turkey. *L. invasa* was first found on the *E. saligna* and *E. tereticornis* in Turkey. *E. grandis* are resistant for the attack of *L. invasa* than *E. camaldulensis*. However some clones of *E. camaldulensis* using in industrial plantation, *E. grandis* and hybrid clones are resistant for the attack of *L. invasa*. The wasp is spreading throughout Southeastern Anatolia, Mediterranean and Aegean regions of Turkey. A natural enemy of *L. invasa*, *Megastigmus* sp. nr. *hilli* Dodd, 1917 (Hym.; Torymidae) was reared from the Eucalyptus Gall Wasp only in Samandağ-Hatay region in Turkey. Other gall wasp, *O. maskelli* is spreading throughout Mediterranean and Aegean regions of Turkey. The wasp was reared from *E. camaldulensis* only in Turkey. A natural enemy of *O. maskelli*, *Closterocerus chamaeleon* was collected from Balcalı (Adana), Tarsus-Silifke (Mersin), Gazipaşa-Belek-Kaş (Antalya) and Fethiye-Ortaca-Dalaman which the pest is present in Mediterranean and Aegean regions of Turkey.

Key words: *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis*, pest, parasitoid *Closterocerus chamaeleon*

1.Giriş

Okaliptüs Akdeniz ve Ege Bölgelerinin sahil şeritlerinde bulunan düz alanlar üzerinde endüstriyel ağaçlandırmada kullanılan exotik bir türdür. Anavatanı Avustralya ve civarındır. Okaliptüs doğal yayılış alanlarında hızlı büyüyen bir ağaç olmamasına karşın anavatanı dışında gelişim yönünden çok iyi bir performans gösterdiğinden dolayı dünyada 100'den fazla ülkede endüstriyel ağaçlandırmalarda kullanılmaktadır (Doğanlar 2007, Gürses 1990, Işık 1954). Ülkemizde ilk okaliptüs endüstriyel ağaçlandırması 1939 yılında 885 ha ile Tarsus-Karabucak Ormanında başlanmış (Gürses 1990) ve bu alan

son yıllarda Çukurova ve Dalaman Bölgelerinde yoğunlukta olmak üzere Akdeniz ve Ege Bölgelerinin sahil şeritlerinde yaklaşık 20 000 hektara ulaştığı tahmin edilmektedir. Okaliptüs herdem yeşil ve hızlı büyümesi endüstriyel ağaçlandırmanın dışında park, bahçe, zirai alan çevresinde de yaygın biçimde kullanılmasına neden olmuştur. *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. (section Exsertaria) hem endüstriyel ağaçlandırma hem de park-bahçelerde yaygın olarak kullanılmasına karşın *E. grandis* W.Hill ex Maiden (section Transversaria) sadece Karabucak Ormanında (Tarsus) endüstriyel plantasyonlarının tesisinde kullanılmaktadır. *E. camaldulensis* Çukurova ve Dalaman Bölgeleri ağırlıklı olmak üzere Akdeniz ve Ege Bölgelerinin sahil kesimlerinde endüstriyel plantasyonları bulunmaktadır (Resim-1). Odunları bina inşaatı, demiryolu traversi, mobilya, ambalaj sanayi, direk, sıruk, yakacak odun, odun kömürü ve kağıt hamurunda kullanılmaktadır. Yapraklarından elde edilen eterik (uçucu) yağlar eczacılık, deterjan sanayi, parfümeri, şeker, likör imalatında, tanen, metil alkol, asetik asit, suni ipek ve selofan üretiminde yararlanılmaktadır. Bunlara ilaveten oluşturdukları polenler arıcılıkta faydalanılmaktadır (Gülbaba 1990).



Resim-1. Türkiye’de okaliptüsün bulunduğu alanlar

2000 yılı başına kadar okaliptüsler ciddi bir böcek saldırısına maruz kalmamasına karşın bu tarihten sonra okaliptüslerin sağlığını tehdit eden Avustralya kökenli iki istilacı hymenopter tür saptanmıştır. Bunlardan ilki *Leptocybe invasa* (Hym.:Eulophidae), 2000 yılında Türkiye’nin yanı sıra bir çok Avrupa, Asya ve Avrupa ülkelerinde birbirine yakın zamanlarda belirlenmiştir. Diğer okaliptüs gal arısı, *Ophelimus maskelli* (Ashmead, 1900) (Hym.: Eulophidae) Türkiye’de ilk kez 2004 yılında Balcalı-Adana’da Aytar 2006 tarafından bulunmuştur. Bu çalışmada her iki türün Türkiye’deki yayılışları, konukçu bitkileri ve doğal düşmanları araştırılmıştır. Ayrıca gal arılarının saldırısına karşı dayanıklı tür ve klonlar saptanmaya çalışılmıştır.

2.Materyal ve Metot

Bu çalışma Türkiye faunasına yeni katılan her iki türün yayılışının saptanması ve diğer bulgular için 2000–2008 yılları arasında Akdeniz, Ege ve Güney Doğu Anadolu Bölgelerindeki okaliptüs plantasyonları ile bu türün süs bitkisi olarak kullanıldığı park ve bahçelerde survey çalışmaları yapılmıştır. Hem ergin çıkışları hem de doğal düşmanları elde edilmesi maksadıyla bulaşık örnekler cam kaplarda kültüre alınmıştır. Biyolojisine ilişkin gözlemler Adana, Mersin ve Muğla’da bulunan plantasyonlarda gerçekleştirilmiş ve tüm okaliptüs alanlarında doğal düşmanları araştırılmıştır. Böceğe karşı dayanıklı klonların belirlenmesinde Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü’nün Klon Bahçesinde gözlemler yapılmıştır. *Leptocybe invasa*’nin tür teşhisi Mendel ve ark. 2004’e, *Ophelimus maskelli*’nin tür teşhisi Protasov ve ark. 2007’ye, konukçu bitkilerin teşhisi ise Wilcox 1997’ye göre yapılmıştır. *O. maskelli*’nin doğal düşmanı *Closterocerus chamaeleon* (Girault) (Hym.: Eulophidae) teşhisi Dr. George JAPOSHVILI (Süleyman Demirel Üni. Bitki koruma Bölümü) tarafından yapılmıştır.

3. Tartışma ve Sonuç

Türkiye’de bulunan okaliptüslerde salgın meydana getiren iki türe ilişkin bilgiler aşağıda tür bazında verilmiştir.

3.1. *Leptocybe invasa*’nın Türkiye’ye Girişi

Dişilerin boyu 1,1-1,7 mm, erkeklerin boyu 0,8-1,2 mm uzunluğundadır (Resim-2). Erginleri ilk kez 2000 yılında Tarsus-Karabucak Ormanında bulunan *E. camaldulensis*’nin üzerinde meydana getirdikleri galdan (ur veya yumru) elde edilmiştir (Aytar 2003). Teşhisi yaklaşık 3 yıl kadar sürmüştür. 2003 yılında Prof. Dr. Zvi Mendel tarafından teşhisi yapılmış ve bu tür hakkında çalışmalara ancak başlanabilmiştir. Türkiye’de *L. invasa*’nın ilk zararını 2002 yılında Antalya Fidanlık Müdürlüğünü raporlamıştır. Bunu müteakiben 2003 yılında Karabucak’ta başlayan gençleştirme çalışmaları ile Okaliptüs gal arısının salgını patlak vermiştir.



Resim 2. *Leptocybe invasa*’nın erginleri

3.1.1. Zararı

L. invasa’nın ağaçlara olan ana etkisi deformasyon ve büyüme geriliğidir. *L. invasa* okaliptüsün yan ve tepe çatısında bulunan taze yaprak orta damarı, yaprak sapı ve sürgünlerinde gal (ur veya yumru) oluşumuna neden olmaktadır. Saldırı sonrası konukçu bitkinin tepe tacında deformasyon ve bazı bireylerde yapraksızlaşma oluşturmaktadır, sonuçta *L. invasa* saldırısına maruz kalan fertlerde sağlıklı eş değer bireylere göre çap ve boyda gerilemeler gözlenmektedir (Resim-3). *L. invasa* erginleri genç okaliptüs ağaçlarına saldırdığı gibi, boylu ağaçlara da (*E. camaldulensis*’de 32,70 m ve *E. grandis*’de 13,40 m) arız olabilmekte ancak özellikle 1-3 yaşlarındaki genç okaliptüsleri tercih ettiği ve onları kısa sürede istila ettiği gözlenmiştir. Dolayısıyla genç okaliptüslerin yaşlı okaliptüslere göre daha fazla böcek zararından etkilendiği saptanmıştır. Bu gözlemler Mendel ve ark. 2004’ün bulguları ile örtüşmektedir.

3.1.2. Yayılışı

Türkiye’de şu ana kadar doğudan batıya doğru Güney Doğu Anadolu, Akdeniz ve Ege Bölgelerinde bulunan hemen bütün okaliptüs alanlarında *L. invasa* örnekleri toplanmış olup bu bildiriyle okaliptüs gal arısının Güney Doğu Anadolu Bölgesinde (Birecik-Şanlıurfa merkez ve Nizip-Gaziantep) bulunduğuna ilişkin ilk kayıttır (Resim-4).

3.1.3. Konukçu Bitkileri

Yayılış gösterdiği bu alanlarda konukçu tür olarak *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis*, *E. saligna* ve *E. tereticornis* tercih ettiği saptanmıştır. Bu türlerden *E. saligna* ve *E. tereticornis* üzerinde ilk kez rastlanmıştır. *L. invasa*’nın farklı türler ve aynı türün farklı klonlarında gelişme düzeylerinin de farklı olduğu gözlenmiştir. Örneğin *E. grandis*’in *L. invasa* saldırısına karşı *E. camaldulensis*’e göre daha az etkilendiği görülmüştür. Bu nedenle yeni tesis edilecek endüstriyel Okaliptüs ağaçlandırmalarında bu türün kullanımı uygun olacağı düşünülmektedir. Bununla birlikte ıslah çalışmaları sonucunda yüksek hasılat elde edilmesi amaçlanan endüstriyel okaliptüs ağaçlandırmalarda kullanılacak *E. camaldulensis*, *E. grandis* ve melez klonlar arasında

E. camaldulensis’in 59, 70, 73, 82, 96, 129, 185, 201, 298, 317,

E. grandis’in 60, 62, 67, 73, 78, 86, 92, 96, 100 ve

melezlerin 11, 13, 19, 21, 23, 44, 51, 84 ve 86 nolu

klonların gal arısı saldırısından daha az etkilendiği dolayısıyla bu konuda ayrıntılı çalışmalar yapılana kadar kurulacak olan endüstriyel okaliptüs ağaçlandırmalarda bu klonların tercih edilmesinin uygun

olacağı önerilmektedir. Doğanlar 2007, *L. invasa* saldırısına karşı dayanıklı *E. camaldulensis* klonların tespitine yönelik yapılan çalışmaların halen devam ettiğini belirtmekle birlikte benzer bulgulara rastlandığını vurgulamakta ve bunun nedenlerinin ortaya çıkartılması için bu klonların içeriklerinin kimyasal analiz yöntemiyle saptanmasını önerilmektedir. Ancak saptanacak bu klonlar ıslah edilmiş klonlara göre birim alandan daha düşük hasılat (eta) veren fertlerden olduğundan dolayı endüstriyel ağaçlandırmada kullanılmaya uygun olmayacaktır. Bu nedenle saptanacak klonlar ekonomik bir beklenti olmayan park ve bahçelerde kullanımı uygun olacaktır.



Resim 3. *Leptocybe invasa* saldırısı sonrası *Eucalyptuscamaldulensis*'nin farklı klonlarında meydana gelen tepkiler



Resim 4. *Leptocybe invasa*'nın Türkiye'deki yayılışı

3.1.4. Doğal Düşmanları

Türkiye'de *L. invasa*'nın doğal düşmanlarından *Megastigmus* sp.nr. *hilli* Dodd, 1917 (Hym.; Torymidae) Samandağ (Antakya)'da bulunmuş ve bu parazitoit mevcut zararlı popülasyonu üzerinde % 5 oranında etkili olduğu bildirilmiştir (Resim-5). Bunun yanı sıra yurt dışında *L. invasa*'nın doğal düşmanlarından *Aprostocetus* sp. (Hym.; Eulophidae)'un İsrail'de bulunduğu kaydedilmektedir (Doğanlar 2007).



Resim 5. *Megastigmus* sp.nr. *hilli*
A) Dişi,
B) Erkek (Z. MENDEL)

3.2. *Ophelimus maskelli* (Ashmead, 1900)'nin Türkiye'ye Girişi

Erginlerinin boyu 0,75-1,0 mm arasındadır (Resim-6A,B). Türkiye'de okaliptüslerin sağlığını tehdit eden diğer bir zararlı okaliptüs yaprak ayası gal arısı *O. maskelli*'dir. Türkiye'de *O. maskelli* erginleri ilk kez 2004 yılında Balcalı (Adana)'da bulunan *E. camaldulensis* yapraklarında meydana getirdikleri gallardan elde edilmiştir (Aytar 2006). Bu bölgede bulunan genç ve yaşlı okaliptüslerin hemen hemen hepsine arız olmuştu ve genel itibariyle epidemi yapmıştı. 2005'de Fethiye, Göcek, Ortaca, Dalaman, Köyceğiz'de benzer durum gözlenmiştir.

3.2.1. Zararı

Zararı; gelişimini tamamlamış taze yaprakların genellikle yüzeyine (ayasına) nadiren de yaprak orta damarında gal oluşumuna neden olurlar (Resim 6C). Meydana gelen gallar yüzeyde nekroza (doku kaybı) bağlı olarak kurulumalar gerçekleşir. Aynı yaprağa tekrar eden saldırı sonucu nekrozun artmasına bağlı olarak yaprakların erken dökülmesine neden olurlar. Bu da bitkinin çap ve boy artışını olumsuz şekilde etkilediği tahmin edilmektedir. *O. maskelli* hem genç fertlerde hem de yaşlı fertlerde zarar yaptığı gözlenmiştir.



Resim 6. *O. maskelli*'nin A-B) Ergin, C) *E. camaldulensis* yaprağının yüzeyinde meydana getirdikleri gallar

3.2.2. Yayılışı



Resim 7. *Ophelimus maskelli*'nin Türkiye'deki yayılışı

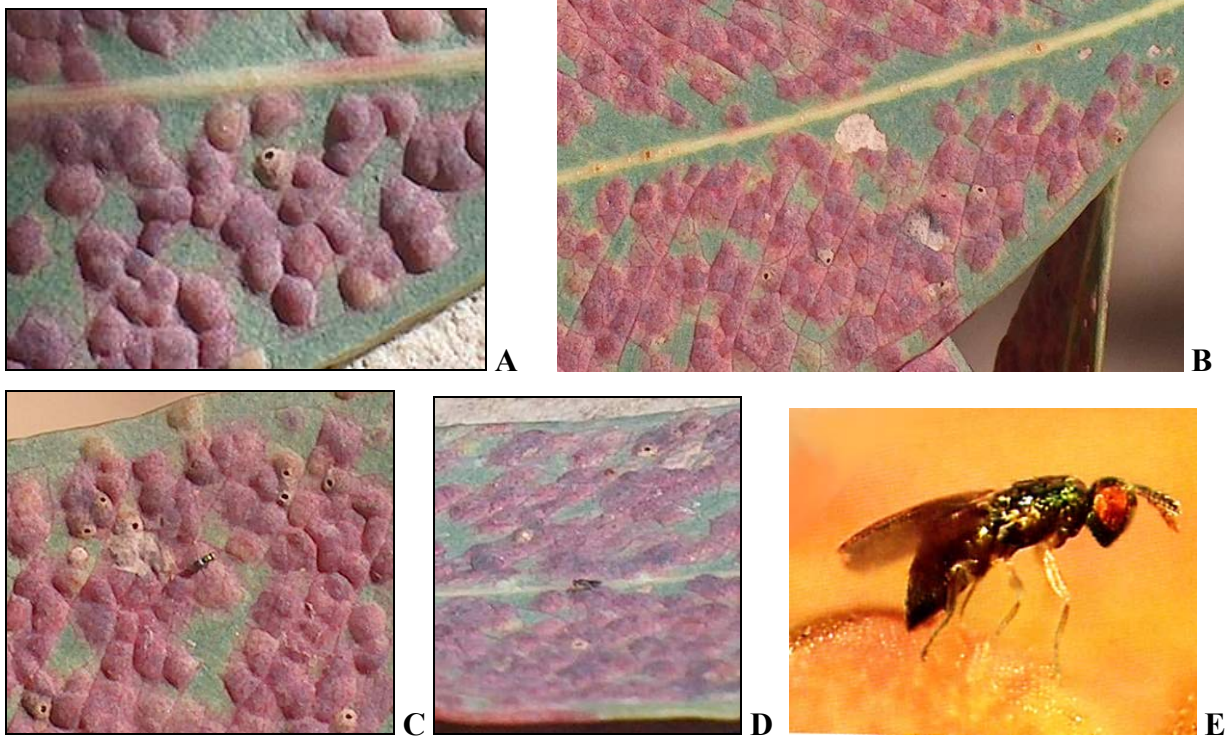
O. maskelli'nin Akdeniz ve Ege Bölgelerinde örneklerine rastlanmıştır (Resim -). Bu alanların dağılımı şu şekildedir; Adana (Merkez), Mersin (Merkez, Anamur, Silifke ve Tarsus ilçeleri), Antalya (merkez, Gazipaşa ilçesi ve Belek beldesi), Muğla (Fethiye, Ortaca, Köyceğiz, Dalaman ilçeleri ve Gökova beldesi), Aydın (Kuşadası), İzmir (Merkez), Manisa (Merkez), Burdur (Ağlasun ve Bucak) ve Isparta (Eğirdir)'dir (Aytaç ve Avcı 2007) (Resim-7). Çalışılan sahalardan Adana merkez+Balcılı, Antalya-Kaş, Muğla ilinin Fethiye, Ortaca, Köyceğiz ve Dalaman ilçelerinde populasyonlarının yüksek olduğu gözlenmiştir. Adana merkez+Balcılı, Antalya-Kaş (Kalkan), Muğla-Fethiye+Dalamanı oluşturan ağaçların yaşlı olması dikkati çekmektedir.

3.2.3. Konukçu Bitkileri

Alanların tamamında konukçu bitki olarak sadece *E. camaldulensis* belirlenmiştir.

3.2.4. Doğal Düşmanları

Yeni Zelanda'da *O. maskelli*'nin doğal düşmanı olarak *Aprostocetus* sp. cinsine mensup 2 farklı ve *Chrysonotomyia* sp. (Hym.: Eulophidae) cinsine bağlı bir tür saptanmıştır (Withers ve ark. 2000).



Resim 8. *Closterocerus chamaeleon* A-B) Ergin Çıkış Deliği, C-D) Ergin, E) Yumurtasını koyarken

O. maskelli'nin Akdeniz havzasında bulunduğu bölgelerde henüz bir doğal düşmanın bulunmaması üzerine *O. maskelli*'nin doğal olarak bulunduğu Avustralya'da doğal düşmanlarının saptanarak İsrail'e getirmek üzere bir projeye başlanmıştır. Bu proje kapsamında 2003-2004 yıllarında Avustralya'da yapılan arazi çalışmaları sonucu *Closterocerus chamaeleon* (Girault,1922)(Hym.:Eulophidae), *Stethynium ophelimi* Huber, 2006 ve *S. breviovipositor* Huber 2006 (Hym.; Mymaridae) olmak üzere *O. maskelli*'nin üç yeni parazitoiti saptanmıştır (Protasov ve ark. 2007, Huber ve ark. 2006). Bu türler 2005 yılından sonra Avustralya'da İsrail'e ithal edilerek bu ülkeye adapte edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca bu parazitoitlerden *Closterocerus chamaeleon* İsrail'den İtalya'ya gönderilerek bu ülkeye de yerleştirme çalışmalarına başlanmıştır (Rizzo ve ark. 2006). İsrail'de ilk salım 12 Eylül 2005 salımı yapılmış ve *C. chamaeleon* bir yıldan daha az bir zamanda 120 km uzağa yayılabildiği ölçülmüş ve bu alanlarda parazitlenme oranı %95'e kadar ulaştığı saptanmıştır (Rizzo ve ark. 2006; Protasov ve ark. 2007).

Tarafımızca yapılan survey sonucunda *O. maskelli*'nin parazitoiti *Closterocerus chamaeleon* (Girault,1922) (Hym.: Eulophidae) örneklerine Balcılı+Yüreğir (Adana), Tarsus-Silifke (Mersin),

Gazipaşa-Belek-Kaş (Antalya) ve Fethiye-Ortaca-Dalaman'da (Muğla) bol miktarda rastlanmıştır (Resim-8). *C. chamaeleon* Türkiye'de ilk kez Mendel ve Doğanlar 2007 tarafından Akdeniz ve Ege Bölgelerinden örnekleri doğal olarak toplanmıştır. *C. chamaeleon* Türkiye'ye İsrail üzerinden geldiği tahmin edilmektedir. İsrail'deki *C. chamaeleon*'nun ilk salımından 16 ay sonra Türkiye'de 1300 km mesafeye kadar taşınabildiği gözlenmiştir. Tarafımızca yapılan arazi incelemelerinde *C. chamaeleon* erginleri kış boyunca aktif olduğu saptanmış, bu durum parazitoitin İsrail'deki faalyeti ile benzerlik göstermektedir (Protasov ve ark. 2007). *C. chamaeleon* dikkate alınabilir, yüksek uyum ve dikkate değer dağılım oranı göstermesi ve ayrıca 21 günde gelişimin tamamlaması (25 °C) *O. maskelli*'ye karşı biyolojik mücadelede kullanılabilecek önemli bir ajan gibi görünmektedir.

Kaynaklar

- Aytar 2003. Natural Biology, Distribution and Control Methods of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hym., Eulophidae), Eucalyptus Gall Wasp in Turkey [Okaliptüs Gal Arısı *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle 2004 (Hym., Eulophidae)'nın Türkiye'deki Doğadaki Biyolojisi, Yayılışı ve Mücadelesi]. Journal of DOA No: 9, p.47-66, Tarsus-Turkey.
- Aytar 2006. Natural History, Distribution and Hosts of Eucalyptus Gall Wasps In Turkey. VIII the European Congress of Entomology, on September 17-22, 2006, Abstract Book, PP4-25 (Poster Number) Poster Presentation, p.156, Izmir, Turkey
- Aytar, F. ve Avcı M. 2007. Okaliptüs Gal Arısı, *Ophelimus maskelli* (Ashmead) (Hym.: Eulophidae)'nin Tanımı, Türkiye'deki Yayılışı, Parazitoitleri ve Biyolojisine İlişkin Bazı Gözlemler. Türkiye 2. Bitki Koruma Kongresi. 27-29 Ağustos 2007-İsparta, Türkiye.
- Doğanlar 2007. Türkiye'de Okaliptüs Ağaçlarında Saptanan Zararlı Hymenopter'ler, Tanımları, Zarar Şekilleri, Biyolojileri, Ekonomik Önemleri ve Mücadele Yöntemleri. Türkiye'de Ormancılık Eğitiminin 150. Yılı, Uluslar arası Sempozyum. s. 635-645, İstanbul.
- Doğanlar M. ve Mendel Z. 2007. First Record of the Eucalyptus GallWasp *Ophelimus maskelli* and Its Parasitoid, *Closterocerus chamaeleon*, in Turkey. Phytoparasitica 35(4):333-335.
- Gülbaba, G., 1990. Okaliptüs yapraklarından elde edilen eterik yağlar, kullanım yerleri ve yaprak işletmeciliği. Türkiye'de Okaliptüs yetiştiriciliği'nin 50. yılı, Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi. 1.:51-64
- Gürses, M. K., 1990. Dünya'da ve Türkiye'de Okaliptüs. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi 1990/1, Türkiye'de Okaliptüs Yetiştiriciliğinin 50. Yılı, s: 1-19, İzmit.
- Işık, İ. 1954. FAO tarafından Avustralya'da tertiplenen Eucalyptus Tetkik Gezisi. T.C. Ziraat Vekâleti Orman Umum Müdürlüğü Yayınlarından Sıra No: 164, Seri No. 26, Ankara
- Huber, J. T., Z. Mendel, A. Protasov and J. La Salle, 2006. Two new Australian species of *Stethynium* (Hymenoptera: Mymaridae), larval parasitoids of *Ophelimus maskelli* (Ashmead) Hymenoptera: Eulophidae) on *Eucalyptus*. *Journal of Natural History*. 40 (32-34): 1909-1921.
- Mendel, Z., Protasov, A., Fisher, N. Ve La Salle, J., 2004. The Taxonomy and Natural History of *Leptocybe invasa* (Hymenoptera : Eulophidae) gen. & sp. Nov, an Invasive Gall Inducer on Eucalytus. Australian Journal of Entomology.(2004) 43, 51-63 pp
- Protasov A., Blumberg D., Brand D., La Salle J. ve Mendel Z. 2007. Biological control of the eucalyptus gall wasp *Ophelimus maskelli* (Ashmead): Taxonomy and biology of the parasitoid species *Closterocerus chamaeleon* (Girault), with information on its establishment in Israel. Biological Control 42 (2007) 196-206.
- Protasov A, La Salle J, Blumberg D, Brand D, Saphir N, Assael F, Fisher N ve Mendel Z 2007. Biology, Revised Taxonomy and Impact on Host Plants of *Ophelimus maskelli*, an Invasive Gall Inducer on *Eucalyptus* spp. in the Mediterranean Area. Phytoparasitica 35(1):
- Rizzo, M. C.; Lo-Verde, G.; Rizzo, R.; Buccellato, V. and Caleca, V. 2006. Sicily for biological control of *Ophelimus maskelli* Ashmead (Hymenoptera Eulophidae) invasive gall inducer on eucalypt trees. Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura 38(3): 237-248
- Wilcox M. D., 1997. A Catalogue of the Eucalypts. 114 p. New Zealand.
- Withers, T. M., Raman, A., and Berry, J. A. 2000. Host Range and Biology of *Ophelimus eucalypti* (Gahan) (Hym., Eulophidae), a pest of New Zealand eucalypts. New Zealand Plant Protection 53, 339-344.

***Eucalyptus grandis* Odunlarından Kraft-Sodyum Borhidrür Pişirme Yöntemiyle Elde Edilen Kağıt Hamurlarının Ağartılması**

Ahmet TUTUŞ¹, Onur Tolga OKAN², Mehmet Cevat BALKAN², İlhan DENİZ³

¹ Doç. Dr., KSÜ Orman Fak., Orman End. Müh. Bölümü, K. Maraş, 46060, e-mail: atutus@ksu.edu.tr

² Yüksek Lisans Öğr., KSÜ Orman Fakültesi, Orman End. Müh. Bölümü, Kahramanmaraş

³ Prof. Dr., KTÜ Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. Bölümü, 61080 Trabzon

Özet

Bu çalışmada, Okaliptüs grandis odunlarından kraft-sodyumborhidrür(NaBH₄) pişirme yöntemiyle elde edilen kağıt hamurlarının iki kademeli; oksijen (O₂) ve hidrojen peroksit ile ağartılmasında optimum ağartma koşullarını belirlemek için 9 adet ağartma denemesi yapılmıştır. İki kademede (OP) ağartma işlemine uğratılan Okaliptüs grandis hamurlarının optik özellikleri ağartılmamış hamurlara ait değerlerle karşılaştırıldığında parlaklık değeri %108.58, baskı opaklığı ise %3.20 oranında daha yüksek, sarılık değeri ise %33.04 oranında daha düşük bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: *Okaliptüs grandis, kağıt hamuru, ağartma, oksijen, hidrojen peroksit.*

The Bleaching of *Eucalyptus Grandis* Kraft-Sodium Borohydride Pulps

Abstract

In this paper, 9 different two-stage bleaching trails using oxygen and hydrogen peroxide were studied to determine optimum condition produced from *Eucalyptus grandis* using kraft-sodium borohydride pulping method. The results indicated that applying two-stage bleaching procedure on already bleached *Eucalyptus grandis* based pulps increased the brightness and printing opacity as 26.84% and 3.20%, respectively and decreased the yellowness in 33.04%, compared to unbleached pulps.

Key Words: *Eucalyptus grandis, pulp, bleaching, oxygen, hydrogen peroxide.*

1. Giriş

Klorlu ağartma prosesi ile karşılaştırıldığında sağladığı düşük enerji ve kimyasal madde maliyeti ve çevresel bir çok yararlarından dolayı esmer hamurların yıkanmasından sonra oksijen ile ağartma 1970'li yıllarda ticari ölçüde uygulanmaya başlanmıştır.

Ülkemizde kraft yöntemiyle kağıt hamuru üreten fabrikalar, ağartma tesislerinde kullanılan klorlu organik bileşiklerin aşırı derecede çevre kirliliği oluşturmaları ve özellikle atık sulara geçen klorlu bileşiklerin kanserojen özellikteki bileşiklere dönüşümünü azaltmak için oksijenin ağartmada kullanımına ilgi her geçen gün artmaktadır.

Gelişmiş ülkeler uzun dönemde klorlu organik bileşiklerin kağıt hamuru ağartma da tamamen kullanım dışı bırakılmasını önermektedirler. Çevresel baskılar, kağıt endüstrisi atık sularındaki adsorbe olan organik halojenlerin (AOX) oluşumunu azaltacak proses modifikasyonları üzerinde çalışmalar yapmaya zorlanmaktadır. Kraft ağartma tesisi atık sularında organik olarak bağlanmış klor üretimini azaltabilecek birçok proses modifikasyonları mevcuttur. Bu modifikasyonların ağartma teknolojilerinde kullanılmasıyla;

- Klorlama kademesinde klor dioksitin klora ikamesi,
- Alkali ekstraksiyon kademesinde oksijen ve hidrojen peroksit kullanımı,
- Oksijen, peroksit ve ozon gibi çevre yönünden zararsız kimyasal ağartma maddelerinin kullanımı yaygınlaştırılacaktır (McDonough, 1989).

Oksijenin normal olarak çiftlenmemiş iki elektronu bulunmaktadır. Reaksiyonları sırasında dört ana devre ile suya indirgenir. Ara ürünler olarak meydana gelen peroksi ve hidroksi radikalleri oldukça güçlü ve spesifik oksitleyicilerdir. Sürekli elektron alımı sonucunda oksijenden, önce peroksi radikali, sonra

hidrojen peroksit ara ürünleri ve son olarak da su meydana gelir. Bu bileşenler içerisinde O_2 , H_2O_2 , HO_2 gibi iyonik formda olanlar ılımlı oksitleyicilerdir. Fakat, O_2 , HO_2 , gibi radikaller kuvvetli oksitleyiciler olup selektif olarak yalnız lignini oksitlemeyiip karbonhidratları da oksitlerler (Robert, 1974; Lachenal, 1976).

Ligninin, alkali ortamda çözünen oksijenle ilk reaksiyonu fenolat gruplarından itibaren başlar. Yüksek elektron yoğunluğu bulunan bölgeden oksijenle bir elektron transferi gerçekleşir. Böylece, meydana gelen peroksi radikali ya fenolat anyonu ile veya rezonans yoluyla stabilize olmuş fenoksi radikaliyle reaksiyona girerek peroksi bileşiklerini verirler (Hafizoğlu, 1982; Minor, 1989).

Peroksit ile ağartma kağıdın eskime hızını yavaşlatmakta, liflerin esnekleşmesini sağlamakta, hamurun temizlenmesini kolaylaştırmakta, tutunum artmakta, hamurda kalan ve beneklenmeye neden olan reçine miktarı azalmakta, temizlik kağıtlarında aranan gölge izi oluşturma kolaylaşmaktadır (Rudra, Bjorn, 1979). Buna karşın, peroksitlerle ağartılan hamurlardaki ligninin yapısında kalan konjuge karbonil grupları ve çift bağlı sistemler ışığa karşı hassas duruma geçmekte ve zamanla kağıdın sararmasına neden olmaktadır (Casey, 1980).

Bu araştırmada, Okaliptüs grandis yongalarından kraft- $NaBH_4$ yöntemiyle elde edilen kağıt hamurlarının iki kademede ağartılabilirlikleri incelenmiştir. Bu amaçla hamur içerisinde kalmış lignini ağartan çevre dostu ağartıcılardan oksijen ve hidrojen peroksit kimyasalları kullanılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Araştırmada kullanılan kraft- $NaBH_4$ hamurları KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kağıt hamuru üretim laboratuvarında üretilmiş olup örnek seçimi TAPPI T 11 m-45 standardına bağlı kalınarak yapılmıştır (Anonim, 1992).

Sözkonusu ağartılmamış kağıt hamurlarının üretim koşulları: Aktif alkali oranı: %18, Sülfidite oranı: %28, $NaBH_4$ oranı: %0.5, sıcaklık: $150^\circ C$, süre: 150 dakika, çözelti/yonga oranı: 5/1 olarak sabit alınarak üretilmiştir.

Elde edilen hamurun ISO parlaklığı(%): 25.62, ISO sarılığı(%): 14.42 ve baskı opaklığı(%): 87.60, kappa numarası 15.08 ve viskozitesi $1220 \text{ cm}^3/\text{g}$ olarak tespit edilmiştir.

2.2. Yöntem

Aşağıda Çizelge 1'de görüldüğü gibi kademeli ağartmada oksijen oranı 5, 7 ve 9 bar olarak, hidrojen peroksit oranı %1, %3 ve %5 olarak değiştirilmiş hamurun parlaklık, sarılık ve opaklık değerlerinde meydana getirdiği farklılıklar belirlenmiştir.

Oksijen ağartma işleminde $MgSO_4$: %0.5, EDTA(etilen diamin tetra sodyum asetat): %0.5, reaksiyon sıcaklığı: $120^\circ C$, süre: 60 dakika olarak sabit alınmıştır. Hidrojen peroksit ağartmada Na_2SiO_3 : %3, $MgSO_4$: %0.5, EDTA: %0.5, reaksiyon sıcaklığı: $70^\circ C$, süre: 60 dakika olarak sabit alınmıştır. Bu çalışmada Oksijen ağartma(O), Hidrojen peroksit ağartma (P) ile kısaltılmıştır.

Oksijen ağartma çözeltisi su- $MgSO_4$ -EDTA- $NaOH$ sırasında ve hidrojen peroksit ağartma çözeltisi ise su-EDTA- $MgSO_4$ - Na_2SiO_3 - $NaOH$ - H_2O_2 sırasında hazırlanmıştır. Ağartma çözeltisi Çizelge 1' de verilen miktarlarda hazırlanarak tam kuru 10 gr hamura ilave edilerek cam beher iyice karıştırılmış ve krom-çelik reaktöre doldurulmuştur. Reaktörün kapağı kapatılıp içerisine sözkonusu çizelgede belirtilen oranlarda oksijen gazı basılmıştır. Daha sonra reaktör sirkülasyonlu yağ banyosuna yerleştirilmiş olup ısı termostat yardımıyla kontrol edilmiş ve $\pm 1^\circ C$ hassasiyetle çalışılmıştır. Birinci kademe (oksijen ağartma) için ağartma çözeltileri hazırlanarak hamura ilave edilmiştir. İkinci kademede (peroksit ağartma) ise ilk kademede elde edilen ağartılmış hamur kullanılmıştır.

Her bir ağartma işlemi sonunda hamur 150 mesh' lik elek üzerinde bol su ile yıkanmıştır. Daha sonra hamur %15-20 kuruluğa kadar sıkılarak peroksit ağartma sonunda elde edilen hamur % 5'lik sodyum metabisülfid ($Na_2S_2O_5$) çözeltisi ile hamur pH'ı 5-5.5 değerine düşürülerek hamurda kalan artık peroksit uzaklaştırılmış ve alkalinin sebep olacağı esmerleşme önlenmiştir. Ardından hamur polietilen torbalara alınmış, rutubetin dengelenmesi için 24 saat ağzı kapalı olarak bekletildikten sonra hamurun rutubeti

SCAN-C3:63 standart yöntemine göre belirlenmiş ve ağartma verimi tayin edilmiştir (Anonim, 1973). Her bir kademede elde edilen ağartılmış hamur Regmed' in Rapid Köthen laboratuvar tipi kağıdı makinesinde $80 \pm 3 \text{ gr/m}^2$ gramajında deneme kağıtları yapılmıştır. Deneme kağıtlarının optik özellikleri ISO 2470 standardı esas alınarak belirlenmiştir (Anonim, 1999).

Ayrıca, oksijen ve hidrojen peroksit ağartma işlemleri sonunda elde edilen hamurların delignifikasyon oranları belirlenmiştir. Orijinal hamurun(ağartılmamış) kappası değeri ile ağartma sonrası elde edilen hamurun kappası sayısı arasındaki farkın orijinal hamurun kappası sayısına bölünüp 100 ile çarpılması ile elde edilen değer, delignifikasyon derecesini(%) belirtir (Dalarslan ve Doğan, 1996).

Bununla birlikte, oksijen ve hidrojen peroksit iki kademeli ağartma işlemleri sonunda elde edilen hamurların bağıl bozunma dereceleri belirlenmiştir. Viskozite ile kappası numarası arasındaki bağlantıdan reaksiyonun seçiciliği yani belirli bir kappası sayısında selüloz molekülünün parçalanma derecesini tespit etmek mümkündür. En uygun seçicilik değeri viskozitenin yüksek olması ve kappası sayısının ise düşük olması ile elde edilir. Hamurun bağıl bozunmasını hesaplarken önce orijinal hamurun(ağartılmamış) viskozitesi ağartılmış hamurun viskozitesinden çıkarılır, daha sonra orijinal hamurun(ağartılmamış) kappası değeri ağartılmış hamurun kappası değerinden çıkarılır. Elde edilen viskozite değerinin kappası sayısı değerine oranlanması ile hamurun bağıl bozunma derecesi hesaplanır (Gullichsen ve Fogelholm, 2000).

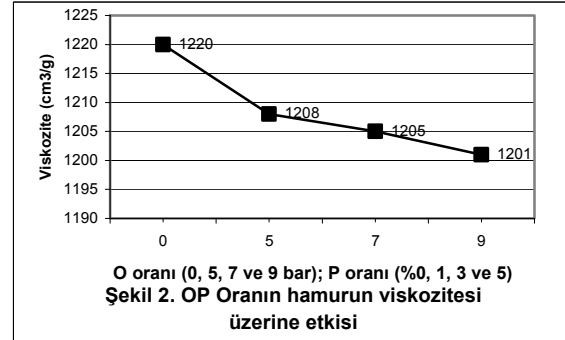
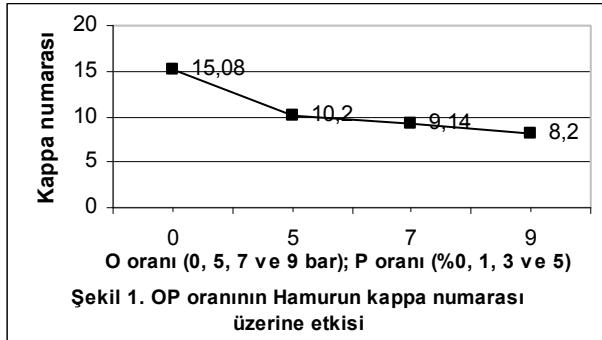
3. Bulgular ve Tartışma

Oksijen ve hidrojen peroksit ile yapılan kademeli ağartma denemeleri sonucunda elde edilen kağıtların optik özelliklerinden parlaklık, sarılık ve opaklıklarına ait değerler Çizelge 1'de verilmiştir.

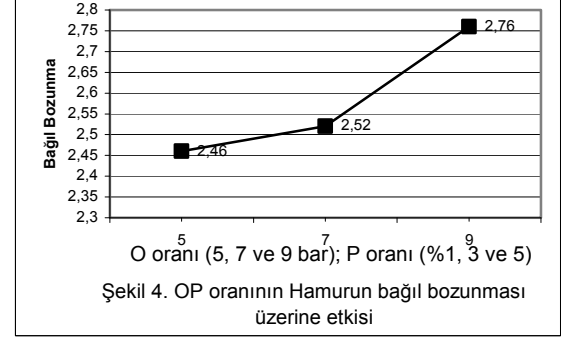
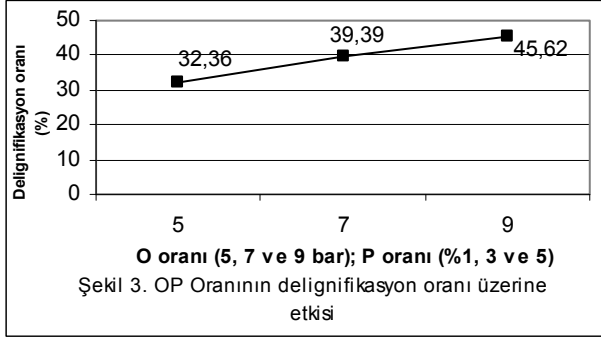
Kraft-NaBH₄ kağıt hamurlarının oksitleyici (yükseltgen) oksijen ve hidrojen peroksit kimyasalları ile kademeli olarak ağartılmasında amaç, hamurun verimini düşürmeden kağıt hamuruna renk veren lignin ile diğer renklendirici kromoforların yapılarını bozmadan yalnız rengini beyazlatmaktır (Usta, 1993).

İki kademeli oksijen ve hidrojen peroksit ağartma işlemleri sonunda elde edilen hamurların delignifikasyon oranları belirlenmiştir. Çizelge 1, Şekil 1 ve Şekil 3'de görüldüğü gibi lignin oranındaki azalışa paralel olarak delignifikasyon oranı artmıştır. Dalarslan ve Doğan (1996); Kırıcı ve ark., (2004) tarafından yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlara ulaşılmıştır.

Bu çalışmada; viskozite ile kappası numarası arasındaki bağlantıdan reaksiyonun seçiciliği yani belirli bir kappası sayısında selüloz molekülünün parçalanma derecesini tespit edilmiştir. Hamurun viskozite ile kappası sayısındaki azalış oranında bağıl bozunması artmıştır. Genel olarak en ideal bağıl bozunma sıfırın altındaki veya sıfıra yakın bağıl bozunma değerleridir. Dalarslan ve Doğan (1996); Kırıcı ve ark., (2004) tarafından yapılan oksijen ağartma çalışmalarında benzer sonuçların elde edildiği tespit edilmiştir.



I. Ulusal Okalıptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus



Oksijen ağartma kademesinde parlaklık ve baskı opaklığı değerlerindeki artışa paralel olarak sarılık değerleri azalmıştır. Genel olarak oksijen miktarı ve NaOH oranı arttıkça elde edilen kağıtların parlaklık değerleri yükselmiş sarılık değerleri ise azalmıştır.

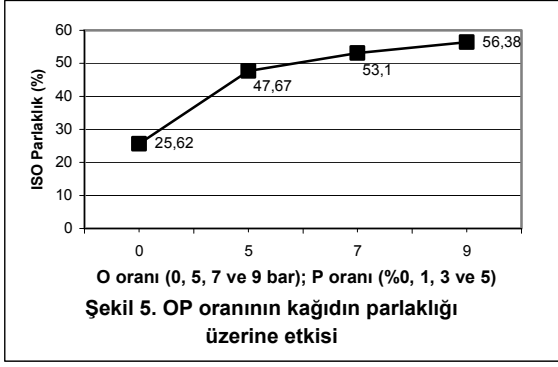
Çizelge 1 Oksijen ve Hidrojen peroksit ile Ağartılmış Okalıptüs Grandis Kağıtlarının Optik Özelliklerine ait Bulgular.

Deney No	Ağartma Kademe-leri	Kimyasallar	Konsant-rasyon (%)	Ağartma verimi (%)	Kappa Numarası	Viskozite (cm ³ /g)	Deligni-fikasyon Oranı (%)	Bağıl Bozunma	ISO Parlaklık (%)	ISO Sarılık (%)	Baskı Opaklığı (%)
1	OP	O ₂ : 5 bar, NaOH: %3	10	89.21	10.20	1208	32.36	2.46	38.21	13.98	85.24
		H ₂ O ₂ : %1, NaOH: %0.75	16	95.55					47.67	12.21	86.15
2	OP	O ₂ : 7 bar, NaOH: %3	10	87.10	9.65	1207	36.00	2.39	40.12	13.27	86.76
		H ₂ O ₂ : %1, NaOH: %0.75	16	95.04					52.34	11.89	87.10
3	OP	O ₂ : 9 bar, NaOH: %3	10	86.05	9.00	1205	40.32	2.47	41.25	13.03	87.00
		H ₂ O ₂ : %1, NaOH: %0.75	16	94.45					54.15	10.51	87.98
4	OP	O ₂ : 5 bar, NaOH: %4.5	10	88.17	10.04	1207	33.42	2.58	39.15	13.59	87.32
		H ₂ O ₂ : %3, NaOH: %2.25	16	94.50					48.21	12.01	87.57
5	OP	O ₂ : 7 bar, NaOH: %4.5	10	86.45	9.14	1205	39.39	2.52	40.82	13.10	88.23
		H ₂ O ₂ : %3, NaOH: %2.25	16	93.04					53.10	11.45	88.82
6	OP	O ₂ : 9 bar, NaOH: %4.5	10	85.32	8.65	1204	42.64	2.49	42.08	12.68	88.75
		H ₂ O ₂ : %3, NaOH: %2.25	16	93.56					55.72	10.08	89.18
7	OP	O ₂ : 5 bar, NaOH: %6	10	87.25	9.88	1204	34.48	3.08	40.10	13.24	88.95
		H ₂ O ₂ : %5, NaOH: %3.75	16	93.64					50.38	11.98	90.16
8	OP	O ₂ : 7 bar, NaOH: %6	10	84.95	8.93	1202	40.78	2.93	41.87	12.87	89.51
		H ₂ O ₂ : %5, NaOH: %3.75	16	93.98					53.45	11.27	90.57
9	OP	O ₂ : 9 bar, NaOH: %6	10	83.27	8.20	1201	45.62	2.76	43.01	12.17	89.81
		H ₂ O ₂ : %5, NaOH: %3.75	16	93.03					56.38	9.85	91.07

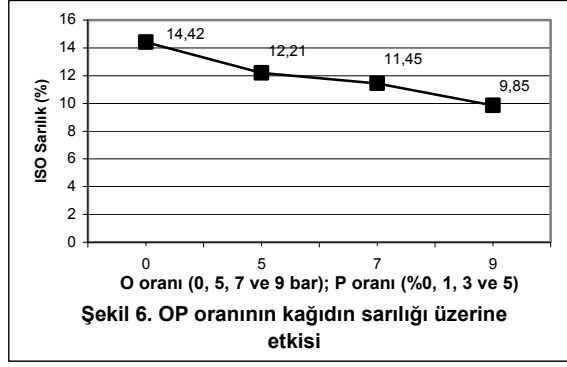
*: Oksijen ağartmada; MgSO₄: %0.5, EDTA: %0.5, reaksiyon sıcaklığı: 120 °C, süre: 60 dakika olarak sabit alınmıştır.

**::Peroksit ağartmada; Na₂SiO₃: %3, MgSO₄: %0.5, EDTA: %0.5, reaksiyon sıcaklığı: 70 °C, süre: 60 dakika olarak sabit alınmıştır.

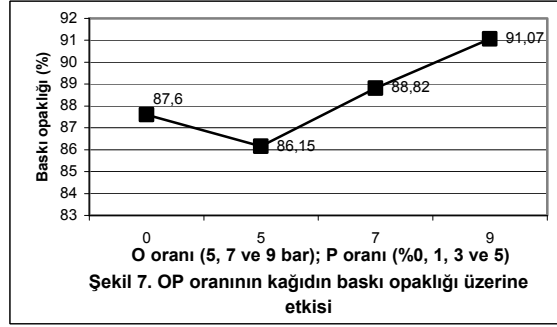
Ağartılmamış hamur parlaklığı 25.62, ISO sarılığı(%): 14.42 ve baskı opaklığı(%): 87.60 olarak alınan kağıt hamurunun oksijen ile ağartılmasında, oksijen oranı 9 bar, NaOH: %6, MgSO₄: %0.5, EDTA: %0.5, reaksiyon sıcaklığı: 120 °C, süre: 60 dakika olarak sabit alınmış ve parlaklık değeri 43.01'e yükselmiş, sarılık değeri 12.17'ye düşmüş ve baskı opaklığı değeri 89.81'e yükselmiştir. Şekil 1, 2 ve 3'de en belirgin artış 17.39 birimlik artışla kağıdın parlaklık değerinde, 2.25 birimlik azalış ile sarılık değerinde görülmektedir. Kağıdın baskı opaklığı ise %87.60' dan %91.07' ye yükselmiştir. Baskı opaklığın da ise % 3.47 birimlik bir artış olmuştur.



Şekil 5. OP oranının kağıdın parlaklığı üzerine etkisi



Şekil 6. OP oranının kağıdın sarılığı üzerine etkisi



Şekil 7. OP oranının kağıdın baskı opaklığı üzerine etkisi

Oksijen ağartma kademesinde NaOH oranındaki artışa paralel olarak delignifikasyon oranı da artmış ve ağartma veriminin düşmesine neden olmuştur. Genel olarak sıcaklık, süre ve NaOH miktarlarındaki artışın delignifikasyon oranında artışa ve dolayısıyla ağartma veriminin düşüşüne neden olduğunu görmek mümkündür (Dalarşlan ve Doğan, 1996).

Hidrojen Peroksit ağartma sonucu elde edilen hamurların optik özellikleri dikkate alındığında en uygun NaOH/H₂O₂ oranı 0.75, H₂O₂ oranı %5 olarak kabul edilmiştir. Bununla birlikte, uygun reaksiyon süresi 60 dakika, reaksiyon sıcaklığı 70 °C olarak sabit alınmıştır. Reaksiyon sıcaklığındaki artış daha fazla enerji kullanımını ifade etmekte ve artan reaksiyon süresi tesisin üretim kapasitesinin düşmesine neden olmaktadır.

Aşağıda Çizelge 1'de görüldüğü gibi hidrojen peroksit oranındaki artışa paralel olarak hamurun ağartma veriminin düştüğü gözlenmiştir. Ayrıca, parlaklık ve baskı opaklığı değerini arttırdığı sarılık değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Söz konusu özellikler literatürdeki sonuçlar ile de örtüşmektedir (Tutuş and Usta, 2004)

İki kademeli ağartma sonucunda elde edilen hamurlardan yapılan kağıtların optik özellikleri dikkate alındığında, ekonomiklikte göz önünde bulundurularak en yüksek optik özellikler 9 nolu OP ağartma deneyinde elde edilmiştir. Bu deneyin ilk kademesinde oksijen ağartma (oksijen oranı 9 bar, NaOH: %6, MgSO₄: %0.5, EDTA: %0.5, reaksiyon sıcaklığı: 120 °C, süre: 60 dakika), ikinci kademesinde hidrojen peroksit ağartması (H₂O₂: %5, NaOH: %3.75, Na₂SiO₃: %3, MgSO₄: %0.5, EDTA: %0.5, reaksiyon sıcaklığı: 70 °C, süre: 60 dakika) uygulanmıştır. Okalıptüs grandis yongalarından kraft-NaBH₄ yöntemle elde edilen hamurlar 2 kademe oksijen ve hidrojen peroksit ile ağartma işlemine uğratıldığında, elde edilen hamurların özellikleri ağartılmamış hamurlara ait değerlerle karşılaştırıldığında optik özelliklerden parlaklık değeri %120.01 oranında daha yüksek, sarılık %31.69 oranında daha düşük ve baskı opaklığı ise %3.81 daha yüksek bulunmuştur.

Dalarşlan ve Doğan (1996) tarafından yapılan saman+kamış selülozunun oksijen ile beyazlatılması başlıklı çalışmada; %35.4 ISO beyazlığındaki esmer hamur, 130 °C sıcaklıkta, 5 bar oksijen, %4 NaOH, 80 dakika ağartma süresi ile hamurun beyazlığı %60.80'e yükselmiştir.

4. Sonuç ve Öneriler

Kraft ve modifiye kraft hamurlarının çevre dostu kimyasallar ile ağartılmasında amaç, hamurun verimini düşürmeden kağıt hamuruna renk veren lignin ile diğer renklendirici kromoforların yapılarını bozmadan

yalnız rengini beyazlatmaktır. Kimyasal hamurların yüksek parlaklık derecelerine kadar ağartılmasında amaç ise hamurun viskozitesini yüksek tutarak kappa numarasını ve dolayısıyla hamurda kalan lignini uzaklaştırmaktır (Tutuş, 2004).

Bu çalışmada iki kademede daha az oksitleyici kimyasal ağartıcılar kullanılarak kademeli ağartma modifikasyonları denenmiş orta derecede parlaklık ve sarılık değerleri elde edilmiştir.

Yapılan deneylerden elde edilen sonuçlara göre, Kraft-NaBH₄ kağıt hamurlarının oksijen ve hidrojen peroksit ile ağartılmasının faydalarını aşağıda belirtildiği gibi özetleyebiliriz.

- Oksijen delignifikasyonu, polisakkaritlerin uç gruplarını stabilize eder ve bu gruplar verin korunmasına yardımcı olur.
- Oksijen fenolik gruplarla reaksiyona, peroksit ise karbonil gruplarla girer.
- Oksijenin hamurdaki oksidasyon potansiyeli diğer ağartıcılardan yüksektir.
- Peroksit ile ağartılmış hamurların eskime hızı daha yavaştır. Bu özellik ağartılmış kağıt çeşitlerinin tercih edildiği temizlik kağıtları için çok önemlidir.
- Oksitleyici ağartma işlemine tabi tutulmuş hamurların görünüm ve baskı özellikleri iyileştiğinden bu hamurlara daha kolay baskı yapılabilir.

Bu çalışmada kısa lifli ve orta derecede ağartılmış okaliptüs grandis hamurları; uzun lifli ağartılmış sülfat hamurları ile belirli oranlarda karıştırılırsa yazı ve baskı kağıdı, karton; İğne yapraklı ağaçlardan elde edilen mekanik hamurlara belirli oranlarda katılırsa gazete kağıdı, teksir kağıdı, oluklu mukavva dış tabaka kartonu ve her türlü ambalaj kağıtlarının üretiminde kullanılacak özelliktedir.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK TOVAK-1050188 Nolu projenin bir kısım sonuçlarından hazırlanmıştır.

Kaynaklar

- Anonim, (1973), Scan Test Methods, 1973. Scandinavian Pulp, Paper and Board Committee, Sweden
- Anonim, (1992), Tappi Test Methods, Test Methods 1992-1993, Tappi Press, Atlanta, Georgia, USA.
- Anonim, 1999. ISO Test Standards, Paper, board and pulp—Measurement of blue reflection factor (ISO brightness) Beuth-Verlag, 10772, Berlin.
- Casey, J. P., (1980), Pulp and Paper, Pulping and Bleaching Second Print, Vol: 1, pp: 535, New York.
- Dalarslan, C. ve H. Doğan, 1996. Saman+Kamış Selülozunun Oksijen ile Beyazlatılması, Lokman Hekim Sağlık Vakfı Yıllık Bülteni, s. 41-50, İstanbul.
- Gullichsen, J., and C. J. Fogelholm, 2000. Chemical pulping, Book 6, Published in Cooperation with the Finnish Paper's Engineers Association and TAPPI, Helsinki- Finland.
- Hafizoğlu, H, 1982. *Orman Ürünleri Kimyası*, KTÜ. Orman Fakültesi, KTÜ Basımevi, Fakülte Yayın No. 52, Trabzon.
- Kırcı, H., E. Peşman, and E. E. Kalyoncu, 2004. Sodium Perborate Monohydrate Reinforced Oxygen Delignification Stage of Kraft Pulps, I.Uluslararası Bor Sempozyumu, pp.339-343, Eskişehir/Türkiye.
- Lachenal, D., 1976. Mecanismes Reactionels des Constituants du Bois Au Cours des Cuissons Soude-Oxygene, Synthese Bibliographique, Atip. 30/6 pp. 203-212.
- McDonough, T. J., 1989. Oxygen Delignification, Bleach plant Operations, Tappi Pres, p. 61, Atlanta.
- Minor, J. L., 1989. *Oxygen Bleaching and other Oxygen Delignification*, China Paper, 15/5, pp. 81-87.
- Robert, A., 1974. O₂-NaOH des Pates Cellulosiques, Revue Annual des Eleves Ingenieurs de L' EFP. Grenoble Synthese Bibliographique, pp. 13-20.
- Rudra, P. S., Bjorn, C. D., (1979), The Bleaching of Pulp, Tappi Press, pp: 695.
- Tutus A., (2004), Bleaching of wheat straw SOAQ pulps with Hydrogen Peroxide and Sodium Borohydride, Proceedings of the 2nd International Boron Symposium, pp. 345-350, Eskişehir.
- Usta, M., Tutuş, A., (1999), Kimyasal Termomekanik Kağıt Hamuru (CTMP)' nun Peroksit (P) ile Ağartılmasında Değişkenlerin Hamurun Fiziksel ve Optik Özelliklerine Etkisi, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, Ek sayı 2, s. 423-429, Tübitak, Ankara.
- Usta, M., (1993), Nötral Sülfat Yarıkimyasal (NSCC) Kağıt hamurunun OP Kademeleri ile Ağartılması Üzerine Araştırmalar, Doçentlik Tezi, Trabzon.

Okaliptüs Odununun Kurutma Özellikleri ve Kullanımı

Öner ÜNSAL¹, Ramazan KANTAY²

¹ Doç.Dr., İ.Ü. Orman Fakültesi, 34473 Bahçeköy-İstanbul, onsal@istanbul.edu.tr

² Prof.Dr., İ.Ü. Orman Fakültesi, 34473 Bahçeköy-İstanbul, rkantay@istanbul.edu.tr

Özet

Hızlı gelişen ağaç türlerinden Okaliptüs ülkemizde *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. türünün geniş plantasyonlarıyla temsil edilmektedir. Gerek görünüş özellikleri ve gerekse diğer kullanım özellikleri nedeniyle birçok kullanım yeri için az bulunan pahalı ve değerli ürünler yerine alternatif olarak kullanılabilmesi bilinmekle beraber bu ağaç türünün kurutma özellikleri ile ilgili yeterli bilgiye ulaşılamamaktadır. Kurutulması güç ağaç türlerinden olan Okaliptüs kurutma kusurlarından özellikle kollaps (hücre çökmesi) kusuruna karşı çok hassastır. Yapılan denemelerde 25 mm kalınlıktaki kerestelerin koruyucu kurutma şartları altında dahi % 75’inde kollaps oluşmuştur. Kollaps eğilimi nedeniyle kurutmadan önce mutlaka bir ön işlem uygulanmasına ve fırında kurutmada düşük sıcaklıklarda yavaş yavaş kurutulmasına ihtiyaç vardır. Bu çalışmada söz konusu ağaç türü kerestelerinin kurutulması hakkında tarafımızdan ve diğer araştırmacılar tarafından yapılan denemelerin ışığı altında ekonomik bakımdan kabul edilebilecek bir sürede standartlara uygun kalitede bir kurutma yapabilmek için uygulama ve düşünce bazında yeni yaklaşımlar geliştirilmeye çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Okaliptüs kerestesi, ön kurutma, teknik kurutma, kurutma kusurları, kollaps

Drying Properties and Usage of Eucalyptus Wood

Abstract

Eucalyptus wood, one of the fast growing tree species, is being performed with wide plantations of Turkish river red gum (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.). Although its wood may be an alternative to expensive tree species due to its appearance and properties, there is a lack of information on drying performance of the wood. *Eucalyptus* wood is difficult to dry and shows a tendency to collapse during drying. Studies show that collapse occurs in almost %75 of the *Eucalyptus* boards at thickness of 25 mm dried even under protective drying conditions. More protective drying conditions are needed to dry Turkish river red gum wood because of its tendency to collapse and higher density than other *Eucalyptus* species. Lower temperatures and higher EMCs should be also followed in drying schedules. The aim of this study was to evaluate drying properties and drying schedules of *Eucalyptus* wood and also give some information about its advisable drying conditions and usage areas related to its technological properties. In the study, various proper drying schedules based on lumber thickness were given and discussed.

Keywords: *Eucalyptus* wood, Pre-drying, Kiln drying, Drying defects, Collapse

1. Giriş

1.1. Kurutma

Okaliptüs ağaç türünün kurutma özellikleri ve kullanımını ele almadan önce Kantay (1993)’de ayrıntılı olarak açıklanan kereste kurutma tekniği ile ilgili genel bilgi vermek gerekirse; Kurutma ağaç malzeme bulunan ve kullanım amacı için uygun olmayan fazla suyun atılması işlemidir. İdeal bir kurutmada ise hedef, ağaç malzeme kalitesi korunarak, kurutma giderleri ve kurutma süresinin minimum düzeyde tutulmasıdır.

Masif ağaç malzemenin kullanılmadan önce kullanım yerinin gerektirdiği kuruluğa kadar kurutulması gerçeği artık günümüzde herkes tarafından benimsenmiştir. Kurutmanın ayrıca, çürümeyi engellediği, ağaç malzemenin çalışmasını sınırladığı, panyalama, frezeleme ve benzeri işlemleri kolaylaştırdığı, tutkallama ve yapışma kabiliyetini artırdığı, koruyucu üst yüzey işlemlerini başarılı kıldığı, dirence dayalı özellikleri iyileştirdiği çok net olarak söylenebilmektedir.

Kurutmayı genel anlamda doğal ve teknik kurutma olarak ikiye ayırabiliriz. Teknik kurutma gerek kurutma süresinin çok kısa olması ve gerekse diğer bazı avantajlarından ötürü günümüzde artık doğal kurutmanın yerini büyük ölçüde almıştır. Teknik kurutma uygulamaları içinde yer alan en yaygın kurutma yöntemleri ise, sırasıyla klasik, kondenzasyonlu ve vakumlu kurutma yöntemleridir. Konvansiyonel kurutma yöntemi ile çalışan kurutma fırınları; esas olarak işletme ve yatırım maliyetleri bir arada düşünüldüğünde çok daha fazla kabul görmüştür.

Teknik kurutmanın ekonomisini ortaya koyan en önemli unsur toplam kurutma süresidir. Teknik kurutma süresini etkileyen faktörler ise; ağaç türü (yoğunluk), başlangıç rutubeti, kereste kalınlığı, kurutmada uygulanan şartlar, ağaç malzemenin boyu ve şekli, kerestenin biçiliş yönü, kurutma da yaşanan kesintiler, kurutma fırını yapısı ve kurutmada kalite istekleridir (Kantay, 1993).

Kısaca özetlersek, yoğunluk, başlangıç nemi ve kereste kalınlığı arttıkça kurutma süresi artarken, hava hareket hızı, kurutma sıcaklığı ve kurutma şiddetinin artışıyla kurutma süresi azalır. Hava hareket hızının özellikle yüksek başlangıç rutubetlerinden lif doygunluğu noktasına (LDN) kadar olan kurutma sürecinde etkili olduğu bilinmektedir.

Klasik kurutma fırınlarında yapılan kurutma uygulamalarında kullanılan kurutma programları 4 ana periyotdan oluşmaktadır. Bunlar ısıtma, esas kurutma, denkleştirme ve soğutmadır. Isıtma periyodunda kurutma olmamakta sadece ortam ve ağaç malzeme ısıtılmaktadır. Kurutma işlemi esas kurutma periyodunda ilk önce başlangıç rutubetinden LDN ye kadar ve daha sonra LDN den sonuç nemine kadar devam etmektedir. Denkleştirme periyodu ise hem kerestenin iç ve dış tabakaları arasında ve hem de fırın genelinde rutubet farklarını azaltıp hedef sonuç rutubetine ulaşmayı amaçlamaktadır.

Birazda kurutma kusurlarından bahsedecek olursak; koruyucu olmayan kurutma şartlarının uygulanması durumunda, ağaç malzemedede başta enine kesit, yüzey ve iç çatlakları olmak üzere, hücre çökmesi, dış sertleşme, renk değişimleri ve eğilme, burulma, mainleşme ve oluklaşma gibi şekil değişimleri meydana gelebilmektedir.

1.2.Okaliptus

Kurutma konusundaki bu genel bilgilerden sonra okaliptus ağaç türünün karakteristik özellikleri ile ilgili genel bilgi vermek gerekirse;

Okaliptus, ağaç ve çalı halinde büyüyen ve yeryüzünde 523 tür ve 138 varyete ile temsil edilen, ancak tür ve varyete sayısı gün geçtikçe artan herdem yeşil ağaç türlerindedir. Genellikle Avustralya'nın doğal türü olmakla birlikte bazı türleri doğal olarak Filipinler, Yeni Gine ve Timor'da da yetişmektedir. Ayrıca Güney Avrupa, Ortadoğu, Afrika, Hindistan, Pakistan, Brezilya, Şili, Uruguay ve Arjantin'de yetiştirilmektedir. ABD'ye 1853 yılında ithal edilmiş ve halen birçok eyaletinde 200'ün üzerinde türü yetiştirilmektedir. Türkiye'ye ilk defa 1885 yılında Adana-Mersin demiryolu hattına dikilmek üzere Fransızlar tarafından getirilmiştir. Esasen 1939 yılında Tarsus-Karabucak bataklığını kurutmak üzere dikimi yapılmıştır (Arslan ve ark., 1994).

Hızlı büyüyen, boylu ağaçlardandır. Kalınlığı 5 cm'ye kadar ulaşan kabuk tanen bakımından zengindir ve zamanla düzensiz şekilde çatlamaktadır. İlk on yılda uygun yetişme muhitlerinde yılda 2 m boy ve 2 cm çap artımı yapabilmektedir. Yıllık ortalama artım 17-30 m³/ha arasında değişmektedir. İyi yetişme muhitinde baltalık idare süresi 7-10 yıl olmasına karşılık fakir yetişme muhitlerinde 2-11 m³/ha'lık artım ile 14-15 yıllık idare süresi uygulanabilmektedir. (Arslan ve ark., 1994).

Okaliptus türlerinden ülkemizde yayılış gösteren *E.camaldulensis* Dehn. Türkiye dışında İspanya, Fas, Pakistan, Uruguay, Arjantin, Kenya, Nijerya ve Tanzanya'da geniş plantasyonları mevcuttur. Öz odunu kırmızımsıtrak renkte, orta derecede dayanıklı ve termitlere karşı mukavimdir. Odunu Avustralya'da daha çok dahili inşaatta ve kağıtcılıkta kullanılmaktadır. *Eucalyptus camaldulensis* Dehn.'in 1939 yılında Tarsus-Karabucak'da başlayan ağaçlandırması ile halen yurdumuzda 2429 ha. iyi koru ormanı bulunmaktadır. Ağaçlandırılmış saha miktarı ise 20.000 hektara ulaşmıştır (Arslan ve ark., 1994).

Yine Arslan ve ark. (1994)'e göre Fiziksel ve mekanik özelliklerine bakacak olursak:

Tam kuru yoğunluğu: 0.624 g/cm ³	Basınç direnci //: 54.6 N/mm ²
Hava kuru yoğunluğu: 0.669 g/cm ³	Eğilme direnci: 79.3 N/mm ²
Radyal daralma miktarı: %4.68	Elastiklik modülü: 6285 N/mm ²
Teğet daralma miktarı: %8.48	Liflere paralel çekme direnci: 44.3 N/mm ²
Hacim daralma miktarı: %11.82	Makaslama direnci: 8.9 N/mm ²
Radyal genişleme miktarı: %12.15	Dinamik eğilmede direnci: 0.56 kN/cm
Teğet genişleme miktarı: %6.48	Liflere paralel Janka sertlik: 50.9 N/mm ²
Hacim genişleme miktarı: %19.44	Liflere dik Janka sertlik: 41.9 N/mm ²

Diğer yandan anavatanı diyebileceğimiz Avustralya'da bluegum olarak adlandırılan *E.globulus* türü Avustralya ve Tasmanya'da yayılış yapmaktadır. Diri odunu dar, termitlere ve *Lyctus*'lara karşı hassas, öz odun sarımsı kahverengi, mantarlara karşı orta derecede dayanıklı ve emprenyesi son derece güçtür. Tam kuru yoğunluk değeri 0.66 g/cm³ tür (Bozkurt ve Erdin, 1998). Diğer okaliptüs türlerinden *E.marginata*, 0.68 g/cm³ hacim yoğunluk değerine sahiptir. 0.53 g/cm³ hacim yoğunluk değerine sahip olan *E.regnans* ise Avusturalya ve Tasmanya meşesi olarak adlandırılmaktadır (James H. Flynn, Jr. ve Charles D. Holder, 2001).

Bu genel bilgilerden sonra bu derleme araştırmada; yukarıda da rakamlarla ifade edildiği gibi ülkemizde belli bir potansiyele ulaşmış olan okaliptüs ağaç türünün masif halde kurutma özelliklerinin ve uygun kurutma programlarının tam olarak ortaya konması, ayrıca teknolojik özelliklerini de ele alarak kullanım yerleri ile ilgili doğru bilgilerin verilmesi amaçlanmaktadır.

2. Konu ile ilgili yapılan araştırmalar ve kritiği

Özellikle ülkemizde yayılış gösteren bir Okaliptüs türü olan *Eucalyptus camaldulensis* Dehn'in kurutulması ve kullanımı ile ilgili çok sayıda yayın bulunmamaktadır. Mevcut çalışmalardan nispeten güncel olanlar ve tarafımızdan yapılmış kurutma denemeleri ile ulaşılan sonuçlar aşağıda sunulmaktadır. Dünyaca ünlü araştırma laboratuvarı **Forest Products Laboratory (FPL) (2008)**, Asya'da yayılış gösteren *Eucalyptus delegatensis*, *Eucalyptus deglupta*, *Eucalyptus diversicolor*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus maculata*, *Eucalyptus marginata*, *Eucalyptus microcorys*, *Eucalyptus obliqua*, *Eucalyptus pilularis*, *Eucalyptus regnan* ve *Eucalyptus saligna*'nın farklı kalınlıkları için sunduğu çizelgelerde referans alınabilecek kurutma programlarını sunmaktadır. Bunlardan genel olarak tüm okaliptüs türleri için uygun olabilecek ve en koruyucu diyebileceğimiz kurutma programı Tablo 1 ve 2 de sunulmaktadır. Bu çizelgeler modern diyebileceğimiz klasik kurutma fırınlarında başlangıç rutubetine bağlı olarak uygulanabilecek kurutma şartlarını sunmaktadır.

Tablo 1: *Eucalyptus spp*'nin 25 - 38 mm kalınlığı için geçerli kurutma programı

Basamak	Rutubet	Sıcaklık- F			Denge nemi (EMC)	Bağıl nem(%)	Sıcaklık- °C		
		Kuru termo	Psik.fark	Yaş termo			Kuru termo	Psik.fark	Yaş termo
1	- 40	100	4	96	17.6	86	37.8	2.2	35.6
2	40 to 35	100	5	95	16.2	83	37.8	2.8	35.0
3	35 to 30	100	8	92	13.3	74	37.8	4.4	33.3
4	30 to 25	110	14	96	10.1	60	43.3	7.8	35.6
5	25 to 20	120	30	90	5.7	32	48.9	16.7	32.2
6	20 to 15	130	50	90*	4.1	22	54.4	27.8	32.2*
7	15 –sonuç rutubeti	150	50	100	3.2	19	65.6	27.8	37.8

Tablo 2. *Eucalyptus spp*'nin 50 mm kalınlığı için geçerli kurutma programı

Basamak	Rutubet	Sıcaklık- F			Denge nemi (EMC)	Bağıl nem(%)	Sıcaklık- °C		
		Kuru termo	Psik.fark	Yaş termo			Kuru termo	Psik.fark	Yaş termo
1	-40	100	3	97	19.3	90	37.8	1.7	36.1
2	40 to 35	100	4	96	17.6	86	37.8	2.2	35.6
3	35 to 30	100	6	94	15.1	80	37.8	3.3	34.4
4	30 to 25	110	10	100	12.1	70	43.3	5.6	37.8
5	25 to 20	120	25	95	6.9	41	48.9	13.9	35.0
6	20 to 15	130	50	90*	4.1	22	54.4	27.8	32.2*
7	15 –sonuç rutubeti	150	50	100	3.2	19	65.6	27.8	37.8

FPL'nin bütün okaliptüs türleri için ayrı ayrı sunduğu kurutma programları incelendiğinde yukarıda verilen programlardan daha şiddetli kurutma şartlarının uygulanabildiği görülmektedir. Örneğin, *E.delgupta* için yer alan programda, 25-38 mm kalınlık için, %50 rutubetin üstünde 48°C sıcaklık ve %88 bağılnem ile başlayan kurutmada, %15 rutubetin altında 82°C sıcaklık ve %26 bağılmenin uygulandığı görülmekte, 50 mm kalınlık için ise, aynı rutubet şartlarında 43°C/ %90 kombinasyonu ile başlayıp 71°C/ %22 kombinasyonu ile biten kurutma programı uygulanmaktadır.

Yine dünyaca ünlü kurutma otomasyonları üreticisi olan HOLZMEISTER(2008) firmasının kurutma otomasyon yazılımlarında okaliptüs'un bütün türlerinin 3 farklı kalınlık grubu(0-30, 30-60 ve 60-100mm) için geçerli olan kurutma programları mevcuttur. Okaliptüs türleri içinde en koruyucu programa sahip olan *Eucalyptus globulus*'a ait kurutma programları farklı bir bakış açısı katması nedeniyle Tablo 3 'de sunulmaktadır.

Tablo 3: Holzmeister'a ait okaliptüs kurutma programları

Kurutma parametreleri	Kalınlık: 0-30mm	30-60	60-100
Faz 1			
C/saat	5	3	1
Isıtmada EMC-%	18.5	19.3	20
Faz 2			
Derinlere kadar ısıtma süresi-saat	20	22	24
Faz 3			
Kurutma meyli 1	1.8	1.6	1.4
Kurutma meyli 2	2.4	2.2	2
Sıcaklık 1-°C	36.3	33.2	30
Sıcaklık 2-°C	50.3	47.6	45
Faz 4			
Denkleştirme süresi-saat	20	22	24
Faz 5			
Sonuç rutubeti-%	12.0	12.0	12.0

Aynı kuruluşun *E.marginata* ve *E. saligna* için hazırladığı programda ise daha şiddetli kurutma şartları öngörülmektedir.

Hildebrand(1979) da *E.marginata*'nın farklı kalınlıkları için aşağıda sunulan programı önermektedir.

Bozkurt ve Erdin (1998)'de farklı kaynaklardan elde ettikleri veriler ışığında hazırladıkları kurutma programı tablolarında, *E.globulus*'un 30mm kalınlığı için, LDN nin üzerinde 40°C, LDN altında 60°C sıcaklık öngörmekte, buna karşın kurutma meyli değeri olarak 1.3, 1.5 ve 1.6 değerlerinin uygulanabileceğini ve kereste kalınlığı arttıkça sıcaklığın kademeli olarak 5 °C ve 10 °C azaltılacağını vurgulamaktadırlar.

Tablo 4: Hildebrand(1979)'e göre okaliptüs(*E.marginata*) kurutma programı

		SICAKLIKLAR						Kurutma meyli		
		Lif doygunluğunun								
		Üstünde (T1)			Altında (T2)					
Ağaç türü grubu	Yoğunluk-gr/cm ³	0-30mm	30-60mm	60-100mm	0-30mm	30-60mm	60-100mm	0-30mm	30-60mm	60-100mm
2	0.76	40	35	35	70	65	60	2.6 2.4	2.4 2.2	2.2 2.0

Rutubet %20 ye ininceye kadar kurutma meyli olarak italik değerler kullanılmalıdır

Kantay ve arkadaşları (2002) tarafından yapılan orijinal bir çalışmada; tam otomatik yönetilen endüstriyel bir klasik kereste kurutma fırınında, 25 ve 50mm kalınlığında okaliptüs(*E.camaldulensis*) kerestesi ile yapılan kurutma denemelerinde uygulanan kurutma programı ve elde edilen sonuçlar aşağıda çizelge halinde sunulmaktadır(Tablo 5,6).

Tablo 5,6: 25 ve 50mm kalınlığında okaliptüs (*E.camaldulensis*) kerestesinin kurutulmasında uygulanan kurutma programları ve elde edilen süreler

Kalınlık: 25mm Yoğunluk(%12): 0.809 g/cm ³ Hava hızı: 3m/s					
Rutubet kademeleri (%)	Kurutma meyli	Denge nemi(%)	Sıcaklık(°C)	Bağıl nem(%)	Süre(Saat)
ısıtma					8
50-30	-	21.5	35	93	452
30-25	1.6	18.7	50	90	
25-20	1.6	15.6	50	83	
20-15	2.2	9	50	57	
15-10	2.2	6.8	50	42	
10-6	2.2	4.5	50	25	
denkleştirme	-	7	50	51	30

Kalınlık: 50mm Yoğunluk(%12): 0.873 g/cm ³ Hava hızı: 3m/s					
Rutubet kademeleri (%)	Kurutma meyli	Denge nemi(%)	Sıcaklık(°C)	Bağıl nem(%)	Süre(Saat)
ısıtma					12
50-30	-	22	35	95	1100
30-25	1.6	18.7	40	89	
25-20	1.6	15.6	40	81	
20-15	1.8	11.1	40	65	
15-12	1.8	8.3	40	50	
denkleştirme	-	14	40	77	

Uygulanan bu oldukça koruyucu diyebileceğimiz kurutma programları sonucunda elde edilen sonuçlara bakıldığında çatlak, kollaps ve şekil değişimleri bakımından istenen kaliteli sonuçlara her iki kalınlık içinde tam olarak ulaşamadığı ortaya çıkmıştır.

Ünsal ve Ayrılmış (2005), *E.camaldulensis*'i 2, 6 ve 10 saat süreyle 120, 150 ve 180°C sıcaklıkta ısı işleme tabi tutarak basınç direnci ve yüzey pürüzlülüğünü test etmişlerdir. Sonuçta, artan sıcaklık ve süreyle basınç direncinin azaldığını, yüzey düzgünlüğünün ise arttığını ortaya koymuşlardır. Buna göre, uygun ısı işlem parametreleri uygulanarak işleme, stabilite ve yüzey düzgünlüğünün önemli olduğu kullanım alanlarında değerlendirilebileceği ifade edilebilir.

Ünsal, Korkut ve Atik (2003), *E.camaldulensis*'i 2, 6 ve 10 saat süreyle 120, 150 ve 180°C sıcaklıkta ısıtılma işlemine tabi tutarak tam kuru yoğunluk, genişleme ve Janka sertlik değerlerini ve renk değişimini tespit etmişlerdir. Sonuçta, sıcaklık ve süre artımıyla, yoğunluk, genişleme ve sertlik azalırken renk koyulaşmıştır.

Ivaldo P. Jankowsky ve Gilson Roberto V. Dos Santos (2005), ortaya koydukları teoriyle, permeabilitesi düşük olduğu için zor kuruyan *E.grandis* kerestesinin %35-40'a kadar doğal kurutulduktan sonra daha şiddetli şartlarda klasik kurutmaya tabi tutulması gerektiğini belirtmektedirler.

Niemz ve ark (2005) *E.nietens* odununda termik ve hidrotermik işlemin etkilerini ele aldıkları çalışmada, 1 saat ve 160°C ye kadar uygulanan hidrotermik işlemin yoğunluk, denge rutubeti, genişleme ve şok direncini az etkilediği, buna karşın 24 saat ve 200°C ye kadar uygulanan termik işlemin bu özellikleri önemli oranda azalttığı sonucuna ulaşmışlardır.

3. Sonuç ve Öneriler

Okaliptüs türleri ile ilgili genel olarak yapılan orijinal çalışmalardan elde edilen veriler ve literatür bilgileri, hemen hemen tüm okaliptüs türlerinin kurutulmasının güçlükler arz ettiğini bize anlatmaktadır. Bu temel gerçekten hareketle Kantay ve ark. (1999)'na göre okaliptüs ağaç türü için aşağıdaki sonuçlara varılabilir:

- Okaliptüs kerestesi, teknik kurutmaya tabi tutulmadan önce uzun süren ön işlemlerden geçirilmeli (buharlama) ve lif doygunluğu rutubetinden sonra ancak teknik kurutmaya alınmalıdır. Bu görüşe paralel olarak FPL (___) tarafından *E.marginata* ve *E. diversicolor* kerestelerinin kurutulmasında doğal ön kurutma ve periyodik buharlama tavsiye edilmektedir.
- Taze haldeki kerestelerin ön kurutmaya tabi tutulması gereği ortaya çıkmıştır. Ancak gelişigüzel açık havada kalan kerestelerde dahi kollapsın oluştuğu tespit edildiğinden, ön kurutmanın gölgede, yavaş yapılması gerekmektedir. Ön kurutmada, ilave bir önlem olarak enine kesitlere parafin emilsiyonu uygulaması düşünülmelidir.
- Gençlik odunu oranı fazla olan kerestelerde, gençlik odununun normal oduna göre yoğunluk ve çalışma bakımından farklılık arz etmesi nedeniyle kalite kayıpları daha da fazla olmaktadır.
- Kantay ve ark. (1999), *E.camaldulensis*'le yaptıkları kurutma denemelerinde hava kurusu yoğunluğu 0.809 ve 0.873 g/cm³ bulmuşlardır. Ortaya çıkan yoğunluk değerleri de kurutmanın güçlüğüne açıkça ifade etmektedir. Bilindiği üzere ağaç malzemedeki yoğunluk arttıkça aynı kurutma şartlarında kurutma kalitesi düşmektedir. Acar ve Gökçe (1971) yaptıkları orijinal çalışmada bu türün hava kurusu yoğunluğunu 0.654 g/cm³, Arslan ve ark. (1994) ise 0.633 g/cm³ olarak bulmuşlardır.

Bu değerlendirmeler ışığında, son olarak; başta *E.camaldulensis* olmak üzere diğer okaliptüs türlerinin kurutma ve kullanım özellikleri için şunlar söylenebilir:

E.camaldulensis:

Kurutulması güçtür, kollaps ve yüzey ve iç çatlaklarına eğilimlidir, doğal ön kurutma ve periyodik buharlama ile bu kusurların kolayca giderilmesi bir çözüm olabilir. Kerestesi ve odunu Arjantin çelik sanayiinde odun kömürü olarak geniş oranda kullanılmaktadır. Hızlı büyüyen bu türün öz odunu orta derecede dayanıklı ve termitlere karşı mukavimdir. Odunu genel olarak inşaatta ve Avustralya'da daha çok dahili inşaatta kullanılmaktadır. Sudan gibi birçok ülkede rüzgar perdesi olarak yetiştirildiği gibi çiçekleri balcılıkta talep edilmektedir. Ayrıca odunu kağıtcılıkta da kullanılabilir (Arslan ve ark., 1994).

E.globulus:

Çatlama, çarpılma ve kollapsa eğilimli olduğundan kurutulması ve empenyesi güç olan bu türün radyal yönde %8, teğet yönde %12 daralma meydana getirmektedir. İyi biçilir, ancak radyal yüzeylerin planlanması güçlükler meydana gelir ve aletleri körleştirme etkisi vardır. Çivileme ve vidalamada ön delme işlemine ihtiyaç vardır. Yapıştırma tüller nedeniyle zorlaşır. Ayrıca soyma kaplama eldesinde tomruklar ısıtılmalıdır. Mobilya, lambri, parke yapımında, binalarda iç ve dış kısımlarda özellikle yanma

tehlikesi yüksek kısımlarında, kağıt endüstrisinde, palet yapımında ve genel amaçlar için kontrplak yapımında kullanılmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1998).

E.marginata:

Kurutmada dönme ve çatlama tehlikesine karşı doğal ön kurutma tavsiye edilmektedir. Radyal %7.7, teğet %11 ve hacimsel olarak %18.7 daralma göstermekte ve kullanım yerinde stabilitesi orta düzeydedir. Avustralya’da termit ve yangına karşı dayanıklı ağaç türü olarak bilinir. Ön delme tavsiye edilir fakat çivi ve vida tutma özelliği iyidir, boyanabilir, cilalanabilir, yapıştırılabilir, kesme ve soyma kaplama elde edilebilir. Zeminde, yapı işlerinde, demiryollarında ve mobilya elementlerinde kullanılır (James H. Flynn, Jr. ve Charles D. Holder, 2001).

E.regnans:

Kurutmada dönme, çatlak ve kollapsa eğilimli, dayanıksız ve aynı zamanda emprenye edilmesi güçtür, işlenme, boyama ve yapıştırma özellikleri iyidir. Mobilya, doğrama, fiçı, parke, kaplama ve kontrplak endüstrisinde kullanılmaktadır. (James H. Flynn, Jr. ve Charles D. Holder, 2001).

Arsan ve arkadaşları (1994) Tübitak destekli olarak yaptıkları, *E.camaldulensis* Dehn. odununun bazı anatomik, kimyasal ve teknolojik özelliklerinin tespitine yönelik orijinal araştırmanın sonunda, okaliptüs ağaç türünün odunun bünyesini değiştiren ve değiştirmeyen tüm kullanım alanlarında değerlendirme olanaklarını ele almışlardır.

4. Kaynaklar

- Acar, İ. ve O. Gökçe, 1971. *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. odununun teknolojik özellikleri üzerine araştırmalar. Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Yıllık Bülten no: 5-6, İzmit
- Arslan, S., Demetçi, E. ve R. Sözen, 1994. *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. odununun bazı anatomik, kimyasal ve teknolojik özelliklerinin tespiti üzerine araştırmalar. Proje no: TOAG-874, TÜBİTAK Tarım ve Ormanlık Araştırma Grubu, Ankara
- Bozkurt, Y. ve N. Erdin, 1998. Ticarete Önemli Yabancı Ağaçlar, İ.Ü.Yayın No: 4024, F.B.E Yayın No: 12
- FPL, 2007. www.fpl.fs.fed.us (Ziyaret tarihi:06/02/ 2008).
- FPL, tarihsiz. Appendix B standart kiln drying schedules, Madison 5, Wisconsin, ABD
- HOLZMEISTER, 2007. www.logica-hs.it (Ziyaret tarihi:08/02/ 2008).
- Hildebrand, R. 1979. Kiln Drying of Sawn Timber
- Ivaldo P. Jankowsky ve Gilson Roberto V. Dos Santos, 2005. Drying behavior and permeability of *E. grandis* lumber, *MADERAS:Ciencia y Tecnologia* 7(1): 17-21
- James H. Flynn, Jr. ve Charles D. Holder, 2001. A Guide to Useful Woods of the World, Forest Products Society, Madison-Wisconsin
- Kantay, R., Ünsal,Ö. ve S. Korkut, 2002. “Drying problems of fast growing tree species: Evaluation of Maritime Pine and *Eucalyptus* wood,” *IUFRO Meeting “Management of Fast Growing Plantations”*, 208-212, İzmit,
- Kantay, R., 1993. Kereste Kurutma ve Buharlama, Ormanlık Eğitim ve Kültür Vakfı, Yayın no: 6
- Kantay, R., Aş,N. ve Ö. Ünsal, 1999. Okaliptüs kerestesinin teknik kurutma özellikleri, *Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü-Doa Dergisi*, 5, 49-74
- Ünsal,Ö. ve N. Ayrılmış, 2005. Variations in compression strength and surface roughness of heat-treated Turkish River Gum (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Wood, *Journal of Wood Science*, 51, 405-409
- Ünsal, Ö., Korkut,S. ve C. Atik 2003. The effect of heat treatment on some properties and colour in *Eucalyptus (Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) wood, *MADERAS:Ciencia y Tecnologia* 5(2):145-152
- Von Peter Niemz, Hernan Poplete, Marco Torres ve Gavino Ugalde, 2005. Untersuchungen zur thermischen und hydrothermischen Behandlung von *Eucalyptus nitens*, *HOLZ*₁ : 12-15

Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Odununun Bazı Teknolojik Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin Etkisi

Süleyman KORKUT¹, Derya Sevim KORKUT², İlter BEKAR³

¹Yrd. Doç. Dr. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Düzce, suleymankorkut@hotmail.com

²Yrd. Doç. Dr. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Düzce, sevinderya@hotmail.com

³Arş. Gör. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Düzce, ilterbekar@mynet.com

Özet

Isıl işlem ahşabın boyutsal stabilitesini arttırmak için uygulanan odun modifikasyon yöntemlerinin başında gelmektedir. Bu çalışmada; ülkemizde geniş plantasyonları olan ve potansiyel kullanım alanlarına sahip okaliptüs odununun bazı mekanik özellikleri üzerine farklı sıcaklık (120°C, 150°C ve 180°C) ve sürelerde (2 saat, 6 saat ve 10 saat) uygulanan ısıtma işleminin etkisi incelenmiştir. Mekanik özelliklerden eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, liflere dik ve liflere paralel çekme direnci, yarıma direnci ve şok direnci tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda; ısıtma işlemi sıcaklık ve süresi arttıkça mekanik özelliklerinin %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak azaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Okaliptüs, ısıtma işlemi, teknolojik özellikler.

The Effects of Heat Treatment On Some Technological Properties of *Eucalyptus* (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Wood

Abstract

Heat treatment is often applied to some tree species, to improve wood dimensional stability. The wood of eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) has attracted an increasing demand from the industry; therefore, it has been widely planted in Turkey. This study evaluated the effect of heat treatment on some mechanical properties of the wood of eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.). Wood specimens from Tarsus, Turkey were subjected to heat treatments with varying temperatures and durations. Following the treatments, bending strength (MOR), modulus of elasticity in bending (MOE), tension strength parallel and perpendicular to grain, cleave strength, and impact bending strength of the wood specimens were tested on the samples in comparison to the untreated ones. The results show that these mechanical properties decrease with increased treatment temperature and durations.

Keywords: Eucalyptus wood; Thermal treatment; technological Properties

1. Giriş

Ülkemizde özellikle güney bölgelerinde yetiştirilen Okaliptüs ağaç türü, kısa zamanda geniş çap yapması ve düzgün gövde oluşturması nedeniyle dünyada orman endüstrisine mal olmuştur. Halen ülkemizde en büyük ve toplu Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) sahası Tarsus'ta bulunan Karabucak Okaliptüs ormanı'dır. Bu gün 1000 hektara yaklaşan verimli bir ormanı vardır. İlk etapta mevcut bataklıkların kurutulması amacıyla dikilmiş olan bu ağaç türü günümüzde orman ürünleri endüstrisine ekonomik değer olarak katılmaya başlanılmıştır. Hızlı büyüyen bir tür olması bazı kullanım yerleri için onu önemli bir hammadde haline getirmiştir. Önceleri ambalaj sandığı olarak değerlendirilen bu ağaç türü, şimdilerde bina inşaatlarında, demiryolu traversleri, kaplama, mobilya, sandık, tornacılık, zirai aletler, araba kasaları, müzik aletleri, spor malzemeleri, sandal ve takaların yapımı, maden direği, tel direği, sırk, selüloz, lif-yonga odunu olarak önemli oranda kullanılmaktadır (Yalıtık ve Efe, 2000). Hatta bu günlerde ülkemiz kağıt sektörü tarafından yetiştirilmesi teşvik edilmektedir (Akşam Gazetesi). Buna karşın kullanım alanlarını sınırlayan ve/veya kullanımı sırasında sorunlar çıkartabilen sakıncalı özellikleri (tam kuru hal ile lif doygunluğu noktası (LDN) arasında rutubet alıp vererek boyutlarını değiştirmesi, kollaps vb.) de bulunmaktadır.

Odunun olumsuz özelliklerinin en aza indirgenmesi ve olumlu özelliklerinin daha ileri derecelere yükseltilmesi amacıyla yönelik olarak birçok araştırma yapılmaktadır. Bu araştırmaların sonuçlarına göre ortaya çıkan yöntemlere genel anlamda “Odunun Modifikasyonu Yöntemleri” denilmektedir. Odunun ısıtma işlemine tabi tutulması onun kimyasal kompozisyonunu değiştirmekte ve dolayısıyla odun modifikasyonu yöntemleri arasında yer almaktadır. Bir odun modifikasyonu yöntemi olarak ele alındığında, odunun 100-250°C’ler arasında, normal atmosfer, azot gazı veya herhangi bir inert gaz ortamında belli bir süre bekletilmesi ısıtma işlemi olarak anlaşılmaktadır. Odunun ısıtma işlemine tabi tutulması üç ana amaca yönelik olarak uygulanmaktadır: Bunlardan birincisi, odunun rutubet alıp vermesini azaltmak, yani oduna boyut stabilizasyonu kazandırmak, diğeri tahrip edici organizmalara karşı odunun biyolojik direncini arttırmak, bunun yanında ısıtma işlemi odunda denge rutubet miktarını düşürmek, permeabiliteyi arttırmak, CCA ve CCB gibi emprenye maddelerinin ve boyama-vernikleme gibi üst yüzey işlemlerinin performansını yükseltmektir (Yıldız, 2002).

Endüstriyel ölçekli ısıtma işlem uygulaması 1990’ların başında Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi tarafından gerçekleştirilmiştir. 2002 yılı itibarıyla dünyada ısıtma işlem uygulanmış ahşap üretim kapasitesi yaklaşık 265000 m³’tür (Syrjanen and Oy, 2001; Rapp, 2001). Son yıllarda ısıtma işlemi ile ilgili olarak yapılan çalışmaların artması yeni metotların gelişmesine yol açmış ve bu sayede Avrupa pazarına ısıtma işlemi uygulanmış ahşap girişi yapmıştır. Günümüzde en fazla kullanılan ısıtma işlem metotları plato wood (Hollanda), Thermowood (Finlandiya), Retification ve Les Bois Perdue (Fransa) ve oil-heat-treatment wood (Almanya)’dır (Rapp, 2001).

Odunun mekanik ve teknolojik özelliklerinde ısıtma işlemi ile meydana gelen geri dönüşümsüz değişimlerin odunun kimyasal yapısının ısı ile termal bozunmaya uğramasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Termal bozunmayla en çok etkilenen mekanik direnç özellikleri şok ve eğilme dirençleri, en az etkilenen ise eğilmede elastikiyet modülüdür (Yıldız, 2002).

Mayes ve Oksanen (2002) çalışmalarında; 220°C’de 3 saat ısıtma işlem uygulamasında şok direncinin ısıtma işlemi uygulanmamış oduna nazaran %25 azaldığını tespit etmişlerdir. Viitaniemi (1997) çalışmasında; koruyucu gaz olarak su buharının kullanıldığı 180-250°C sıcaklıkta ve normal basınç altında gerçekleştirilen ısıtma işlem uygulamasında çam odununun eğilme direncinde ısıtma işlemi uygulanmamış örneklerle göre %14’lük bir azalmanın olduğunu ifade etmiştir.

150-200°C sıcaklıklarda 1, 3, 5, 10 ve 20 saat süreyle ısıtma işlemi uygulanan *Chamaecyparis obtusa* ve *Fagus crenata* örneklerindeki şok direnci değerleri, 150°C’de 5 saat 200°C’de 1 saat ve 200°C’de 5 saatlik uygulamalardan sonra ısıtma işlemine tabi tutulmamış odun örneklerine göre %50 azalmıştır. 150°C’de 5 saatlik ısıtma işlemi uygulanmasından Young sertliği etkilenmemiş fakat 200°C’de *Chamaecyparis obtusa* örneklerinde artmıştır. Eğilme direnci 200°C’de 5 saat ısıtma işlemi uygulandığında kontrol örneklerine nazaran %50 oranında azalma göstermiştir (Kitahara ve Chugenji, 1951).

Bu türün uygun kullanım yerlerinde değerlendirilmesi ancak teknolojik özelliklerinin tam olarak bilinmesiyle mümkün olabilecektir. Bu çalışmada; ülkemizde geniş plantasyonları bulunan ve endüstriyel potansiyele sahip Okaliptüs odununda ısıtma işleminin, bazı mekanik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla; Okaliptüsün ülkemizde geniş yayılış gösterdiği Tarsus bölgesinden temin edilen örnekler farklı süreler ve sıcaklıklarda ısıtma işlemine tabi tutularak, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, liflere paralel ve dik çekme, dinamik eğilme (şok) direnci ve yarıma direnci tespit edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Araştırma materyali tomruklar, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü’nün desteğiyle Tarsus bölgesinden temin edilmiştir. Minimum 30 cm çapa sahip ağaçların 2. ve 4. m arasından 1.2 m uzunluğunda kesilen 4 adet tomruk Mersin’deki özel bir kereste biçme atölyesinde Kuzey-Güney ve Doğu-Batı yönlerinde özü içerecek şekilde biçilmiştir (TS 2470). Biçilen parçalar bileme açısı 45° olan

planya makinesinden geçirilmiş ve mekanik özelliklerin belirlenmesi amacıyla deney örnekleri hazırlanmıştır.

Deney örnekleri 20°C sıcaklık ve %65 bağıl nem koşullarındaki klima odasında %12 rutubete getirilmiştir. Isıl işlem uygulaması 3 ayrı sıcaklık (120-150-180°C) ve 3 ayrı süre (2-6-10 saat) kombinasyonu ile toplam 9 varyasyonda gerçekleştirilmiştir. Isıl işlem uygulaması, sıcaklığı ±1 °C duyarlılıkta kontrol edilebilen bir etüvde normal atmosfer ortamında gerçekleştirilmiştir.

Isıl işlemden sonra örnekler 20±2°C ve %65 bağıl nemde iklimlendirme odasında bekletilerek rutubetlerinin %12'ye gelmesi sağlanmıştır (TS 642).

Odunun Statik Eğilme Dayanımının Tayini (MOR) TS 2474/1976, Odunun Statik Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini (MOE) TS 2478/1976, Odunun Çarpmada Eğilme Dayanımının Tayini (σ) TS 2477/1976, Yarıлма direnci (σ_s) (TS 7613/1989), Liflere paralel çekme direnci ($\sigma_{z//}$) TS 2475/1976 ve Odunun Liflere Dik Doğrultuda Çekme Gerilmesinin Tayini ($\sigma_{z\perp}$) TS 2476/1976'e göre yapılmıştır.

Mekanik özellikler belirlendikten sonra her bir deney örneğinin rutubet içeriği TS 2471'e göre tespit edilerek %12'den sapma olup olmadığı saptanmıştır. Sapmanın söz konusu olması durumunda direnç değerlerini %12 rutubette hesaplamak için aşağıdaki eşitlik kullanılarak direnç değerlerini dönüştürme işlemi gerçekleştirilmiştir.

$$\delta_{12} = \delta_m * [1 + \alpha (M_2 - 12)]$$

Burada δ_{12} = %12 rutubetteki direnç değeri (N/mm²), δ_m = %12'den farklı rutubetteki direnç değeri (N/mm²), α = direnç ve rutubet arasındaki ilişkiyi gösteren sabit değer ($\alpha=0.04, 0.02, 0.025, 0.03, 0.03, 0.03$, sırasıyla MOR, MOE, σ , σ_s , $\sigma_{z//}$ ve $\sigma_{z\perp}$) M_2 = test esnasındaki rutubet içeriği (%).

Isıl işlem sıcaklık ve süresine bağlı olarak kontrol örnekleri ile ısıl işlem uygulanmış örnekler arasında istatistiksel anlamda farklılık olup olmadığı varyans analizi ve Duncan testi yapılarak kontrol edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Tablo 1'de ısıl işlemde uygulanan sıcaklık ve süreye bağlı olarak eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, liflere paralel ve dik çekme dirençleri, dinamik eğilme direnci ve yarıлма direncinde meydana gelen değişimler gösterilmiştir. Görüldüğü üzere ısıl işlemde uygulanan sıcaklık ve süre arttığında tüm direnç değerlerinde bir azalma söz konusu olmuştur.

Tüm direnç değerlerinde maksimum azalma 180°C'de 10 saat ısıl işlem uygulanmış örneklerde meydana gelmiştir. Bu durumda en düşük eğilme direnci 101.35 N/mm² olup %21.68'lik bir azalma söz konusudur. Eğilmede elastikiyet modülü 7647.398 N/mm²'lik değeri ile %33.46'lık bir azalmaya uğramıştır. Liflere paralel çekme direnci 58.89 N/mm² ile %21.04, liflere dik çekme direnci 3.79 N/mm² ile %13.07, dinamik eğilme direnci 6.69 N/mm² ile %5.37 ve yarıлма direnci 0.38 N/mm² ile %33.33'lük bir azalmaya maruz kalmıştır. En fazla kayıp ise eğilmede elastikiyet modülü (%33.46) ve yarıлма direncinde (%33.33) olmuştur.

Tablo 1. Mekanik özellikler ile ısıtım işlem arasındaki ilişki

Isıl İşlem	Süre	Birim	Eğilme Direnci	Eğilmede Elastikiyet Modülü	Liflere Paralel Çekme Direnci	Liflere Dik Çekme Direnci	Dinamik Eğilme (Şok) Direnci	Yarıılma Direnci
			N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
Kontrol		X	129.41 A	11494.157 A	74.59 A	4.36 A	7.07 A	0.57 A
		± s	36.04	1251.515	6.69	0.69	2.66	0.07
		N	30	30	30	30	30	30
120 ⁰ C	2 saat	X	126.38 A	10132.737 A	73.58 A	4.33 A	7.04 A	0.56 A
		± s	27.31	1147.673	6.84	0.59	1.48	0.05
		N	30	30	30	30	30	30
	6 saat	X	123.35 A	9129.521 BGHI	72.89 A	4.27 A	7.01 A	0.54 A
		± s	29.68	1081.524	7.48	0.61	2.11	0.09
		N	30	30	30	30	30	30
10 saat	X	121.52 A	8742.542 CGHI	71.76 A	4.21 A	6.97 A	0.53 A	
	± s	28.46	1132.254	7.12	0.48	1.98	0.07	
	N	30	30	30	30	30	30	
150 ⁰ C	2 saat	X	116.35 B	8538.475 DGHI	70.38 BEFG	4.17 BEFG	6.95 BFG	0.50 BEFG
		± s	24.51	1065.356	6.87	0.57	1.14	0.06
		N	30	30	30	30	30	30
	6 saat	X	114.36 BDEF	8367.687 EHI	68.99 CEFG	4.08 CEFG	6.93 CFG	0.47 CEFG
		± s	26.32	1124.351	7.41	0.63	1.32	0.08
		N	30	30	30	30	30	30
10 saat	X	112.34 CEF	8145.687 FHI	66.34 DFG	3.98 DFG	6.89 DFG	0.46 DFG	
	± s	25.41	1247.354	5.38	0.51	1.04	0.05	
	N	30	30	30	30	30	30	
180 ⁰ C	2 saat	X	109.12 DEF	7912.354 GI	64.95 EG	3.93 EG	6.83 EG	0.44 EG
		± s	23.54	1245.684	5.89	0.57	1.41	0.06
		N	30	30	30	30	30	30
	6 saat	X	106.12 EF	7814.365 H	61.38 F	3.88 F	6.78 F	0.41 F
		± s	21.35	1297.315	7.54	0.68	1.35	0.05
		N	30	30	30	30	30	30
10 saat	X	101.35 F	7647.398 I	58.89 G	3.79 G	6.69 G	0.38 G	
	± s	23.12	1248.679	6.84	0.57	1.57	0.07	
	N	30	30	30	30	30	30	

Avg = Aritmetik Ortalama; ± s =Standart sapma; N=Örnek sayısı.

Duncan testine göre %95 güven düzeyinde herbir sütundaki homojen gruplar aynı harfle gösterilmiştir.

Tablo 2’de ısıtım işlemde uygulanan sıcaklık ve süreye bağılı olarak dirençlerde meydana gelen % azalma değerleri verilmiştir.

Tablo 2. Isıtım işlemde uygulanan sıcaklık ve süreye bağılı olarak mekanik özelliklerde meydana gelen azalma

Isıl işlem	Süre	Eğilme Direnci	Eğilmede Elastikiyet Modülü	Liflere Paralel Çekme Direnci	Liflere Dik Çekme Direnci	Dinamik Eğilme (Şok) Direnci	Yarıılma Direnci
		%	%	%	%	%	%
120 ⁰ C	2 saat	2.34	11.84	1.35	0.68	0.42	1.75
	6 saat	4.68	20.57	2.27	2.06	0.84	5.26
	10 saat	6.09	23.94	3.79	3.44	1.41	7.01
150 ⁰ C	2 saat	10.09	25.71	5.64	4.35	1.69	12.28
	6 saat	11.62	27.20	7.50	6.42	1.98	17.54
	10 saat	13.19	28.26	11.06	8.71	2.54	19.29
180 ⁰ C	2 saat	15.67	31.16	12.92	9.86	3.39	22.80
	6 saat	17.99	32.01	17.71	11.00	4.10	28.07
	10 saat	21.68	33.46	21.04	13.07	5.37	33.33

Yıldız (2002) Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ve Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) odunları ile yaptığı ısıtım işlem çalışmasında, statik eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, liflere paralel basınç direnci ve Brinell sertlik değerlerini hesaplamıştır. Tüm direnç değerlerinde ısıtım işlem sıcaklık ve süresinin artması ile bir azalma gözlenmiştir. En büyük azalma 200⁰C’de 10 saat ısıtım işlem uygulanmış örneklerde gerçekleşmiştir. Örneğin eğilme direncinin kayında %63.87 ve ladinde %63.56

azalma gösterdiğini, elastikiyet modülünün ladinde 200°C'de 6 saat ısı işlem uygulanmış örneklerde %41.59 azaldığını ve istisnai olarak kayında 200°C'de 10 saat ısı işlem uygulanmış örneklerde %38.99 oranında arttığını, basınç direncinin ise her iki ağaç türünde de 200°C'de 6 saat ısı işlem uygulanmış örneklerde %39'luk bir azalma gösterdiğini, Brinell sertlik değerlerinin en fazla 180°C'de 10 saat ısı işlem uygulanmış örneklerde kayında, enine kesitte %26, radyal kesitte %45 ve teğet kesitte %41 ve ladinde enine kesitte %20, radyal kesitte %42 ve teğet kesitte %43 oranında azaldığını tespit etmiştir.

Unsal ve ark. (2003) Okaliptüs odunu ile yaptıkları çalışmalarında; janka sertlik değerinde en fazla azalmanın 180°C'de 10 saat ısı işlem uygulanmış örneklerde enine kesitte %23.91, radyal kesitte %44.20 ve teğet kesitte %33.57 olduğunu ifade etmişlerdir.

Öner ve Ayrılmış (2005) Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) odunu ile yaptıkları çalışmada; ısı işlem sıcaklık ve süresine bağlı olarak basınç direncinin önemli oranda azaldığını, 180°C'de 10 saat ısı işlem uygulanmış numunelerin basınç direnci değerinin en düşük olduğunu ve ısı işlem uygulanmamış numunelerin değerinden %19 daha az olduğunu saptamışlardır.

Aydemir (2007) Gökna (*Abies bormülleriana* Mattf.) ve Gürgen (*Carpinus betulus* L.) odunları ile yaptığı çalışmasında; 210°C'de 12 saat ısı işlem uygulandığında basınç direncinin gürgende %25.81 ve göknarda %24.46, Brinell sertlik değerlerinin göknarda enine kesitte %41.13, radyal kesitte %44.76, teğet kesitte %38.92 ve gürgende enine kesitte %37.47, radyal kesitte %54.45, teğet kesitte %53.59 azaldığını ifade etmiştir.

Korkut (2008) Uludağ Gökna (*Abies bormülleriana* Mattf.) ile yaptığı çalışmada; 180°C'de 10 saat ısı işlem uygulandığında basınç direncinde %29.41, eğilme direncinde %29.28, eğilmede elastikiyet modülünde %40.08, enine kesit janka sertliğinde %22.43, radyal kesit janka sertliğinde %23.27, teğet kesit janka sertliğinde %16.19, dinamik eğilme direncinde %39.24 ve liflere dik çekme direncinde %28.14'lük bir azalma tespit etmiştir.

Çalışma sonucunda bulunan direnç değerlerindeki azalma yukarıda verilen diğer çalışmaların sonuçları ile uyum göstermektedir. Direnç değerlerindeki bu azalmanın sebepleri olarak ısı işlem ile ahşapta meydana gelen ağırlık kayıpları ve hemiselülozun bozunması düşünülmektedir (Kotilainen, 2000; Hillis, 1984).

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada direnç değerlerinde en düşük azalma 120°C'de 2 saat ısı işlem uygulanmış örneklerde ve en fazla azalma 180°C'de 10 saat ısı işlem uygulanmış örneklerde gerçekleşmiştir. Isı işlemde uygulanan sıcaklık ve süre arttıkça tüm direnç değerleri azalma göstermiştir.

Isı işlem ahşabın mekanik özelliklerini azaltmasına rağmen biyolojik dayanıklılığını ve boyutsal stabilitesini artırmaktadır. Ayrıca daralma-genişleme ve denge rutubet miktarı gibi fiziksel özelliklerde dikkate değer bir azalma, ısı işlem görmüş ahşabı iklim değişikliklerine ve çürümeye karşı daha dayanıklı kılmaktadır. Isı işlem görmüş ahşap emprenye edilmiş ahşaba kıyasla çevreye daha dost bir durum arz etmekte olup, bahçe ve mutfak mobilyası, sauna, dış cephe kaplaması, banyo dolapları, döşeme malzemesi, müzik aletleri, iç dekorasyon kaplaması, iç ve dış duvar kaplaması ile kapı ve pencere imalatında kullanılabilir (Syrjanen ve Oy, 2001). Ayrıca direnç kayıplarını minimum seviyede tutan ısı işlem teknikleri kullanılarak kullanım alanı sınırlı olan ağaç türleri başta olmak üzere tüm ağaç türlerinin kullanım alanları artırılabilir. Özellikle iyi işlenme özellikleri ve stabilitenin önemli olduğu kullanım alanlarında ısı işlemin büyük önemi bulunmaktadır.

5. Kaynaklar

Yalıtık, F. ve Efe, A. 2000. Dendroloji Ders Kitabı, Gymnospermae-Angiospermae, İ.Ü. Yayın No: 4265, Orman Fakültesi Yayın No:465, ISBN 975-404-594-1, İstanbul.

Akşam Gazetesi, 09 Nisan 2003, <http://www.aksam.com.tr/arsiv/aksam/2003/04/09/ekonomi/ekonomi9.html>

Rapp, A.O., 2001. Review on heat treatments of wood. In: Proceedings of Special Seminar held in Antibes, France, February 9, 2000. ISBN: 3-926 301-02-3, p. 68.

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

- Mayes, D. and Oksanen, O. 2002. ThermoWood Handbook, Finnforest, Stora, Finland.
- Viitaniemi, P. 1997. Decay-resistant wood created in a heating process, Industrial Horizons 23.
- Kitahara, K. and Chugenji, M. 1951. Effects of heat treatment on the mechanical properties of wood, J.Jap. For.Soc., 33: 414-419
- TS 2470 (1976). Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Numune Alma Metotları ve Genel Özellikler, T.S.E. Ankara.
- TS 642 ISO 554 (1997). Kondisyonlama ve/veya Deney İçin Standard Atmosferler-Özellikler, T.S.E. Ankara.
- TS 2474 (1976). Odunun Statik Eğilme Dayanımının Tayini, T.S.E. Ankara.
- TS 2478 (1976). Odunun Statik Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini, T.S.E. Ankara.
- TS 2477 (1976). Odunun Çarpmada Eğilme Dayanımının Tayini, T.S.E. Ankara.
- TS 7613 (1989). Odun - Yarılma Mukavemetinin Tayini, T.S.E. Ankara.
- TS 2476 (1976). Odunun Liflere Dik Doğrultuda Çekme Gerilmesinin Tayini, T.S.E. Ankara.
- TS 2475 (1976). Odunda Liflere Paralel Doğrultuda Çekme Gerilmesinin Tayini, T.S.E. Ankara.
- TS 2471 (1976). Odunda, Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini, T.S.E. Ankara.
- Yıldız S. 2002. Physical, mechanical, technological, and chemical properties of *Fagus orientalis* and *Picea orientalis* wood treated by heating. PhD thesis, Blacksea Technical University, Trabzon, Turkey, p 245
- Unsal O, Korkut S, Atik C. 2003. The effect of heat treatments on some properties and colour in *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. wood. Maderas: Ciencia Y Tecnologia. Universidad del Bio-Bio. 5(2):145-152
- Unsal, Ö. ve Ayrılmış, N. 2005. Variations in compression strength and surface roughness of heat-treated Turkish river red gum (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) wood, Journal of Wood Science 51:405-409.
- Aydemir, D. 2007. Gökmar (*Abies bormülleriana* Mattf.) ve Gürgen (*Carpinus betulus* L.) Odunlarının bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerine ısı işleminin etkisi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enst., Yüksek Lisans Tezi.
- Syrjanen, T., Oy, K., 2001. Production and classification of heat-treated wood in Finland, Review on heat treatments of wood. In: Proceedings of the Special Seminar Held in Antibes, France.
- Korkut, S. 2008: The effects of heat treatment on some technological properties in Uludağ fir (*Abies bornmuelleriana* Mattf.) wood, Building and Environment, Volume 43, Issue 4, pp. 422-428.
- Kotilainen, R., 2000. Chemical Kotilainen R. Chemical changes in wood during heating at 150-260°C. Ph.D. thesis, Jyväskylä University. Research report 80, Finland.
- Hillis WE., 1984. High temperature and chemical effects on wood stability. Wood Science and Technology, 18:281-93.

Okaliptüs Yongaları ile Üretilmiş Yongalevhaların Borik Asit ile Emprenye Edilmesinin Levhanın Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi

Ayfer Dönmez ÇAVDAR¹, Hülya KALAYCIOĞLU², Eylem Dizman TOMAK³

¹ Ayfer Dönmez Çavdar, Arş.Gör., KTU, Orman Fakültesi, Orm. End. Müh. Bölümü, adonmez@ktu.edu.tr

² Hülya Kalaycıoğlu, Prof.Dr., KTU, Orman Fakültesi, Orm. End. Müh. Bölümü, khulya@ktu.edu.tr

³ Eylem Dizman Tomak, Arş.Gör., KTU, Orman Fakültesi, Orm. End. Müh. Bölümü, e_dizman@ktu.edu.tr

Özet

Borlu bileşikler odun esaslı ürünlerin mantar ve böceklere karşı biyolojik direnci ile yanmaya karşı dayanımının artırılması amacıyla uzun yıllardan bu yana bir çok emprenye maddesi formülasyonunda yaygın olarak kullanılmıştır. Ancak borlu bileşiklerin bu olumlu özelliklerinin yanı sıra malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri olumsuz yönde etkileyebilmektedirler. Çalışma kapsamında zor emprenye edilebilme kabiliyetine sahip okaliptüs (*E. camaldulensis*) odunundan elde edilen yongaların ve üretimi tamamlanmış levhaların borik asit çözeltisi ile emprenye edilmesinin levha kalitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada melamin üre formaldehit (MUF) tutkalı kullanılarak üretilen 3 tabakalı deneme levhalarının eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ile yapışma direnci incelenmiş ve sonuçlar istatistiksel açıdan SPSS paket analiz programı ile değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre; borik asit ile emprenye işlemi deneme levhalarının mekanik özelliklerini kontrole oranla önemli ölçüde azaltmıştır. Levhanın emprenye edilmesi yonganın emprenye edilmesine oranla levhanın mekanik direnç özelliklerinde daha olumsuz etkiye neden olmuştur. Yonganın emprenye edilmesi levhanın emprenye edilmesine göre eğilme direnci (ED), elastikiyet modülü (EED) ve yüzeye dik çekme direnci (YDÇD) bakımından sırasıyla %51, %65 ve %53 daha iyi sonuç verirken, kontrol levhalarına göre ise %56, %40 ve %69 oranında azalma göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Okaliptüs, Yongalevha, Borik Asit, Mekanik Özellikler.

The Effect of Boric Acid Impregnation on Mechanical Properties of Particleboard Made from Eucalyptus

Abstract

Boron compounds have been used an active ingredient in many wood preservatives to improve the biological and fire resistance of wood based panels for many years. But, they can adversely affected physical and mechanical properties of wood based panels as well as their positive properties. Aim of the study is to investigate the effect on quality of particleboard made from eucalyptus which is known as a refractory wood species. The wood particles and the furnish panels are impregnated with boric acid solution. As an adhesive, melamine urea formaldehyde (MUF) resin is used for manufacturing the three layer board. Bending properties (rupture modulus and elasticity of modulus) and internal bonding of the panels are determined and afterwards the results are evaluated by statistical analyzing. According to the results, the particleboard made of impregnated particles has better mechanical properties than the impregnated furnish particleboard as bending properties (Modulus Rupture (MOR) and Modulus of Elasticity (MOE)) and Internal Bonding (IB) is improved with a 51%, 65% and 53% ratio respectively. Both of impregnated particleboards have worse mechanical properties than control panels. Panels made of impregnated particles are shown lower values of MOR, MOE and IB with 56%, 40% and 69% respectively compared to control panels.

Keywords: Eucalyptus, Particleboard, Boric Acid, Mechanical Properties.

1. Giriş

Odun esaslı levha üretiminde tercih edilecek türün çok hızlı büyüme göstermesi hammaddenin sürekliliğinin korunması açısından önemli bir etken olmaktadır. Yapraklı ağaç olmasına rağmen okaliptüs odunun levha üretiminde kullanılabilmesi bu anlamda önem kazanmaktadır. Günümüzde yongalevha üretiminde iğne yapraklı ağaç türü odunlarının kullanımının daha uygun olacağı bilinmektedir. Levhada yüksek direnç özelliği aranıyorsa; bu tip levhanın üretiminde iğne yapraklı ağaç odunları kullanmak gerekir. Bu yapraklı ağaç odunlarından levha üretilmez anlamına gelmemektedir. Bu ağaç türlerinde iğne

yapraklı ağaç odunları gibi aynı şekilde yüksek kalite levhaların üretimi mümkündür. Mekanik özelliklerin yükseltilmesi isteniyorsa levha üretiminde yapraklı türler kullanılmaktadır (Huş, 1979). Nacar tarafından yapılan çalışmada; okaliptüs odunun yongalevha için kullanılabilirliğini araştırmış ve okaliptüs odunun hızlı gelişen bir tür olması sebebiyle levha endüstrisi için alternatif bir hammadde olduğu sonucuna varmıştır (Nacar, 1997).

Devlet ormanları dışında yapılan endüstriyel odun üretiminin %90'ından fazlası kavak üretiminden oluşmaktadır. Ancak, kavak ve okaliptüs gibi hızlı gelişen tür plantasyonlarına ait üretim kayıt altında olmadığından üretim ve tüketim miktarları konusunda kesin rakamlar bulunmamaktadır. IX. Kalkınma Planında başta okaliptüs vb. hızlı yetişen türlerin endüstriyel ve diğer ağaçlandırmalar özendirilmesi ve yaygınlaştırılması konusu üzerinde önemle durulmuştur (Anonim, 2007).

Ağaç malzemeye duyulan ihtiyaç, ekonomik ve teknik gelişmelere paralel olarak artmış ve arz talebi karşılayamayacak duruma gelmiştir. Bunun sonucu, ormanlara fazla yüklenilmekte, dolayısı ile arz / talep arasında denge sağlanamadığından ormanlar azalmaktadır. Bu nedenlerle, inşaatlık ahşap malzeme, ağaç direkler, demir yolu traversleri, çit kazıkları, kapılar, yonga levha ve kontrplak gibi, işlenmiş veya yarı işlenmiş ağaç malzemenin ekonomik ve uzun süreli kullanılması gerekmektedir (Çetin 1985, Bozkurt ve Erdin 1985, Bozkurt ve ark. 1993). Bu nedenle ağaç malzemenin doğal kullanım süresini artırmak için, koruyucu kimyasal maddeler ile emprenye etmek zorunluluk haline gelmiştir.

Borlu bileşikler ağaç malzeme ve odun esaslı levhaların biyolojik ömrünün ve yanma özelliklerinin iyileştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Mantar ve böceklere karşı yüksek oranda etkili olması, insan ve hayvanlara karşı olan zehirli etkisinin yok denecek kadar az olması, çevre dostu ve renksiz olması, fiyatının düşük olması, metallere karşı paslandırıcı etkisinin olmaması, yanmayı geciktirici özellikte olması, odunun direnç özelliklerinde olumsuz bir etki meydana getirmemesi gibi olumlu özellikleri nedeniyle bor bileşikleri odun koruyucu kimyasal madde formülasyonlarında geniş oranda kullanılmakta olup, önemi günden güne artmaktadır (Hafizoğlu ve ark. 1994). Ancak yapılan araştırmalar, bir yandan borlu bileşiklerin olumlu etkilerini malzemenin diğer özelliklerini kötü yönde etkilemeden ortaya koymak, diğer yandan da uygulanabilme maliyetini azaltmak üzerine yoğunlaşmıştır.

Bu çalışmada, üretim öncesi yongalar ile üretimi tamamlanmış levhalar vakum yoluyla borik asit çözeltisi ile emprenye edilmiş, yanmaya karşı performansını oksijen indeksi testi değerlendirilmiştir. Emprenye işlemlerine tabi tutulmuş levhalar kontrol levhalarına göre oldukça yüksek sonuçlar elde edilmiştir (Çavdar Dönmez ve ark. 2008). Sonuçlar doğrultusunda deneme levhalarının mekanik özelliklerinin borik asit emrenyesinden ne ölçüde etkilendiği, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve yapışma direncinin belirlenmesi ile incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

Ağaç Malzeme: KTÜ kampüsündeki bakım kesimlerinden elde edilen okaliptüs (*E. camaldulensis*) odunlarından Orman Fakültesi, Yongalevha Pilot Tesisinde üretilen orta ve dış tabaka yongaları kullanılmıştır.

Tutkal: % 65'lik melamin üre formaldehit (MUF) tutkalı kullanılmıştır.

Kimyasal: : Emprenye işlemlerinde % 4,7'lik borik asit çözeltisi kullanılmıştır.

2.2 Metod

2.2.1 Yonga ve Levhanın Borik Asit ile Emprenye Edilmesi

Emprenye işlemi ASTM D 1413-76 standardına göre gerçekleştirilmiştir. İnce gözenekli bir elek içerisine yerleştirilen orta ve dış tabaka yongaları ayrı ayrı, levhalar ise 5*25*10 (cm), 10*10*10 (cm) ebatlarında boyutlandırılarak emprenye sistemine yerleştirilmişlerdir. Ardından, % 4,7'lik borik asit çözeltisi ile 20dk.'lık vakum uygulaması sonrası, 20dk. çözelti içinde bırakılarak emprenye edilmişlerdir. Emprenye

öncesinde yonga ve levhalar hava kurusu hale getirilmiş ve ağırlıkları belirlenmiştir (Meö). Emprenye sonrası örnekler üzerinde kalan fazla çözelti yavaşça alınarak, plastik poşetler içerisinde 1 hafta süreyle bekletilmişlerdir. Sonrasında tekrar ağırlıkları (Mes) ölçülmüştür. Levha ve yonga örneklerinin % olarak ağırlık kazanç değerleri (AKD) belirlenmiştir.

2.1.2 Levha Üretimi

Yongalevhalar, 3 tabakalı, 450x450xlevha kalınlığı mm ebatlarında ve 0.73g/cm³ yoğunlukta üretilmişlerdir. Emprenye edilmiş yongalar %2 rutubete gelene kadar 90°C'lik fırında kurutulmuştur. Levha taslağı, pres sıcaklığı 149°C, süre 8dakika ve basınç 24-26kp/cm² pres şartlarında preslenmiştir. Kontrol levhaları da dâhil olmak üzere toplam 3 grup levha ikiye tekrarlı olarak üretilmiştir.

Yongaların tutkallanmasında tutkal miktarı tam kuru yonga ağırlığına oranla dış tabaka için %14, orta tabaka için %8 melamin-üre formaldehit tutkalı kullanılmıştır. Tutkallamada homojen bir tutkal dağılımı olması için karıştırma süresi 5 dakika olarak ayarlanmıştır.

Üretilen levhalar; sıcaklığı 20±2°C ve bağıl nemi %65±5 şartlarda değişmez ağırlığa gelene kadar bekletilmişlerdir. Daha sonra emprenye edilecek levha grubunun emprenyesi gerçekleştirilmiştir. Örnekler emprenye işleminden sonra ise istiflere alınarak doğal kurumaya bırakılmıştır. Klimatize edilen levhalar ilgili standartlara uygun olarak test edilmiş ve borik asit ile emprenye işleminin; eğilme direnci, elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme direnci üzerine etkileri belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Deneme levhalarının mekanik özelliklerine ait; ortalama, standart sapma ve Duncan Testi değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Sonuçlara göre borik asit ile iki farklı emprenye yöntemine bağlı olarak üretilen yongalevhaların mekanik özelliklerinde ciddi bir azalış meydana gelmiştir. Bu durum literatürle de uyum göstermektedir. Yapılan araştırmalarda görülmüştür ki, borlu bileşiklerin odun esaslı levhalarda kullanılması levhaların mekanik özelliklerini olumsuz etkilemesi genel bir yargı halini almıştır. Bunun başlıca nedeni tutkalın borlu bileşiklerle etkileşime girerek yapışmayı olumsuz etkilemesi sonucu levhanın direnç değerlerini olumsuz etkilemesidir (Sean ve ark. 1999; Lee 2003; Lee ve ark. 2001; Dönmez, 2005; Dönmez ve Kalaycıoğlu, 2007).

LG	Mekanik Özellikler			
	ED (N/mm ²)	EEM (N/mm ²)	YDÇD (N/mm ²)	
Kontrol	X	21.392(a)	2380.59(a)	0.54(a)
	V	0.059	0.097	0.141
	S	1.26	231.374	0.076
EY	X	9.352(b)	1435.17(b)	0.17(b)
	V	0.078	0.101	0.112
	S	0.732	152.61	0.019
EL	X	4.606(c)	504.51(c)	0.08(c)
	V	0.189	0.106	0.058
	S	0.870	83.506	0.005

Tablo 1: Mekanik Özelliklere İlişkin Değerler ve Duncan Testi Sonuçları

ED: Eğilme Direnci EEM: Eğilmede Elastikiyet Modülü
YDÇD: Yüzeye Dik Çekme Direnci
EY: Borik asit ile emprenye edilen yongalardan üretilen levhalar.
EL: Üretim sonrası borik asit ile emprenye edilen levhalar

3.1 Eğilme Direnci

Deneme levhalarının eğilme dirençlerine ait basit varyans analizi sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Eğilme Direnç Değerlerine Ait Basit Varyans Analizi Sonuçları

V K	K T	SD	K O	F h	ÖD
Gruplar Arası	1497.52	2	748.76	780.29	0.000
Gruplar İçi	25.91	27	0.96		
Toplam	1523.43	29			

VK: Varyans Kaynağı, KT: Kareler Toplamı, SD: Serbestlik Derecesi, KO: Kareler Ortalaması, Fh: F Hesap, ÖD: Önem Düzeyi

Varyans analizi sonucuna göre emprenye işleminin deneme levhalarının eğilme direnci üzerine %5 hata payı ile etkili olduğu belirlenmiştir. Tablo 1’de görüldüğü gibi eğilme direnç değerleri en yüksek kontrol örneklerinde, sonrasında yongaların emprenye edilmesi ile üretilmiş levhalarda ve en düşük değerler ise levhanın emprenye edilmesi ile elde edilen örneklerde elde edilmiştir. Borik asit çözeltisinin vakum yoluyla emprenye edilmesi levhanın eğilme direnç değerlerini olumsuz yönde etkilemiştir. Yonganın emprenye edilmesi levhanın emprenye edilmesine göre %51 daha iyi sonuç verirken, kontrol levhalarına göre ise %56 oranında azalma göstermiştir.

3.2 Eğilmede Elastikiyet Direnci

Deneme levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait basit varyans analizi sonuçları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3: Elastikiyet Modülüne Ait Varyans Analizi Sonuçları

V K	K T	SD	K O	F h	ÖD
Gruplar Arası	17598793.9	2	8799396.9	315	0.000
Gruplar İçi	754170.6	27	27932.3		
Toplam	18352964.5	29			

VK: Varyans Kaynağı, KT: Kareler Toplamı, SD: Serbestlik Derecesi, KO: Kareler Ortalaması, Fh: F Hesap, ÖD: Önem Düzeyi

Varyans analizi sonucuna göre emprenye işlemi deneme levhalarının eğilmede elastikiyet modülü üzerine %5 hata payı ile etkili olduğu belirlenmiştir. Tablo1’de görüldüğü gibi eğilmede elastikiyet modülü değerleri en yüksek kontrol örneklerinde, sonrasında yongaların emprenye edilmesi ile üretilmiş örneklerde ve en düşük değerler ise; emprenye edilen levha örneklerinde elde edilmiştir. Emprenye işlemi levhanın eğilme direnç değerlerinde olduğu gibi eğilmede elastikiyet modülü değerlerini olumsuz yönde etkilemiştir. Yonganın emprenye edilmesi, levhanın emprenye edilmesine göre %65 daha iyi sonuç vermiş, kontrol levhalarına göre ise %40 oranında azalma göstermiştir.

Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü arasında doğrusal bir orantı vardır. Halligan ve arkadaşının yapmış oldukları bir çalışmada eğilmede elastikiyet modülündeki değişimin levhanın eğilme direnci ile orantılı sonuçlar verdiği belirtilmektedir (Halligan ve Schiewind 1974).

3.3 Yüzeye Dik Çekme Direnci

Deneme levhalarının yüzeye dik çekme direnç değerlerine ait basit varyans analizi sonuçları Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Yüzeye Dik Çekme Direncine Ait Varyans Analizi Sonuçları

V K	K T	SD	K O	F h	ÖD
Gruplar Arası	1.165	2	0.583	287.105	0.000
Gruplar İçi	0.055	27	0.002		
Toplam	1.220	29			

VK: Varyans Kaynağı, KT: Kareler Toplamı, SD: Serbestlik Derecesi, KO: Kareler Ortalaması, Fh: F Hesap, ÖD: Önem Düzeyi

Varyans analizi sonucuna göre emprenye işleminin levhalarının yüzeye dik çekme direnç değerleri üzerine %5 hata payı ile etkili olduğu belirlenmiştir. Tablo 1’de görüldüğü gibi yüzeye dik çekme direnç değerleri en yüksek kontrol örneklerinde belirlenmiştir. Bunu yongaları emprenye edilmiş levhalar takip etmiştir. En düşük değerler ise levhanın emprenye edilmesi ile üretilen örneklerde belirlenmiştir. Borik asit çözeltisinin vakum yoluyla emprenye edilmesi levhanın diğer mekanik özelliklerinde olduğu gibi yüzeye dik çekme direnç değerlerini olumsuz yönde etkilemiştir. Yonganın emprenye edilmesi levhanın emprenye edilmesine göre %53 daha iyi sonuç verirken, kontrol levhalarına göre ise %69 oranında azalış göstermiştir.

Sonuçlar literatürle de uygun sonuçlar vermiştir. Manning tarafından çinko boratın levhanın yüzeye dik çekme direnci üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, %0, 0.5, 1, 2, 5 ve 8 oranında çinko borat ile üretilen OSB levhalarında izosiyanat ve fenol formaldehit tutkalları kullanılmıştır. Her iki tutkal türünde de çinko borat kullanım oranı arttıkça yapışma direncinde azalma gözlemlendiği, en yüksek düşüş %5 ve 8 oranında çinko borat kullanımında gerçekleştiği belirtilmiştir. Bor bileşiğinin tutkal ile bağ yapması, sertleşme süresinin istenilenden önce gerçekleşmesine ve yapışma direncini olumsuz yönde

etkilenmesine neden olduğunu belirtmiştir (Manning, 2002). Bu olumsuz etki %4.7'lik borik asit çözeltisinin vakum ile yonga ve levhaya empenye edilmesinde %40-90 arasında değişen oldukça yüksek oranlardır. Zira bu oran borik asitin oda sıcaklığındaki en yüksek çözünürlük derecesi olarak literatürde yer almaktadır (Yalınkılıç, 2000). Deneme levhaları doğal olarak çok yüksek oranda borik asit içermektedir. Levhanın empenye edilmesi yonganın empenye edilmesine oranla levhanın mekanik direnç özelliklerinde daha olumsuz etkiye neden olmuştur. Bunun nedeni ise vakum yoluyla empenye sırasında levhada geriye yayılma meydana geldiğinden yongalar arasında ayrılmaların olması ve levhanın direnç özelliklerinin azalması olarak açıklanabilir.

4. Sonuç

Okaliptüs yongaları ile üretilen yongalevhaların mekanik özellikleri TS EN 312 standardından oldukça yüksek sonuç vermiştir. Çok hızlı büyüyen bir tür olması da göz önünde bulundurulduğunda, yapraklı ağaç olmasına rağmen okaliptüs yongalevha endüstrisi için uygun bir odun hammaddesidir. Borik asit çözeltisinin okaliptüs yongaları ile empenye edilerek üretilmiş yongalevhaların mekanik özellikleri ilgili standartta kuru şartlarda genel amaçlı kullanım için yaklaşık uygun sonuçlar vermiştir.

Yonganın empenye edilmesinde, üç tabakalı yongalevha üretimi için kullanılan dış ve orta tabakanın farklı boyutlarda olması iki farklı empenye işlemi gerektirmektedir. Bu yüzden levhanın empenye edilmesi, yonganın empenye edilmesine oranla daha ekonomik ve pratiktir. Ancak direnç özellikleri bakıldığında levhanın empenye edilmesi kullanıma uygun bulunmamıştır. Mekanik özelliklerdeki bu olumsuz etkiyi azaltmak amacıyla, empenye maddesinin çözelti konsantrasyonunu düşürerek veya daldırma, spreyleme vb. empenye yöntemleri ile farklı çalışmalar tarafımızdan sürdürülmektedir.

5. Kaynaklar

- Anonim 2007, Dokuzuncu Kalkınma Planı 2007-2013"Ormanlık", Özel İhtisas Raporu, TC. Başbakanlık, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.
- Bozkurt, Y., Erdin, N., 1985, Ağaç Malzemenin Korunması ve Önemi, Ahşap Malzemenin Korunması Semineri, MPM Yayınları No:338, Ankara.
- Bozkurt, Y., Göker, Y., Erdin, N., 1993, Empenye Tekniği, İ. Ü. Orman Fakültesi Yayınları No: 3779/425, İstanbul.
- Çavdar Dönmez A., Tomak Dizman E., Kalaycıoğlu, H., 2008, Borik Asit İle Empenye Edilen Yongalevhaların Oksijen İndeks Testi İle Yanma Özelliklerinin Belirlenmesi, II. Ulusal Bor Çalıştayı, 17-18 Nisan, Ankara.
- Çetin, Y., 1985, Empenyenin Önemi ve Ekonomik Analizi, Ahşap Malzemenin Korunması Semineri, MPM Yayınları No:338, Ankara.
- Dönmez, A., 2005, Bazı Borlu Bileşiklerle Muamele Edilmiş Melez Kavak (*Populus Euroamericana* Cv.) Yongaları ve Kraft Lignin Fenol Formaldehit Tutkalı Kullanılarak Üretilen Yönlendirilmiş Yongalevhaların (OSB) Teknolojik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 134 s.Trabzon.
- Dönmez, A., Kalaycıoğlu, H., 2007, Borlu Bileşiklerin Ağaç Malzeme ve Odun Esaslı Kompozitlerde Empenye Maddesi Olarak Kullanılması, Woodwork Turk Dergisi, Mayıs- Haziran Sayısı, 24-34.
- Hafizoğlu, H., Yalınkılıç, K.M., Yıldız, C., Baysal, E., Peker, H., Demirci, Z., 1994, Türkiye'de Bor Kaynaklarının Odun Koruma Endüstrisinde Değerlendirilme İmkanları, TOAG Projesi, Proje No: 875, Trabzon.
- Hall, J.H., 1982, Preservative Treatment Effects on Mechanical and Thickness Swelling Properties of Apsen Waferboard, Forest Products Journal, 32(11/12), 19-26.
- Halligan, A.F., Schiewind, A.P., 1974, Prediction of Particleboard Mechanical Properties at Various Moisture Content, Wood Science Technology, 8, 68-78.
- Lee, S., 2003, Fundamental Properties of Borate-Modified Oriented Strandboard Manufactured from Southern Wood Species, Doctor of Philosophy in The School of Renewable Natural Resources, Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.
- Lee, S., Wu, Q., Strickland, B., 2001, The Influence of Flake Chemical Properties and Zinc Borate on The Gel Time of Phenolic Resin for Oriented Strandboard. Wood Fiber Science, 33(3), 425-436.
- Manning, M., 2002, Wood Protection Processes for Engineered Wood Products, Enhancing the Durability Lumber and Engineered Wood Products, February, Orlando, Florida, Proceedings of Symposium, 11-13.
- Nacar, M. 1997, Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Odununun Yongalevha Üretiminde Kullanılması İmkânları, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sean, T., Brunnette, G., and Cote, F., 1999, Protection of Oriented Strandboard with Borate. Forest Product Journal, 49(6), 47-51.
- TS EN 312-2, 1999, Yonga levhalar-Özellikler- Bölüm 2: Kurur Şartlarda Kullanılan Genel Amaçlı Levhalar için Şartlar. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Yalınkılıç, M. K., 2000, Improvement Of Boron Immobility In The Borate Treated Wood And Composite Materials. Ph. D Thesis, Kyoto University, Kyoto, Japan.

Amenajman Planlarında Okaliptüs İşletme Sınıfları

Rüstem KIRIŞ¹, Salih YILMAZ², Cemil ÜN³, Ziyaeddin AKKOYUNLU⁴

¹ Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara. rkiris@yahoo.com

² Orman Bölge Müdürlüğü, Plan Proje Şube Müdürlüğü, Antalya. salihyilmaz07@hotmail.com

³ Orman Genel Müdürlüğü, Orman Harita ve Fotogrametri Müdürlüğü, Ankara. cemilun@yahoo.com

⁴ Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Özet

Okaliptüs ülkemize, 1885 yılında yapımına başlanan Adana-Mersin demiryolu hattını yapan Fransız şirketi tarafından, bu hat güzergâhındaki istasyonlarda süs bitkisi olarak dikilmek gayesiyle getirilmiştir. Ülkemizdeki ilk Okaliptüs ağaçlandırması 1939 yılında Tarsus-Karabucak'ta 855 ha. büyüklüğünde kurulmuştur (Gürses, 1990). Bu makalede, Okaliptüsün Orman Amenajman Planlarındaki İşletme Sınıfları incelenmiştir. Hangi Orman İşletme Şefliğinde Okaliptüs İşletme Sınıfı ayrıldığı, İşletme Sınıfının özelliği (Saf, Karışık) ve İşletme Sınıfının amaçları belirlenmeye çalışılmıştır. Coğrafi Bilgi Sisteminden geniş ölçüde faydalanılarak bu bilgiler konumsal ilişkiye getirilmiştir. Haritalarda, Orman İşletme Müdürlüklerinin ve Orman İşletme Şefliklerinin sınırları işlenerek, Okaliptüs İşletme Sınıfı olan Orman İşletme Şeflikleri belirlenmiştir. Ayrıca Güresin Okaliptüs Ormanı ve Turan Emeksiz Okaliptüs Ormanı Amenajman planları ile Okaliptüsün yoğun olarak bulunduğu Karabucak Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman planlarına karşılaştırılmalı olarak yer verilmiştir. Akdeniz Bölgemizde ağaçlandırmalar ile kurulan Okaliptüs ormanlarına ait 7 adet şeflikte 9 Okaliptüs işletme sınıfı vardır. Ayrıca, işletme sınıfı ayrılmayan fakat meşçere tipi olan 10 adet daha şeflik tespit edilmiştir. Okaliptüs İşletme sınıfları; 1 adet koru, 6 adet baltalık, 1'er adet de Bilimsel ve Rekreasyon olmak üzere toplam 9 adettir. Son iki işletme sınıfı koruma amaçlı; diğerleri ise üretim maksatlıdır. Bu iki koruma amaçlı işletme sınıfı (Karabucak Orman İşletme Şefliği'ndeki en son planlama sırasında) fonksiyonel planlama dikkate alınarak ayrılmıştır. Okaliptüsün ağaçlandırma gayelerinden biri de sanayi odunu ihtiyacını karşılamak olduğundan, genellikle saf ve baltalık olarak işletilmektedir. Meşçere tiplerinin tamamına yakını (%96,9) bc çağındadır. Kapalılık ise 1'dir (%85,4). Okaliptüs ağaçlandırmalarına, yetişme ortamı müsait olan yerlerde sanayi odunu ihtiyacını karşılamak için devam edilmelidir. Fakat yetişme şartlarının uygun olmaması sebebiyle bozuk Okaliptüs meşçeresine dönüşen sahalarda tür değişikliğine gidilmelidir. Nitekim Turan Emeksiz serisinde tür değişikliği yapılarak Fıstıkçamı, Sahilçamı ve Kızılcık dikimleri başlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Okaliptüs, İşletme Sınıfı ve Amenajman planı.

Eucalyptus Management Units in Forest Management Plans

Abstract

Eucalyptus was brought to Turkey by a French firm constructing Adana-Mersin railway with the aim of planting as an ornamental in the stations of the route. The first Eucalyptus plantation was established in Turkey in 1939 at the size of 855 ha. at Tarsus-Karabucak (Gürses, 1990). This paper investigates the *Eucalyptus* management units in forest management plans. The aim is to identify the forest districts (forest management enterprises) where *Eucalyptus* management units were established, whether the units are it is pure or mixed and the aim of establishing the unit. By using Ceographical Informaton System tools, all the data are analysed geographically. The boundaries of Forest Directorates and Forest Districts were delineated and the enterprises with *Eucalyptus* management units were identified. In addition, the comparison between the management plans of Güresin *Eucalyptus* Forest & Turan Emeksiz *Eucalyptus* Forests and Karabucak Forest District where *Eucalyptus* density is high, is provided. *Eucalyptus* forests in Medideteranean Region of Turkiye, established by the plantations, have 9 Management Calasses within 7 Forest Series. There are also 10 Forest Series include stand type of *Eucalyptus*, but do not have special *Eucalyptus* Forest Management Class. Seven *Eucalyptus* Forest Management Classes are, 6 classes for Coppice, 1 class as High Forest, 1 class for Science and 1 class for Recreation. The latter two classes, where main aims are conservation / protection, were planned when revisioning Forest Management Plan of Tarsus-Karabucak Forest Serie and considering functional forest planning criteria. The other management calasses aiming timber production. Turkiye generally manages *Eucalyptus* forests as pure and coppice, because timber production is a main of its plantations. Almost all (%96,9) *Eucalyptus* forests are at the (bc) age calass; and crown closure is 1 (%85,4). *Eucalyptus* forests should be continued for timber production within lands have suitable ecological contions. But, *Eucalyptus* genus must be replaced by other species within non-productive *Eucalyptus* plantations that have unfertile stand conditions. For example, *Eucalyptus* have been replaced by Pinus Pinea, P. Brutia and P. Maritima in Turan Emeksiz Forest Seria.

Key Words: *Eucalyptus*, Management Unit and Management Plan.

1. Giriş

Okaliptüsün doğal yayılış alanı Okyanusya'dır. Ancak *Eucalyptus oceanicalfolia* Nrg. türünün Tersiyer'de, bundan 50-60 milyon yıl önce Tarsus dolaylarında doğal olarak yetiştiği bildirilmektedir (Kayacık, 1982). Okaliptüs (*Eucalyptus*) cinsi; Cormophyta (gövdeli bitkiler) ana birliğinin, Spermatophyta (tohumlu bitkiler) şubesinin, Angiospermae (kapalı tohumlu bitkiler) alt şubesinin, Dicotyledoneae (çift çenekliler) sınıfının, choripetalae (periyant yaprakları ayrı) alt sınıfının, Dialypetaleae grubunun, Myrtales takımının, Myrtaceae familyasına aittir. Okaliptüsler bir cinsli bir evciklidir (Kayacık, 1982). Herdem yeşil olan okaliptüsler, çoğunlukla ağaç bazen de ağaççık halinde bulunurlar. Okaliptüs cinsinin sahip olduğu tür sayısı konusunda çelişkili rakamlar verilmektedir. Kayacık (1982) birbirinden ayırt edilmesi güç 160-300 taksonunun bulunduğunu bildirmektedir. Pryor ve Blakely Işık'a atfen; sırasıyla 600, 522 tür-150 varyete ve 800'den fazla türün bulunduğunu bildirmektedir (Gürses, 1990).

Okaliptüs ülkemize, 1885 yılında yapımına başlanan Adana-Mersin demiryolu hattını yapan Fransız şirketi tarafından, bu hat güzergâhındaki istasyonlarda süs bitkisi olarak dikilmek gayesiyle getirilmiştir. Ülkemizdeki ilk Okaliptüs ağaçlandırması 1939 yılında 855 ha. büyüklüğünde Tarsus-Karabucak'ta kurulmuştur (Gürses, 1990).

Ormancılık ile onu düzenleyen ve planlayan Orman Amenajmanı aynı anda gelişmekle birlikte Türkiye'de ilk Orman Amenajman heyeti 1917 yılında Adapazarı Hendek'te bir amenajman planı yapmakla görevlendirilmiştir. Bu plan 1918 yılında bitirilmiştir (Kırış, 2005).

1924 yılında çıkarılan Orman Amenajman Kanunu ile bütün ormanların kat'i amenajman planlarının yapılması, bu planlar yapıncaya kadarda ormanlardan muvakkat işletme planları ile üretim yapılması kararlaştırılmıştır.

1963 yılında I.Beş Yıllık Kalkınma Planı ile planlı bir döneme girilmiştir. Bu dönem çalışmaları gereği daha rasyonel ve entansif bir ormancılık yapılması mecburi görülmüştür. Bu gaye ile I. ve II. Beş Yıllık Kalkınma Planları dönemini kapsayacak şekilde 10 yıllık bir çalışma programı hazırlanarak, yeni amenajman planlarının yapımına başlanmıştır. On yıllık bir zaman diliminde yani 1963-1972 yıllarında ülkenin orman amenajman planları bitirilmiştir.

ERASLAN (Yaş sınıfları) metoduna göre yapılan bu planlar Türk ormancısının, bilhassa amenajman çalışmasının gururu ve fedakârlığı olmuştur.

Orman Amenajman Planlarının tarihi olarak 1917 yılı esas alındığında bir asra yakın, 1963 yılı esas alındığında 40 yıllık bir zaman dilimi geride kalmıştır (Kırış, 2003). On (10) ve Yirmişer (20) yıllık periyotlar halinde yapılan bu planlarla adeta ormanın fotoğrafı çekilmektedir. Özetle, böyle tarihi süreci eskiye dayanan orman amenajman planlarından Okaliptüs için ayrılan işletme sınıfları ile Okaliptüs ormanları için yapılan planlar incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Hazırlanacak makaleye gerekli veriler Antalya, Kahramanmaraş, Mersin ve Muğla Orman Bölge Müdürlükleri Orman Amenajman Planlarından sağlanmıştır. Bu planlar, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığına bağlı Orman Amenajman Başmühendisliklerince yapılmıştır. Planların yürürlük tarihinin başlangıcı 1997, 2000, 2001, 2002 ve 2003 yıllarıdır. İki adet Okaliptüs Ormanı için yapılan Orman Amenajman planları ise 1971 ve 1983 yıllarında yürürlüğe girmiştir.

Orman Bölge Müdürlükleri, Orman İşletme Müdürlükleri ve Orman İşletme Şefliklerinin sınırları Harita ve Fotogrametri Müdürlüğüne sayısallaştırılan haritalardan alınmıştır. Okaliptüs sınırları aynı Müdürlüğün amenajman planlarından faydalanılarak ağaç türleri dağılışı için yaptığı haritadan alınmıştır. Bu harita üzerinde Okaliptüs İşletme Sınıfları olan Orman İşletme Şeflikleri belirlenmiştir. Toplam yedi

adet Orman İşletme Şefliğinde Okaliptüs işletme sınıfı ayrılmıştır (Harita 1). Okaliptüs İşletme Sınıflarının alanları yapılan Ülke Orman Envanterinden alınmıştır.

3. Okaliptüs İşletme Sınıflarının Değerlendirilmesi

Okaliptüs'ün ülkemiz orman amenajman planlarındaki bulunduğu alanlar (Anonim, 1989) Harita 2'de gösterilmiştir.

Ülkemizde Orman Amenajman Planlarının yapımına 1917 yılında başlanmış ancak planlı dönem ile daha hız kazanarak 1963 yılından itibaren kesintisiz yapılmaya çalışılmıştır. Plan Ünitesinin alanı ilk zamanlarda seri, daha sonra Orman İşletme Şefliği olmuştur (Kırış ve Özdemir, 2005). Amenajman planının yapıldığı alanı ifade eden plan ünitesi, Amenajman Yönetmeliğinin 10. maddesinde şöyle tanımlanmaktadır; tabii, coğrafi, idari ve mülki sınırlarına göre müstakil sınırlı ve amenajman planlı, idari ve teknik iş bütünlüğü sağlaması gözetilen bir orman kompleksidir. Plan ünitesinin ormanlık alanları, en çok İşletme Şefliği sahasını kapsayacak büyüklükte olur.”

Plan ünitesi (Orman İşletme Şefliği) alanı, çeşitli hususlar bakımından (İşletme şekli, ağaç türü vb.) işletme sınıflarına ayrılır. Ürünlerin sürekli olarak alındığı süreklilik ünitesi (devamlılık ünitesi)'ni ifade eden İşletme Sınıfı'nı aşağıdaki biçimde tanımlayabiliriz:

İşletme Sınıfı, bir orman işletmesi içerisinde veya bunun ayrıldığı Amenajman Planı Ünitesi içerisinde, işletmenin amaçları, yetiştirme ortamı şartları ve özellikle bonitet sınıfları, ağaç türleri, işletme şekilleri, orman formları, idare süreleri, arazi yapısı, orman ürünlerinin taşınması yönleri ve değerlendirileceği tüketim yerleri, yerine getirilecek paralı ve parasız intifa hakları (faydalanma hakları) gibi faktörler itibarıyla aynı ve benzeri alanlardan oluşan (bu alanlar ister bir arada topluca, ister tüm alanda büyük ya da küçük parçalar halinde bulunsun), aynı amenajman metotlarının (faydalanmayı düzenleyen metotların) uygulandığı ve buna göre eta'nın kararlaştırıldığı ve kesim planlarının yapıldığı, böylece sürekli olarak ürünlerin alındığı bir süreklilik ünitesi (devamlılık ünitesi)'dir (ERASLAN, 1982).

20.05.1991 tarihinde yürürlüğe giren Orman Amenajman Yönetmeliğinde işletme sınıfı direkt olarak tanımlanmamıştır. Ancak 10. maddesinin 3. fıkrasında işletme sınıfının ayrılma kriterleri aşağıdaki biçimde ifade edilmiştir:

“Plan ünitesinde; işletme şekilleri, orman formları, işletme amaçları, idare süreleri, ağaç türleri, arazi yapısı, büyük sahalarda toplu halde bütünlük arzeden bonitet farklılıkları, ürünlerin taşınma kolaylığı ve sahaların kendi bünyelerine uygun bir amenajman metodu (faydalanmayı düzenleme metodu) ile idare edilmesi gereği gibi, çeşitli hususlar bakımından farklı sahalarda bulunduğu takdirde plan ünitesinde bir arada toplu veya parçalar halinde dağıntı bulunmalarına bakılmaksızın, bu sahalarda vasıf ve karakterleri itibarıyla bir araya getirilmek suretiyle plan ünitesi işletme sınıflarına ayrılır.”

Tablo 1. Orman Amenajman Planlarındaki Okaliptüs Orman İşletme Sınıflarının durumu.

S. No.	İşletme Sınıfı	İşletme Sınıfı Sayısı	Ormanlık Alan (ha)	Ormansız Alan (ha)	Genel Alan (ha)
1	Okaliptüs	1	769,5	866,5	1627,0
2	Bilimsel	1	31,0	0,0	31,0
3	Rekreasyon	1	6,0	0,0	6,0
4	Baltalık	6	1621,2	2476,5	4097,7
TOPLAM		9	2427,7	3343,0	5761,7

Hektar olarak işletme sınıfının toplam yüzölçümü o ağaç türünün en az idare süresinin yılları kadardır. İşletme sınıfları, ayrılma amaçlarına göre isimlendirilir. (Mesela: Okaliptüs işletme sınıfı, su koruma ormanı, doğayı koruma ormanı, rekreasyon ormanı gibi.) İşletme sınıfı sınırları öncelikle bölme sınırlarına, mümkün olmaması hallerinde, dere, sırt, kanal vb. gibi tabii hatlar ile zorunlu hallerde meşçere tipi sınırlarına dayandırılır. İşletme sınıfları, plan ve haritalarda büyük harflerle gösterilir ve bunlara ait bilgiler ayrı kısımlarda açıklanır (Anonim, 1991).

Belirlenen bu kriterlerden işletme amacına göre ayrılan Okaliptüs İşletme Sınıflarını incelediğimizde; ana amacı odun üretimi olan Okaliptüs ve baltalık işletme sınıfına; koruma amaçlı olarak da rekreasyon ve bilimsel işletme sınıflarına ayrıldığını görürüz (Tablo 1).

Tablo 2. Okaliptüs Orman İşletme Sınıflarının Orman İşletme Müdürlüklerine ve Şefliklerine dağılımı.

S. No.	İşletme Müdürlüğü	İşletme Şefliği	İşletme Sınıfı Sayısı	Ormanlık Alan (ha)	Ormansız Alan (ha)	Genel Alan (ha)
1	Antakya	Kırıkhan	1	168,7	0,3	169,5
2	Aydın	Aydın	1	16,5	0,0	16,5
3	Dalaman	Dalaman	1	47,5	0,0	47,5
4	Fethiye	Güneydağ	1	415,5	0,0	415,5
5	Kaş	Kalkan	1	769,5	866,5	1627,0
6	Muğla	Karabörtlen	1	65,0	0,0	65,0
7	Tarsus	Karabucak	3	945,0	48,5	993,5
TOPLAM			9	2427,7	3343,0	5761,7

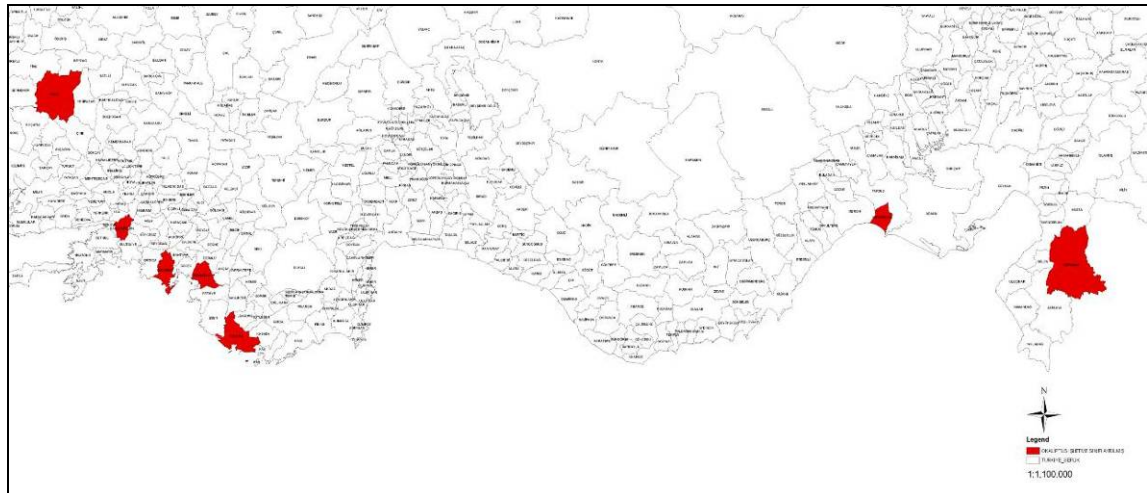
İşletme sınıfının ayrılma esaslarından ağaç türü ve idare süresi dikkate alındığında, hektar olarak işletme sınıfının toplam yüzölçümü o ağaç türünün en az idare süresinin yılları kadar olması gerekmektedir. Okaliptüs için belirlenen idare süresi koru ormanları için 8 yıl, baltalık için ise 10 yıldır. Bir orman işletmesi veya plan ünitesi içerisinde ağaç türlerinden oluşan saf meşçereler yeterli büyüklükte ise saf ağaç türleri adıyla işletme sınıflarına ayrılabilir. Ama karışıklık meydana getiriyorlarsa karışık işletme sınıfı oluşturulur.

Ağaç türü ve idare süresi birlikte değerlendirildiğinde, Okaliptüs için ayrılan işletme sınıflarında ağaç türü Okaliptüs olarak ayrılmış demektir. İdare süresi 8-10 yıl olduğundan ayrılan tüm işletme sınıflarının alanları bu büyüklükten fazladır.

Okaliptüs için ayrılan 9 adet işletme sınıfının tamamı saf olarak ayrılmıştır (Tablo 1).

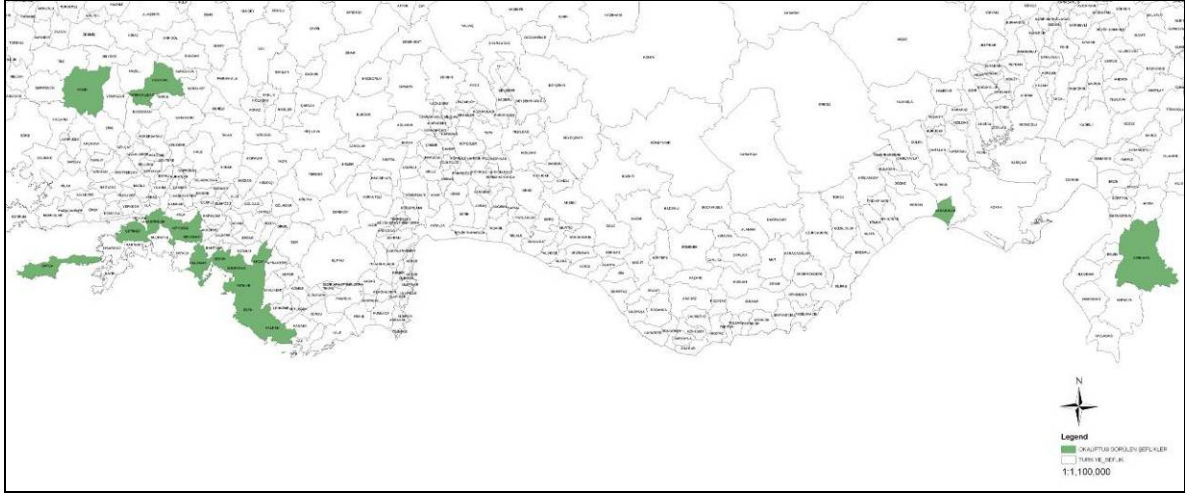
3. Okaliptüs Ormanları İçin Yapılan Orman Amenajman Planları Hakkında Bilgi

Yukarıda belirtildiği üzere, Türkiye’de planlı dönemle başlayan Amenajman çalışmaları ilk zamanlarda seri bazında yapılmıştır. Daha sonra plan ünitesi alanı orman işletme şefliği olmuştur. Bu sebeple, seri bazında özel olarak yapılan iki adet Okaliptüs Ormanı Amenajman Planı ile daha sonra plan ünitesinin şeflik bazına dönüşmesi üzerine bu planların yer aldığı Karabucak Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı incelenmiştir.



Harita 1. Okaliptüs Orman İşletme Sınıfları olan orman işletme şeflikleri.

İşletme şekli bakımından ormanlar, koru, baltalık ve korulu baltalık olarak üç kısma ayrılmaktadır. Okaliptüs Orman İşletme Sınıflarına baktığımızda baltalık ormanları ağırlıktadır. Çünkü 9 adet İşletme Sınıfının 6 adedi baltalıktır.



Harita 2. Okaliptüsün meşçere olarak bulunduğu orman işletme şeflikleri.

3.1. Tarsus-Karabucak (Güresin) Okaliptüs Ormanı Amenajman Planı (1971–1977)

Orman Genel Müdürlüğü'nün 15.05.1970 gün ve 3/A 3408-2/1729 sayılı emirleri gereği; 8. Orman Amenajman Hey'eti Başkanlığı, Mersin Orman Bölge Müdürlüğü hudutlarındaki çeşitli seri planlarının hazırlığı için görevlendirilmiştir. Daha sonra 1 Haziran 1970 tarih ve 3/A 3408-2/1191-2050 sayılı emirleri ile Tarsus-Karabucak (Güresin) Okaliptüs Ormanı Kat'i Amenajman Planının hazırlığı için de ek görevlendirme yapılmıştır (Anonim, 1971).

İlgili Başmühendislik 26.11.1970 tarihinde arazi çalışmalarını bitirerek Ankara'ya dönmüştür. Takiben büro çalışmalarına başlamış, 03.05.1971 tarihinde büro çalışmaları da tamamlanmış ve Orman Amenajman Planı kontrole sunulmuştur. 16.06.1971 tarihinde kontrolü tamamlanan plan 19.06.1971 tarihinde onaylanıp (Anonim, 1971) yürürlüğe girmiştir.

Plan ünitesinin coğrafi konumu; 36°50'58"- 36° 53' 55" kuzey enlemleri ile 34°51'10"- 34°54'14"doğu boylamları arasındadır.

Plan süresi ve plan uygulama süresi 7 yıldır. Planda 33 bölme tefrik edilmiştir (Anonim, 1971). Güresin Okaliptüs Ormanının toplam alanı 879,0 hektar olup, bu sahanın 775,20 hektarı baltalık, 23,76 hektarı bozuk baltalık olmak üzere toplam 798,96 hektarı ormanlık saha, 80,04 hektarı ormansız sahadan müteşekkildir.

3.2. Tarsus-Karabucak (Turan Emeksiz) Okaliptüs Ormanı Amenajman Planı (1983–1994)

Orman Genel Müdürlüğü'nün 02.03.1983 gün ve 4.1.A-2108-5/827 sayılı emirleri gereği; Geçici Orman Amenajman Başmühendisliği, Tarsus-Karabucak (Turan Emeksiz) Okaliptüs Ormanı Amenajman Planının hazırlığı ile görevlendirilmiştir.

İlgili Başmühendislik 26.08.1983 tarihinde arazi çalışmalarını bitirmiştir. Takiben büro çalışmalarına başlamıştır. 03.10.1983 tarihinde büro çalışmaları da tamamlanmış ve Turan Emeksiz Okaliptüs Ormanı Amenajman Planı kontrole sunulmuştur. 04.10.1983 tarihinde kontrolü tamamlanan plan 10.10. 1983 tarihinde onaylanıp (Anonim, 1983) yürürlüğe girmiştir.

Plan süresi ve plan uygulama süresi 12 yıldır. Planda 102 bölme tefrik edilmiş ve 3 adet meşçere tipi belirlenmiştir.

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

Plan ünitesinin coğrafi konumu; 36°45'00"-37°02'03" kuzey enlemleri ile 34°40'21"-34°57'08" doğu boylamları arasındadır.

Tarsus-Karabucak Turan Emeksiz Okaliptüs Ormanının toplam alanı 1635,83 ha. olup; bu sahanın 346,24 hektarı Baltalık, 1289,59 hektarı Bozuk Baltalık olmak üzere tamamı Ormanlık sahadan müteşekkildir. Ormansız saha yoktur.

Okaliptüs (*Q. Camaldulensis*) ve az miktarda ibreliden oluşan "Turan Emeksiz" kültür ormanı 1962–1965 yılları arasında;

- Kumul hareketlerini önlemek ve araziye kullanılır hale getirmek,
- Yörenin sanayi odun ihtiyacını karşılamak,
- Yakın yöre tarım arazilerinin tuzlu kum hareketi sebebi ile standardının bozulmasını önlemek gayesi ile toplam 102 parselden oluşan 1635,38 ha. sahadan ağaçlandırma yapılarak meydana getirilmiştir (Anonim, 1983).

Bu saha 1971 yılında yaş sınıfları metoduna göre hazırlanmış "Tarsus Serisi" Amenajman planı "Okaliptüs İşletme Sınıfı" içerisinde bulunmakta olan 144 ve 145 No'lu bölmeleri içermektedir.

Turan Emeksiz Okaliptüs ormanının genel sahasından 696,00 hektarı tür değişikliği ile ağaçlandırma sahası olup okaliptüs işletme sınıfı olarak işletilecek saha 346,24 ha.dır. Geri kalan 593,14 hektarlık kısım ise yine ağaçlandırılacak sahadır (Anonim, 1983).

Saha Ağaçlandırma yolu ile oluşturulmuş olup bir bölümü Berdan Çayına ve denize dayanmakta olup parselleri eşit büyüklükte ve parsel yolları ile bir birinden ayrılmıştır.

3.3. Tarsus- Karabucak Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı (2003–2012)

Orman Genel Müdürlüğünün 06.06.2002 gün ve OİP.1.A-00/51 sayılı olurları, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığının 06.06.2002 gün ve OİP.2.A-6/637 sayılı emirleri gereği; 17. Orman Amenajman Başmühendisliği, Karabucak Orman İşletme Şefliği ormanlarının Orman Amenajman Planının hazırlığı ile görevlendirilmiştir.

İlgili Başmühendislik 26.10.2002 tarihinde arazi çalışmalarını bitirerek İzmir'e dönmüştür. Takiben büro çalışmalarına başlamıştır. 07.04.2003 tarihinde büro çalışmaları da tamamlanmış ve Karabucak Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı kontrole sunulmuştur. 17.04.2003 tarihinde kontrolü tamamlanan plan 17.07. 2003 tarihinde onaylanıp "A-Kumul Hareketini Önleme İşletme Sınıfı (2003–2012), B-Baltalık İşletme Sınıfı (2003–2012), C-Araştırma Ormanı İşletme Sınıfı (2003–2012) ve D-Rekreasyon Ormanı İşletme Sınıfı (2003–2012), II. Yenileme Planı" olarak yürürlüğe girmiştir (Anonim, 2003).

Karabucak Orman İşletme Şefliği Ormanının toplam alanı 22 120,5 ha olup; bu sahanın 1600,5 ha'ı verimli koru, 48,5 ha'ı bozuk koru, 908,0 hektarı baltalık olmak üzere toplam ormanlık saha 2557,0 ha'dır. 62,5 ha'ı orman toprağı (OT), 6,5 ha'ı iskan, 7,0 ha'ı orman deposu, 324,5 ha'ı kum, 35,0 ha'ı fidanlık, 26,5 ha'ı su ve 19101,5 ha'ı da ziraat-iskan olmak üzere 19 563,5 hektar ormansız sahadan müteşekkildir (Anonim, 2003, Tablo 3).

Plan süresi ve plan uygulama süresi 10 yıldır. Planda 137 bölme tefrik edilmiş ve 26 adet meşçere tipi (Tablo 3) belirlenmiştir.

Karabucak Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı, 1971 yılında Güresin serisi ve 1983 yılında Turan Emeksiz serileri adı altında planlanmıştır. Bu seriler ile Tarsus Orman İşletme Şefliği'nden alınan alan birleştirilerek yapılmıştır.

Güresin serisi kuruluş amacı ise, yörenin sanayi odun ihtiyacını karşılamaktır. Güresin serisinde gerek toprak gerekse su durumunun yeterli olması sebebiyle bugüne kadar sahanın tamamında Okaliptüs baltalık çalışmaları devam etmektedir. Turan Emeksiz serisinde ise yetiştirme şartların yeterli olmaması

sebebiyle sahanın büyük kısmı bozuk Okaliptüs meşçeresine dönüşmüştür. Bu bozuk sahalarda ise tür değişikliği yapılarak Fıstıkçamı, Sahilçamı ve Kızılçam dikimleri başlamıştır (Anonim, 2003).

Tablo 3: Karabucak Orman İşletme Şefliği'nde Bulunan Meşçere Tipleri ve Alanları.

№	Meşçere Tipi	Alanı (ha)	№	Meşçere Tipi	Alanı (ha)
1	Çzc3	7,5	21	OkBt03/06	90,0
2	ÇzÇfc3	6,0	22	OkBt03/07	91,5
3	Çfa	660,5	23	OkBt03/08	86,0
4	Çfb3	109,5	24	OkBt03/09	87,5
5	Çfbc2	25,0	25	OkBt03/11	1,0
6	Çfbc3	31,5	26	OkBt03/17	45,0
7	Çfc2	22,5	Verimli Alan Toplam		2508,5
8	Çfc3	40,0	1	BÇf	5,5
9	Çmbc3	14,0	2	BKb	27,0
10	ÇmÇfbc3	13,0	3	BOk0	16,0
11	Okb3	3,0	Bozuk Orman Toplam		48,5
12	Okbc1	572,5	1	OT	62,5
13	Okbc2	77,5	2	F	35,0
14	Okc3	18,0	3	Ku	324,5
15	OkBt03/00	108,5	4	Su	26,5
16	OkBt03/01	91,0	5	İs	6,5
17	OkBt03/02	74,0	6	Dp	7,0
18	OkBt03/03	40,0	7	Z-İs	19101,5
19	OkBt03/04	77,5	Ormansız Alan Toplamı		19563,5
20	OkBt03/05	116,0	Plan Toplam Alanı		22120,5

1991 yılı arazi çalışmaları sırasında Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü ve Araştırma Enstitüsü yetkilileriyle gerekli görüşmeler yapılarak, bozuk okaliptüs sahalarının kullanımı ve tür değişikliğinde uygulayıcılara tam yetki verilmiştir. Ayrıca bu plan döneminde (2003-2012) Güresin Serisi'ndeki Okaliptüs baltalığının arazi tesviyesinin bozukluğu ve buna bağlı olarak hektardaki kök adedinin azalması sebebiyle oluşan servet kaybını önleyebilmek için tıraşlama kesim yapıldıktan sonra, kökleme ve arazi tesviyesi yapıp tür değişikliği yapılmasına karar verilmiştir. Kökleme yapılacak parsel ve bu parselde dikilecek okaliptüs türü seçimi uygulayıcıya bırakılmıştır (Anonim, 2003).

Yukarıda bahsedilen Orman Amenajman planının hazırlanmasında esas olan, "Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesi, Uygulanması, Denetlenmesi ve Yenilenmesi Hakkında Yönetmeliktir (Anonim, 1991). Karabucak Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planında yer alan Okaliptüs meşçere tipleri tefriki bu yönetmelikteki hükümler dikkate alınarak belirlenmiştir.

Meşçere tipi tefrikinde; ağaç türü, gelişim çağı ve kapalılık durumu itibarı ile benzerlik gösteren orman parçaları aynı olarak sınıflandırılmaktadır. Meşçereyi oluşturan asli ağaç türü veya türleri sembolleri ile belirtilir. Ağaç türleri, her ağaç türünün baş harfi ile benzeri bulunması halinde diğer harfleri de eklenmek sureti ile sembolleştirilir.

Bu ayrımı, Karabucak Orman İşletme Şefliği içindeki bir meşçere tipi örneğinde açıklayalım. Meşçere tipi yazılırken ağaç türlerinin sembolleri kullanılmıştır. Okbc2 meşçere tipi, ağaç türü olarak Okaliptüstüsten oluşmaktadır. Yani saf meşçere niteliğindedir. Temel meşçerede hacmen %90'dan fazlası aynı türden oluşan meşçereler, saf olarak mütalaa edilir. Karışım yüzde olarak ifade edilir ve (%10-%90) arasındaki rakamlarla gösterilir. Herhangi bir ağaç türünün (%10) veya daha fazla karışıma girmesi halinde, meşçere karışık kabul edilir. Örnek meşçere tipinin çağı ise (bc)'dir. Çağlar şöyle tanımlanmaktadır.

- a- **Gençlik ve Sıklık Çağı**; 1,30 m.deki kabuklu çapları 7,9 cm.ye kadar,
- b- **Sırlıklık ve Direklik Çağı**; 1,30 m.deki kabuklu çapları 8 – 19,9 cm.ye kadar,
- c- **İnce Ağaçlık Çağı**; 1,30 m.deki kabuklu çapları 20 – 35,9 cm.ye kadar,

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

d- Orta Ağaçlık Çağı; 1,30 m.deki kabuklu çapları 36 – 51,9 cm.ye kadar,

e- Kalın Ağaçlık Çağı 1, 30 m'deki kabuklu çapları 52 cm ve daha yukarı olanlar.

Gerektiği hallerde, orman amenajman planlarının düzenlenmesinde bu çağlar birleştirilebilir (bc, cd gibi).

Örnek meşçere tipinin kapalılığı ise 2'dir. Kapalılığın sınıflandırılması ise şöyledir.

0- Boşluklu Kapalı:	Tepe kapalılığı % 10 ve daha az,
1- Gevşek Kapalı:	Tepe kapalılığı % 11 - % 40'a kadar,
2- Orta Kapalı:	Tepe kapalılığı % 41 - % 70'e kadar,
3- Kapalı ve Tam Kapalı:	Tepe kapalılığı % 71 - % 100'e kadar,
4- Sıkışık veya Grift Kapalı:	Tepe kapalılığı % 100'den fazla,
5- Dikine Kapalı :	Seçme kuruluşundaki meşçereler içindir (Kırış, 2006).

Ayrıca %0–10 kapalılıktaki meşçereler bozuk kuru (verimsiz), %11–100 kapalılıktaki meşçereler ise normal kuru (verimli) ormanı olarak mütalaa edilir. Karabucak Orman İşletme Şefliği içerisindeki Okaliptüs meşçerelerinin yukarıda belirlenen kıstaslara uygun olarak tefriki aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir (Tablo 4 ve 5).

Tablo 4: Okaliptüs meşçere tipleri çağlarının saf ve karışıklığa dağılımı.

ÇAĞLAR	SAF	KARIŞIK	TOPLAM	%
b çağı	3,0	-	3,0	0,4
bc çağı	650,0	-	650,0	96,9
c çağı	18,0	-	18,0	2,7
TOPLAM	671,0	-	671,0	100

Tablo 5: Okaliptüs meşçere tipleri kapalılıklarının saf ve karışıklığa dağılımı.

KAPALILIK	SAF	KARIŞIK	TOPLAM	%
1	572,5	-	572,5	85,4
2	77,5	-	77,5	11,5
3	21,0	-	21,0	3,1
TOPLAM	671,0	-	671,0	100

4. Sonuç ve Öneriler

Okaliptüs ülkemize 1885 yılında yapımına başlanan Adana-Mersin demiryolu hattını yapan Fransız şirketi tarafından, bu hat güzergâhındaki istasyonlarda süs bitkisi olarak dikilmek gayesiyle getirilmiştir. İlk Okaliptüs ağaçlandırması ise 1939 yılında Tarsus-Karabucak'ta kurulmuştur (Gürses, 1990). Daha sonra ise Akdeniz Bölgesinde çeşitli ağaçlandırmalar yapılmıştır. Yapılan bu ağaçlandırmalar sayesinde, ülkemizin asli ağaç türü olmayan Okaliptüsten kazanılan alanlardan bugün 7 adet şeflikte işletme sınıfı ayrılmıştır. Ayrıca işletme sınıfı ayrılmayan fakat meşçere tipi olan 10 adet daha şeflik tespit edilmiştir (Harita 1 ve 2).

Şu an mevcut olan 7 adet orman işletme şefliğinde 9 Okaliptüs işletme sınıfı ayrılmıştır. Ayrılan Okaliptüs işletme sınıflarından 6 adedi baltalık, 1 adedi kuru ve 2 adedi de bilimsel ve rekreasyon işletme sınıfı olarak belirlenmiştir. Sadece son iki işletme sınıfı koruma amaçlıdır. Diğerleri üretim amaçlıdır. Karabucak Orman İşletme Şefliği'nde bulunan son iki işletme sınıfı fonksiyonel planlama dikkate alınarak yapılmıştır. Orman Amenajman planları son yıllarda ormanların fonksiyonları dikkate alınarak yapılmaktadır. Çünkü Rio zirvesinden sonra 1993 yılında Helsinki'de toplanan Avrupa ormanlarının korunması 2. Orman Bakanları Konferansı'nda alınan ve Ülkemizin de taraf olduğu kararlar çerçevesinde "Sürdürülebilir Orman Yönetimi"nin tanımı yapılmış ve bu tanıma göre ormanların 3 temel

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

fonksiyonunun olduğu kabul edilmiştir. Bunlar; 1-Ekolojik, 2-Ekonomik ve 3-Sosyal fonksiyonlardır (Fidan ve ark., 2007).

Okaliptüs ağaçlandırmalarının gayelerinden biri de sanayi odunu ihtiyacını karşılamak olduğundan genellikle saf ve baltalık olarak işletilmektedir.

Meşçere tipleri incelendiğinde (%96,9)'unun bc çağında, kapalılığının ise 1 (%85,4) olduğu görülecektir.

Okaliptüs yetiştirilmesine müsait olan yerlerde sanayi odunu ihtiyacını karşılamak için dikimlere devam edilmelidir. Fakat yetiştirme ortamı şartlarının uygun olmaması sebebiyle bozuk Okaliptüs plantasyonuna dönüşen sahalarda tür değişikliğine gidilmesi daha faydalı olacaktır. Nitekim Turan Emeksiz serisinde tür değişikliği yapılarak Fıstıkçamı, Sahilçamı ve Kızılçam dikimlerine başlanmıştır.

Teşekkür: Katkıları sebebiyle Orman Yüksek Mühendisleri Sayın Dr. Cemal Fidan ile Sayın Şaban ÇETİNER'e ve Orman Mühendisi Sayın Selda TAŞ'a teşekkür ederiz.

5. Kaynaklar

- Anonim, 1971: Mersin Orman Bölge Müdürlüğü - Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü – Karabucak Orman İşletme Şefliği Güresin Okaliptüs Ormanı Amenajman Planı (İlk Plan), Ankara, 32 s.
- Anonim, 1983: Mersin Orman Bölge Müdürlüğü- Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü- Karabucak Orman İşletme Şefliği Turan Emeksiz Okaliptüs Ormanı Amenajman Planı (İlk Plan), Ankara, 40 s.
- Anonim, 1991: Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesi, Uygulanması, Denetlenmesi ve Yenilenmesi Hakkında Yönetmelik. 98 s.
- Anonim, 1997: Antalya Orman Bölge Müdürlüğü- Kaş Orman İşletme Müdürlüğü - Kalkan Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı (II. Yenileme), Ankara, 295 s.
- Anonim, 2000 a: Muğla Orman Bölge Müdürlüğü- Dalaman Orman İşletme Müdürlüğü - Dalaman Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı (III. Yenileme), Ankara, 186 s.
- Anonim, 2000 b: Muğla Orman Bölge Müdürlüğü - Fethiye Orman İşletme Müdürlüğü – Güneydağ Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı (III. Yenileme), Ankara, 203 s.
- Anonim, 2001: Muğla Orman Bölge Müdürlüğü- Aydın Orman İşletme Müdürlüğü - Aydın Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı (III. Yenileme), Ankara, 292 s.
- Anonim, 2002: Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü-Antakya Orman İşletme Müdürlüğü-Kırıkhan Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı (II. Yenileme), Ankara, 119 s.
- Anonim, 2003: Mersin Orman Bölge Müdürlüğü- Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü - Karabucak Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı (II. Yenileme, Ankara, 128 s.
- Anonim, 2005. Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ülke Orman Envanteri.
- Anonim, Orman Genel Müdürlüğü, Harita ve Fotogrametri Müdürlüğü, Sayısal Haritaları.
- Eraslan, İ., 1982. Orman Amenajmanı. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları No:3010/318, İstanbul, 582 s.
- Gürses, K., 1990. Dünya'da ve Türkiye'de Okaliptüs, Kavak ve Hızlı gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi, Sayı:1990/1, İzmit.
- Kayacık, H., 1982. Orman ve Park Ağaçlarının Sistematiği. III. Cilt, Angiosperme. İ.Ü. Orman Fak. Yay. No:3013/321, İstanbul.
- Kırış, R., 2003. Orman amenajman planlarında katılımcılık, II. Ulusal Ormancılık Kongresi, (19-20 Mart 2003, Ankara), Türkiye Ormancılar Derneği Yayınları, Kongre Serisi No: 2, 74-80 Ankara.
- Kırış, R., Özdemir, A., 2005, Amenajman planlarında ladin işletme sınıfları, Ladin Semp. Bild. Kit., I. Cilt, s.527-537, Trabzon.
- Kırış, R., Dağdaş, S., Akkoyunlu, Z. ve Şener, M., 2006. Beyşehir Milli Parkı kapsamında, Beyşehir Orman İşletme Müdürlüğü orman ekosistemlerinin ağaç türü ve meşçere tipi zenginliğinin değerlendirilmesi, I. Uluslar arası Beyşehir ve Yöresi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s. 758-770, Konya.
- Fidan, C., Kırış, R. ve İmal B., 2007, Su kaynakları üzerinde orman ekosisteminin rolü, III. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s. 317-327, Ankara.

Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Baltalıkları İçin Yaşam Alanına Bağlı Hasılat Tablosunun Düzenlenmesi

Abdulkadir YILDIZBAKAN¹ Ömer SARAÇOĞLU²

Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü P.K. 33401 Tarsus/ Mersin¹
Prof. Dr., İ.Ü. Orman Fakültesi, İstanbul²

Özet

Bu araştırmada raslantı blokları ve parselleri deneme desenine uygun olarak, 1991 yılında baltalık çalışması için, Tarsus ve Kadiri yörelerinde, *Eucalyptus camaldulensis* (Dehn.) türü ile deneme ağaçlandırmaları yapılmıştır. Araştırmada dört ayrı yetiştirme ortamında ikişer bloktan oluşan 7 adet deneme alanı araziye tesis edilmiştir. Her blokta 2.0x2.0, 2.0x2.5, 2.5x2.5, 2.5x3.0, 3.0x3.0, 3.0x4.0 ve 4.0x4.0 m² olmak üzere 7 adet dikim aralığı rastlantı parselleri üzerine tesis edilmiş ve her dikim aralığındaki kütüklerde 2 veya 3 sürgün bırakılmıştır. Birinci işlem dikim sıklığı, ikinci işlem kütük üzerinde bırakılacak sürgün sayıları olmuştur. Böylece baltalık işletmesindeki hasılatın belirlenmesinde, sürgün sayılarındaki değişkenlik de bir faktör olarak incelenmiştir. Çalışmada, *E. camaldulensis* baltalıklarında büyüme, artım ve verim ilişkileri incelenerek hacim hasılat tabloları düzenlenmiştir. Çalışmada *E. camaldulensis* baltalıklarında, meşcere göğüs çapı, orta boyu, üst boyu, meşcere hacmi ve hacim artımlarının yaşa, bonitete ve yaşam alanına (sıklık endeksi) göre gelişimleri incelenmiştir. Bonitet ve yaşam alanının etkileri birlikte dikkate alındığında; belli bir yaşam alanında kurulan okaliptüs baltalığında meşcere hacmi iyi bonitete daha fazla, kötü bonitete daha az olmaktadır. Değişik bonitet ve yaşam alanlarındaki baltalıklarda ulaşılan en yüksek ortalama hacim artımları; 5,420 m³/ha/yıl ile 42,010 m³/ha/yıl arasında değişmektedir. Bonitet sınıfı ve yaşam alanı, ağaç sayısındaki azalma üzerinde de etkili olmaktadır. Bonitet sınıfı iyileştikçe, ağaçlar arasındaki rekabet arttığı için, ağaç sayısındaki azalma oranı daha fazla olmaktadır. Yaşam alanı arttıkça, ağaçlar arasındaki rekabet azalmakta ve dolayısıyla ağaç sayısındaki azalma oranı da daha az olmaktadır. Ancak, bonitetin ağaç sayısının azalmasına etkisi yaşam alanına göre daha azdır.

Anahtar Kelimeler: Okaliptüs, *E. camaldulensis*, Yaşam Alanına Bağlı Hasılat Tablosu, Büyüme, Artım

The Arrangement of Yield Tables Depending on Tree Living Area For Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Coppices

Abstract

In this research, *Eucalyptus camaldulensis* (Dehn.) coppices have been studied on which were experimentally afforested in the regions of Tarsus and Kadiri in 1997 according to the Random Blocks and Parcels Experimental Design. In the research, 7 plots each consisting of two blocks were established on four discrete growing sites. In each block, saplings were planted with 7 planting intervals as 2x2, 2x2.5, 2.5x2.5, 2.5x3, 3x3, 3x4, 4x4 m² on random parcels and 2 or 3 shoots were left on the stumps of each planting interval. Here, planting interval (planting density) was first treatment and the number of shoots to be left on the stumps second treatment. So, planting density was studied as a variable in determination of coppice yield. In the research, volume yield tables have been constructed studying the relationships of growth, increment and yield in *E. camaldulensis* coppices. The developments of stand characteristics such as diameter of breast height, mean height, top height, volume and volume increments have been studied depending on age (t), site quality degree (BOD) and living area (A) in *E. camaldulensis* coppices. When taking into account the effects of site quality class and living area, the differences between stand volumes are larger in good site quality class, smaller in bad site quality class in eucalyptus coppices established in varied living areas. Acquired maximum mean volume increments change respectively between 5.420–42.010 m³/ha/year in eucalyptus coppices having different site quality and living area. Site quality and living area also influence the number of trees. For example, while site quality gets beter, the number of trees decreases at the same age, because of that the rivalry among trees increases. Similarly, while living area expands, since the rivalry among trees declines, the decrease proportion of the number of trees becomes considerably less at the same age.

Key Words: Eucalyptus, Variable density yield table, Growth, Increment

Giriş

Günümüzde orman, bitkisel ve hayvansal ürünler yanında; toprağı korumak, toprağı humus yönünden zenginleştirmek, çeşitli organizmalar için yaşam alanı oluşturmak, su rejimini düzenlemek, memleket savunmasına yardımcı olmak, oksijen sağlamak, karbon dioksiti tüketmek, çevre güzelliğini sürekli ve optimal düzeyde karşılamak amacıyla biyolojik, teknik, ekonomik, sosyal, kültürel, ve yönetsel çalışmaların tümünü kapsayan çok yönlü ve sürdürülebilir hizmetleri de üreten bir ekosistem olmaktadır. Ülkemizdeki nüfus artışı, odun hammaddesine dayalı sanayi kollarının hızla gelişimi ve gelir düzeyi

artışına paralel olarak odun hammaddesine olan ihtiyaç da giderek artmaktadır. Bu ihtiyacın giderilmesinde doğal ormanlarımız ve diğer hammadde kaynakları yetersiz kalmaktadır.

Birler ve ark. (1995) tarafından yapılan ve sayısal hesaplamalara dayalı projeksiyonları da içeren bir çalışmada; şimdiden gerekli tedbirler alınmazsa odun hammaddesi arz açığının önümüzdeki yıllarda giderek büyüyeceği, düşük verim gücüne sahip doğal ormanlarımızdan bu talebin karşılanması durumunda, bu doğal kaynağımızın 25 yıl gibi çok kısa bir sürede tamamen tükeneceği, gelecekteki odun hammaddesi talebinin ithalat yoluyla karşılanmasının da ekonomik olmayacağı, bunun için tek çıkar yolun, doğal ormanlar dışında olmak üzere, yerli ve yabancı hızlı gelişen ağaç türleri ile endüstriyel plantasyonlar kurmak olduğu belirtilmektedir. Bu plantasyonların ikinci aşaması olan baltalık işletmesinin ekonomik ve ham madde talebini karşılayabilmesi açısından büyük önem arz eder.

Baltalık; sürgünden yetişmiş ağaçlardan oluşan bir meşçeredir. Baltalığın üretim gücü, gençlik ve büyüme döneminde tohumdan yetişmiş meşçereye göre daha yüksektir. Ancak bu fark ileri yaşlarda kapanabilmektedir. Ülkemiz orman varlığı 21,2 milyon hektardır. Bu ormanlık alanın 5,7 milyon hektarı yani %27'si sürgünden oluşan baltalık ormanlarla kaplıdır.

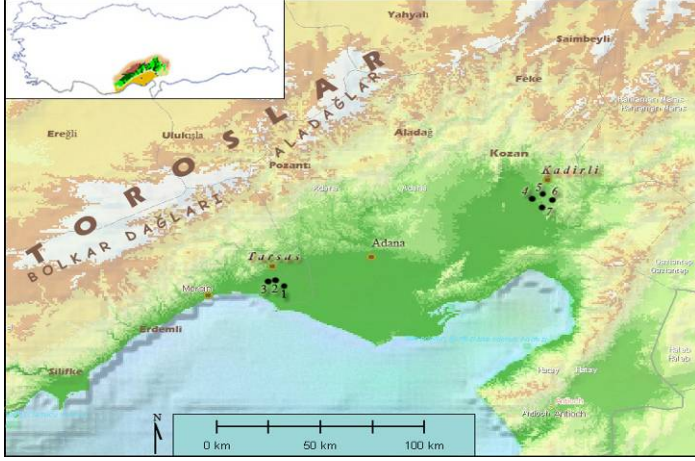
Baltalığın gençlik ve büyüme döneminde hacim verimi bakımından koruya göre üstünlüğü, okaliptüs ormanı üzerinde yapılan araştırmalarda açıkça görülmektedir. Örneğin Fas'ta tohumdan yettirilen *E. camaldulensis* meşçereleri 9-12 yılda 12 m³/ha ortalama hacim artımı sağladığı halde, bu meşçerelerin baltalığa dönüştürüldüğünde ikinci kuşakta aynı sürede 15 m³/ha yıllık ortalama artım elde edilmiştir (Saatçioğlu, 1974). Bu çalışmada 2.0x2.0 m² dikim alanına ait 1.nci bonitette yıllık ortalama artım ilk on yıl için 27 m³/ha iken, böyle bir meşçereden baltalığa dönüştürüldüğünde iki sürgünlü için aynı sürede 30 m³/ha, üç sürgünlü için 37 m³/ha yıllık ortalama artım elde edilmiştir.

Yaptığımız bu çalışmada ise, *Eucalyptus camaldulensis* (Dehn.) baltalıklarında hacim hâsılat yönünden incelenerek, karar verme ve planlama sürecinde, ekonomik ve hâsılat analizlerinde kullanılacak verilerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Önemi ise, araştırma sonucunda *Eucalyptus camaldulensis* (Dehn.) baltalıkları için üretilen bilgilerin uygulamaya konularak ağaçlandırma yatırımlarında mümkün olan en yüksek üretimin sağlanabilmesi ve bilime katkısı olmaktadır.

Materyal

Eucalyptus camaldulensis (Dehn.) baltalıklarında hacim hâsılat araştırması için gerekli olan materyal, 1978 yılında deneme desenine uygun şekilde, dört değişik yetiştirme ortamında iki yenilemeli olarak tesis edilen denemelerin 1991 yılında baltalık denemesi için kesilen 7 adet deneme alanındaki ağaçlardan sağlanmıştır (Şekil 1).

Araştırmada dört ayrı yetiştirme ortamında toplam 7 adet deneme alanı ve 14 blok olarak araziye aplike edilmiştir. Her blokta 2.0x2.0, 2.0x2.5, 2.5x2.5, 2.5x3.0, 3.0x3.0, 3.0x4.0 ve 4.0x4.0 m² olmak üzere 7 adet dikim aralığı araziye rastlantı parselleri yöntemiyle tesis edilmiş ve her dikim aralığındaki kütüklerde 2 veya 3 sürgün bırakılmıştır. Birinci işlem dikim sıklığı, ikinci işlem kütük üzerinde bırakılacak sürgün sayıları olmuştur. Böylece baltalık işletmesindeki hâsılat belirlenmesinde, sürgün sayılarındaki değişkenlik de yaşam alanına etki eden bir faktör olarak ele alınmıştır. Parsel ortasında bulunan 6 adet kütükten çıkan 2 veya 3 sürgünde her yıl ekim ayında göğüs çapı ve boy ölçümleri yapılmıştır. Göğüs çapı ölçümünde milimetrik çap ölçer kullanılmıştır. Bu amaçla toprak seviyesinden 1.30 m. yükseklikte birbirine dik olarak iki ölçüm yapılıp bunların ortalaması alınarak ve en yakın 1 mm.ye kadar kabuklu birbirine dik olarak iki ölçüm yapılıp bunların ortalaması alınarak ve en yakın 1 mm.ye kadar kabuklu göğüs çapı tespit edilmiştir. Ağaç gövdesinde seksiyon ölçmeleri için, gövde boyunca 0.30, 1.30, 2.0, 4.0... ve ikişer metre aralıklarla kabuklu çaplar 1 cm.ye kadar olmak üzere milimetrik çap ölçer kullanılarak birbirine dik iki yönde yapılan iki ölçümün ortalaması alınarak tespit edilmiştir. Kök boğazı şişkinliklerinden kaçınmak için, ilk seksiyonun kabuklu çap ölçümü yerden 30 cm. yukarıdan ölçülmüştür. Ayrıca kabuk kalınlığı tespiti için ağaç gövdelerindeki seksiyon ölçümlerinin yapıldığı her seviyede olmak üzere milimetrik çap ölçer kullanılarak ve 0,5 mm. duyarlılıkla ölçümler yapılmıştır. Ayrıca, yıllık yapılan ölçümler sonucunda, 194 adet parselde kuruyan ve kaçak kesilen deneme ağaçları saptanarak, yıllık zayıyat oranları da belirlenmiştir.



Şekil 1. Deneme Alanlarının Yerleri (Koyu Siyah Noktalar).
Figure 1. The Places of The Plots (Bold Black Points)

Yöntem

Deneme ağaçlarının hacimlendirilmesinde Smalian formülü kullanılarak seksiyon hacimlerinin toplanması metodu uygulanmıştır. Kabuk kalınlığının tayin edilmesi, gövde hacim tablosunun düzenlenmesi, bonitet sınıflarının oluşturulması ve meşcere orta çap-orta boy gelişiminin belirlenmesi ile meşcere ağaç sayısının ortaya konmasında çoğul regresyon analizleri uygulanmıştır.

Bonitet eğrileri, aynı yaşlı ormanlarda genel olarak anamorfik veya polimorfik yöntemlerle türetilmektedir (KALIPSIZ, 1984). Ancak, bu çalışmada, yaş-üstboy verilerinden elde edilen kılavuz eğri ile dengelenmiş varyasyon genişliği ve bonitet derecesi değişkeninden yararlanılan ve SARAÇOĞLU tarafından geliştirilen yöntem kullanılmıştır (Llyod and Hafley, 1977; Llyod-Muse-Hafley, 1982; Saraçoğlu, 1988).

Genel bonitet eğrilerinin denklemi,

$$h_{\bar{u}} = \hat{h}_k + (BOD - 0,5) * \hat{d}_2 * \hat{s}$$

genel denklemi kullanılarak bulunmuştur (Saraçoğlu, 1988). Burada, $h_{\bar{u}}$ =Üst boy, h_k =Kılavuz eğri ve \hat{s} =Dengelenmiş standart sapma olmaktadır. Bu denklemde Bonitet derecesi (BOD) başa alınarak yapılan düzenleme sonucu genel bonitet derecesi denklemi;

$$BOD = \frac{h_{\bar{u}} - h_k}{\hat{d}_2 * \hat{s}} + 0,5$$

olarak elde edilmiştir. Burada $\hat{R} = \hat{d}_2 \hat{s}$ dengelenmiş varyasyon genişliği olmaktadır. \hat{d}_2 Bağlı değişkeni, çok sayıdaki $d_2 = \frac{R}{s}$ değerleri ile yaşlar (t) arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon denklemidir. Genel bonitet eğrileri denklemin çözümü için h_k , \hat{d}_2 ve \hat{s} değişkenlerinin bulunması gerekir.

Hesaplanan h_k , \hat{d}_2 ve \hat{s} bağlı değişkenleri söz konusu ifadelerde kullanılarak, genel bonitet eğrileri ($h_{\bar{u}}$) denklemi ile bonitet derecesi denklemi (BOD) elde edilmiştir.

Değişik sıklık (yaşam alanı) hâsılat tabloları, meşcere sıklığını serbest değişken olarak kullanmakta ve değişik sıklıktaki meşcere için düzenlenebilmektedir. Bu nedenle *E. Camaldulensis* (Dehn.) baltalık hâsılat tablolarının hazırlanmasında yaşam alanı (13 değişik sıklık), bonitet ve yaş birer serbest değişken olarak ele alınmıştır. Baltalık hacim ve hacim elemanları bu serbest değişkenlerle ayrı ayrı ilişkiye getirilmiştir.

Bulgular

Eucalyptus camaldulensis (Dehn.) baltalıklarına ait hacim tablosu, bonitet tabloları ve hacim hâsılat tabloları aşağıdaki açıklandığı biçimde elde edilmiştir.

Eucalyptus camaldulensis (Dehn.) baltalık işletme sınıfında gövde hacminin (v), kabuklu göğüs çapı ($d_{1,3}$) ve ağaç boyu (h) ile ilişkisi çeşitli hacim denklemi modelleri ile saptanmaya çalışılmıştır. Regresyon analizinde belirtme katsayısını en yüksek veren model olarak

$$v = a + b * d_{1,3}^2 * h + c * d_{1,3}^3 * h^3 - d * d_{1,3}^3 * h^2$$

ifadesi bulunmuştur. Bu modele ilişkin katsayılar ve diğer istatistikler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: E. camaldulensis Baltalıklarında Kabuklu Göğüs Çapı-Ağaç Boyu-Ağaç Hacmi İlişkisine ait Regresyon Analizi İstatistikleri ve Varyans Analizi Tablosu.

Regresyon Katsayıları		Hesaplanan t Değeri	Serbest Değişkenler	Katsayı Simgesi
0.002		1,901*	Sabit Terim	a
0.0000432		23,536***	Çap ² x Boy	b
0.00000000235		4,983***	Çap ³ x Boy ³	c
-0.000000072		-5,235***	Çap ³ x Boy ²	d
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Toplam Varyans	Ortalama Varyans	F – Oranı
Regresyon	3	0,893	0,298	5330,711***
Hata	190	0,011	0,000	
Toplam	193	0,904		
R ² = 0.988				

** : p = 0.01 düzeyinde önemli *** : p = 0.001 düzeyinde önemli

Tablo 1’de görüldüğü gibi, regresyon varyans analizi ile elde edilen F oranı çok büyük ve 0.001 düzeyinde önemlidir. Regresyon denklemi varyansın hemen tamamını karşılamaktadır.

Bonitet sınıflarını oluşturmak için, yukarıda ifade edilen ve SARAÇOĞLU tarafından geliştirilen yöntemle elde edilen, genel bonitet eğrileri denklemi kullanılmıştır. 0,0–1,0 bonitet dereceleri arasındaki normal bonitet alanının dört bonitet sınıfına ayrılması düşünülmüştür. Genel bonitet eğrileri denklemi

$$h_{ii} = (496.401 + 186.974 * t - 7.848 * t^2 + 6.152 * t * A + (BOD - 0.5) * (3.547 - 0.102 * t + 0.004 * t^2) * (40.033 + 54.691 * t - 2.341 * t^2 + 0.11 * A * t^2)$$

olarak elde edilmiştir. Bu denklem *Eucalyptus camaldulensis* (Dehn.) baltalıklarına ait üst boylanma eğrisidir.

Meşcere orta boy gelişimini belirlemek amacıyla, 194 adet deneme alanındaki 26460 adet örnek ağacın yaş ve yaşam alanına göre 1755 adet orta boy, yaşam alanı ve bonitet derecesi hesaplanmıştır. Söz konusu eğilimler dikkate alınarak orta boyun yaş, BOD ve yaşam alanı değişkenleri ile müşterek ilişkisi

$$h_o = 334.706 + 62.002 * t + 183.827 * BOD + 82.348 * BOD * t + 3.213 * A * t + 5.069 * BOD * A * t - 2.219 * t^2 - 4.125 * BOD * t^2$$

olarak saptanmıştır. Bu denklem yaş, yaşam alanı ve BOD ile çalıştırılmış ve elde edilen orta boylar hasılat tablolarının dördüncü sütununa aktarılmıştır. Model verilere 0.001 önem düzeyinde uyum göstermiştir. (Tablo 2).

Tablo 2: *E. camaldulensis* Baltalıklarında Orta Boyun, Ağaç Yaşı, BOD ve Yaşam Alanına Göre Belirleyen Regresyon Analiz Sonuçları ve Bazı Tanımlayıcı İstatistikler

Regresyon Katsayıları		Hesaplanan t Değeri	Serbest Değişkenler	Katsayı Simgesi
334,706		11,632***	Sabit Terim	a
82,348		4,726***	BOD*t	b
3,213		6,869***	A*t	c
-4,125		-2,880**	BOD*t ²	d
62,002		5,674***	Yaş (t)(Yıl)	e
5,069		6,413***	BOD*A*t	f
183,827		4,083***	BOD	g
-2,219		-2,492**	t ²	h
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Toplam Varyans	Ortalama Varyans	F – Oranı
Regresyon	7	169723185,651	24246169,38	1329,692***
Hata	1747	31855541,591	18234,426	
Toplam	1754	201578727,242		
R ² = 0,842				

** : p = 0.01 düzeyinde önemli ***: p = 0.001 düzeyinde önemli

Meşcere orta çapının gelişimini belirlemek amacıyla, 194 adet deneme alanındaki 26460 adet örnek ağacın yaş ve yaşam alanına göre 1755 adet ortalama çap, yaşam alanı ve bonitet derecesi hesaplanmıştır. Söz konusu eğilimler dikkate alınarak orta çapın yaş, BOD ve yaşam alanı değişkenleri ile müşterek ilişkisi

$$d_0 = 14.279 + 5.915 * t + 6.627 * BOD * t + 1.702 * A * t + 1.483 * BOD * A * t - 0.333 * t^2 - 0.109 * A^2 * t - 0.127 * BOD * A * t^2$$

olarak saptanmıştır. Bu denklem yaş, yaşam alanı ve BOD ile çalıştırılmış ve elde edilen orta çaplar hasılat tablolarının ikinci sütununa aktarılmıştır. Model verilere 0.001 önem düzeyinde uyum göstermiştir. (Tablo 3).

Tablo 3: *E. camaldulensis* Baltalıklarında Orta Çapın, Ağaç Yaşı, BOD ve Yaşam Alanına Göre Belirleyen Regresyon Analiz Sonuçları ve Bazı Tanımlayıcı İstatistikler

Regresyon Katsayıları		Hesaplanan t Değeri	Serbest Değişkenler	Katsayı Simgesi
14,279		6,518***	Sabit Terim	a
-,127		-7,170***	BOD*A*t ²	b
5,915		6,505***	Yaş (t)(Yıl)	c
1,483		8,913***	BOD*A*t	d
6,627		18,996***	BOD*t	e
1,702		10,738***	A*t	f
-,109		-6,739***	A ² *t	g
-,333		-4,569***	Yaşın Karesi (t ²)	h
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Toplam Varyans	Ortalama Varyans	F – Oranı
Regresyon	7	2086174,469	298024,924	1117,403***
Hata	1747	465946,237	266,712	
Toplam	1754	2552120,706		
R= 0,904				

** : p = 0.01 düzeyinde önemli ***: p = 0.001 düzeyinde önemli

Eşit yaşlı saf doğal meşcerelerde ağaç sayısı yaş ilerledikçe önceleri hızlı daha sonra yavaş olarak azaldığı bilinmektedir. Ancak dikim ile oluşturulan meşcerelerde ağaç sayısı dikim aralığına bağlı olarak daha ileri yaşlarda azalma gösterebilmekte veya hiç azalma göstermemektedir (Kalıpsız, 1982). Bu nedenle çalışmamızda hektardaki ağaç sayısı meşcere orta çapı ve boyu gibi; yaşam alanı, yaş ve bonitet derecesi ile ilişkiye getirilmiştir.

Hektardaki ağaç sayısını belirlemek amacıyla, 193 adet deneme alanında on yıl boyunca tespit edilen ağaç sayısı hektardaki sayıya çevrilerek, bunlar yaş, yaşam alanı ve bonitet derecesi ile ilişkiye getirilmiştir. Söz konusu eğilimler dikkate alınarak ağaç sayısının yaş, BOD ve yaşam alanı değişkenleri ile müşterek ilişkisi

$$N = 10^{(4.006 + 0.436 * \ln(A) - 0.001 * t^2 - 0.049 * \frac{t}{A^3} - 0.001 * t * A + 0.029 * \frac{t}{A^2} - 0.002 * t * BOD + 0.0000133 * A^3 * t + 0.0000962 * t^2 * A * BOD^2)}$$

olarak saptanmıştır. Bu denklem yaş, yaşam alanı ve BOD ile çalıştırılmış ve elde edilen ağaç sayıları hâsılat tablolarının beşinci sütununa aktarılmıştır. Hâsılat tablosuna geçirilen bir yaşındaki ağaç sayıları bu denklemden elde edilmeyip sürgün seyreltme sonucunda meşcerede bırakılan gerçek sayılardır. Model verilere 0.001 önem düzeyinde uyum göstermiştir. (Tablo 4).

Tablo 4: *Eucalyptus camaldulensis* (Dehn.) Baltalıklarında Ağaç Sayısının, Ağaç Yaşı, BOD ve Yaşam Alanına Göre Belirleyen Regresyon Analiz Sonuçları ve Bazı Tanımlayıcı İstatistikler

Regresyon Katsayıları		Hesaplanan t Değeri	Serbest Değişkenler	Katsayı Simgesi
4,006		1003,400***	Sabit Terim	a
-0,436		-151,859***	Ln(alan)	b
-0,001		-8,111***	t ² (Yıl)	c
-0,049		-6,506***	t/A ³	d
-0,001		-3,895***	t*A	e
0,029		4,337***	t/A ²	f
-0,002		-4,311***	t*BOD	g
0,0000133		5,554***	A ³ *t	h
0,0000962		5,808***	BOD ² *t ² *A	l
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Toplam Varyans	Ortalama Varyans	F – Oranı
Regresyon	8	88,215	11,027	13422,533***
Hata	1921	1,578	0,001	
Toplam	1929	89,793		
R= 0,991				

** : p = 0.05 düzeyinde önemli ***: p = 0.001 düzeyinde önemli

Hâsılat tablosundaki orta ağaç hacmi, meşcere orta çapı ve boyuna bağlı olarak çift girişli hacim denkleminde elde edilmiştir. Hektardaki hacimler, orta ağaç hacmi ile hektardaki ağaç sayısının çarpımı sonucu bulunmuştur. Genel ortalama yıllık hacim artımları hektardaki hacmin yaşa bölünmesi ile ve yıllık cari artımlar ise genel ortalama artımların ardışık farkları olarak hesaplanmıştır.

E. camaldulensis (Dehn.) baltalıkları, hacim hâsılat tabloları 13 değişik yaşam alanı ve 4 bonitet sınıfına göre düzenlenerek 52 adet hâsılat tablosu elde edilmiştir. Ek olarak sadece 3,00 m² yaşam alanına ait dört bonitet için tablolar Ek 1-4'de verilmiştir.

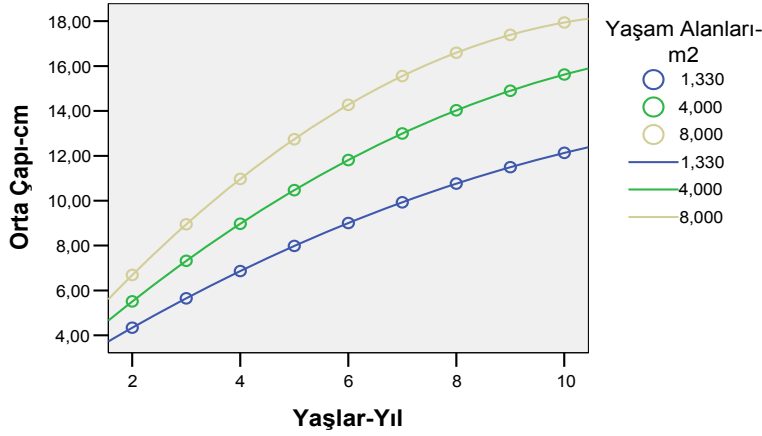
***Eucalyptus camaldulensis* Dehn. Baltalıklarında Büyüme ve Artım İlişkileri**

Hâsılat tablolarından alınan meşcere orta çap değerleri her yaşam alanı için ayrı ayrı olmak üzere, bonitet sınıfı ve yaşa göre değişiklik göstermektedir. Hâsılat tablolarında dört bonitet sınıfı ve 13 yaşam alanı için hesaplanan orta çap değerlerinin yaşa göre gelişimlerinden yaşam alanları 1,33-4,00-8,00 m² ye ait yaş-orta çap grafiği, Şekil, 2'de gösterilmiştir. *E. camaldulensis* (Dehn.) baltalıklarında meşcere orta çapı baltalığın yaşı, yaşam alanı ve bonitete göre değişmektedir. Meşcere orta çaplarındaki bu değişim tablo 3 de verilen regresyon denklemi yardımıyla tahmin edilerek hâsılat tablolarının ikinci sütununda gösterilmiştir.

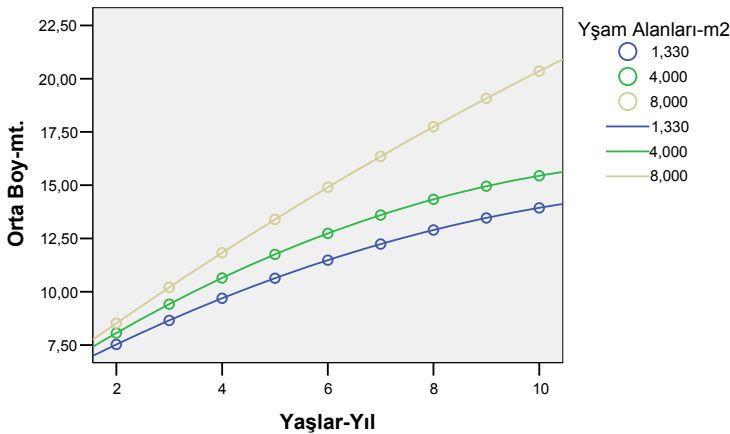
Yaşam alanı ile çap gelişimi arasında pozitif yönde bir ilişki vardır. Geniş dikim aralıklarında ulaşılan meşcere orta çapı daha kalın olmaktadır. Yaş ilerledikçe, değişik dikim aralıklarının orta çapları arasındaki farklar giderek artmaktadır. Bu sonuç daha önce yapılmış olan araştırmanın bulgularıyla aynı doğrultudadır (Birler ve ark., 1995). Bonitet sınıfları da meşcere orta çapı gelişimi üzerine etkilidir. Düşük bonitet sınıflarında yetiştirme ortamının verimlilik derecesi fakirleştikçe meşcere orta çapı da daha ince olmaktadır .

Meşcere orta ve üst boy gelişmesi ayrı ayrı ele alınmıştır. *E. camaldulensis* (Dehn.) baltalıklarında meşcere orta boyu baltalığın yaşı, boniteti ve yaşam alanına göre değişmektedir. Yaşam alanı ile orta boy gelişmesi arasında pozitif yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Bonitet sınıfları da meşcere orta boyu gelişimi üzerinde etkilidir. Yetiştirme ortamının verimlilik derecesi artıkça meşcere orta boyu da buna paralel olarak artmaktadır.

Hâsılat tablolarından alınan meşcere orta boy değerleri her yaşam alanı için ayrı ayrı olmak üzere, bonitet ve yaş değerine göre değişiklik göstermektedir. Hâsılat tablolarında dört bonitet sınıfı ve 13 yaşam alanı için hesaplanan orta boy değerlerinden 1,33-4,00-8,00 m² yaşam alanına ait boy değerlerinin yaşa göre gelişimleri Şekil, 3'de gösterilmiştir. Meşcere orta boylarındaki bu değişim Tablo 2'de verilen regresyon denklemi yardımıyla tahmin edilmiştir

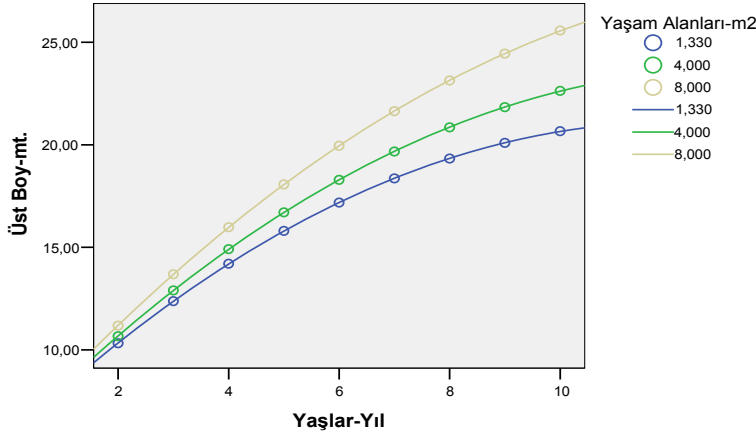


Şekil 2: *E. camaldulensis* Baltalıklarında Orta Çapın 1.nci Bonitet Yaş ve 1,33-4,00-8,00 m² Yaşam Alanlarına Göre Gelişimi

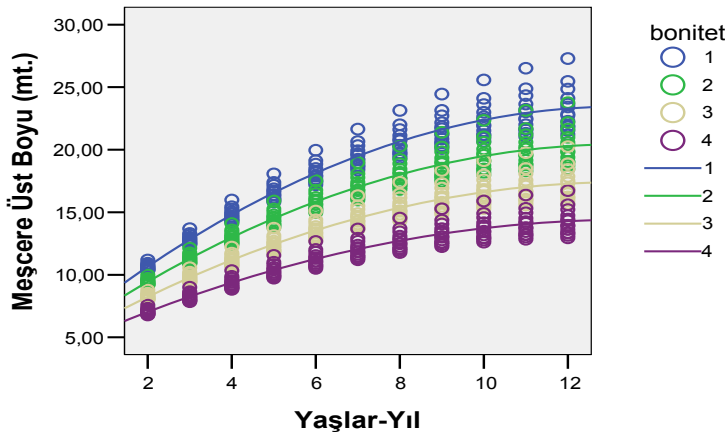


Şekil 3: *E. camaldulensis* Baltalıklarında Orta Boyun 1.nci Bonitetinde Yaş ve 1,33-4,00-8,00 m² Yaşam Alanlarına Göre Gelişimi

Meşcere üst boyu, ağaçlandırmanın yaşı ve bonitetine göre değişmektedir. Yaşam alanı meşcere üst boyu gelişimini belirli bir biçimde etkilemektedir (Şekil 4). Ayrıca, yetiştirme ortamı verimlilik derecesi ile meşcere üst boyu gelişimi arasında pozitif yönlü bir ilişki bulunmaktadır. (Şekil 5). Bu sonuç daha önce yapılmış olan araştırmanın bulgularıyla da aynı doğrultudadır (Birler ve ark., 1995).

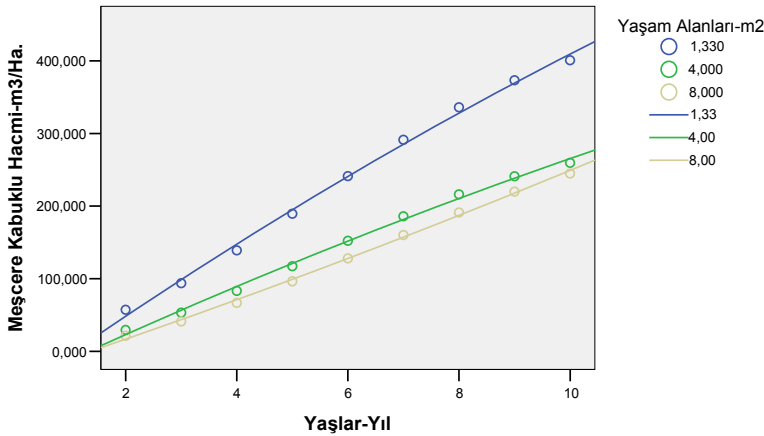


Şekil 4: *E. camaldulensis* Baltalıklarında Üst Boyun 1.nci Bonitette Yaş ve 1,33-4,00-8,00 m² Yaşam Alanlarına Göre Gelişimi



Şekil 5: *E. camaldulensis* Baltalıklarında Yaş ve Bonitete Göre Üst Boy Gelişimi

E. camaldulensis (Dehn.) baltalıklarında bonitete, 1,33-4,00-8,00 m² yaşam alanları ve yaşlara göre ulaşılabilecek meşçere hacimleri Şekil 6'da gösterilmiştir. Yetiştirme ortamı verimlilik derecesi iyileştikçe, birim alandaki hacim miktarı artmaktadır. Yaşam alanları da meşçere hacmi üzerinde etkili olmaktadır. Birim alana düşen ağaç sayısı arttıkça meşçere hacmi de artmaktadır.



Şekil 6: *E. camaldulensis* Baltalıklarında Meşçere Hacminin 1.nci Bonitette Yaş ve 1,33-4,00-8,00 m² Yaşam Alanlarına Göre Gelişimi

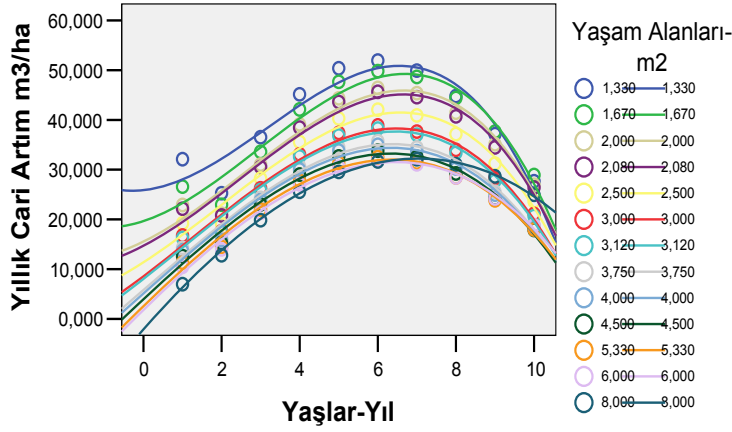
Yetiştirme ortamı ile yaşam alanı etkisi birlikte dikkate alındığında, verimlilik derecesinin iyi olduğu yetiştirme ortamlarında, yaşam alanının birim alandaki meşçere hacmine etkisi daha da fazla olmaktadır. Başka bir deyişle aynı yaşam alanlarında kurulan baltalıklarda meşçere hacimleri arasındaki farklılaşma iyi bonitete daha fazla, zayıf bonitete daha az olmaktadır.

Değişik bonitet sınıfı ve yaşam alanları itibari ile düzenlenmiş olan hacim hâsılat tablolarında, hacim artımları cari ve genel ortalama olarak yıllara göre verilmiştir.

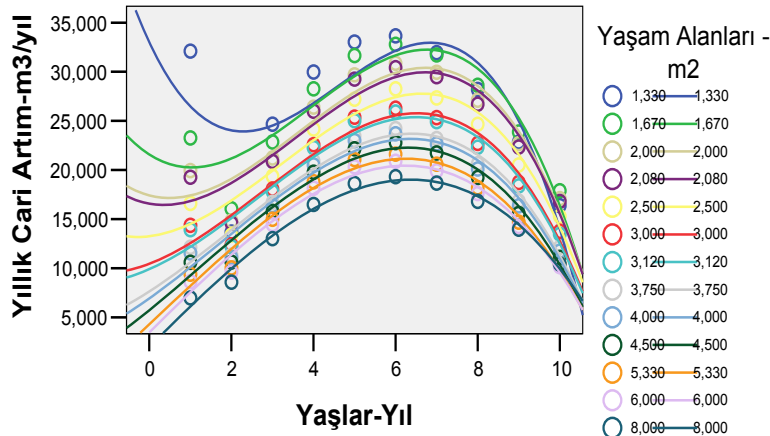
Değişik bonitet sınıfı ve dikim aralıklarına göre düzenlenmiş olan hacim hâsılat tablolarında yer alan yıllık cari hacim artımı, Şekil 7-8’de grafik halinde gösterilmiştir. Grafiklerdeki eğrilerden bonitet sınıfı ve yaşam alanlarına göre, maksimum cari hacim artımları ve oluştukları yaşlar da Tablo 5’de verilmiştir.

Şekil 7-8’de görüldüğü gibi, bonitet sınıfı iyileştikçe cari hacim artımı eğrileri belirgin bir şekilde yukarı kaymaktadır. Her bonitet sınıfı içindeki cari hacim artımı eğrileri, yaşam alanı küçüldükçe yukarı kaymaktadır.

Bonitet ve yaşam alanının cari hacim artımı eğrilerinin maksimumunun oluştuğu yaşı pek değiştirdiği söylenemez. Cari hacim artımları genel olarak 6 yaşında maksimum olmaktadır. Buna karşın, genel ortalama artım eğrilerinin kötü bonitet ve küçük yaşam alanlarında gösterdiği değişiklikten dolayı (Şekil 8), söz konusu bonitet ve yaşam alanlarındaki cari hacim artım değerlerinin maksimumları bir yaşına kayabilmekte ve daha sonra ikinci bir maksimum nokta da söz konusu olabilmektedir (Tablo 5).



Şekil 7: *Eucalyptus camaldulensis* (Dehn.) Baltalıklarında 1.nci Bonitette Yaş ve Yaşam Alanlarına Göre Yıllık Cari Hacim Artım Eğrileri

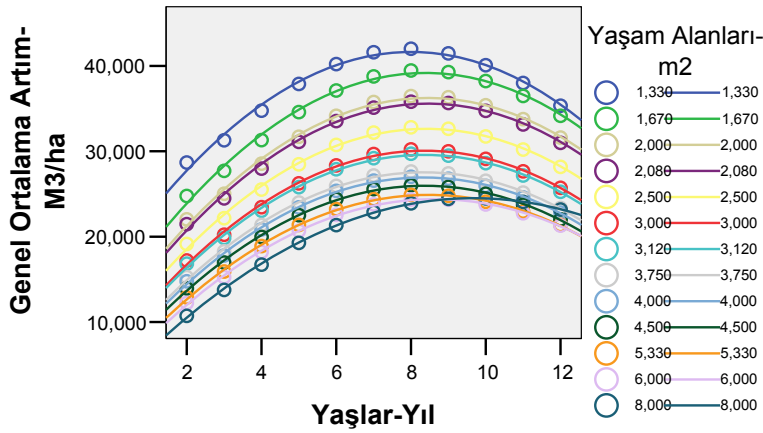


Şekil 8: *Eucalyptus camaldulensis* (Dehn.) Baltalıklarında 2.nci Bonitette Yaş ve Yaşam Alanlarına Göre Yıllık Cari Hacim Artım Eğrileri

Tablo 5: *E. camaldulensis* Baltalıklarında Değişik Bonitet Sınıfı ve Yaşam Alanlarına Göre en Yüksek Yıllık Cari Hacim Artımları (m³/ha/yıl) ve Ait Olduğu Yaşlar

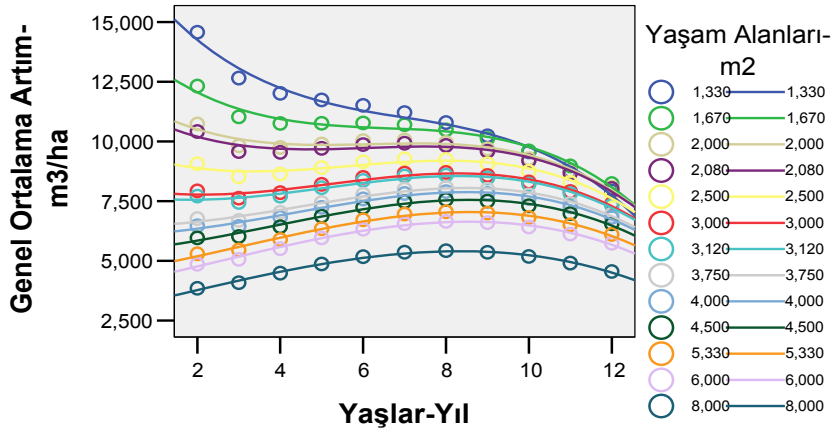
YAŞAM ALANI Living Area m ²	Bonitet Sınıfı Site classes							
	I		II		III		IV	
	ARTIM CAI	YAŞ Age	ARTIM CAI	YAŞ Age	ARTIM CAI	YAŞ Age	ARTIM CAI	YAŞ Age
1,33	51,934	6	33,652	6	24,976	1	22,283	1
1,67	49,834	6	32,789	6	20,462	1	18,156	1
2,00	46,447	6	30,870	6	19,149	6	15,391	1
2,08	45,660	6	30,409	6	18,929	6	14,836	1
2,50	42,067	6	28,252	6	17,861	6	12,621	1
3,00	38,902	6	26,285	6	16,835	6	10,763	1
3,12	38,289	6	25,894	6	16,624	6	10,388	1
3,75	35,759	6	24,213	6	15,677	6	9,502	6
4,00	35,007	6	23,681	6	15,358	6	9,362	6
4,50	33,811	6	22,778	6	14,780	6	9,071	6
5,33	32,503	6	21,615	6	13,936	6	8,571	6
6,00	31,890	6	20,878	6	13,311	6	8,139	6
8,00	32,108	7	19,320	6	11,567	6	6,690	6

Genel ortalama hacim artımı, dikili ağaçların hacimleri ile o güne kadar meşcereden çıkarılmış ağaçların hacimleri toplamının, meşcere yaşına bölünmesi ile elde edilir (Fırat, 1973). Bu çalışmada aralama ya da herhangi bir nedenle meşcereden ağaç çıkarılması söz konusu olmadığından genel ortalama hacim artımı, meşcere hacminin ait olduğu yaşa bölünmesiyle elde edilmiştir.



Şekil 9: *E. camaldulensis* Baltalıklarında 1.nci Bonitette Yaş ve Yaşam Alanlarına Göre Genel Ortalama Hacim Artımı Gelişimi

Değişik bonitet sınıfı ve yaşam alanlarına göre 1 ve 4.cü bonitet için hacim hâsılat tablolarında yer alan genel ortalama hacim artımları Şekil 9-10'da grafik halinde verilmiştir. Grafiklerden genel ortalama hacim artımı eğrilerinin bonitet kötüleştikçe her yaşam alanı için, şekil değiştirerek aşağı düşük değerlere kaydığı görülmektedir. Yaşam alanı küçüldükçe ve bonitet kötüleştikçe çan eğrilerinin ilk yaşlara karşı gelen kısımları yükselmekte ve sonraki yaşlara karşı gelen kısımları ise alçalmaktadır. Bunun sonucunda, genel ortalama hacim artımının maksimumları birinci yaşa kaymakta ve daha sonra ikinci bir maksimum nokta da söz konusu olabilmektedir. Genel ortalama hacim artımları I, II ve III. bonitetlerde genel olarak 8 yaşında maksimum oldukları görülmektedir. Her bonitette, yaşam alanı küçüldükçe genel ortalama hacim artım eğrileri rölatif olarak yukarı kaymaktadır. I. bonitet ve 8,00m² yaşam alanına ait eğrinin maksimumunun ise, 10 yaşına kaydığı da Şekil 9'dan izlenmektedir.



Şekil 10: *E. camaldulensis* Baltalıklarında 4.ncü Bonitette Yaş ve Yaşam Alanlarına Göre Genel Ortalama Hacim Artımı Gelişimi

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, *E. camaldulensis* (Dehn.) baltalıkları için değişik yetiştirme ortamı koşullarında ve yaşam alanlarında, büyüme ve verim ilişkileri araştırılmıştır. Elde edilen bulgular yardımıyla gövde hacim tablosu, yaşam alanlarına göre bonitet endeksi tabloları ve dört bonitet sınıfı ile on üç değişik yaşam alanına göre hacim hâsılat tabloları düzenlenmiştir.

Bu çalışmada, deneme baltalıklarından elde edilen veriler yardımıyla, *E. camaldulensis* baltalıklarının artım ve büyüme olayları incelenmiştir. Örnek alanların bonitetlerinin bulunmasında da, yaş-üstboy kılavuz eğrisi ile yaş-standart sapma ilişkisinin denklemleri \hat{d}_2 ve bonitet derecesi (BOD) değişkenleri yardımıyla tanımlanan genel bonitet eğrileri denkleminde yararlanılmıştır (Saraçoğlu, 1988). Genel bonitet eğrileri denkleminin belirli bir yaşam alanı için, standart yaşta verdiği üst boy değerleri bonitet endeksi olmaktadır. *E. camaldulensis* baltalıklarında idare süresi kısa olduğu için, bonitet endekslerinin elde edilmesinde ve bonitet tablosunun düzenlenmesinde standart yaş 8 yıl olarak kabul edilmiştir. Verilen yaşam alanı ve bonitet sınıflarına göre düzenlenmiş olan hâsılat tablolarında hacim hâsılat tablolarında, yıllık cari artım ve yıllık ortalama artım değerleri verilmiştir. Artım değerleri yardımı ile “en yüksek ortalama artımı sağlayan idare süreleri” belirlenmiştir. Şekil 7-8’de görüldüğü gibi, bonitet sınıfı iyileştikçe cari hacim artımı eğrileri belirgin bir şekilde yukarı kaymaktadır. Her bonitet sınıfı içindeki cari hacim artımı eğrileri, yaşam alanı küçüldükçe yukarı kaymaktadır. Bonitet ve yaşam alanının cari hacim artımı eğrilerinin maksimumunun olduğu yaşı pek değiştirdiği söylenemez. Cari hacim artımları genel olarak 6 yaşında maksimum olmaktadır. Buna karşın, genel ortalama artım eğrilerinin kötü bonitet ve küçük yaşam alanlarında gösterdiği değişiklikten dolayı (Şekil 8), söz konusu bonitet ve yaşam alanlarındaki cari hacim artım değerlerinin maksimumları bir yaşına kayabilmekte ve daha sonra ikinci bir maksimum nokta da söz konusu olabilmektedir (Tablo 5). Değişik bonitet sınıfı ve yaşam alanlarına göre, hacim hâsılat tablolarında yer alan genel ortalama hacim artımları Şekil 9-10’da grafik halinde verilmiştir. Grafiklerden genel ortalama hacim artımı eğrilerinin bonitet kötüleştikçe her yaşam alanı için, şekil değiştirerek aşağı düşük değerlere kaydığı görülmektedir. Yaşam alanı küçüldükçe ve bonitet kötüleştikçe çan eğrilerinin ilk yaşlara karşı gelen kısımları yükselmekte ve sonraki yaşlara karşı gelen kısımları ise alçalmaktadır. Bunun sonucunda, genel ortalama hacim artımının maksimumları birinci yaşa kaymakta ve daha sonra ikinci bir maksimum nokta da söz konusu olabilmektedir. Genel ortalama hacim artımları I, II ve III. bonitetlerde genel olarak 8 yaşında maksimum oldukları görülmektedir. IV. bonitette geniş yaşam alanlarına ait eğrilerin maksimumları da 8 yaşında oluşmaktadır. Her bonitette, yaşam alanı küçüldükçe genel ortalama hacim artım eğrileri rölatif olarak yukarı kaymaktadır. I. bonitet ve 8,00m² yaşam alanına ait eğrinin maksimumunun ise, 10 yaşına kaydığı da Şekil 9 da gözlenmektedir. Çalışmada ayrıca, *E. camaldulensis* baltalıklarında hacim ve hacim elemanlarının gelişimleri grafiklerle açıklanmış ve ormancılık bilimsel kaynakları ile uygulayıcılar için yeni önemli bilgiler verilmiştir.

Ülkemizde odun ham maddesi üretimi, talebi karşılamakta yetersiz kalmakta ve aradaki açık her geçen gün daha da büyümektedir. Bu açığın, üretimi artırarak karşılanmasında, kavak ve hızlı gelişen ağaç türleri meyanında, okaliptüs ağaçlandırmalarının ve baltalıklarının da önemi olağanüstü artmaktadır. Bu

çalışmada verilen artım ve diğer hâsılat verileri, okaliptüs baltalıklarının önemini, ülkemizde odun hammaddesi açığının kapatılması açısından somut verilere dayalı olarak ortaya koymaktadır.

Okaliptüs ağaçlandırma ve baltalıklarının ülkemizdeki uygun yetiştirme ortamlarında daha fazla ve planlı olarak yaygınlaştırmak suretiyle, odun hammaddesi üretiminde kısa periyotlar sonunda çok önemli miktarlarda artışlar sağlamak mümkündür. Ancak, okaliptüs ağaçlandırma ve baltalıklarının ülke çapında rasyonel bazda planlanabilmesi ve uygulanabilmesi için, bu konuda ekonomik verilere de gerek duyulacaktır. Bu araştırma sonucunda elde edilen hâsılat tabloları, okaliptüs baltalıkları üzerinde yapılacak mali ve ekonomik araştırmalar için, yeterli ayrıntıda ve güvenilir düzeyde deneysel veriler ortaya koymaktadır. Bu verilere dayalı olarak yapılacak mali ve ekonomik analizler sonucunda, okaliptüs baltalıkları için, **“ekonomik idare süreleri”** nin de belirlenmesi mümkün olmaktadır.

KAYNAKLAR

- Assmann, E., 1970: The Principles of Forest Yield Study Translated by S. Gordines Oxford.
- Birler, A.S. 1995: Ormanlarımızın Korunması İçin Endüstriyel Plantasyonların Önemi. Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı (TEMA), Yayın No: 8, İstanbul.
- Birler, A. S.; Kocar, S.; Avcıoğlu, E.; Diner, A.; Gürses, M.K.; Gülbaba, A.G., 1995: Okaliptüs Ağaçlandırmalarında Hacim ve Kuru Madde Hasılatı. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 1995/1-171, 118 s., İzmit.
- Fırat, F., 1973. Dendrometri. İ.Ü. Orman Fak. Yayın No: 1800/195, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1984: Dendrometri. İ.Ü. Orman Fak. Yayın No: 3194/354, 407 s., İstanbul.
- Llyod. F.T., Hafley. W.L., 1977: Precision and the probability of misclassification in site index estimation forest science 23, 493-499
- Llyod. F.T., Muse. H.D., Hafley. W.L., 1982: A Regression Application for Comparing Growth Potential of Environments at Different in Growth Cycle. Biometrics 38.479-784.
- Saatçioğlu, F.,1976: Silvikültür I. Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri. İ.Ü. Yayın No: 222, İstanbul, 423s.
- Saraçoğlu, Ö., 1988: Karadeniz Yöresi Göknar Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Hâsılatı ve Biyometri Bilim Dalı, İstanbul.
- SPSS, 13.00: SPSS for Windows, Release 13.00, Standart Version, SPSS Inc.

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

EK: 1

OKALİPTÜS BALTALIKLARI İÇİN HACİM HÂSILAT TABLOSU

Volume Yield Table for Eucalyptus Coppices

(*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.)

BONİTET SINIFI (Site Class) : 1

YAŞAM ALANI (Living Area) : 3,00 m² (3333 fidan/ha “sph”)

YAŞ Yıl	MEŞCERE				ORTA AĞAÇ HACMI (m ³)	MEŞCERE HACİMLERİ		YILLIK ARTIMLAR		YAŞ Yıl
	ORTA ÇAPI (cm)	ÜST BOYU (m)	ORTA BOYU (m)	AĞAÇ SAYISI (ad/ha)		ORTA ÇAPI (cm)	ÜST BOYU (m)	ORTA BOYU (m)	AĞAÇ SAYISI (ad/ha)	
1	3,33	8,14	6,49	3333	0,005	16,759	13,295	16,759	16,759	1
2	5,11	10,54	7,88	3296	0,010	34,397	27,289	17,199	17,638	2
3	6,75	12,71	9,15	3244	0,019	60,656	48,121	20,219	26,259	3
4	8,25	14,65	10,30	3181	0,029	93,759	74,383	23,440	33,103	4
5	9,63	16,37	11,34	3109	0,042	131,166	104,059	26,233	37,407	5
6	10,87	17,88	12,25	3027	0,056	170,068	134,922	28,345	38,902	6
7	11,97	19,18	13,04	2937	0,071	207,733	164,803	29,676	37,665	7
8	12,95	20,28	13,72	2840	0,085	241,722	191,768	30,215	33,989	8
9	13,79	21,19	14,28	2736	0,099	270,024	214,221	30,003	28,302	9
10	14,50	21,89	14,71	2626	0,111	291,141	230,974	29,114	21,117	10
11	15,07	22,41	15,03	2511	0,121	304,122	241,272	27,647	12,981	11
12	15,51	22,74	15,23	2393	0,129	308,577	244,807	25,715	4,455	12

EK :2

OKALİPTÜS BALTALIKLARI İÇİN HACİM HÂSILAT TABLOSU

Volume Yield Table for Eucalyptus Coppices

(*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.)

BONİTET SINIFI (Site Class) : 2

YAŞAM ALANI (Living Area) : 3,00 m² (3333 fidan/ha “sph”)

YAŞ Yıl	MEŞCERE				ORTA AĞAÇ HACMI (m ³)	MEŞCERE HACİMLERİ		YILLIK ARTIMLAR		YAŞ Yıl
	ORTA ÇAPI (cm)	ÜST BOYU (m)	ORTA BOYU (m)	AĞAÇ SAYISI (ad/ha)		ORTA ÇAPI (cm)	ÜST BOYU (m)	ORTA BOYU (m)	AĞAÇ SAYISI (ad/ha)	
1	3,07	7,34	5,83	3333	0,004	14,369	11,400	14,369	14,369	1
2	4,59	9,35	6,99	3300	0,008	26,743	21,216	13,371	12,374	2
3	6,00	11,18	8,06	3248	0,014	44,800	35,541	14,933	18,057	3
4	7,30	12,83	9,03	3183	0,021	67,370	53,447	16,842	22,570	4
5	8,48	14,31	9,90	3107	0,030	92,748	73,581	18,550	25,378	5
6	9,55	15,60	10,68	3021	0,039	119,033	94,434	19,839	26,285	6
7	10,50	16,73	11,36	2925	0,049	144,359	114,526	20,623	25,326	7
8	11,34	17,68	11,94	2821	0,059	167,063	132,538	20,883	22,704	8
9	12,07	18,46	12,43	2709	0,069	185,788	147,393	20,643	18,725	9
10	12,68	19,07	12,82	2591	0,077	199,549	158,310	19,955	13,761	10
11	13,18	19,51	13,12	2468	0,084	207,751	164,817	18,886	8,202	11
12	13,56	19,79	13,32	2341	0,090	210,189	166,752	17,516	2,438	12

EK :3

OKALİPTÜS BALTALIKLARI İÇİN HACİM HÂSILAT TABLOSU

Volume Yield Table for Eucalyptus Coppices

(Eucalyptus camaldulensis Dehn.)

BONİTET SINIFI (Site Class) : 3

YAŞAM ALANI (Living Area) : 3,00 m² (3333 fidan/ha “sph”)

YAŞ Yıl	MEŞCERE				ORTA AĞAÇ HACMI (m3)	MEŞCERE HACİMLERİ		YILLIK ARTIMLAR		YAŞ Yıl
	ORTA ÇAPI (cm)	ÜST BOYU (m)	ORTA BOYU (m)	AĞAÇ SAYISI (ad/ha)		KABUKLU (m3/ha)	KABUKSUZ (m3/ha)	ORTALAMA (m3/ha)	CARİ (m3/ha)	
1	2,80	6,54	5,17	3333	0,004	12,382	9,823	12,382	12,382	1
2	4,08	8,17	6,11	3305	0,006	20,616	16,355	10,308	8,234	2
3	5,26	9,66	6,97	3254	0,010	32,326	25,645	10,775	11,710	3
4	6,34	11,02	7,77	3189	0,015	46,821	37,145	11,705	14,495	4
5	7,33	12,24	8,50	3112	0,020	63,069	50,036	12,614	16,248	5
6	8,23	13,33	9,15	3024	0,026	79,904	63,391	13,317	16,835	6
7	9,03	14,27	9,74	2925	0,033	96,163	76,290	13,738	16,259	7
8	9,74	15,07	10,25	2817	0,039	110,798	87,901	13,850	14,635	8
9	10,35	15,73	10,69	2700	0,046	122,945	97,537	13,661	12,147	9
10	10,86	16,25	11,07	2578	0,051	131,968	104,695	13,197	9,023	10
11	11,28	16,62	11,37	2450	0,056	137,477	109,066	12,498	5,509	11
12	11,61	16,84	11,60	2318	0,060	139,329	110,535	11,611	1,852	12

EK :4

OKALİPTÜS BALTALIKLARI İÇİN HACİM HÂSILAT TABLOSU

(Eucalyptus camaldulensis Dehn.)

BONİTET SINIFI : 4

YAŞAM ALANI : 3,00 m² (3333 fidan/ha)

YAŞ Yıl	MEŞCERE Stand				ORTA AĞAÇ HACMI (m3)	MEŞCERE HACİMLERİ		YILLIK ARTIMLAR		YAŞ Yıl
	ORTA ÇAPI (cm)	ÜST BOYU (m)	ORTA BOYU (m)	AĞAÇ SAYISI (ad/ha)		KABUKLU (m3/ha)	KABUKSUZ (m3/ha)	ORTALAMA (m3/ha)	CARİ (m3/h a)	
1	2,53	5,74	4,51	3333	0,003	10,763	8,539	10,763	10,763	1
2	3,56	6,98	5,23	3312	0,005	15,861	12,583	7,930	5,098	2
3	4,51	8,13	5,90	3263	0,007	22,861	18,137	7,620	7,000	3
4	5,39	9,20	6,54	3200	0,010	31,423	24,929	7,856	8,562	4
5	6,19	10,18	7,13	3124	0,013	41,002	32,529	8,200	9,579	5
6	6,91	11,05	7,67	3036	0,017	50,976	40,441	8,496	9,974	6
7	7,56	11,81	8,18	2937	0,021	60,709	48,163	8,673	9,733	7
8	8,13	12,47	8,65	2828	0,025	69,613	55,226	8,702	8,904	8
9	8,63	13,01	9,07	2710	0,028	77,183	61,232	8,576	7,570	9
10	9,05	13,42	9,45	2586	0,032	83,033	65,873	8,303	5,850	10
11	9,39	13,72	9,79	2456	0,035	86,904	68,945	7,900	3,871	11
12	9,66	13,89	10,08	2322	0,038	88,672	70,347	7,389	1,768	12

**Monomoleküler Boyca Büyüme Modelinin Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.)
Baltalıklarında Uygulanması**

Abdulkadir YILDIZBAKAN, Cem AKGÜN

Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, P.K. 18, 33401, TARSUS

Özet

Bu çalışmada ağaç büyümesinin temel özellikleri, okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) baltalıklarından elde edilen veriler kullanılarak Monomoleküler büyüme modeli incelenmiş ve doğrusal olmayan regresyon analizi yapılmıştır. Regresyon analizi sonucunda hata kareleri ortalaması (0.253), belirtme katsayısı ($R^2=0.999$) hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Okaliptüs, Ağaç Büyümesi, Büyüme Modeli, Monomoleküler Model

Application of Monomolecular and Gompertz Height Growth Models on Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Coppices.

Abstract

In this study, the basic characteristics of tree growth, monomolecular growth were studied on the data taken from *E. camaldulensis* Dehn. coppices and nonlinear regression analysis were studied. According to regression analysis mean square error (0.253) and determination of coefficient (0.999) were calculated for monomolecular growth model.

Key Words: Eucalyptus, Tree Growth, Growth Model, Monomolecular Model,

1.GİRİŞ

Büyüme, canlıların en önemli biyolojik özelliklerinden birisidir. Ağaçtaki büyüme, zaman içinde ağacın çap, boy ve hacim olarak artmasıdır. Büyüme, ağacın genetik yapısı ile çevre koşullarının ortaklaşa etkileri altında oluşur. Ağacın gereksinim duyduğu besin maddelerinin bir kısmı fotosentez ile bitki içinde oluşturulduğu halde diğer bir kısmı dışarıdan alınmaktadır. Boy büyümesi çap büyümesinden daha az süre devam etmekte, kök uzaması ise çap ve boydan daha uzun sürmektedir (Yıldızbakan, 2003).

Büyüme modelleri orman amenajman planları için oldukça önemlidir. Orman amenajman planlarında ağaç serveti ve artımı envanteri sırasında tek ağaçların artım ve büyümesinin tahmini gereklidir. Bunun yanı sıra, silvikültürcüler de yetiştirme ortamının potansiyel üretim kapasitesini (optimal üretimi) gerçekleştirmek isterler. Bunun için de yöneticiler değişik büyüme modelleme tekniklerinden çok, amaca en uygun sonuçları veren modele gereksinim duyarlar. Büyüme modeli, farklı zaman ve durumlardaki gelişmeyi önceden tahmin eden denklem sistemini gösterir (Vanclay, 1994). Büyüme modellerinde amaç, yaşa bağlı olarak farklı noktalarda elde edilen ve yorumlaması zor olan bilgilerin, biyolojik olarak yorumlanabilir daha az parametre ile özetlenmesidir.

Büyüme modelleri genel olarak meşcere ve tek ağaç modelleri olarak sınıflandırılır. Meşcere büyüme modelleri geliştirmenin bir yolu da tek ağaçların toplamı olarak düşündürmektir. Tek ağaç büyüme modelleri, meşcere büyümesini tahmin için geliştirilmişlerdir. Birkaç kapsamlı ve öncü niteliğinde tek ağaç büyüme modeli Forest (Ek ve Monserud, 1974), Kızılcım (Sun, 1978), Doğu Ladini (Akalp,1983), Prognaus (Sterba ve Monserud, 1997) biçiminde sıralanabilir. Tek ağaç büyüme modelleri gelecekteki meşcere dinamiğine projeksiyon yapmayı sağlar.

Büyüme modelleri öncelikle hayvanların büyümeleri ile ilgili çalışmalarda kullanılmış, başarılı olunması nedeni ile bitki ve ağaç büyümelerinde de kullanılmaya başlanmıştır (Efe, 1990).

Büyüme modelleri ortak özelliği, iki temel biyolojik parametreyi kullanmasıdır. Bu parametreler, bireyin veya grubun belirli bir noktada (genellikle ergin yaşta) gösterdiği performans ve büyüme hızı ile ilgilidir.

Bazı modeller için eklenebilecek üçüncü parametre, büyüme eğrisinin, büyüme hızı bakımından artış ve azalış gösterdiği iki bölüme ayrılmasında kullanılan değişim noktasıdır (Point Of Inflection-POI) (Akbaş, 1995). Fakat monomoleküler büyüme modelinin büküm noktası yoktur.

Bu çalışmanın amacı, Tarsus-Karabucak okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) baltalık sahalarından elde edilen verilerle önceki araştırmacılar tarafından ortaya konulan Monomoleküler büyüme modelinin doğrusal olmayan regresyon analizi uygulamaktır. Ayrıca, okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) baltalıkları için ortalama bir boylanma denklemi elde etmek ve kullanılan bu büyüme modelinin sonuçlarına bağlı olarak boylanmanın alt ve üst sınırlarını saptamaktır.

Materyal ve Metot

Bu çalışmada kullanılan veriler, Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Müdürlüğü tarafından yürütülen Okaliptüste (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Baltalıklarında Hacim ve Kuru Madde Hasılat Araştırmaları Denemesinden elde edilen yaş ve boy değerleri kullanılmıştır.

Verilerin alındığı parsel, 2,5X3 metre aralık-mesafe dikimle oluşturulmuş, 14X9=126 adet fidandan oluşmakta olup 1992 yılında baltalık için kesilmiş ve her kütükte iki adet sürgün bırakılmak suretiyle oluşturulmuş deneme alanının ortasındaki 9 adet ağaçta çap ve boy ölçümleri yapılması planlanmıştır. Ancak bazı kurumlar nedeni ile on yıl sonunda 10X9X2X3=540 ölçü yapılması gerekirken on yılsonunda 478 adet ölçü yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan verilerin ait olduğu okaliptüs baltalığına ait maksimum boyun bulunması için, ölçülen boy değerlerinin aritmetik ortalamaları alınmıştır. Tablo 1’de her bir yaş için ortalama ağaç boyları ve tanımlayıcı istatistikler verilmiştir (Tablo 1).

Tablo: 1- *E. camaldulensis* Dehn. Örnek Ağaçların Her Bir Yaş Sınıfına Göre Sayısı ve Tanımlayıcı İstatistikler.

Yaş (Yıl)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ortalama Boy (Mt.)	0,14	3,57	8,10	11,83	14,26	16,20	18,03	19,57	21,33	23,50	24,50
Gözlem Sayısı	27	54	53	51	51	49	47	46	44	43	40

Bu model, biyolojiye fiziko-kimyadan girmiştir (EFE, 1990).

$$Y_t = A \left(1 - b \cdot e^{-kt} \right) + e_t$$

Monomoleküler büyüme fonksiyonunun sabitleri şunlardır;

A= Asimtotik büyüklük (mm, cm veya m.),

Y_t= t yaşındaki büyüklük (mm, cm veya m.),

b= Canlının başlangıç büyüklüğüne ait bir ölçü (sabit),

k= Etkinlik katsayısı,

t= Yaş (yıl),

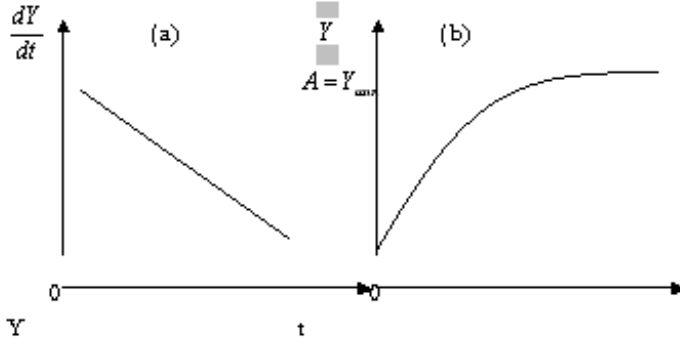
e= 2,71828,

e_t= Hata terimi.

Akalp (2003), atfen Monomoleküler büyüme modelinin büküm noktası yoktur. Monomoleküler büyüme modelinin bükülme noktasının olmaması bu fonksiyonun kullanılışlığını sınırlamaktadır. Artım ile büyüklük arasındaki ilişki azalan bir doğru şeklindedir (Şekil 1).

Monomoleküler büyüme modeline doğrusal olamayan regresyon analizinin uygulanmadan önce parametrelerin başlangıç değerlerinin tahmin edilmesi gerekir. Monomoleküler büyüme modelinde A (asimtotik) değerinin başlangıç tahmin değeri gözlenen verilere ait en büyük değerden büyük ve ona yakın bir değer alınacaktır. Diğer bir parametre olan b'nın başlangıç değerinin tahmin etmek için gözlenen verilere ait ilk boy (t=0) değeri ile A parametresinin başlangıç değeri modelde yerine

konularak elde edilecektir. k parametresinin tahmin etmek için bir önceki A ve b değerlerini kullanarak ($t=1$) boy değeri için Monomoleküler büyüme modelinde yerine konulup k 'nın başlangıç değeri bulunur. Bulunan bu değerler doğrusal olmayan regresyon analizinde parametrelerin başlangıç değerleri olarak alınır ve yapılan analiz sonucunda bulunan yeni parametre değerleri ilgili büyüme modelinde yerine konularak, gözlenen veriler için tahmini Monomoleküler büyüme modeli elde edilir.



Şekil: 1- Monomoleküler Modelde Artım (a) ve Büyüme (b)

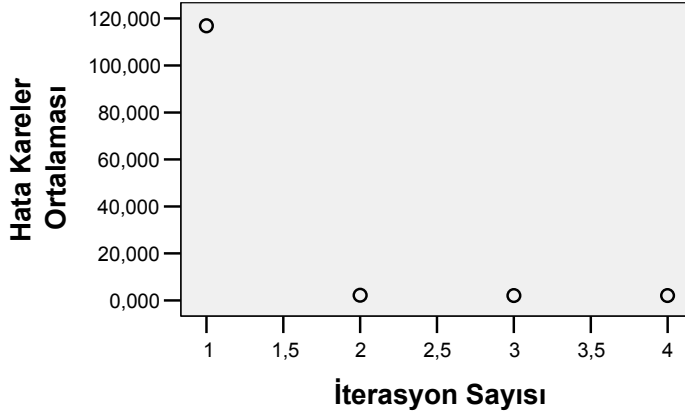
Bulgular ve Tartışma

Monomoleküler büyüme modelinin A (asimtotik) başlangıç tahmin değerinin alınmasında gözlenen verilere ait en büyük yaşa ait değerden büyük ve ona yakın olan $A=25$ metre alınmıştır. Diğer bir parametre olan b 'nin başlangıç değerinin tahmin etmek için gözlenen verilere ait ilk ($t=0$) için $Y_0=0.14$ metre boy değeri ile asimtotik büyüklük ($A=25$ metre) büyüme modelinde yerine konularak elde edilen $b=0.9944$ parametrenin başlangıç değeri alınmıştır. Üçüncü bilinmeyen k parametresinin başlangıç değerini tahmin etmek için bir önceki $A=25$ metre ve $b=0.9944$ değerlerini kullanarak ($t=1$) için $Y_1=3.57$ boy değeri büyüme modelinde yerine konulup $k=0.14847$ başlangıç değeri bulunmuştur (EK). Bulunan bu rakamlar büyüme modelinde parametrelerin başlangıç değerleri olarak alınmıştır. Yapılan doğrusal olmayan regresyon analizinin iterasyonu sonucunda bulunan yeni parametre değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Buna bağlı olarak iterasyon sayısı ile hata kareler ortalaması arasındaki grafiksel ilişki Şekil 2'de verilmiştir. Regresyon analizinde, belirtme katsayısı $R^2=0,999303$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 3).

Parametre	Tahmin	Standart Hata	% 95 Güven Aralığı
A	31,739	1,759	27,689–35,795
b	1,000	0,013	0,970–1,031
k	0,144	0,015	0,109–0,179

Tablo: 2- Monomoleküler Büyüme Modeli Regresyon Denkleminin Parametre Değerleri.

1	116,859	25,000	0,994	0,149
2	2,142	31,710	1,002	0,143
3	2,022	31,742	1,000	0,144
4	2,022	31,739	1,000	0,144



Şekil: 2- Monomoleküler Büyüme Modelinde Hata Kareler Ortalaması ile İterasyon Sayısına Ait Grafik Dağılımı.

Analizler sonucunda bulunan parametre değerleri büyüme modelinde yerine konup elde edilen Monomoleküler büyüme denklemi;

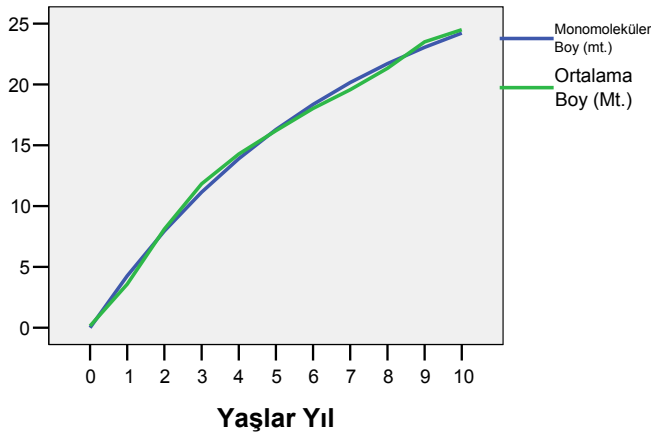
$$\hat{Y} = 31.739 * [1 - 1 * e^{-0.144*t}]$$

olarak tahmin edilir. Bu tahmin denklemden hareketle; *Eucalyptus camaldulensis* Dehn.'in Monomoleküler büyüme grafiği Şekil 3'deki gibi tahmin edilir

Tablo: 3- Monomoleküler Büyüme Modeli Regresyon Analiz Sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması
Regresyon	3	2997.909**
Hata	8	0.253
Genel	11	

***: P<0.01



Şekil: 3- Ortalama Boy ve Monomoleküler Büyüme Grafiği.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, doğrusal olmayan büyüme modellerine ilişkin parametre tahminlerinin biyolojik anlamları üzerinde durmak yerine incelenen büyüme modelinin okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) baltalık boy büyümesinin tahmindeki başarısı araştırılarak ilgili ağaç türünün büyüme eğrisi oluşturulmuştur.

Doğrusal olmayan modeller olan asimtotik büyüme fonksiyonlarında parametrelerin başlangıç değerlerinin elde edilmesinde birçok metot kullanılabilir. Bu çalışmada kullanılan metot, asimtotik büyüklüğün (A) başlangıç değeri gözlenen en büyük ortalama boy değerinden büyük ve ona yakın olan 25

metre olarak alınmıştır. Büyüme modellerindeki diğer parametrelerin başlangıç tahmin değerleri metot ve eklerde verilen yöntem uygulanmıştır(EK). Bulunan parametrelerin başlangıç değerlerini kullanarak doğrusal olmayan regresyon analizi sonucunda iterasyonla bulunan parametrelerle ilgili büyüme modeli tahmin edilmiştir.

Monomoleküler büyüme modeline ait belirleme katsayısı değeri 0.99'dan daha büyüktür ($R^2 > 0.99$). Bu bulguya dayanarak incelenen özelliğin büyüme modeli tarafından %99 gibi büyük bir oranda açıklanabildiği sonucuna varılabilir. Modelin uyumunu gösteren diğer bir ölçüt ise HKO değeridir. Tahmin edilen modele ait HKO değeri 0,253 olup oldukça küçüktür. Bu da incelenen büyüme modelin okaliptüs (*E. camaldulensis*) baltalık boy büyümesinin az hata ile tahmin verdiğini göstermektedir.

Monomoleküler büyüme modelinin nispeten dar aralıklarda başarılı sonuçlar verebilmesinin nedeni fertler arasındaki rekabetin devam ettiğinin kabul etmesindedir.

Büyüme denklemlerinde yer alan parametrelerin tahmin edilmesinde kullanılan regresyon yöntemi, ölçümlerin eşit zaman aralıklarında elde edilmiş olması gibi bir kısıtlamayı gerektirmez. Ayrıca, bazı zaman aralıklarında birden fazla ölçüm değeri olduğunda bu zaman aralığı için, tek bir ortalama değeri alarak bu değerin regresyonda kullanılması esasına dayanmaktadır.

Parametre tahminleri verilerin yapısından farklı şekilde etkilenmektedir. Örneğin BROWN (1970) veri setinde ergin yaşa ait boy değerinin olmadığı durumlarda farklı büyüme modellerinde yer alan A (Asimtotik Büyüklük) parametresinin düşük tahmin edildiğini saptamıştır. Ayrıca, yaşa bağlı boy değerlerinde keskin dalgalamalar olabilir. Bu durum, ağaçların fizyolojik farklılıkları sonucu olabileceği gibi, bulunduğu çevreler arasındaki farklılıklardan da kaynaklanabilir. Bunlara ek olarak iklim, yaşam alanı ve hastalıkta büyüme üzerinde etkili olabilir.

Bu tür büyüme fonksiyonları ile ağaçların gelecek yıllarda ulaşabilecekleri boy miktarlarını önceden tahmin etmek mümkündür. Ancak, güvenilir tahminler için hem örnek sayısının yeterli olması, hem de verilerin büyüme başlangıcı ile canlının doğal yaşayabileceği en uzun süre aralığında dengeli bir biçimde elde edilmesi gerekir. Bu çalışmadaki kullanılan verilerin ait olduğu okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) baltalıklarına ait ilk 10 yıllık büyüme periyodunu kapsamaktadır. Bu ağaç türünün Türkiye'deki baltalık işletme idare süresinin 8-10 yıl olduğu düşünülürse yeterlidir. Uzun idare süresine sahip ağaçlar için ise, idare süresine yakın miktarda elde edilecek verilerle kapsamlı ve güvenilir sonuçlar elde edilebilir. Sözü edilen büyüme modelleri ile ağaçların belirli ortamlar için yaşa göre gelişmeleri sayısal olarak saptanabildiğinden, özellikle tek ağaç büyüme modellerinin oluşturulması ve ilgili ağaç türünün idare süresinin belirlenmesinde oldukça yararlı bilgiler sağlamaktadır.

Modellerin yeterliliği, deney ve gerçek durumlarla kontrol edilerek ortaya konabilir. Ancak modellerin verilere uygunluk göstermesi modellerin başarısı hakkında her zaman bir kanıt değildir. Modelin tek bir olaya uyması doğruluğunu göstermez. Farklı durumlarda model test edilerek doğruluğu kanıtlanmaya çalışılmalıdır.

Ayrıca, başarılı bir büyüme modelinde iki isteğin dengelenmesi gerekir. Birincisi; modelin gerçek sistemi tam temsil edebilmesi, ikincisi ise modelin mümkün olduğu kadar sade olmasıdır. Doğal sistemlerin modellendirilmesinde yalnız mantık yoluyla geçerli model elde etmeye çalışmak verimsiz ve yanıltıcı olmaktadır. Model sistemin tamamını veya bir parçasını temsil edebilir. Bu alt modellerin bir araya getirilmesi ile ana model oluşturulabilir.

Sonuç olarak, okaliptüs (*E. camaldulensis*) baltalık boy büyümesinin tahminindeki doğruluk ölçütlerine göre incelenen büyüme modelinin oldukça başarılı olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle boy büyümesinin izlenmesi ile ilgili çalışmalarda doğrusal olmayan modellerin uyum ölçütleri ile kontrol edilerek kullanılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Akalp, T.,1983.. Değişik Yaşlı Meşcerelerde Artım ve Büyümenin Simülasyonu. İ.Ü. Orm. Fak. Yayın No: 3051/327, 169s. İstanbul.

Akalp, T., 2003: Büyüme Modelleri Ders Notları (Yayınlanmamış). İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Hâsılatı ve Biyometri Anabilim Dalı, İstanbul.

- Akbaş, Y., 1995: Büyüme Eğrisi Modellerinin Karşılaştırılması. Hayvansal Üretim 36:73-81.
- Brown, J.E., 1970: A Comparison of Five Stochastic Models on their Ability to Describe the Weight-Age Relationship in Cattle. J. Animal. Sci. 42:810.
- Efe, E., 1990: Büyüme Eğrileri. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı, Doktora Tezi (Yayınlanmamış), Adana.
- Ek, A.R., Monserud, R.A., 1974. Trials with program FOREST: Growth and reproduction for mixed species even or uneven-aged forest stands. pp.56-73. In: Fries, J. (Ed.). Growth models for tree and stand simulation. Royal Coll. For., Res. Notes 30, Stockholm, 379p.
- Günel, A, H., 1978: Tek Ağaç ve Meşcerede Artım ve Büyümenin Matematiksel Modelleri. İ. Ü. Yayın No:2408, O. F. Yayın No:254, İstanbul, 141s.
- Shinozaki, K. And K. Kira., 1956: Intraspecific Competition Among Higher Plants VII. Jour. Ins. Polytech. Osaka City Univ. 35-72.
- SPSS 13.00: SPSS for Windows, Release 10.0, Standart Version, Spss Inc.
- Sterba, H., Monserud, R.A., 1997: Applicability of the forest stand growth simulator PROGNAUS for the Austrian part of the Bohemian Massif. Ecol. Model. 98: 23-34.
- Sun, O., 1978: Bir kızılçam, (*Pinus brutia* Ten.) ağacının simülasyonu için büyüme modeli, İ.Ü. Orm. Fak. Dergisi, 1: 276-292.
- Vanclay, K. J., 1994: Modelling Forest Growth and Yield. Cab International, Wallingford, ISBN 0851989136, 312s.
- Yıldızbakan A., 2003: Von Bertalanffy Boyca Büyüme Modelinin Okaliptüste (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Uygulanması. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Tarsus.

EK

Monomoleküler Büyüme Modelinin Parametre Başlangıç Değerlerinin Elde Edilme Yöntemi

Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) baltalık denemesinden elde edilen yaş boy verileri:

Yaşlar (Yıl)	Dikim Yaşı (0)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ortalama Boy (Mt.)	0.14	3,57	8,10	11,83	14,26	16,20	18,03	19,57	21,33	23,50	24,50

Monomoleküler büyüme modelinin $Y = A \cdot \left(1 - be^{-kt}\right)$

A (asimtotik) başlangıç tahmin değerinin alınmasında gözlenen verilere ait en büyük yaşa ait değerden büyük ve ona yakın olan A=25 metre alınmıştır. Diğer bir parametre olan b'nin başlangıç değerinin tahmin etmek için gözlenen verilere ait ilk (t=0) için $Y_0=0.14$ metre boy değeri ile asimtotik büyüklük (A=25 metre) büyüme modelinde yerine konularak

$$0,14 = 25(1 - be^{-kt}) \rightarrow b = \frac{25 - 0,14}{25} = 0,9944$$

elde edilen b=0.9944 parametrenin başlangıç değeri olarak alınmıştır. Üçüncü bilinmeyen k parametresinin başlangıç değerini tahmin etmek için bir önceki A=25 metre ve b=0.9944 değerlerini kullanarak (t=1) için $Y_1=3.57$ boy değeri büyüme modelinde yerine konulup;

$$3,57 = 25(1 - 0,9944e^{-k1}) \rightarrow 1 - 0,9944e^{-k} = \frac{3,57}{25} \rightarrow 1 - \frac{3,57}{25} = 0,9944e^{-k}$$

$$\ln(0,9944) - k = \ln\left(\frac{25 - 3,57}{25}\right) \rightarrow k = \ln(0,9944) - \ln\left(\frac{25 - 3,57}{25}\right) = 0,14847$$

k=0.14847 başlangıç değeri bulunmuştur.

Tarsus-Karabucak Okaliptüs İşletmeciliğiyle Civar Bölge Tarımının Ekonomik Yönden Bir Kıyaslaması

A. Haluk TÜRKER

Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Tarsus-Mersin

Özet

Okaliptüsler Avustralya kıtasının ağacı olarak bilinmekle birlikte ülkemize 1885 yılında getirilmiş ve ekolojik koşullara uyum sağlayarak geniş alanlarda yetiştirilmeye başlanmıştır. Bu tarihten itibaren ülkemizde park ve bahçelerde süs ağacı olarak yetiştirilmekle beraber 1939 yılında ilk okaliptüs ağaçlandırma çalışması olan şu anda 885 ha alana sahip Tarsus-Karabucak ormanının ağaçlandırmasına başlanmıştır. Dünya’da okaliptüslerden özellikle endüstriyel odun, yapraklarından eterik yağ, çiçeklerinden arıcılık amaçlı faydalanılmaktadır. Ülkemizde ise her ne kadar ekolojik fonksiyonlara da sahip olsa da, okaliptüsün öncelikli yetiştirilme amacı endüstriyel odun üretimidir. Geçmişte Tarsus-Karabucak bataklığını kurutma amaçlı ağaçlandırılan Tarsus-Karabucak okaliptüs ormanı, günümüzde endüstriyel amaçlı işletilmekte ve ülkemizin endüstriyel odun ihtiyacının bir kısmını karşılamaktadır. Bu çalışmayla, Mersin Orman Bölge Müdürlüğü dahilindeki Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü’nün okaliptüsle ilgili verileri, Tarsus İlçe Tarım Müdürlüğü’nün tarımsal verileri ve ilgili kuruluşların verileri yardımıyla, amenajman planına göre 10 yılda bir hasat edilen Tarsus-Karabucak okaliptüs ormanında okaliptüsün ekonomik getirisiyle, civar bölge tarımında tarımsal ürünlerden elde edilen ekonomik veriler kıyaslanmıştır. Böylelikle kamu ve özel sektör açısından okaliptüs yetiştiriciliğinin ekonomik durumuna bir ışık tutulmaya çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Okaliptüs, İşletmecilik, Tarımsal Ürün, Gelir-Maliyet, Tarsus-Karabucak

Comparison of Eucalyptus Enterprises of Tarsus-Karabucak and Neighboring Agricultural Activities From Economic Point of View

Abstract

Eucalyptus species are natural trees of Australia continent. Eucalyptus was introduced to Turkey in 1885 and adapted ecological conditions of Turkey. Eucalyptus forest of Tarsus-Karabucak (885 ha) is first eucalyptus afforestation in Turkey. Eucalyptus species are especially sources of, essential oil and nectar for apiculture. In Turkey, eucalyptus is grown up especially to produce of industry wood. In the past, eucalyptus forest of Tarsus-Karabucak which is afforested to dehydrate marsh of Tarsus-Karabucak, is operated to produce of industry wood nowadays and provide some demand of industry wood of Turkey. By this study, economical benefit of eucalyptus which is harvested in the end of ten years was compared with economical benefit of agricultural crops by the help of data of relevant foundations. Thus, economical condition of growing eucalyptus for the state and private sector was exposed.

Keywords: Eucalyptus, Enterprise, Agricultural Crops, Benefit-Cost, Tarsus-Karabucak

1. Giriş

Adalı, 1944’ün bildirdiğine göre, 4.2.1939 tarihinde tesisine başlanan 885 hektar büyüklüğündeki Tarsus-Karabucak okaliptüs ağaçlandırması Türkiye’nin ilk okaliptüs ağaçlandırması ve aynı zamanda Türkiye’nin plan, program ve üretken bir projeye dayalı ilk ağaçlandırması olmaktadır.

Türkiye’nin bu ilk ağaçlandırması, gerçekleşmesini, o tarihlerde kömür havzalarında had safhaya ulaşan maden direği ihtiyacının kısa sürede karşılanması isteğine borçludur. Ticaret Bakanlığına bağlı Maden Tetkik Arama Enstitüsünün, bu ihtiyacın diğer ülkelerde, örneğin İspanya’da okaliptüsle karşılandığını öğrenmesi üzerine Ticaret Bakanlığı Başbakanlığa başvuruda bulunmuş, Başbakanlık da, Türkiye’de okaliptüs yetiştirilmesine uygun olabilecek yerlerin araştırılmasını Tarım Bakanlığına emirlemiştir. Böylece konu Orman Genel Müdürlüğüne intikal etmiş, bu kurum da konunun araştırılması için bir heyet oluşturmuştur. Söz konusu heyet yaptığı araştırmalar sonucunda Dört Yol, Ceyhan, Karataş ve Antalya yörelerinde okaliptüs yetiştirmeye uygun yerler saptamış ve çalışmalara Dört Yol ve Karataş’ta başlamıştır. Ancak buralarda bazı problemler çıkması üzerine çalışmalar Tarsus yakınındaki Karabucak

ve Aynaz bataklıklarına kaydırılmış ve 4.2.1939 tarihinde Karabucak'ta ilk dikimler yapılmıştır (Adalı, 1944).

Saatçioğlu ve Pamay, 1958'in bildirdiğine göre, Karabucak ve Aynaz bataklıklarının bulunduğu yerde önceleri, denizle bağlantısı olan ve Tarsus'un limanı durumunda bulunan Regma gölü bulunmakta ve Kidnos (şimdiki adı Tarsus ya da Berdan) çayı şehrin içinden geçerek bu göle ulaşmakta idi. Kidnos çayının zaman zaman taşarak şehri su basması üzerine Bizans İmparatoru Justinian zamanında, çayın mecrası değiştirilerek şehrin batısına alınmış ve çay doğrudan doğruya Akdeniz'e akıtılmıştır. Böylece akıntının kalmaması üzerine Regma gölü zamanla kuruyarak bataklık halini almıştır. Bataklığı kurutma ve tarım arazisi haline getirme işi ilk önce 1883 yılında bir İngiliz şirketine ihale edilmiş ancak bu şirket bataklığın korkunç manzarası karşısında bu işi başaramayacağını anlayarak vazgeçmiştir. Daha sonra konu sıtma hastalığı yönünden gündeme gelmiş ve 1934 yılında Bayındırlık Bakanlığı Devlet Su İşleri (o zamanki adıyla Nafia Vekaleti Su İşleri Dairesi) drenaj kanalları açarak bu problemi çözme yoluna gitmiştir. Ancak söz konusu yerin denizle arasındaki yükselti farkının çok az olması nedeniyle yine başarılı olunamamış ve kanallar kısa sürede dolarak görev yapamaz hale gelmişlerdir. Ve nihayet 1939 yılında saha okaliptüsle ağaçlandırılmaya başlanmış, bu arada mevcut kanallar temizlenmek suretiyle yeniden elden geçirilmiş ve böylece iki çalışma kombine edilerek bataklık kurutulabilmiştir. Bu ilk plantasyonu, 1956-1961 yılları arasında tesis edilen ve 105.8 hektar büyüklüğündeki Antakya-Haceraslı okaliptüs ağaçlandırması izlemiştir (Gürses, 1990).

1986 yılı sonu itibariyle Türkiye'de, 7842.13 (%58) hektarı devlet tasarrufunda, 5663.39 (%42) hektarı özel sektör tasarrufunda olmak üzere toplam 13505.52 hektar okaliptüs ormanı bulunmaktadır (Gürses, 1987). 1993 yılı itibariyle ise bu rakamın 20.000 hektara ulaştığı bildirilmekte (Gürses, 1993) olup, 1982 tarihli bir envanter çalışmasına göre ülkemizde okaliptüs ile ağaçlandırılabilir 150 bin hektar potansiyel arazi bulunduğu belirtilmektedir (Avcıoğlu, 1982).

Okaliptüs Türkiye'de Ege, Orta ve Doğu Karadeniz Bölgelerinin kıyı arazilerinde; Akdeniz Bölgesinin kıyı arazileri ile ova (alçak yayla)'larında ve ayrıca Güneydoğu Anadolu Bölgesinin ova (alçak yayla)'larında bulunur. Ancak, endüstriyel ağaçlandırmaları Ege ve Akdeniz Bölgelerinin kıyı arazilerinde yapılabilmekte olup diğer bölgelerdeki bulunuşları münferit halde ve süs bitkisi niteliğindedir. Türkiye'de özellikle Akdeniz ve Ege Bölgeleri kıyı arazilerinde 250 m yükselti ve %15 eğime kadar olan arazilerde ağaçlandırmalarda kullanılabilir. Ancak verimli bir işletmecilik için 50 m yükseltiye kadar olan düz arazilerde kullanılması uygundur (Gürses, 1995).

Her ne kadar ekolojik fonksiyonlara da sahip olsa da, ülkemizde okaliptüsün öncelikli yetiştirilme amacı endüstriyel odun üretimidir. Geçmişte Tarsus-Karabucak bataklığını kurutma amaçlı ağaçlandırılan Tarsus-Karabucak okaliptüs ormanı, günümüzde endüstriyel amaçlı işletilmekte ve ülkemizin endüstriyel odun ihtiyacının bir kısmını karşılamaktadır.

Bu çalışmayla, Mersin Orman Bölge Müdürlüğü dahilindeki Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü'nün okaliptüsle ilgili verileri, Tarsus İlçe Tarım Müdürlüğü'nün tarımsal verileri ve ayrıca ilgili kuruluşların verileri yardımıyla, amenajman planına göre 10 yılda bir hasat edilen Tarsus-Karabucak okaliptüs ormanında okaliptüsün ekonomik getirisiyle, civar bölge tarımında tarımsal ürünlerden elde edilen ekonomik veriler kıyaslanmıştır. Böylelikle kamu ve özel sektör açısından okaliptüs yetiştiriciliğinin ekonomik durumuna bir ışık tutulmaya çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Mersin Orman Bölge Müdürlüğü Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü Karabucak Orman İşletme Şefliği sınırları dahilinde bulunan Karabucak okaliptüs ormanı, Tarsus ilçesinin yaklaşık 7 km güneybatısında olup denizden yüksekliği 4-6 metre ve denize uzaklığı 15 km'dir. Toplam 885 ha alanda tesis edilen Karabucak okaliptüs ormanı büyük oranda *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. ve az miktarda da *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden türlerinden oluşmaktadır ve 10 yıllık dönüş müddeti ile 3 dönem baltalık

olarak işletilmektedir. Ekonomik kök yaşının üç idare müddeti olduğu okaliptüs, üç idare müddetinden sonra köklenerek yeniden ağaçlandırılmaktadır.

Tarsus-Karabucak yöresi okaliptüs yetiştiriciliği açısından Türkiye'deki optimum alan olarak nitelendirilmektedir. Belirtilen karakteristikler açısından bu yöreye ilişkin 1950-1994 yıllarını kapsayan 44 yıllık değerlere göre; yıllık ortalama sıcaklık 17,9 °C, maksimum ekstrem sıcaklık 43 °C (Ağustos), minimum ekstrem sıcaklık -8,5 °C (Ocak), yıllık ortalama yağış 609,5 mm'dir (Anonim, 2003).

Karabucak okaliptüs ormanı taban suyu seviyesinin düşmesine yardımcı olma, toprağı koruma ve yaban hayatına barınak olma gibi ekolojik fonksiyonlara sahip olmanın yanında, ekonomik olarak bugünkü durumu itibariyle özellikle civar bölgenin ambalaj odunu ihtiyacını büyük oranda karşılamakta, yakacak odun olarak ve mangal kömürü yapımında kullanılmakta ve ayrıca çiçekleriyle arılar için nektar kaynağı oluşturmaktadır.

Tarsus-Karabucak okaliptüs ormanının hemen bitişiğinde tarım arazileri bulunmakta ve böylece yan yana hem tarım hem de ormancılık yapılmaktadır. Bu tarım arazileri ülkemizin başta gelen zengin tarım arazilerinden birisidir ve ülkemizin tarımsal ürün ihtiyacının önemli bir kısmını karşılamaktadır. Araştırmada bu tarım arazilerinde yetiştirilen tarımsal ürünler arasında buğday, pamuk, mısır ve portakalın gelir-maliyet durumu incelenmiştir.

2.2. Yöntem

Araştırmada okaliptüsle ilgili olarak Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü'nün 2005-2006-2007 yılı muhasebe kayıtları ve Karabucak Orman İşletme Şefliği'nin 2007 yılı üretim verileri, Tarsus İlçe Tarım Müdürlüğü'nün 2005-2006-2007 yılı tarımsal verileri incelenmiş ve ayrıca Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü'nün "Okaliptüs Yetiştiriciliği" yayınından, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü'nün "2007 Yılı Birim Fiyat Cetveli"nden ve Adana İl Çevre ve Orman Müdürlüğü Etüt Proje Şube Müdürlüğü'nce hazırlanan bir "Okaliptüs Özel Ağaçlandırma Uygulama Projesi"nden yararlanılmıştır.

Bu veriler ve yardımcı kaynaklar yardımıyla öncelikli olarak AGM ve DSİ Sulama Birliğinin 2007 yılı birim fiyatlarına göre 1 hektarlık okaliptüs ağaçlandırma maliyet cetveli çıkartılmış, daha sonra Karabucak Orman İşletme Şefliği'nin 2007 yılı üretim durumuna göre 1 hektarlık okaliptüs ağaçlandırmasından ne kadar emval elde edilebileceği tespit edilmiş ve Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü'nün muhasebe kayıtlarına göre okaliptüsün ihaleli ve tahsis fiyatları yardımıyla 1 hektarlık okaliptüs ağaçlandırmasından 2007 yılı baz alınarak ne kadar brüt gelir elde edilebileceği tespit edilmiştir. Tespit edilen bu brüt gelirden ilk 10 yıllık ve ikinci 10 yıllık maliyetler çıkarılarak 2007 yılı maliyet ve satış fiyatları baz alınarak 1 hektarlık okaliptüs ağaçlandırmasından yıllık olarak elde edilebilecek net gelir hesaplanmıştır.

1 hektarlık okaliptüs ağaçlandırmasıyla ilgili bu gelir-maliyet durumu, Tarsus İlçe Tarım Müdürlüğü'nün tespit ettiği 2007 yılı buğday, pamuk, mısır ve portakal tarımı gelir-maliyet durumuyla kıyaslanarak okaliptüs işletmeciliğinin ekonomik durumu ortaya konulmaya çalışılmıştır.

3. Bulgular

Araştırmada öncelikli olarak Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü'nün "Okaliptüs Yetiştiriciliği" yayınından, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü'nün "2007 Yılı Birim Fiyat Cetveli"nden ve Adana İl Çevre ve Orman Müdürlüğü Etüt Proje Şube Müdürlüğü'nce hazırlanan bir "Okaliptüs Özel Ağaçlandırma Uygulama Projesi"nden yararlanılarak Tablo 1'de verilen 3mx3m dikim aralık mesafesine göre "1 Hektarlık Okaliptüs Ağaçlandırması için Maliyet Cetveli" çıkartılmıştır. Bu maliyet cetvelinde, Karabucak okaliptüs ormanında çok eski yıllarda yapılmış olmasından ve özel okaliptüs işletmeciliğine daha yakın sonuçlar elde edebilmek için tesviye ve drenaj kalemlerine yer verilmemiştir. Ayrıca Karabucak okaliptüs ormanında sulama ücreti ödenmemesine rağmen özel

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

okaliptüs işletmeciliğine uygun olması açısından DSİ Sulama Birliğinin portakal için yıllık sulama ücreti maliyet cetveline konmuştur.

Tablo 1’de, 1 hektarlık okaliptüs ağaçlandırmasının ilk on yıllık kesim düzenine göre maliyetinin 4009,88 YTL, sadece bakım giderlerinin bulunduğu ikinci on yıla göre maliyetinin ise 2419,59 YTL olduğu görülmektedir.

Tablo 1. 1 Hektarlık Okaliptüs Ağaçlandırması için Maliyet Cetveli (2007 Yılı Birim Fiyatlarına Göre)

Sıra No	Poz No	İşin Çeşidi (Tarifi)	Birimi	Miktar	Birim Fiyat (YTL)*	Tutar (YTL)
60	302.1	160-230 HP paletli traktör + 3'lü riperle alt toprak işleme (60-80 cm)	Ha	1	333.27	333.27
72	400.1	80-110 HP 4x4 lastik tekerlekli traktör + ağır diskaro ile üst toprak işleme	Ha	1	156.60	156.60
345	3108.1	Kültüratör ile çapraz sürüm	Da	10	15.90	159.0
Arazi Hazırlığı Toplamı						648,87
136	1001.1	Piketaj yapılması (3x3 dikim aralığına göre)	1000 ad	1.1	50.43	55.47
149	1005.1	Tüplü fidan dikimi	1000 ad	1.1	345.41	379.95
		Fidan bedeli (2007 yılı - 1 yaşlı)	Adet	1100	0.46	506.0
Fidan Dikimi Toplamı						941.42
87	601.2	60-80 HP 4x2 lastik tekerlekli traktöre arkadan bağlı diskaro ile fidan sıraları arasında bakım yapılması (3 tekrür x 3 yıl = 9)	Ha	9	79.05	711.45
293	2103.1	Ağaç diplerinde 1 m ² lik alanda işçi ile ot alımı (3 tekrür x 1.1 x 3 yıl = 9,9)	1000 ad	9.9	57.62	570.44
149	1005.1	Tamamlama dikimi	1000 ad	0.11	345.41	38.0
		Fidan bedeli (2007 yılı - 1 yaşlı)	Adet	110	0.46	50.6
294	2104.1	İşçi ile sulama (3 tekrür x 3 yıl = 9)	Ha	9	49.90	449.1
		Su ücreti (3 yıl)	Da/Yıl	30	20.0**	600.0
Bakım Giderleri Toplamı						2419.59
MASRAFLAR TOPLAMI						4009.88

Kaynak: Anonim, 2002; Anonim, 2003; AGM, 2007*; DSİ, 2007**

Karabucak Orman İşletme Şefliği'nin 2007 yılı damga ve alan durumu ortalamasına göre 10 yıllık kesim periyoduna göre hektardaki dikili ağaç servetinin (D.K.G.H.) ortalama 285 m³ olduğu ve üretim durumuna göre *E. camaldulensis*'in ortalama çalışma yüzdesinin D.K.G.H.'nin %81'i olduğu tespit edilmiştir.

Karabucak Orman İşletme Şefliği'nin okaliptüs bölmelerinin 2007 yılı damga ve üretim durumları incelenerek, Dikili Kabuklu Gövde Hacim (D.K.G.H.)'den üretilen ürünler bazında ortalama çalışma yüzdeleri Tablo 2’de ve 1 hektardan üretililecek emval durumu Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 2. Karabucak İşletme Şefliği'nin 2007 Yılı Üretim Durumuna Göre Okaliptüs Bölmelerinin D.K.G.H.'den Üretilen Ürünler Bazında Ortalama Çalışma Yüzdeleri

<i>E.camaldulensis</i> (D.K.G.H.)	Tomruk (m ³)	Maden Direği (m ³)	Sanayi Odunu (m ³)	Sırık (m ³ -Ster)	Yakacak Odun (Ster)
Çalışma Yüzdeleri	%32	%38	%5	%6-%8	%9

Tablo 3. Karabucak İşletme Şefliği'nin Üretim Durumuna Göre 1 Hektardan Üretililecek Emval

	Tomruk (m ³)	Maden Direği (m ³)	Sanayi Odunu (m ³)	Sırık (m ³ -Ster)	Yakacak Odun (Ster)
1 Ha'dan Elde Edilen Emval	91	108	14	17-23	25

I. Ulusal Okalıptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

Maliyet hesabında kullanılacak Karabucak Orman İşletme Şefliği'nin 2007 yılı ortalama okalıptüs kesme-sürütme birim fiyatları Tablo 4'de ve Karabucak Şefliği'nin 2007 yılı üretim bölmelerine göre 1 hektarın kesme-sürütme maliyeti Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 4: Karabucak İşletme Şefliği'nin 2007 Yılı Ortalama Okalıptüs Kesme-Sürütme Birim Fiyatları

	Kesme (YTL)	Sürütme (YTL)	Toplam (YTL)
Tomruk-Maden Direği-Sanayi Odunu (m ³)	8,0	5,0	13,0
Sırık (Ster)	5,0	3,0	8,0
Yakacak Odun (Ster)	4,0	3,0	7,0

Kaynak: Anonim, 2007d

Tablo 5: Karabucak Şefliği'nin 2007 Yılı Üretim Bölmelerine Göre 1 Hektarın Kesme-Sürütme Maliyeti

1 Hektardan Üretilen Emval	Miktar	Kesme-Sürütme Fiyatı (YTL/ m ³)	Kesme-Sürütme Maliyeti (YTL/Ha)
Tomruk-Maden Direği-Sanayi Odunu (m ³)	213,0	13,0	2769,0
Sırık Üretimi (Ster)	23,0	8,0	184,0
Yakacak Odun (Ster)	25,0	7,0	175,0
Toplam			3128,0

Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü'nün son üç yıllık okalıptüs satış durumuna bakıldığında, özellikle son iki yılda satışa çıkan emvalin tamamının satıldığı görülmektedir (Tablo 6). Dolayısıyla okalıptüsün bir pazar sorunu olmadığı, satışında herhangi bir sorun bulunmadığı, rahatlıkla alıcı bulabildiği görülmektedir.

Karabucak okalıptüs ormanında üretilen okalıptüs sırık, Tarsus İşletme Müdürlüğü'nün gençleştirme ve rehabilitasyon sahalarında dikenli tel ihata tesisinde kullanılarak tüketildiğinden Tablo 6'da satışı görülmemektedir. Okalıptüs sırık satış geliri, Tarsus İşletme Müdürlüğü'nün okalıptüs sırık tahsis fiyatlarına göre hesap edilmiştir.

Tablo 6: Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü'nün Son Üç Yıllık Okalıptüs Satış Durumu

Yıl		Tomruk (m ³)	Maden Direği (m ³)	Sanayi Odunu (m ³)	Sırık (m ³)	End. Odun Toplamı(m ³)	Yakacak Odun (Ster)
2005	Satışa Çıkan	4417	4979	524	-	9920	2305
	Satılan Emval	4417	4265	524	-	9206	1320
2006	Satışa Çıkan	5405	5782	765	-	11952	825
	Satılan Emval	5405	5782	765	-	11952	825
2007	Satışa Çıkan	2300	3493	280	-	6073	259
	Satılan Emval	2300	3493	280	-	6073	259

Kaynak: Anonim, 2005a; Anonim, 2006a; Anonim, 2007a

Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü'nün son üç yıllık ortalama okalıptüs satış fiyatları Tablo 7'de ve Tarsus yöresinde bazı tarım ürünlerinin son üç yıllık ortalama satış fiyatları Tablo 8'de verilmiştir. Tablolara bakıldığında, son üç yılda okalıptüs fiyatlarında az miktarda bir artış olduğu, buğday ve mısır fiyatlarında ise daha yüksek artış miktarlarının olduğu görülmektedir.

Tablo 7. Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü'nün Son Üç Yıllık Ortalama Okalıptüs Satış Fiyatları

Cins Nev'i ve Sınıfı	Yıllar İtibariyle Ortalama Satış Fiyatları (YTL)* (%25 KDV ve diğer vergiler dahil)		
	2005	2006	2007
3.SKB Okalıptüs Tomruk (m ³)	109,08	121,34	121,84
2.S. Okalıptüs Maden Direk (m ³)	97,35	113,99	105,69
Okalıptüs Sanayi Odunu (m ³)	93,74	102,29	93,89
Okalıptüs Sırık Odun (Ster)	75,0**	81,25**	93,75**
Okalıptüs Yakacak Odun (Ster)	34,39	46,20	38,34

Kaynak: Anonim, 2005a*; Anonim, 2006a*; Anonim, 2007a*; Anonim, 2005b**; Anonim, 2006b**; Anonim, 2007b**

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

Tablo 8. Tarsus Yöresinde Bazı Tarım Ürünlerinin Son Üç Yıllık Ortalama Satış Fiyatları

Ürünler	Yıllara Göre Ortalama Satış Fiyatları (YTL/kg)		
	2005	2006	2007
Buğday	0,34	0,34	0,45
Pamuk	0,79	0,70	0,65
Mısır	0,23	0,31	0,42
Portakal	0,30	0,30	0,33

Kaynak: Anonim, 2005c; Anonim, 2006c; Anonim, 2007c

Tarsus yöresindeki bazı tarım ürünlerinin 2007 yılı brüt gelir-maliyet-net gelir durumu Tablo 9’da verilmiştir. Kamu işletmesi olmasından dolayı Karabucak okaliptüs ormanında arazi kirası bulunmadığından tarımsal ürünlerin maliyet hesabında da eşdeğer olması için Tablo 9’da maliyet unsurları içerisinde arazi kirası hesaba katılmamıştır. Ayrıca hem okaliptüsün hem de tarımsal ürünlerin maliyet hesabında yönetim giderleri dikkate alınmamıştır. Tablo 9’da görüldüğü gibi 2007 yılında pamuk çiftçiye zarar ettirmişken buğday, mısır ve portakal kar sağlamıştır.

Tablo 9. Tarsus Yöresindeki Bazı Tarım Ürünlerinin 2007 Yılı Brüt Gelir-Maliyet-Net Gelir Durumu

Ürünler	Verim (kg/da)	Satış Fiyatı (YTL/kg)	Maliyet Unsurları (YTL/da)				Brüt Gelir (YTL/da)	Maliyet (YTL/da)	Net Gelir (YTL/da)
			Toprak İşleme -Ekim	Bakım İşleri	Hasat ve Harman	Çeşitli Girdiler			
Buğday	600	0,45	28,15	10,37	23,22	65,16	270,0	126,90	+143,1
Pamuk	650	0,65	45,28	152,83	132,50	152,72	422,50	483,33	-60,83
Mısır	900	0,42	44,85	50,68	30,25	134,71	378,0	260,49	+117,51
Portakal	3500	0,33	39,38	238,02	399,35	150,14	1155,0	826,89	+328,11

Kaynak: Anonim, 2005c; Anonim, 2006c; Anonim, 2007c

1 hektarlık okaliptüsün brüt geliri (10 yıllık kesim periyoduna göre) Tablo 10’da verilmiştir. 1 hektardan elde edilebilecek emval miktarının, 2007 yılı satış fiyatlarına göre getireceği 10 yıllık brüt gelir miktarı 26931,2 YTL/ha olarak hesaplanmıştır.

Tablo 10. 1 Hektarlık Okaliptüsün Brüt Geliri (10 Yıllık Kesim Periyoduna Göre)

Cins Nev’i ve Sınıfı	Üretim Durumu	2007 Yılı Satış Fiyatı (YTL)	Brüt Gelir (YTL/ha)
3.SKB Okaliptüs Tomruk (m ³)	91	121,84	11087,4
2.S. Okaliptüs Maden Direk (m ³)	108	105,69	11414,5
Okaliptüs Sanayi Odunu (m ³)	14	93,89	1314,5
Okaliptüs Sırık Odun (Ster)	23	93,75	2156,3
Okaliptüs Yakacak Odun (Ster)	25	38,34	958,5
TOPLAM	213 m ³ – 48 Ster		26931,2

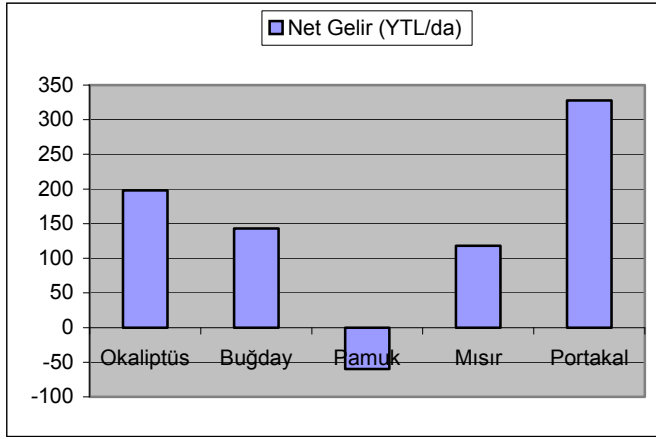
Karabucak İşletme Şefliği’nde okaliptüsün 2007 yılı brüt gelir-maliyet-net gelir durumu Tablo 11’de verilmiştir. Tablo 11’de, özel işletmeciliğe de ışık tutması açısından emvalin kesme-sürütmesi yapılarak rampadan ve ayrıca dikili satış şeklinde satışı yapılarak, ilk 10 yıllık ve ikinci 10 yıllık maliyet rakamlarına göre net gelir rakamları hesaplanmıştır.

Tablo 11’de dikili satış hesabında, Karabucak Orman İşletme Şefliği’nde 2007 yılında satışı yapılan okaliptüs bölmesinin (117-A) dikili satış tutarı olan 57,63 YTL/m³ (%25 KDV ve diğer vergiler dahil) hesaba alınmıştır (Anonim, 2007e). Bu rakam daha önce hesapladığımız hektardaki okaliptüs servetiyle (285 m³) çarpılarak dikili satışın brüt geliri hesaplanmıştır. Kesme-sürütme masrafı alıcıya ait olduğundan dikili satışın maliyet hesabında yer almamıştır.

Tablo 11. Karabucak İşletme Şefliği'nde Okaliptüsün 2007 Yılı Brüt Gelir-Maliyet-Net Gelir Durumu

Satış Şekli	Maliyet Unsurları (YTL/Ha)				Brüt Gelir (YTL/Ha)	Maliyet (YTL/Ha)	Net Gelir (YTL/Ha)	Yıllık Net Gelir (YTL/da)
	Arazi Hazırlığı	Fidan Dikimi	Bakım Giderleri	Kesme-Sürütme				
İlk 10 Yıl Üretim-Satış	648,87	941,42	2419,59	3128,0	26931,2	7137,88	+19793,32	+197,93
İkinci 10 Yıl Üretim-Satış	0	0	2419,59	3128,0	26931,2	5547,59	+21383,61	+213,83
İlk 10 Yıl Dikili Satış	648,87	941,42	2419,59	0	16424,55	4009,88	+12414,67	+124,15
İkinci 10 Yıl Dikili Satış	0	0	2419,59	0	16424,55	2419,59	+14004,96	+140,05

Okaliptüsün ve tarımsal ürünlerin 2007 yılı net gelir durumları şekil 1'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 1. Okaliptüsün ve Tarımsal Ürünlerin 2007 Yılı Net Gelir Durumları

Sonuç olarak, Tablo 9'daki tarım ürünleriyle Tablo 11'deki okaliptüsün dönüme net geliri kıyaslandığında, yatırımcının sabırlı olması durumunda yani uzun yıllar beklemeyi göze alarak eline toplu bir gelir geçmesini beklemesi durumunda okaliptüsün tarımsal ürünlerden buğday, pamuk ve mısırdan daha karlı bir yatırım olduğu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca okaliptüs işletmeciliğinin, tarımsal ürünlerde olduğu gibi her yıl bir emek gerektirmemesinin verdiği rahatlık da işletmeciliği düşünen kişiler tarafından hesaba katılmalıdır.

4. Tartışma

Ülkemizde tarımsal ürünlerin arz-talep dengesinin düzensiz olmasından dolayı çiftçimiz ektiği ürünün kar getireceğinden emin olamamakta ve birçok yıl da ektiği üründen zarar etmekte ve hatta ürünü tarlada bırakarak sürmektedir. Bu durum ülkemiz çiftçisini alternatif ürün arayışına yönlendirmektedir.

Bu çalışma bu alternatif ürün arayışlarına bir örnek oluşturma açısından önemlidir. Yapılan araştırmada okaliptüs yetiştiriciliğinin en az tarımsal ürünler kadar hatta daha fazla, fakat uzun vadede toplu bir gelir getirebileceğini ortaya koymaktadır. Ayrıca aynı arazide yıllardır ekilen tarımsal ürünler sığ kök sistemlerinden dolayı arazinin üst toprak tabakasını kullandıklarından araziler verimsizleşmektedir. Tarımsal ürünlerden daha derin kök sistemine sahip olan okaliptüsler ise arazinin alt toprak tabakasını kullanacağından hem üst toprağın dinlenmesine imkan sağlayacaktır hem de yaprak, kabuk ve dal atıklarıyla üst toprağın humus bakımından zenginleşmesine katkı sağlayacaktır.

Okaliptüs işletmeciliğinden kar edilebilmesi için yetiştiriciler kaliteli fidan kullanımına, uygun dikim sıklığına, gübreleme ve bakım çalışmalarında tekniğine uygun davranmalıdırlar. Okaliptüs işletmeciliğinde yetiştiriciler ilk 1-2 yıl ara tarım yapma imkanına da sahiptirler. Bu ara tarım geliriyle ilk yıldaki tesis masrafının bir nebze olsun azaltılmasına katkı sağlanabilir.

Yetiştiriciler kullanacakları okaliptüs fidanı bakımından öncelikli olarak fidan kalitesi açısından daha güvenilir olan orman fidanlıklarına müracaat etmelidir. Fakat okaliptüs fidanı üretecek olan orman fidanlıkları da Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü'nün geçmiş yıllarda yapmış olduğu çalışmalara göre tespit ettiği üstün artım özelliklerine sahip okaliptüs klonlarından aynı özellikleri taşıyacağı için çelikle fidan üretimine yönelmelidirler. Tohumla fidan üretimi elde edilecek fidanın genetik özellikleri açısından bir belirsizliğe yol açmaktadır.

Özkurt, A., 1998'in bildirdiğine göre, 1990'lı yıllarda özel okaliptüs yetiştiriciliği Çukurova bölgesinde yaygın bir şekilde yapılmakta, fakat yetiştiriciler tomruk fiyatlarının yeterince yüksek olmadığından yakınmaktadır.

Ülkemizde okaliptüs yetiştiriciliğinin cazip hale gelebilmesi için öncelikli olarak okaliptüsün kullanım alanlarının artırılması gerekmektedir. Böylece okaliptüse olan talep artacak bu da satış fiyatlarının ve de elde edilecek gelirin artmasına yardımcı olacaktır.

Karabucak okaliptüs ormanından üretilen emvalin kağıtlık odun olarak kullanımı, kağıt fabrikalarının uzaklığı nedeniyle dolayısıyla nakliyat fiyatlarının yüksekliği nedeniyle gerçekleşmemektedir. Civar bölgede bir kağıt fabrikasının bulunması da okaliptüsün talebinin artmasına ve de fiyatının yükselmesine olanak sağlayabilecektir. Ayrıca ülkemizde tarımsal ürünlere verilen devlet teşviklerinin okaliptüs yetiştiricilerine de verilmesi bu yatırımın daha da cazip hale gelmesine yardımcı olacaktır.

Özkurt, A., 1994'ün Çukurova Bölgesinde Mersin, Adana ve Osmaniye illerinde okaliptüs yetiştiriciliği yapan 79 tarımsal işletmeyle yaptığı anket sonuçlarına göre, bu işletmelerin öncelikli olarak okaliptüs işletmeciliğinin karlı olduğuna inandığı, bunun yanı sıra tarımla uğraşmadığı için yetiştiricilik yapan yada problemleri arazilerini ıslah etmek, değerlendirmek için yetiştiricilik yapan tarımsal işletmelerde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, Çukurova'da özel okaliptüs yetiştiriciliğinde devlet işletmeciliğine göre idare sürelerinin kısaltılarak kuru aşamasında (ilk tesisten sonra) 8 yıl, baltalık aşamasında 7 yıla düştüğü görülmüştür. Okaliptüs işletmeciliğinin ağırlıklı olarak pamuk, buğday, mısır ve soya tarımı yapılan yerlerde alternatif olarak yetiştirildiği ve ayrıca bazı işletmelerde ilk yıl olarak ara tarım olarak pamuk ve soyanın ekildiği ve tesis masrafını düşmesinde etkili olduğu görülmüştür. Örnek işletmeler arasında baltalık idare müddeti döneminde bulunan işletmecilerin 8 yıllık kuru idare müddeti sonunda ortalama olarak dekarda 15,05 m³ ürün aldığı görülmüştür. Yapılan ekonomik analizde de okaliptüs yetiştiriciliğinin karlı bir yatırım olduğu ve baltalık dönemde karlılığın arttığı tespit edilmiş, pazarlamanın kolaylığı ve idare süresiyle oynayabilme esnekliği, risk faktörlerinden daha az etkilenmesi, tarımsal ürün yetiştiriciliğine göre daha az işgücü kullanılmasının okaliptüs yetiştiriciliğini cazip kılan faktörler olmasına karşılık idare müddetini bekleme zorunluluğunun işletmecilik için dezavantaj olduğu belirtilmiştir.

Ülkemizde Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü öncülüğünde okaliptüs türleriyle ilgili bugüne kadar eliminasyon ve mukayese denemeleri yapılmıştır. Alınan sonuçlara göre, ülkemizin toprak ve iklim şartlarına uyum sağlayabilen okaliptüs türlerinden *E. camaldulensis*, *E. grandis*, *E. occidentalis*, *E. bicostata*, *E. maidenii*, *E. globulus*, *E. gomphocephala*, *E. dalrympleana* gelişme yönünden başarılı bulunmuşlardır (Avcioğlu ve Gürses, 1984).

Şu an ülkemizde kullanılan okaliptüs türleri (*E. camaldulensis* ve *E. grandis*) yanında, Avcioğlu ve ark., 1994'ün bildirdiğine göre göğüs yüzeyi gelişmesi bakımından *E. globulus* ssp. *bicostata* türünün 9539 ve 12088 numaralı orijinlerinin de istikbal vaat eder nitelikte bulunduğu belirtilmektedir.

Coppen, J.J.W., 1993'ün bildirdiğine göre, "hızlı gelişen bir tür olan okaliptüs kağıt hamuru, kereste ve yakacak odun olarak uygun olmasının yanında, ayrıca önemli bir uçucu yağ kaynağıdır. Dünya okaliptüs uçucu yağ üretimi yıllık 3,500 ton civarında olup, bunun 2,500 tonu tıpta diğer kalanı da parfümeride

kullanılmaktadır. Çin tek başına dünya tıbbi uçucu yağ üretiminin %70'ini karşılamaktadır. İspanya ve Portekiz'de kağıt hamuru için yetiştirilen *E. globulus* ve Brezilya'da mangal kömürü için yetiştirilen *E. citriodora* ayrıca uçucu yağ üretimi için uygun türlerdir” demektedir.

Başer K.H.C. ve ark., 1998'in bildirdiğine göre de, ülkemizde kullanılan *E. camaldulensis* ve *E. grandis* türlerinin yapraklarındaki hem uçucu yağ verimi hem de uçucu yağdaki 1,8-sineol yüzdesi düşük olduğundan ticari okaliptüs yağı eldesinde kullanılmaları ekonomik olmamaktadır.

Coppen, J.J.W., 1993, aynı ekolojik bölgede bulunduğumuz İspanya ve Portekiz'in kağıt hamuru için *E. globulus* türünü yetiştirdiğini ve bunun uçucu yağ üretimine de uygun bir tür olduğunu belirtmektedir. Dolayısıyla, ülkemizde salt odun üretimi için kullanılan okaliptüsün hem odun hem de uçucu yağ üretimine uygun türlerinin ülkemizde yetiştirilmesi de daha karlı bir okaliptüs yetiştiriciliği için düşünülebilecek alternatiflerdendir.

4. Kaynaklar

- Adalı, F., 1944. Sağlık Ağacı Okaliptüs. Ziraat Vekâleti Neşriyat Müdürlüğü, Genel Sayı: 609, Pratik Kitaplar Sayı: 3, İstanbul.
- AGM, 2007. Çevre ve Orman Bakanlığı Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü'nün 2007 Yılı Birim Fiyat Cetveli. Ankara.
- Anonim, 2002. Mustafa Yeşilyaprak'a Ait Okaliptüs Özel Ağaçlandırma Uygulama Projesi, İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Etüt Proje Şube Müdürlüğü, Adana.
- Anonim, 2003. Okaliptüs Yetiştiriciliği. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Çeşitli Yayınlar Serisi No: 1, Tarsus
- Anonim, 2005a. Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü'nün 2005 Yılı Açık Artırmalı Satışlarına Ait Cetvel. Tarsus.
- Anonim, 2005b. Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü'nün 2005 Yılı Okaliptüs Sırk Odunu Tahsis Fiyatı. Tarsus.
- Anonim, 2005c. Tarsus İlçe Tarım Müdürlüğü'nün 2005 Yılı Tarımsal Ürünler Maliyet-Gelir Cetveli, Tarsus.
- Anonim, 2006a. Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü'nün 2006 Yılı Açık Artırmalı Satışlarına Ait Cetvel. Tarsus
- Anonim, 2006b. Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü'nün 2006 Yılı Okaliptüs Sırk Odunu Tahsis Fiyatı. Tarsus.
- Anonim, 2006c. Tarsus İlçe Tarım Müdürlüğü'nün 2006 Yılı Tarımsal Ürünler Maliyet-Gelir Cetveli, Tarsus.
- Anonim, 2007a. Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü'nün 2007 Yılı Açık Artırmalı Satışlarına Ait Cetvel. Tarsus.
- Anonim, 2007b. Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü'nün 2007 Yılı Okaliptüs Sırk Odunu Tahsis Fiyatı. Tarsus.
- Anonim, 2007c. Tarsus İlçe Tarım Müdürlüğü'nün 2007 Yılı Tarımsal Ürünler Maliyet-Gelir Cetveli, Tarsus.
- Anonim, 2007d. Karabucak Orman İşletme Şefliği'nin 2007 Yılı Üretim Verileri, Tarsus.
- Anonim, 2007e. Karabucak Orman İşletme Şefliği'nin 117-A No'lu Bölmesine Ait 2007 Yılı Dikili Satış Hesap Cetveli, Tarsus.
- Avcıoğlu, E., 1982. Türkiye'de Okaliptüsle Ağaçlandırılabilen Orman Alanları Özel Ağaçlandırma Sahalarının Miktar ve Koşulları Üzerine Etüd Çalışmaları. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Or. Ağ. Ar. Enst. Dergisi, İzmit.
- Avcıoğlu, E. ve Gürses, M.K., 1984. Türkiye Oryantasyon Okaliptetumları Kuruluş Projesi Sonuçları. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Yıllık Bülten No: 20, İzmit.
- Avcıoğlu, E., Gürses, M.K., Gülbaba, A.G., Genç, A., Özkurt, N. ve Özkurt, A., 1994. Türkiye'de Okaliptüslerin Yetişebilecekleri Bölgelerde Tür ve Orijin Seçimi Üzerine Araştırmalar. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayını, Teknik Bülten No: 1, Tarsus.
- Başer K.H.C., Gülbaba A.G., Azcan N., Kara M., Kırmıner N., Kürkçüoğlu M., Özek T. ve Özkurt N. 1998. Türkiye'de Yetiştirilen Bazı Okaliptüs (*Eucalyptus*) Türlerinin Uçucu Yağ Verim ve Bileşimlerinin ve Üretim Teknolojilerinin Belirlenmesi. Doğu Akdeniz Orm. Ar. Müdürlüğü Yayını, Teknik Bülten No: 7, Tarsus.
- Coppen, J.J.W., 1993. Pines and Eucalyptus – Sources of Non-Wood Forest Products in Africa. Natural Resources Institute, Chatham Maritime, United Kingdom. (FAO/Commonwealth Science Council Regional Expert Consultation Meeting on Non-Wood Forest Products, Arusha, Tanzania, 17-22 October, 1993. <http://www.fao.org/docrep/x5325e/x5325e00.htm> - Erişim: 08.02.2008).
- DSİ, 2007. DSİ Sulama Birliği'nin 2007 Yılı Yıllık Sulama Ücreti (Portakal için). Tarsus.
- Gürses, M.K., 1987. Yurdumuzda Mevcut Okaliptüs Ağaçlandırmalarının Kapladıkları Alanlar ile Bu Alanlardaki Servet Tahminleri ve Okaliptüs Odunu Tüketen Sanayi Kollarının Tespiti. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi, İzmit.
- Gürses, M.K., 1990. Dünya'da ve Türkiye'de Okaliptüs. Türkiye'de Okaliptüs Yetiştiriciliğinin 50. Yılı, Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi, Yayın No: 1990/1, İzmit.
- Gürses, M.K., 1993. Okaliptüsün Türkiye Ormancılığı Açısından Önemi ve Bazı Öneriler, Orman Bakanlığı 1. Ormancılık Şurası Tebliğler ve Ön Çalışma Grubu Raporları, Cilt 1, Yayın No: 6, Ankara.
- Gürses, M.K., 1995. *Eucalyptus camaldulensis*'in Yetiştirme Ortamı İstekleri. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayını, Teknik Bülten No: 1, Tarsus.
- Saatçioğlu, F. ve Pamay, B., 1958. Tarsus-Karabucak Mıntkasında Okaliptüs Tesis Çalışmalarının 20 Yıllık Neticeleri Üzerine Silvikültürel Araştırmalar. İ.Ü. Orman Fak. Yay., İ.Ü. O.F. Yayın No: 782/59, İstanbul.
- Özkurt, A., 1994. Çukurova Bölgesinde Okaliptüs İşletmeciliğinin Yapısı ve Ekonomisi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Özkurt, A., 1998. Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Odunu Fiyatlarının 1991-1998 Yıllarındaki Değişimleri, Değişim Nedenleri ve Öneriler. Doğu Akdeniz Orm. Ar. Müd. Dergisi, DOA Dergi No:4, Tarsus.

Bazı Kağıt Hamurlarının İç Yapıştırma Performansları

Arif KARADEMİR¹, Selim KARAHAN², Hülya VARLIBAŞ², Murat ERTAŞ³

¹Doç.Dr., KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

²Yüksek Lisans Öğrencisi, KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

³Doktora Öğrencisi, KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

Özet

Birçok kağıt sınıfının sıvılara karşı belli derecede dirençli olması amacıyla yapılan iç yapıştırma işlemi üzerinde etkili olan bir çok faktör vardır. Bu çalışmada temel atık kağıt sınıfları, ağartılmış ve ağartılmamış uzun elyaf ve ağartılmış okaliptüs hamurları kullanılarak test kağıtları alkali ve asidik sisteme göre iç yapıştırma yapılarak üretilmiştir. Kâğıtların Cobb değerleri ve bazı fiziksel özellikleri karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiş ve konu irdelenmeye çalışılmıştır. Atık kağıtların ciddi derecede mukavemet kaybettikleri ve iç yapıştırmalarının diğer hamurlara göre oldukça zor olduğu görülmüştür. Dövme derecesinin belli bir noktaya kadar olumlu katkısı tespit edilmiştir. İç yapıştırma, çekme, patlama indisleri ve hava geçirgenliği gibi kağıt özelliklerinin yorumlanmasındaki temel parametrelerin, hamur içerisindeki kırıntı ve dolgu miktarı ile liflerin esneklik ve bireysel mukavemetlerine çok yakından bağlı olduğu vurgulanmıştır. Okaliptüs kağıtları ve AKD iç yapıştırması diğer örneklere göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Asit, Alkali İç Yapıştırma, Atık Kâğıt, Dövme Etkisi, Kırıntı Miktarı.*

Abstract

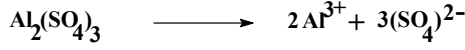
There are numerous factors affecting the internal sizing performance which is applied to give some degree of liquid resistance to many paper grades. In this work, a number of acid and alkali handsheets were made using the main waste paper grades, both bleached and unbleached softwood fibres and also bleached eucalyptus fibres. Cobb values and some physical properties of handsheets were comparatively discussed. The waste papers were found to have lost their strength in a considerable amount and quite difficult to size compared to other pulps studied. Positive beating effects on paper properties were noted at some point. It is stressed that the main assessment parameters in evaluating the internal sizing, the tensile and burst indexes and air resistance of tested papers were closely related to the amount of fine in pulp, filler content and flexibility of individual fibres as well as their physical strengths. Papers made from eucalyptus and AKD internal sizing were found to be better amongst other samples on evaluated criteria.

Keywords: *Acid, Alkali Internal Sizing, Waste Paper, Beating Effects, Fine Content.*

1. Giriş

Birçok dünya ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de kağıt endüstrisi çok ciddi hammadde sıkıntısı çekmektedir. Alternatif hammadde kaynakları ve özellikle atık kağıt geri dönüşümü konusunda ciddi çalışmalar yapılmaktadır. Atık kağıtların değerlendirilmesi üzerine, endüstriyel olarak başarılı ve verimli bir şekilde işletimi yapılan, zengin ormanları bulunan ülkelerde de yoğun çalışmalar yürütülmektedir (McKinney, 1995; Cathie ve Guest, 1991). Buna ek olarak “dayanıklı kağıt” konusu da sıkça gündeme gelmektedir. Zira Amerika ve Avrupa da ki birçok kütüphane ve arşivde çok değerli milyonlarca yazılı kültür varlıkları kullanılmayacak derecede eskimiş ve yıpranmış durumdadır (Roberts ve Etherington, 1982; Havermans, 1995; Pell, 1988). “Dayanıklı kağıt” terimi, zamanla kullanım sırasında kağıtların başlangıç optik ve fiziksel değerlerinde gerçekleşen düşmelerin az ve yavaş olduğunu ifade için kullanılmaktadır. Kâğıtlardaki direnç kayıplarının temel ve en çok karşılaşılan sebebinin, kağıt içerisinde gelişen asitlenme olduğu belirtilmektedir. Asitlenme dış kaynaktan sonradan gelebileceği gibi, bizatihi kağıtın içerisinde üretim sırasında katılan maddelerden de kaynaklanabilir. Kağıt degradasyonu ve mekanizmaları konusunda daha detaylı bilgiler literatürde mevcuttur (Karademir, 1996; Karademir ve İmamoğlu, 2001). En çok karşılaşılan iç kaynak kolofan-alüminyum iç yapıştırmasında katılan ve genel olarak kağıtçı şapı denen, alüminyum sülfattır. Kağıtın ıslanması ve nemlenmesi ile alüminyum hidrolize olarak asidik hidronyum iyonu verir ve bu ise özellikle uzun polimerik selüloz zincirinde asit hidrolizine yani depolimerizasyona neden olur (Şekil 1). Asit ortamda degradasyon diğer kağıt bileşenlerinde de kaçınılmaz olarak görülür ve böylece kağıtlar daha hızlı bir eskime ve bozunum süreci yaşarlar (Gurnagul

ve ark., 1993). Hemiselüloz ve lignin daha kolay bozunuma uğrarken, selülozun ilerleyen aşamalarda polimerizasyon derecesinin düştüğü görülmüştür. Lignindeki bozunma, kağıtlarda renk sararması şeklinde çok açık şekilde belli olmaktadır (Chiple, 1980).



Şekil 1: Kâğıtçı şapının hidrolize olması ve hidronyum iyonu oluşumu.



1.1. İç yapıştırma

İç yapıştırma işlemi temel olarak ikiye ayrılır. Bunlar; ortam pH'nın 4,5-5,5 aralığında yapıldığı geleneksel kolofan-alüminyum iç yapıştırması ve 6,5-9,0 pH aralığında gerçekleştiği nötr/alkali reaktif iç yapıştırma mekanizmasıdır. Kolofan-alüminyum katılımı ile yapılan kağıtlara "asit kağıtlar", alkil keten dimer gibi sentetik ve reaktif kimyasallarla 6,5-9,0 pH aralığında iç yapıştırma yapılarak üretilen kağıtlara ise "alkali kağıtlar" denmektedir. Asidik kağıtlarda, selüloz lifleri üzerine hidrofobik olan sabunlaştırılmış reçine (kolofan) alüminyum iyonu aracılığı ile elektrostatik olarak tutturulmaktadır (Karademir ve ark., 2006)). Alkali kağıtlarda ise, alkil keten dimer (AKD) gibi hidrofobik olan sentetik bir kimyasal selüloz lifleri üzerine kovalent bağ geliştirerek tutunmaktadır. Dolayısıyla alkali sistemde daha kuvvetli ve geri dönüşümsüz bir bağlanma oluşur. Ancak katılan kimyasalın hepsi ne yazık ki kovalent bağ yapamaz ve belli oranlarda hidrolizlenme veya inaktif formasyon da görülmektedir (Odberg ve ark., 1987; Roberts, 1996; Jiang ve Deng, 2000; Karademir ve ark., 2004).

Kriter	Alkali Sistem	Asit Sistem
Kağıtların fiziksel özellikleri	Daha iyi, kuvvetli	Orta derece, zayıf
Enerji kullanımı	Az	Çok
Su tüketimi (proses)	Az	Çok
Atık su temizleme	Az	Çok
Mikrobik (biyolojik) problemler	Çok	Az
Kağıt Dayanımı	Fazla	Az
Geri dönüşüm sayısı	Fazla	Az
Dolgu maddesi kullanımı	Free	Kısıtlı

Tablo 1: Alkali ve asit sistem karşılaştırması.

Genel olarak alkali sistemde kağıt üretiminin birçok açıdan asit sisteme göre avantajları vardır. Bunlardan bazıları kısaca tablo 1'de sıralanmıştır. Daha detaylı bilgiler literatürde mevcuttur (Crouse, 1990; Gill, 1990; Fairchild ve Clark, 1996).

Gazete, sargılık, ambalajlık kağıtlar gibi günlük kullanımı olan kağıtlarda dayanım çok önemli olmamasına rağmen, olayı geri dönüşüm açısından değerlendirdiğimizde, alkali kağıt kullanımına geçmenin ne kadar faydalı olduğu daha iyi anlaşılmaktadır. Alkali kağıtların geri dönüşüm sayısı daha fazla ve her geri dönüşümde elyafın mukavemet kayıpları daha az gerçekleşmektedir. Bu ise geri dönüşüm performansını ciddi derecede etkilediğinden, alkali kağıtlar çok daha tercih edilir bir kaynak olmaktadır.

1.2. Lif ve Süspansiyon Özellikleri

Kağıtın yapıldığı hamur süspansiyonunda bulunan bütün organik ve inorganik içerikler, kağıt üretim süreci ve üretilen ürün kalitesi açısından çok önemlidirler. Süspansiyonun çoğunluğunu oluşturan lifsel kütle en önemli bileşendir. Liflerin kendi özellikleri ve lifler arasında gelişecek bağların, nitelik ve sayıları, üretilen kağıtların fiziksel özelliklerinde en fazla etkiye sahip olan faktörlerdir. Hamurla ilgili olarak, kısa veya uzun elyaf olması, hamur üretim metodu, ağartma derecesi, serbestlik derecesi, kimyasal kompozisyonu ve fiziksel özellikleri (özellikle lif kabalığı), kağıt özelliklerini doğrudan etkilemektedir.

Uzun elyaf bilindiği gibi mukavemet özelliklerinde olumlu katkı yaparken, kısa elyaf yüzey düzgünlüğü ve yoğunluk gibi değerleri iyileştirmektedir. Bu nedenle çoğunlukla iki hamur belli karışımlarla kullanılmaktadır. Genel bir ifade olarak, selüloz molekülleri lif mukavemetini arttırırken, hemiselüloz oranı lifler arası bağlanmayı ve bağ kuvvetini geliştirirler. Lifler üzerinde kimyasal bağ yapacak fonksiyonel hidroksil gruplarının fazlalığı, hidrojen bağ oluşumuna olumlu katkı yaparken, üretime katılacak herhangi bir kimyasal ile de daha fazla etkileşime gireceği için, kimyasalların dozajında aşırı artıma neden olacaktırlar. Lignin, genelde kağıt üretiminde problem oluşturur. Üretim sürecinde kirlilik ve ziftlenmeye neden olurken, ürün dayanımı ve fiziksel özelliklerini de olumsuz yönde etkilemektedir (İmamoğlu ve ark., 2005).

Kağıt üretiminden önce liflere amaca uygun şekilde dövme işlemi uygulamak gerekir. Dövme liflerin esneklik ve bağ yapma kabiliyetlerini artırırken, aynı zamanda kağıt formasyonu da iyileştirmektedir. Dövme ile lifler arası temas alanı ve bağ yapacak hidroksil grup sayısı artırılmış olur. Ancak dövme işleminin aşırı yapılması, lifleri çok zayıflatacağı ve sekonder kırıntı oluşumunu arttıracığı için, eleklerde tutunma ve drenaj problemlerine neden olur (İmamoğlu ve Karademir, 2005).

Süspansiyon içindeki dolgu maddeleri ve diğer ufak lifsel parçacıklar, iç yapıştırma ve tutunma açısından genelde problem oluşturmaktadır. Dolgu maddeleri, ayrıca lif-lif bağları sayısında ve dolayısıyla kağıtta mukavemet azalmasına neden olur. Atık kağıtlarda kırıntı miktarı ve çeşitliliği çok fazla olduğu için, süspansiyondaki yüklerin dengelenmesi çok önemlidir. Aksi halde katılacak herhangi bir kimyasalın etkili olması için dozajı çok artırmak gerekir. Dozaj artımı yinede kimyasalın fonksiyonunu garanti edemez ve bu aslında diğer taraftan bir kirlilik kaynağı olarak, problemi büyütebilir (Karademir ve ark., 2006).

Bu çalışmada atık kağıtlarla beraber, uzun ve kısa elyaf kullanarak bazı iç yapıştırma uygulamaları yapılmış ve konu incelenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Hamur kaynağı olarak; atık kağıtlar, ağartılmış ve ağartılmamış uzun elyaf (çam) ve ağartılmış kısa elyaf (okaliptüs g.) kullanılmıştır. İç yapıştırma olarak Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası'ndan temin edilen kolofan ve şap ile Kombassan Konya Kayıt Fabrikası'ndan temin edilen AKD emülsiyonu kullanılmıştır. Dövme denemeleri laboratuvar tipi bir PFI'da yapılmıştır. Laboratuvar el kâğıtları (test kağıtları), British Sheet Former makinasında yapılmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında atık kağıtlar, karışık, ofis, kuşeli ve oluklu şeklinde dört ana sınıfa ayrılarak, 150 g/m² gramajda kolofan-alüminyum iç yapıştırması ile test kağıtları yapılmıştır. Kağıtların, cobb, çekme ve patlama indisleri tespit edilmiştir. İkinci aşamada ise ağartılmış ve ağartılmamış uzun elyaf (çam) hamuru kullanılmıştır. Uzun ağartılmış hamurlarda sırasıyla, 1, 2, 4, 8, 16 ve 32 dakika süre ile PFI'da dövme işlemi yapılmıştır. AKD iç yapıştırması ile 80 gr/m² gramajda test kağıtları üretilmiş, hava geçirgenliği, çekme, kopma mukavemetleri ve cobb değerleri bulunmuştur. Çalışmanın devamında , ağartılmış ve ağartılmamış uzun elyaf hamurlar 37 SR° shopper seviyesinde dövülmüş ve farklı AKD katılımlarının cobb ve çekme indislerine etkisi incelenmiştir. Çalışmanın son aşamasında ise ağartılmış okaliptüs hamuru 37 shopper seviyesinde dövülmüş ve AKD, kolofan iç yapıştırmaları yapılarak, kağıt özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Testler ve uygulanan metotlar aşağıda tablo 2'de verilmiştir.

Deney & Testler	Standart & Cihaz
Dövme işlemi	PFI metodu
Serbestlik değeri	Shopper Riegler
Test kağıtları yapımı	T 205 sp-95
Cobb testi	T 411 om-98
Tensile indisi	T 494 om-96
Patlama indisi	T 403 om-97
Hava geçirgenliği	T 460 om-96

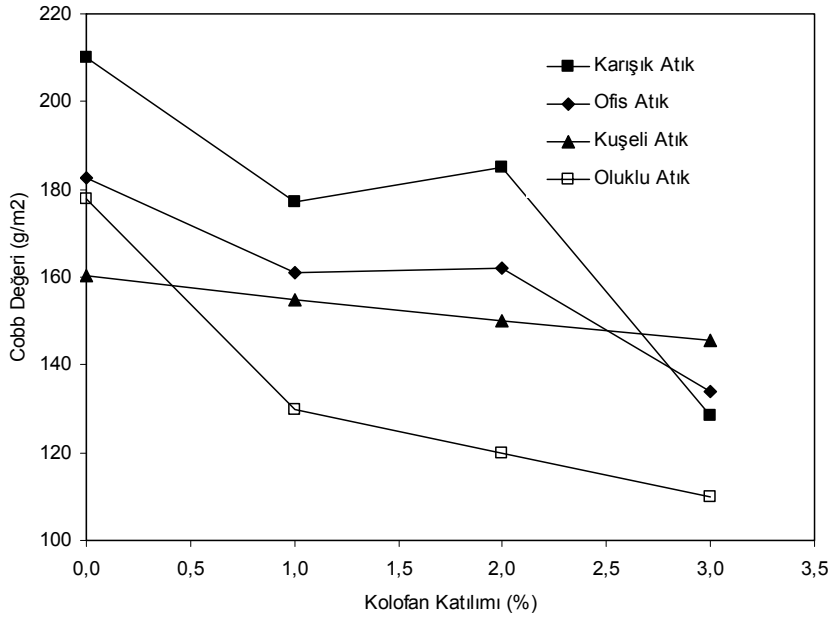
Tablo 2: Çalışmada takip edilen metod ve standartlar.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Atık Kağıtlar

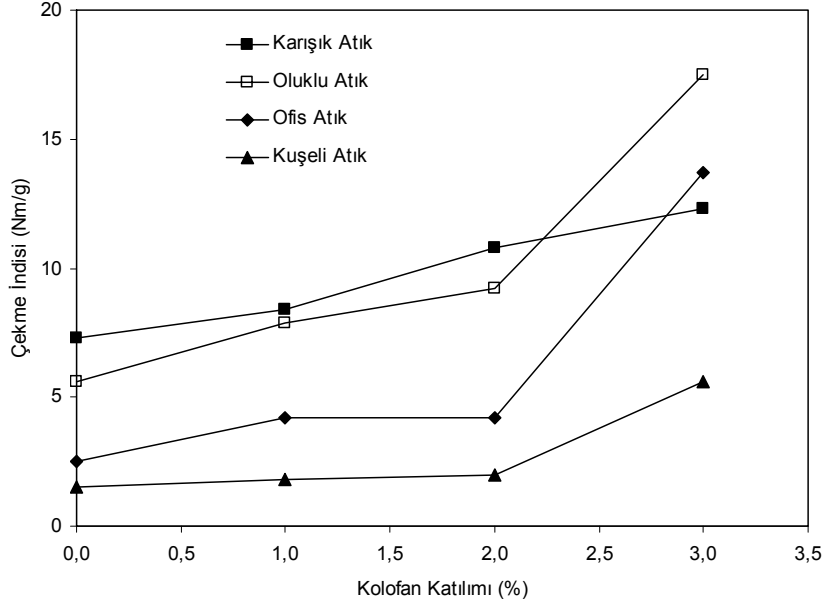
Çalışmada atık kağıt olarak tanımlanan kullanılmış farklı özelliklerdeki kağıtlar pratikte kağıt fabrikalarında uygulanan metoda göre sınıflarına ayrılmıştır. Buna göre oluklu, kuşeli ve ofis kâğıtlardan oluşan üç sınıf kağıt karışımından hamur elde edilmiştir. Buna ek olarak içerisinde eşit miktarda gazete karışımı da bulunan birde karışık atık kağıtlardan hamur elde edilmiştir. Karışık atık, ofis, kuşeli ve oluklu hamurların serbestlik değerleri sırasıyla; 65, 50, 85 ve 45 SR° olarak bulunmuştur. Serbestlik değerlerine bakarak içerisinde en fazla kırıntı ve anyonik kirlilik bulunan hamurun, kuşeli hamuru olduğu söylenebilir. Oluklu atık, fazla kırıntı içermeyen ve çoğunlukla ağartılmamış uzun elyaftan oluştuğu için, yüzey alanı küçük bir hamur verecektir. Shopper değeri yüksek hamur, yüzey alanı fazla hamur demektir ki bu katılacak kimyasalın dozajında önlenemeyen bir artış gerektirir. Dolayısıyla iç yapıştırmasının daha zor olması beklenir. Diğer taraftan, eğer içerisinde özellikle dolgu maddesi miktarı fazla ise bu durumda lifler arası bağlarda da zayıflama olacağı için, çekme ve patlama indislerinin düşük olması beklenmelidir (Karademir ve ark., 2006; I'anson ve ark., 2006).

Kağıt üretiminde, pH ayarı ve iç yapıştırma emülsiyonu dışında bir kimyasal katılmadığı için, hamur içerisindeki kırıntı ve dolgularla ilgili özel bir işlem gerçekleştirilmemiştir. Böylece kırıntıların, iç yapıştırma ve kağıt mukavemeti üzerindeki etkilerinin olabildiğince açıkça ortaya konulması amaçlanmıştır. Şekil 1, 2 ve 3'te görüldüğü üzere, kolofan iç yapıştırması kağıtlarda cobb değerini iyileştirirken, çekme ve patlama indislerini de artırmaktadır. Cobb'da iyileşme oluklu atıkta en iyi, karışık atıkta en zayıf şekilde gerçekleşmiştir.

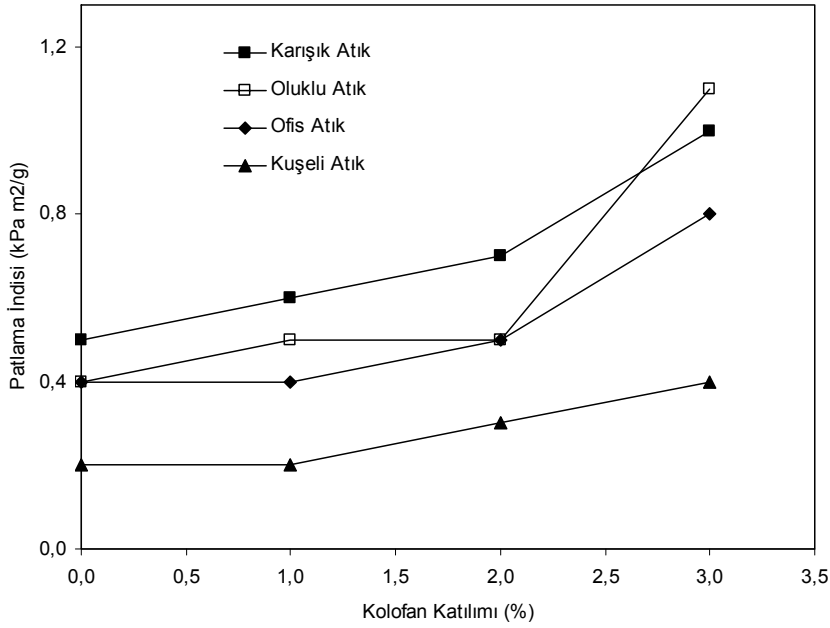


Şekil 1: Farklı atık kâğıtlarda kolofan katılımına bağlı Cobb değerleri.

Oluklu ve karışık hamurdan yapılan kâğıtlarda çekme ve patlama indislerinde daha iyi bir artış kaydedilirken, özellikle kuşe ve ofis kâğıtlarında mekanik mukavemet başlangıç değeri ve artışı alt seviyelerde gerçekleşmiştir (Şekil 2 ve 3). Kuşe ve ofis kâğıtları, ağartılmış, uzun ve kısa elyaf karışımından oluşan ve içerisinde yüksek miktarda dolgu maddesi ve kırıntı bulunduran bir hamur vereceği için, bu hamurlardan elde edilecek kâğıtlarında mekanik dirençleri düşük olacaktır. Yüksek kırıntı miktarından dolayı, yapıştırmasının da zor olacağı beklenmelidir.



Şekil 2: Farklı atık kâğıtlarda kolofan katılımlına bağlı çekme indisi değerleri.

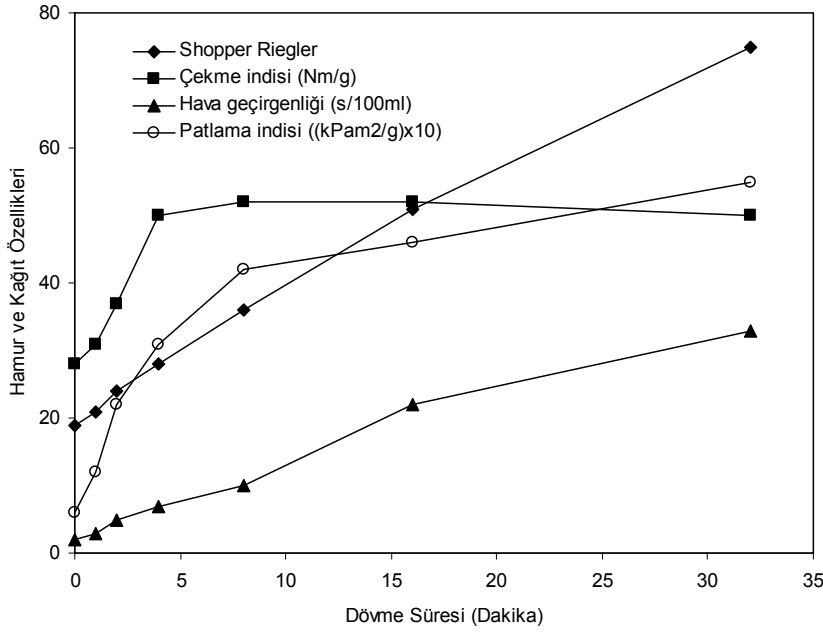


Şekil 3: Farklı atık kâğıtlarda kolofan katılımlına bağlı patlama indisi değerleri.

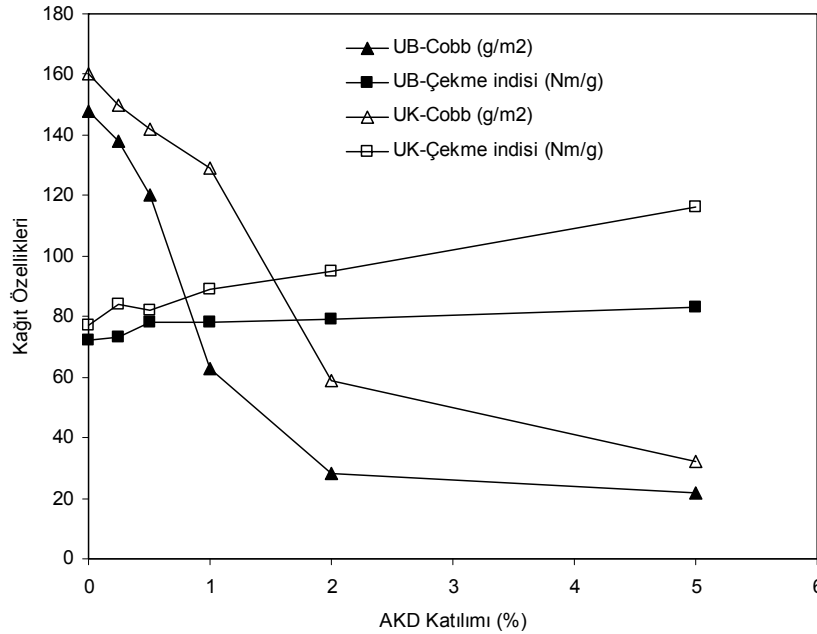
3.2. Dövme Derecesi ve Ağartma Etkisi

Ağartılmış uzun elyaf hamurunda, dövme işlemine paralel olarak hamur serbestliğinde düzenli bir artış kaydedilmiştir (Şekil 4). Bu artışa bağlı olarak üretilen kâğıtların çekme ve patlama indislerinde ve hava geçirgenliğine karşı dirençlerinde de olumlu gelişmeler kaydedilmiştir. Dövülen liflerin çok iyi formasyon vererek, oluşan kâğıtların özgül ağırlıklarının, dolayısıyla içlerindeki hava pasaj ve boşluklarının azaldığı anlaşılmaktadır. Bundan dolayı dövülen hamurlardan yapılan kâğıtlar, hava geçişine daha da dirençli hale gelmektedirler.

İyi formasyon veren ve birbirlerine daha çok alanda temas eden lifler arasında oluşan hidrojen bağlarının sayısı, şekil 4'e bakılırsa oldukça artma göstermektedir. Ancak şekil 4'ten anlaşıldığı kadarıyla, çekme ve patlama indisinde kazanılan olumlu gelişme 8 dakikalık dövme etrafında yoğunlaşmıştır. İlk 8 dakikaya kadar olan dövme sonucunda (37 SR°), kağıtların çekme ve patlama indisleri hızla artarken, ileri derece dövmelelerde mukavemet artışlarında çok büyük değişimler olmamıştır. Bu ise özellikle 8 dakikadan fazla yapılan dövmelelerde, hamur içerisinde sekonder kırıntı oluşumunun ciddi derecede arttığını göstermektedir. Dolayısıyla kağıt içerisinde tutulan kırıntı, hava direncindeki artışı devam ettirirken, fiziksel mukavemet artışına fazla bir katkı yapmamıştır. Bu açıdan bakıldığında, çok ileri derecede dövme sonucunda mukavemetlerde düşme olacağını söylemek yanlış olmaz. Zira aşırı dövme kaçınılmaz olarak liflerde kesilme, kısalma ve parçalanmalara yol açarken, hem liflerin bireysel direnç özellikleri düşmekte, hem de aşırı derecede kırıntı elyaf miktarında artış meydana gelmektedir.



Şekil 4: Uzun ağartılmış elyafta dövmeyle ilgili bazı özelliklerdeki değişimler.

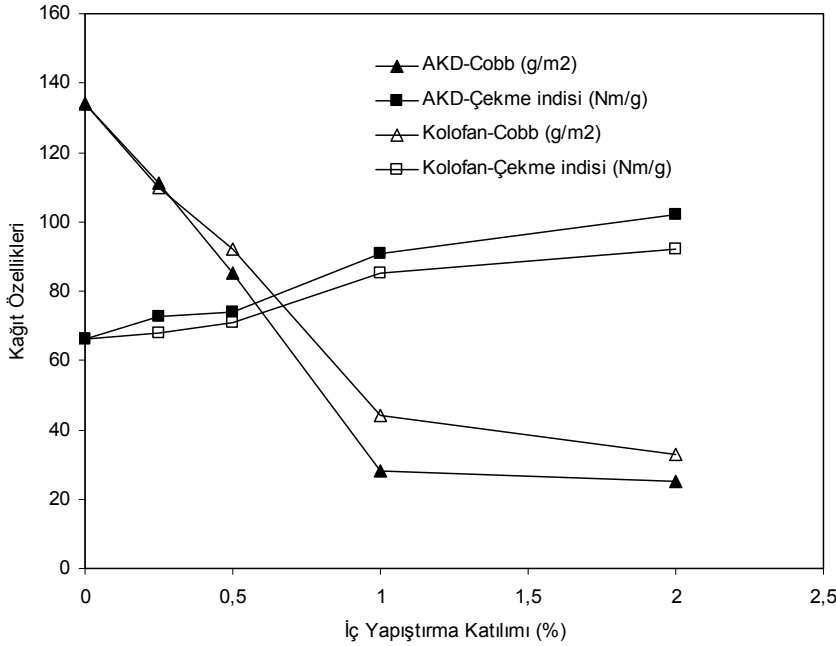


Şekil 5: AKD katılımının ağartılmış ve ağartılmamış uzun elyaftan yapılan kâğıtlara etkisi.

Aynı serbestlik değerindeki (37 SR°), ağartılmış ve ağartılmamış uzun elyaf hamurundan yapılan kağıtların, AKD iç yapıştırması sonucu, Cobb ve çekme indislerindeki değişimler şekil 5'te gösterilmiştir. UB ve UK, sırasıyla ağartılmış uzun elyaf ve ağartılmamış uzun elyafı ifade etmektedir. Sonuçlara göre AKD katılımı ağartılmamış hamurdan yapılan kağıtların çekme indislerinde daha fazla artışa neden olurken, ağartılmış hamurlardan yapılan kağıtların ise, Cobb değerlerinde daha fazla bir iyileştirme sağlamıştır. Ağartma işlemi sırasında, hamur içerisinde kirlilik yapan lignin ve ekstraktifler uzaklaştırılırken, belli oranda selüloz ve hemiselülozun polimerizasyon derecelerinde düşme ve dolayısıyla lif mukavemetinde azalma meydana gelmektedir. Ayrıca dövme sırasında, ağartılmış hamur liflerinde daha fazla mekanik zarar da meydana gelecektir. Bu açıdan ağartılmamış hamurdan yapılan kağıtların biraz daha sağlam çıkması izah edilebilir. Cobb değeri açısından bakılacak olursa, katılan AKD moleküllerinin ağartılmış hamur liflerine daha homojen dağıldığı ve lif yüzeylerini daha çok kaplayarak kovalent bağ kurduğu anlaşılmaktadır.

3.3. İç Yapıştırma ve Hamur Tipi

Ağartılmış okaliptüs hamurları, PFI'da dövülerek 37 SR° değerine getirilmiş ve bu hamurlardan hem asit hem de alkali sisteme göre iç yapıştırma yapılarak 80 gr/m² gramajda test kağıtları üretilmiştir. Şekil 6'da kağıtların Cobb ve çekme indislerinde, iç yapıştırma miktarına bağlı değişimler görülmektedir. Bütün şartlar aynı olduğu halde AKD katılımı ile yapılan alkali okaliptüs kağıtlarının Cobb ve çekme indisi değerleri, kolofan içeren asit kağıtlara göre daha iyi seviyede gerçekleşmiştir. Kullanılan AKD emülsiyonunun konsantrasyonu dikkate alınır, gerçek anlamda kağıta katılan AKD miktarı grafikte gösterilen değer yaklaşık 1/5 kadardır. Kolofan katılımı ile aynı ölçekte olması açısından, alındığı ve katıldığı gibi grafiğe yansıtılan AKD, gerçekte çok daha az miktarlarda hamura eklenmiş ve çok az miktarları son derece etkili olarak kağıt değerlerini hızla iyileştirmiştir.



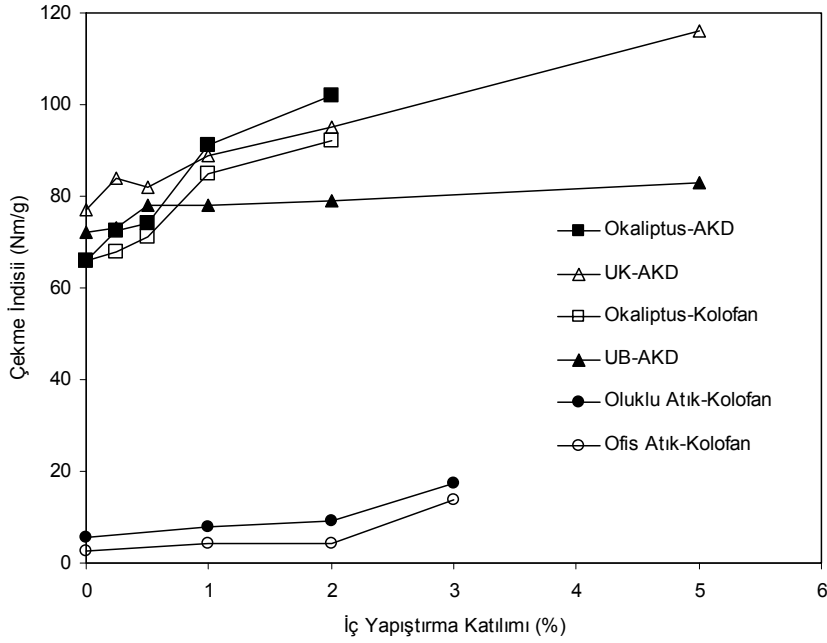
Şekil 6: Alkali ve asidik iç yapıştırmanın ağartılmış kısa elyaf (okaliptüs g.) kağıdına etkisi.

Araştırmada kullanılan hamurlardan karışık ve kuşe atık hamurlar haricinde diğer hamurlardan iç yapıştırma ile üretilen bütün test kağıtlarının çekme indisleri şekil 7'de verilmiştir. Bu grafikteki temel yaklaşım, ağartmanın, uzun ve kısa elyafın ve eskimiş uzun ve kısa elyafın üretilecek kağıtların çekme indislerini nasıl değiştirdiğini karşılaştırmaktır. Oluklu atık kağıtların, eski ağartılmamış uzun elyafı temsil ettiği ve ofis atık kağıtların ise ağartılmış kısa ve uzun elyaf karışımını temsil ettiği düşünülmüştür.

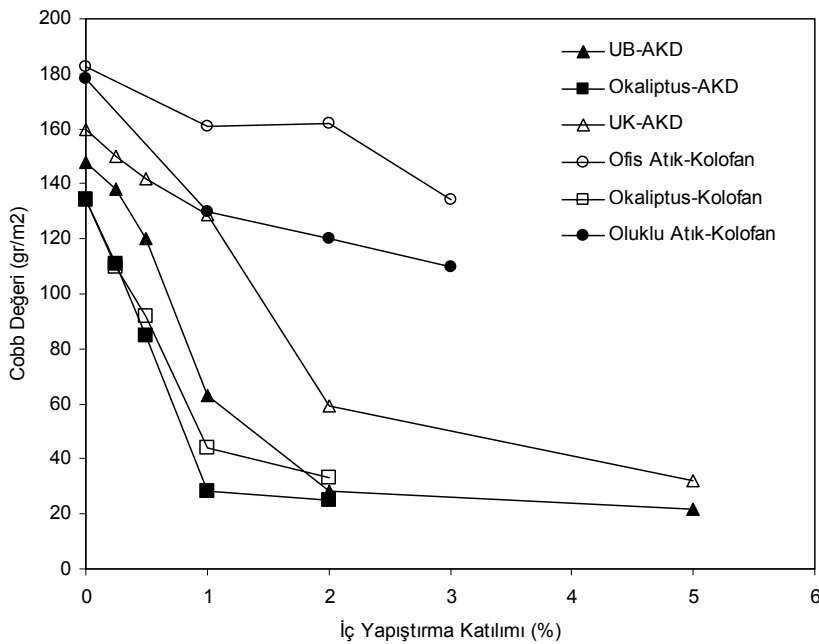
Grafikte çok açık bir şekilde görüldüğü gibi atık kağıtların çekme indisleri oldukça düşük seviyede kaydedilmiş, oluklu atık kağıtlar, ofis atık kağıtlardan biraz daha mukavemetli bulunmuştur. Bu kadar düşük değer, söz konusu atık hamurlarının geçmişi bilinmemekle beraber (kaç defa geri dönüşüm yapıldığı), her geri dönüşümde liflerin ne kadar zayıfladığını çok net bir şekilde göstermiştir. Liflerin

zayıflığına ek olarak, hamurda bulunan yüksek kırıntı ve özellikle dolgu maddesi miktarının da lifler arası bağ kuvvetine de ciddi derecede zarar verdiğini hesaba katmak gerekir. Bilindiği gibi ofis kağıtlarda dolgu maddesi oranı ortalama %10 civarında olmaktadır. AKD iç yapıştırması yapılan okaliptüs kâğıtlarının, çekme indis değerlerinin bütün kağıtlar içerisinde en iyi seviyelerde olduğu en azından uzun elyafyla hemen hemen aynı değer aralığına girdiği görülmektedir.

Şekil 8, kağıtların cobb değerlerini göstermektedir. Cobb değerindeki en iyi ve hızlı gelişmenin AKD iç yapıştırması yapılan okaliptüs kağıtlarında, en düşük değer ise ofis atık kağıtlarında olduğu bulunmuştur. Atık kâğıtlardaki zayıf cobb değeri kesinlikle hamur süspansiyonunda ne kadar fazla kırıntı ve inorganik kirlilik olduğunu açıkça göstermektedir. Süspansiyona katılan iç yapıştırma kimyasalı mevcut kırıntı ve dolgu maddeleri tarafından aşırı derecede emilirken, lif yüzeylerinin yeterince kaplanamadığı ve hidrofobiklik kazanamadığı anlaşılmaktadır.



Şekil 7: İç yapıştırmanın, atık, kısa ve uzun elyaf kağıtlarında çekme indislerine etkileri.



Şekil 8: İç yapıştırma ile cobb değerinde gelişme.

4. Sonuç ve Öneriler

Yapılan araştırma verilerinden şu sonuçlar çıkarılabilir;

- Atık kâğıtlardan yapılan kâğıtların mukavemetleri oldukça düşük ve iç yapıştırıcıları da zordur. Bunun genel nedeni, liflerin her dönüşümde zayıflaması, yıpranması ve hamurların yüksek kırıntı ve kirlilik içermesidir.
- Dövme derecesi belli bir noktaya kadar kâğıtların mukavemet özelliklerini arttırırken, hamura bağlı olarak belli bir seviye üzerinde fazla etkili olmamaktadır.
- Muhtemelen kırıntı üretiminin arttığı nokta, mukavemet iyileşmesinin durduğu noktadır denebilir.
- Kırıntı oluşumu aynı zamanda iç yapıştırma performansını da düşürmektedir.
- Kırıntı oluşumu kâğıtların hava geçirgenliğini ciddi derecede düşürmektedir.
- Okaliptüs hamurundan yapılan kâğıtların mukavemet özellikleri, uzun elyaftan yapılan kâğıtlar kadar iyi seviyelerde bulunmuştur.
- Genel olarak iç yapıştırmada AKD daha az miktarlarda katılmasına rağmen, kolofan'a göre daha etkili bulunmuştur.

Atık kâğıtların kullanılması hamur değişkenlerinin çok olması nedeniyle oldukça karmaşıktır. Buna ek olarak geri dönüşüm sırasında hamur mukavemet özelliklerinde düşme olmaktadır. Bu nedenle AKD iç yapıştırma yapılarak kâğıtların üretilmesi ve alkali sistemde çalışılması, atık geri dönüşüm sayısını ve performansını iyi yönde etkileyecektir. Okaliptüs hamuru kâğıt özellikleri açısından dünyada ispat edilmiş ve tartışmasız üstün niteliklere sahiptir.

5. Kaynaklar

- Cathie, K., Guest, D., 1991. Wastepaper, Pira Guide Series, Pira International, Surrey.
- Chiple, J.N. 1980. The Effects of Microwave Irradiation on Microorganisms, *Advances in Microbiology*, 26:129.
- Crouse, B., Wimer, D.G., 1990. Alkaline Sizing: An Overview, *Neutral Alkaline Papermaking Short Course*, TAPPI Press, pp. 5-39.
- Fairchild, G.H., Clark, E.B., 1996. PCC Morphology and Particle Size Effects in Alkaline Paper. *Proceedings of 50th APPITA Annual General Conference*, 6-10 May in New Zealand, pp. 427-433.
- Gill, R.A., 1990. PCC Filler: High Opacity and A Whole Lot More, *Neutral Alkaline Papermaking Short Course*, TAPPI press, pp. 79-91.
- Gurnagul, N., Howard, R.C., Zou, X., Uesaka, T. and Page, D.H., 1993. The Mechanical Permanence of Paper: A Literature Review, *Journal Pulp and Paper Science*, Vol. 19, No: 4, pp. 160-166.
- Havermans, J.B.G.A., 1995. *Environmental Influences on the Deterioration of Paper*, Rotterdam, The Netherlands, pp. 17.
- I'anson, S.J., Karademir, A., and Sampson, W.W., 2006. Specific Contact Area and the Tensile Strength of Paper, *APPITA Journal*, 59(4):297-301.
- İmamoğlu, S., Atik, C. ve Karademir, A., 2005: Atık kağıt kullanan kağıt-karton fabrikalarında ortaya çıkan mikrobiyolojik sorunlar. *KAÜ, Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 6 (1-2):179-190.
- Jiang, H, Deng, Y., 2000. The Effects of Inorganic Salts and Precipitated Calcium Carbonate Filler on the Hydrolysis Kinetics of Alkylketene Dimer. *Journal Pulp and Paper Sci.*, Vol. 26, No: 5, pp. 208-213.
- Karademir, A. 1996: *The Analysis of Paper in Aged Paperback Books*. University of Manchester Institute of Science and Technology (UMIST), Department of Paper Science, Yüksek Lisans Tezi, Danışman: Prof. Dr. Derek J. Priest, 88s., Manchester, İngiltere.
- Karademir, A., and İmamoğlu, S., 2007. Effects of Dry Strength Resin and Surfactant Addition on the Paper Made From Pulps with Different Freeness Level, *Journal of Applied Science*, 7(4):484-488.
- Karademir, A., Hoyland, R.W., H., Xiao, H. and Wiseman, N., 2004. A Study on the Effects of AKD and Ketone on Paper Sizing and Friction, *APPITA Journal*, 57(2):116-119.
- Karademir, A., İmamoğlu, S., 2001, Kağıtların Doğal Yaşlanması ve Bazı Önemli Degradasyon Reaksiyonları, *KSÜ, Fen ve Mühendislik Dergisi*, 4(2): 98-108.
- Karademir, A., Özdemir, F. and İmamoğlu, S., 2006. Effects of Alum-Rosin Sizing on the Properties of Some Wastepaper Grades, *Biotechnology*, 6(1):148-152.
- McKinney, R.W.J., 1995. *Technology of Paper Recycling*, Blackie Academic and Professional Publication, London.
- Odberg, L., Linstrom, T., Liedberg, B., and Gustavsson, J., 1987. Evidence of Beta-Ketoester Formation During the Sizing of Paper with Alkylketene Dimers, *Tappi Journal*, Vol. 70, No: 1, pp. 135-139.
- Pell, C., 1988. Senate Resolution 394 in *Paper Preservation Part I: Congressional Voices* (Ed. Luner, P.), Syracuse, New York, pp. 10.
- Roberts, J.C., 1996. *Paper Chemistry* (ed. Roberts, J. C.), Blackie A&P, Glasgow, UK, pp. 140-150.
- Roberts, M.T., Etherington, D., 1982. *Bookbinding and the Conservation of Books: A Dictionary of Descriptive Terminology*, Library of Congress, Washington.

Effects of Xylans on the Refinability, Physical and Mechanical Properties of Eucalyptus Kraft Pulps

Eyra ALBARRAN¹, Jorge L. COLODETTE², Gladys MOGOLLÓN³ and Arif KARADEMİR⁴

¹Graduated Student. University of the Andes, Mérida, Venezuela

²Professor. University Federal of Viçosa, Minas Gerais, Brasil

³Professor. University of the Andes, Mérida, Venezuela

⁴Assoc. Prof., University of K.Maraş Sütçüimam, K.Maraş, Turkey

Özet

Bu çalışma, iyi kalite basım ve yazım yapılabilecek kâğıt yapımına olan ihtiyaçtan dolayı yapılmıştır. Lifler arası bağlanma için çok önemli olan hemiselüloz, kâğıtların mekanik özelliklerini iyileştirmede çok önemli rol oynamaktadır. Spesifik olarak okaliptüs hamurunun dövülmesi ve elde edilecek kâğıtların özelliklerine ksılanın etkisini incelemek için bu araştırma gerçekleştirilmiştir. Okaliptüs hamurlarının ksılan içerikleri tespit edilmiş, hamur ve elde edilen kâğıtların özellikleri bulunmuştur. Ksılanı alınan hamurlara ayrıca farklı şartlar altında tekrar ksılanın tutunması denemelerinde yapılarak, kâğıt özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Ksılanın hamurlardan alınması ve tekrar hamurlara adsorb edilmesi denemelerinde farklı sıcaklık, konsantrasyon ve sürelerde işlemler gerçekleştirilmiş ve deney parametrelerinin etkileri de açıkça ortaya konmuştur. Araştırmanın sonuçları çok açık olarak hemiselüloz ve ksılan miktarının sağlam bir kâğıt eldesi için ne kadar önemli olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Hemiselüloz, ksılan, lifler arası bağ, kâğıt mukavemeti.*

Abstract

This study arises from the need to produce papers with physical and mechanical properties suitable for everyday printing and writing with better values of resistance. Since the hemicelluloses are agents responsible for interfibre bonding, they play an important role in the increment of these properties with their superficial bonding effects. The effect of physical and mechanical properties of xylans on the refining process, and properties of eucalyptus kraft pulps were evaluated through the analysis of the quantity of extracts in a 5% NaOH concentrated solution, and its latter readsorption on the pulp. The work began with the preparation and the physical and chemical characterization of the bleached eucalyptus pulp. The xylans content of the bleached pulp were determined as well as the viscosity and degree of whiteness. The optimization of the variables for the ALCASOLVE process (alkaline solvent-NaOH) for extraction of xylans from the bleached pulp was carried out. In this stage, the corresponding tests were carried out to optimize the variables of temperature (15, 20 and 25°C), reaction time (15, 30 and 60 min), and NaOH concentration (20, 30 and 40 g/l of NaOH). The above mentioned conditions were applied since they allow a major rate for the removal of hemicelluloses from the pulp in CCE stadium (Cold Caustic Extraction). Characterization of pulp properties treated with NaOH under different conditions as listed above were carried out to find out the xylan content, viscosity, whiteness and also mechanical properties of the resultant pulps. As the final stage, extracted xylans were mixed with the bleached pulp and were allowed to readsorb on to fibres at controlled conditions. Xylans which were not reattached to fibres were removed from the pulp with 5% NaOH treatment. Filtrated pulps were used to make a number of handsheets. Handsheets were tested and it was found that the improvements on paper strength were in line with the increasing xylans content on fibre surfaces. Result clearly supports the idea that for stronger paper and interfibre bonding, hemicelluloses must be present and their role can not be argued.

Keywords: *Hemicelluloses, xylans, interfibre bonding, paper strength.*

Introduction

Pulp and paper industry has been suffering from the shortage of raw materials and the situation is even getting worse and worse. Eucalyptus spp has generally attracted a great attention in many countries over many years as it is one of the fastest growing trees. In many countries, industrial plantations of the best eucalyptus spp have been practiced and a good management offers a sustainable and economically profitable good quality raw material to timber and pulp&paper industries.

Eucalyptus spp are known to grow better originally in Australia, but almost total 600 species have different growing patterns and requests. It is reported that Eucalyptus has a great potential of adaptation to

different sites, altitudes and environments. Mediterranean bordered countries including Turkey and the countries over similar zones have more chances to get eucalyptus spp adopted in their land.

Eucalyptus spp has generally lower lignin content and higher hemicelluloses content amongst many hardwoods as shown in table 1 below. It must be also noted that the type of lignin in Eucalyptus spp was reported elsewhere to be much easier to take out from the wood. This gives great advantages in pulping and bleaching processes of eucalyptus compared to other woods. In such case, less chemicals are consumed and the capacity of pulping mill is greatly increased. In addition to this, eucalyptus was reported to have also higher hemicelluloses content in many studies which makes fibre easier to get swollen and contribute to interfibre bonding giving stronger paper.

Table 1: Lignin content in some woods.

Softwoods		Hardwoods	
Name of Trees	Lignin Content (%)	Name of Trees	Lignin Content (%)
Pinus Radiata	27.2	Eucalyptus G.	20.4
Norway Spruce	27.4	White Birch	22.0
White Spruce	27.5	White Poplar	23.1
Douglas Fir	29.3	American Beech	23.5
Eastern Hemlock	30.5	European Beech	23.8

Eucalyptus fibres are actually in the short fibres classes but the coarseness values are excellent. Therefore an excellent quality papers are produced from Eucalyptus pulps, such as printing, fotocopy, tissue.

Level of swelling capacity and the interfibre bonding strength are important for fibres if a stronger sheet is to be produced. Easily swollen fibres get flexible and soft that greatly help beating processes. Interfiber bondings are also so important as it is directly related to sheet strength. These two properties of fibres are closely linked to the type and amount of hemicelluloses exist in a pulp. In general, xylans are the dominating portion of hemicelluloses in broadleaves woods (hardwoods) and Eucalyptus fibres are known to contain greater amount of xylans which linearly increases the quality of fibres for paper making.

This work was designed to set a light on the role of xylans in papermaking, especially focusing on beating processes and physical-mechanical properties of resultant paper. Basically xylans were extracted from fibres by NaOH at 5 % treatment and allowed to re-adsorbed on untreated pulps. The effects on beating and paper properties were analysed.

Materials and Methods

Bleached unbeaten kraft eucalyptus grandis pulp was obtained from a papermill and all work was carried out with this pulp which had % 91 ISO brightness value. The investigations were initiated with the preparation and characterization of bleached eucalyptus pulp as follows;

- Determination of the xylans substance in the bleached wood pulp.
- Viscosity.
- Brightness and reversion of brightness.
- Analysis of the physical-mechanical properties of the wood pulp.

ALCASOLVE Extraction of Xylans

Variables studied in the extraction processes were choosen as temperature, time and concentration of alcasolve as shownd in table 2 below.

Parameters	Values
Temperature (°C)	15, 20 and 25
Time (minute)	15, 30 and 60
Concentration (g/l)	20, 30, 40, 60 and 80

Table 2: The parameters studied in optimization of extraction process.

The pulp was tested to find out the xylan content, viscosity, brightness and reversion in brightness as well as physical-mechanical properties according to TAPPI standarts.

The Re-Adsorption of Xylans on Fibres

The mixing of 200 gr bleached eucalyptus pulp and 50 gr xylan were conducted and consistency was set to % 2,5 by distilled water addition. The slurry was allowed to mixed for 10 minutes at controlled temperature of 50 °C. Then slurry was transferred to a hot water bath and allowed to stay for 2 hours at 50 °C. Pulp mixed with xylans was, then, filtered, washed and rinsed by cold distilled water. The xylans content was determined in quantity by chromatography, NaOH treatment and pentosan analysis.

Refining studies by PFI were carried out at different intervals on the xylan enriched pulp and handsheets were made in accordance to TAPPI methods. The some tests were performed on handsheets to find out the effect of refining as well as xylan content on paper properties.

The Result and Discussion

The ALCASOLVE Extraction

The some properties of reference pulp tested were given in table 3.

Xylan Content (Solub. NaOH 5%)	Brightness (% ISO)	Reversion (% ISO)	Viscosity (Cp)
9,49	91,6	86,69	19,58

Table 3: The reference pulp's properties.

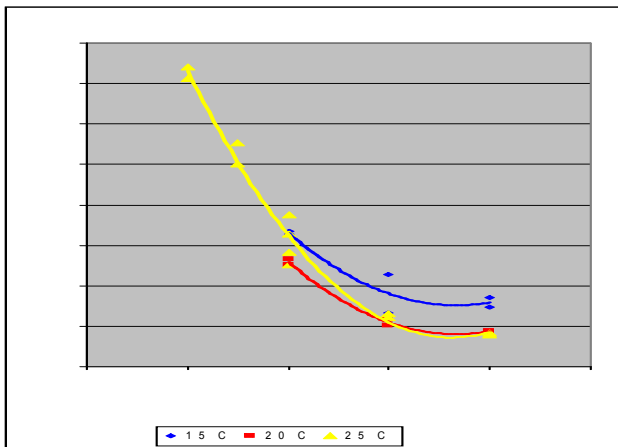


Figure 1: Solubility index related to concentration of NaOH.

This phase was carried out to determine the best parameters for the higher yield of xylans extraction. It was found that the worked temperature did not show a great differences and no significant effects of temperatures in studied range was observed. The greater solubility of xylans indicated the optimum condition of pulp treatment with NaOH. Result is clearly visible in figure 1 below as it shows that for 15 minutes treatment of increasing concentration of NaOH are reducing the index of soluble xylanes.

The Effects of NaOH Treatment

Once the optimization variables for Alcasolve treatment of pulp were determined the properties of pulps and resultant papers related were determined in order to see the effects of xylan extraction from pulps. Pulps treated with just 20, 30 and 40 g/l of % 5 NaOH were used here and the results for viscosity of the unbeaten pulps related to aforementioned NaOH concentrations are given in table 2.

Concentrations (gr/l of NaOH)	Viscosity (Cp)
20	18,00
30	16,73
40	16,49
Reference	19,58

Table 2: Unbeaten pulp viscosity as a result of variable NaOH treatments.

The effects of PFI Refining of NaOH Treated Pulps

Pulps treated with NaOH (20, 30 and 40 gr/l) were refined at different revolutions of PFI and great number of handsheets were produced. The some properties of resultant sheets were determined as illustrated in the following figures below.

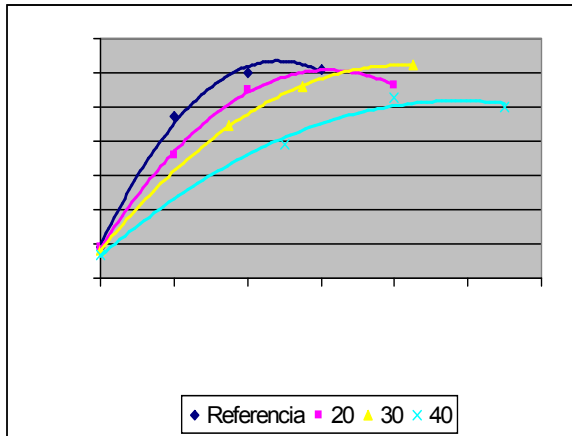


Figure 2: Increase in tensile index in parelel to refining level.

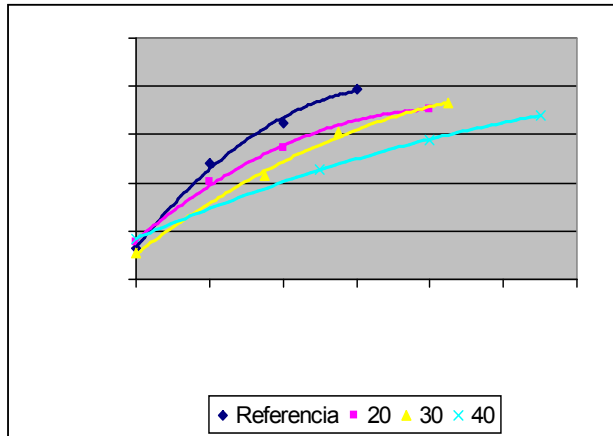


Figure 3: Increase in burst index as a result of increasing refining.

As perfectly seen on the graphs, results in general are in line with the previous works that beating or refining of a pulp produce stronger papers. Refining is reported to transfer the round shape wood fibers into ribbon-like flexible treats which have greater contact areas between touching surfaces. This increase contact area gives more opportunity to fibres to develop more hydrogen bonds on their surfaces. Hence this results into the production of stronger sheets. Figure 2, 3 and 4 support this explanation as tensile, burst and tear indexes were improved as a result of refining. But it must be also noted that increasing mechanical actions on PFI did not make any more contribution to the improvements, actually tends to reduce the properties. Severe refining is known to produce more secondary fines and makes fibers weak which negatively effect the resultant papers strength.

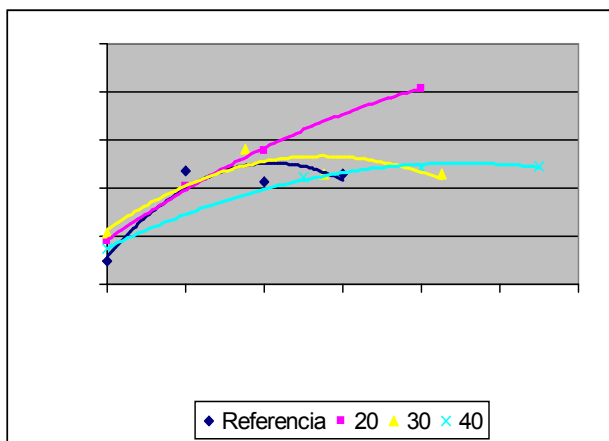


Figure 4: Increase in tear index as a result of increasing refining.

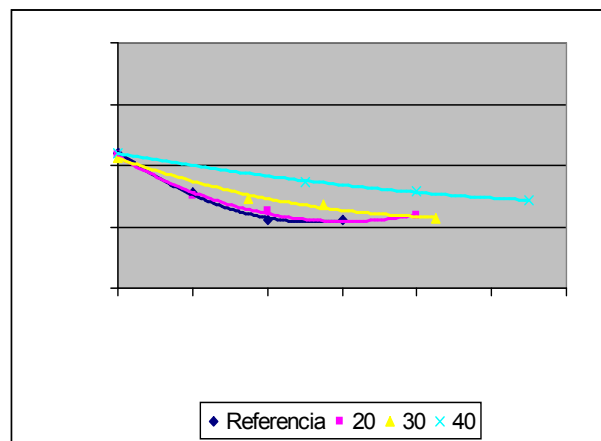


Figure 5: Decrease in brightness value as a result of increasing refining.

It is noted in the figures that in general the improvements with refining is better in untreated pulp's papers with NaOH. NaOH extraction removes some portion of hemicelluloses and this directly affects the refining results. Hemicelluloses act as the bonding agents between fibers and also help fibers to get swollen easily. Swollen fibers are much easier to work with.

Figures 5 shows that the beating reduces the pulp and paper brightness which shows that the energy, heat and mechanical actions in PFI machine generates great heat that was well enough to make a

thermal degradation on fibers. The reduction on brightness was smaller on pulps containing lesser amounts of xylans which prove that the hemicelluloses are easily degraded then cellulose.

The Effect of Re-Adsorption of Xylans on Fibers

In table 3, the proof of xylan re-adsorption on fibers was shown as solubility, chromatography solubility and pentosan content respectively.

Methodology	Reference Pulp	The Pulp with Readsorbed Xylan
Solubility (5 %NaOH)	9,49	10,88
Chromatography Solubility.	15,23	17,00
Pentosans content	15,67	17,08

Table 3: The xylans re-adsorption on fibres.

Pulp that contains readsorbed pulp were refined at different intervals to see how increasing xylan content was effecting the pulps refining. Pulps were also used to make a number of handsheets and basic properties were tested. Results were illustrated comparison to the properties of handsheets made from controlled pulp in figures 6, 7, 8, 9 and 10.

The higher increase in tensile index can be closely linked to higher xylans content as seen in figure 6. Xylans is not only increasing the bonding energy in papers it actually also helping the refining through absorbing more water hence making fibre more swollen.

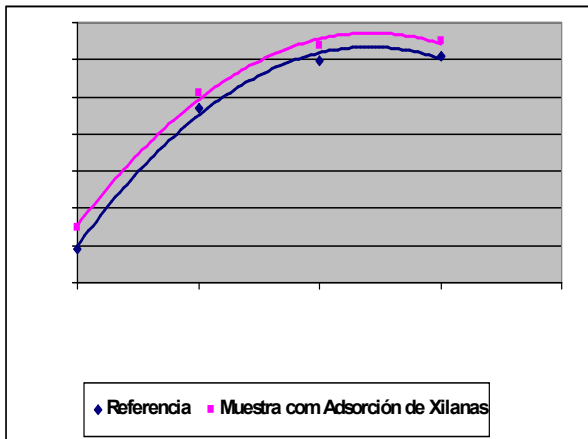


Figure 6: Tensile indexes of papers.

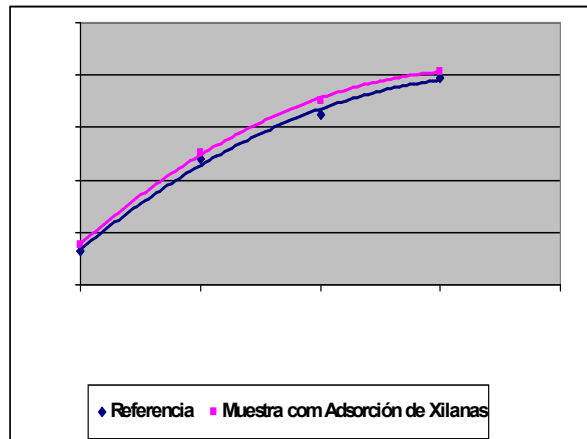


Figure 7: Burst indexes of papers.

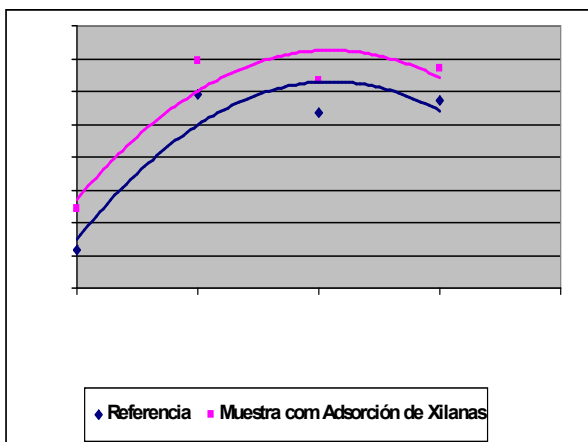


Figure 8: Tear indexes of papers.

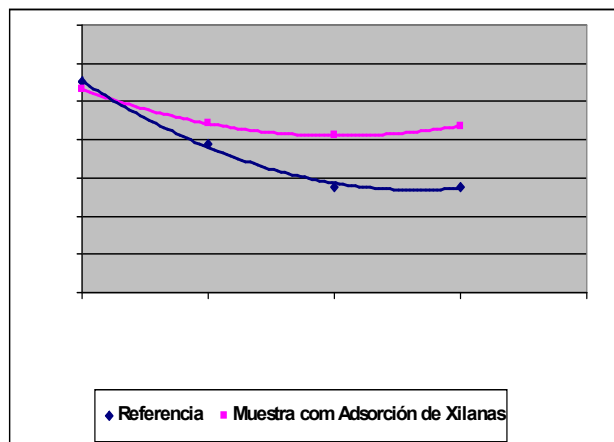


Figure 9: Brightness loss due to refining.

Similar trends were also noted in burst and tear index as seen in figures 7 and 8 respectively. Extra xylans on fibres are believed to have acted like a dry strength additives hence made sheets stronger.

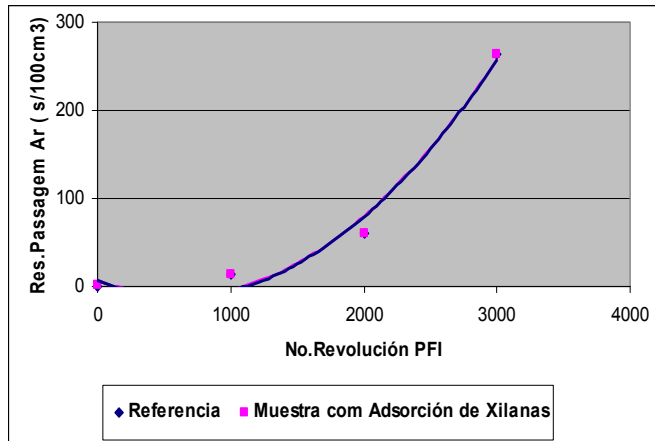


Figure 10: Increasing air resistance by refining.

It is interesting to see in figure 9 that the brightness loss were greater in pulp that contain greater amount of xylans. This strongly stresses that the xylans, hemicelluloses in general, are responsible for colour darkening due to any thermal or mechanical actions that pulps were exposed.

Refining remarkably increased the air resistance of papers irrespective of hemicelluloses content. Increase in air resistance can occur mainly via two mechanisms; a) fibres get flatten and strongly as well as closely attached to surrounding fibres that give denser and tighter sheets. b) Refining produces fines which block all air passages in the paper matrix like fillers and again give denser sheets in which air can not pass easily. Figure10 suggests that increasing hemicelluloses content did not effect the amount of fines generated which indicates that xylans actually can not protect fibres against mechanical actions in PFI mill.

Conclusion

It can be concluded from this work that readsorption of xylans on fibers is possible and this significantly increase the refinability of pulp and resultant paper's properties. Xylans in generals like all hemicelluloses help fiber swelling and increase the interfiber bonding strength. Higher xylans content in fibres are desirable and eucalyptus pulps have good advantages in this respect as it contains more hemicellulose and less lignin (easily extractable one) then many other hardwoods and softwoods.

References

- CLARK, J. D' A. 1978. Pulp Technology and Treatment for Paper., Miller Freeman publications, Inc. San Francisco.
- FULLER, G. 1996. Agricultural Materials as Renewable Resources, ACS Symposium, Series 647.
- GUARDÍOLA, J.L. Y AMPARO, G.L. 1995. Fisiología Vegetal, Nutrición y Transporte. Editora Síntesis, Valencia, España.
- I'ANSON, S.J., KARADEMİR, A., and SAMPSON, W.W., 2006. Specific Contact Area and the Tensile Strength of Paper, APPITA Journal, 59(4):297-301.
- LİBBY, C. Earl. 1981. Ciencia y Tecnología sobre Pulpa y Papel. Tomo II: papel. Compañis Editorial Continental, S.A., México
- KARADEMİR, A., and İMAMOĞLU, S., 2007. Effects of Dry Strength Resin and Surfactant Addition on the Paper Made From Pulps with Different Freeness Level, Journal of Applied Science, 7(4):484-488.
- Karademir, A, Özdemir, F. And İmamoğlu, S., 2006. Effects of Alum-Rosin Sizing on the Properties of Some Wastepaper Grades, Biotechnology, 6(1):148-152.
- MEIER, H. 1962. On the Behaviors of Wood Hemicelluloses Under Different Pulping Conditions., Svensk Papperstidning – Parte 1. 65 (8)
- MONTGOMERY, Douglas C. 1991. Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamericana.
- Pettersson, S.E. and Rydholm, S.A. 1961. Hemicelluloses and Paper Properties of Birch Pulps., Svensk Papperstidning 64 (1).
- SJOSTROM, E. 1981. Wood Chemistry Fundamentals and Applications, New York, Academic Press.
- TANNER, W. And LOEWUS, F.A. 1981. Extracelular. Carbohydrates. Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, vol.13B, Plant Carbohydrates II, N.Y.

Okaliptüs (*Eucalyptus grandis* W. Hill.) Odununun Dinamik Eğilme Direncinin Belirlenmesi ve Bazı Ağaç Türleri ile Karşılaştırılması

¹İbrahim BEKTAŞ, ²M. Hakkı ALMA, ³Bekir Cihad BAL, ⁴Ümit AYATA

¹Doç. Dr., KSÜ Orman Fak., Orman End. Müh. Bölümü, 46060-Kahramanmaraş, ibtas@ksu.edu.tr

²Prof. Dr., KSÜ Orman Fak., Orman End. Müh. Bölümü, 46060-Kahramanmaraş, alma@ksu.edu.tr

³Öğr. Gör., KSÜ Andırın MYO Mob. ve Dek. Bölümü, 46100-Kahramanmaraş, bcbal@ksu.edu.tr

⁴Orman End. Yük. Müh., KSÜ Fen Bilimleri Enst., 46060-Kahramanmaraş, bluebaruf@yahoo.com

Özet

Bu çalışmada, okaliptüs (*Eucalyptus grandis*) odunun dinamik eğilme direnci (şok direnci) belirlenmiş ve elde edilen bulgular, saçlı meşe (*Quercus cerris* L.), kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve doğu çınarı (*Platanus orientalis* L) odunlarında ölçülen dinamik eğilme dirençleri ile karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda, dinamik kalite değerleri hesaplanmış ve dinamik eğilme direnci ile yoğunluk arasındaki ilişki korelasyon analizi ile araştırılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda dinamik eğilme direnci, okaliptüs'te 0.544 kgm/cm², saçlı meşe'de 1.093 kgm/cm², kızılçam'da 0.370 kgm/cm² ve doğu çınarı'nda 0.753 kgm/cm² olarak elde edilmiştir. Korelasyon ilişkisi için tespit edilen tam kuru yoğunluk değerleri ise okaliptüs'te 0.482 gr/cm³, saçlı meşe'de 0.766 gr/cm³, kızılçam'da 0.509 gr/cm³ ve doğu çınarı'nda 0.652 gr/cm³ şeklinde belirlenmiştir. Dinamik kalite değeri bakımından yapılan değerlendirmede ise, okaliptüs orta sert odun yapısı ile "iyi kalite" grubunda yer almıştır. Regresyon ve korelasyon analiz sonuçları, deneme ağaçlarının tamamında, dinamik eğilme direnci ile yoğunluk arasında anlamlı (signifikant) artan bir ilişkinin varlığını ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: *Eucalyptus grandis*, dinamik eğilme direnci, tam kuru yoğunluk, dinamik kalite değeri.

Determination of The Impact Strength of *Eucalyptus grandis* W. Hill. Wood and its Comparison with Those of Some Other Wood Species

Abstract

In this study, the impact strength of *Eucalyptus grandis* wood was determined and compared with those of *Quercus cerris* L., *Pinus brutia* Ten., and *Platanus orientalis* L. ones. Moreover, the correlation between impact strength and density was also investigated. The results indicated that the impact strengths of the woods of *Eucalyptus grandis*., *Quercus cerris* L., *Pinus brutia* Ten., *Platanus Orientalis* L. were 0.544 kgm/cm², 1.093 kgm/cm², 0.370 kgm/cm², and 0.753 kgm/cm², respectively, and their oven-dry densities were 0.482 gr/cm³, 0.766 gr/cm³, 0.509 gr/cm³ and 0.652 gr/cm³, respectively. In point of the value of dynamic quality, the wood of *Eucalyptus grandis* was determined that it is medium hard wood. The results of regression and correlation analysis were showed significant remaining correlation between oven-dry density and impact strength.

Key words: *Eucalyptus grandis*, the impact strength, oven-dry density, the value of dynamic quality

1.Giriş

Geçmişten günümüze orman ve odundan elde edilen ürünler insan hayatında büyük öneme sahip olmuş, özellikle sanayi devriminin ikinci aşaması sonrasında (1870'ler sonrası) odunun yakacak odun olarak kullanımı yanında, endüstriyel olarak kullanım alanları hızla gelişmiş ve dolayısıyla ilerleyen yıllarda toplam orman varlığı azalmaya başlamıştır. Öte yandan, hammadde olarak odunun üretim ve tüketim miktarları ülkeden ülkeye ve bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir.

Türkiye'de orman varlığı 21,2 milyon hektar olup toplam ülke yüzölçümünün % 27,2'sini teşkil etmektedir. Toplam ağaç serveti 1,3 milyar m³ olan orman kaynakları birim alandaki ortalama serveti oldukça düşük olup yıllık cari artımı 36,3 milyon m³, amenajman planlarında verilen yıllık eta miktarı ise ortalama 16,3 milyon m³ tür. Türkiye'de yaklaşık olarak 13 milyon m³ endüstriyel odun ile 9 milyon m³ yakacak odun tüketilmekte olup endüstriyel odunun %60-65'i, yakacak odunun ise yaklaşık %85'i devlet

ormanlarından elde edilmektedir. Devlet ormanları dışında yapılan endüstriyel odun üretiminin %90'ından fazlası kavak üretiminden oluşmaktadır (Anonim, 2006).

Yapılan periyodik envanter ve değerlendirmeler, gelişmiş ülkeler başta olmak üzere bazı ülke ve bölgelerde ormansızlaşmanın stabilize edildiğini, hatta orman alanlarının bir miktar artmakta olduğunu (Avrupa'da yıllık ortalama 881 bin ha), buna karşılık gelişmekte olan ülkelerin ağırlıkta olduğu çoğu ülke ve bölgelerde ormansızlaşmanın halen devam ettiğini göstermektedir. 1980-1990 döneminde yıllık ortalama orman azalması 15,5 milyon hektar iken 1990-2000 döneminde bu miktar 9,4 milyon hektara düşmüştür (Anonim, 2006).

Ormansızlaşmayı azaltmada diğer faktörlerin yanında, hızlı gelişen türler çok büyük öneme sahiptir. Bilindiği gibi, hızlı gelişen tür "en uygun yetişme ortamında 30 yıl idare süresi içinde yılda 9-12 m³/ha artım yapabilen, 5 yıllık idare süresi sonunda yılda 12 m³'den fazla artım yapabilen türler" olarak tanımlanmaktadır (Taşdemir, 1996).

Geniş yapraklı bir tür olarak (Kayacık, 1982) okalıptüs, ülkemizde hızlı gelişen ve üretimi yapılan türler içerisinde önemli yer tutmaktadır. Türkiye'ye ilk olarak 1885 yılında gelen ve 1939 yılında ilk olarak ekonomik ağaçlandırılması Tarsus-Karabucak'ta (Adalı, 1944) başlanan okalıptüs 1993 yılı itibariyle yaklaşık 20.000 ha alanda (Gürses, 1993) üretilmekte ve birçok kullanım alanında değerlendirilmektedir. Genel olarak Afrika'daki plantasyonlardan elde edilen *E. camaldulensis* ve *E. grandis* odununun 23 farklı kullanım yeri bilinmektedir. Bunlar; yapı kerestesi, yer döşemesi, maden direği, tekne yapımı, karoseri yapımı, mobilyacılık, alet sapı ve merdiven, sor malzemeleri, tarımsal aletler, kaplama ve kontrplak, kağıt hamuru, enerji odunu, odun kömürü, ambalaj sandığı, iç dekorasyon, dolgu malzemesi, doğramacılık travers, yonga levha, direk ve kazık, oyuncak, tornacılık ve odun yünüdür (Gürses, 1992).

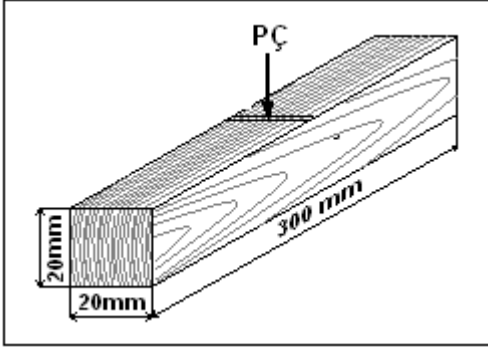
Bu kullanım alanlarının bazılarında (özellikle bina ve köprülerde yapı malzemesi, yer döşemesi, maden direği ve alet sapı gibi) ani yüklemeler son derece önemlidir. Ağaç malzeme yapısı gereği, diğer mühendislik materyallerine göre daha fazla oranda şok şeklinde gelen kısa süreli darbeleri absorbe etme özelliğine sahiptir. Ağaç yapıların dinamik yükler altında kaldığında gösterdiği direnç (şok direnci), statik yüklere karşı koymasından iki kat daha fazladır. Bu durum benzer şartlar altında kullanılan çelik ve betondan farklıdır. Ağaç malzeme çelikten en az dokuz kez daha iyi enerji absorbe eden bir malzeme olduğu için, ani yüklere ve depreme karşı önemli miktarda yüksek şok direncine sahiptir (Bozkurt ve Erdin, 1997). Bu özelliğinden dolayı bir çok kullanım alanında değerlendirilebilmektedir.

Bu çalışmada, Türkiye'de hızlı gelişen türlerden biri olan okalıptüs odununun dinamik eğilme direnci belirlenerek, kullanıcılar tarafından daha yaygın olarak bilinen ve kullanılan diğer bazı ağaç türleri ile karşılaştırılmıştır. Diğer bir amaçta, okalıptüs odunun kullanıcılarca daha iyi tanınmasını sağlamak ve konu ile ilgili gelecekte yapılacak çalışmalara ışık tutmaktır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Deneme ağaçlarından okalıptüs Tarsus-karabucak'tan, diğer türler ise Kahramanmaraş Orman Ürünleri Sanayi'nden temin edilmiştir. Dinamik eğilme direnci test örnekleri (20×20×300 mm) hazırlandıktan sonra %12 hava kurusu rutubet derecesine getirebilmek için, hava sıcaklığının 20 °C ±2 ve bağıl nemin % 65±5 olduğu bir ortamda klimatize edilmiştir. Test örneklerinin hazırlanmasında özellikle deney örneklerinin yıllık halka gidişi, lif yönü ve kusursuz olmasına dikkat edilmiştir. Dinamik eğilme test örneği şekil ve boyutları şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Dinamik eğilme direnci örnekleri ve dinamik kuvvetin çarpma yönü (PÇ: Pandüllü çekiç)

2.2. Yöntem

2.2.1. Dinamik Eğilme (Şok) Direnci

Denemeler, TS 2477 (1976)'e göre hazırlanan 20x20x300 mm boyutlarındaki örnekler üzerinde yapılmıştır. Denemelerden önce örneklerin ortasından enine kesit alanı ölçülmüş, daha sonra deneye tabii tutularak, iş miktarı(A) belirlenmiştir. Dinamik eğilme direnci (a) formül [1]'e göre hesaplanmıştır (Bektaş, 1997).

$$a = \frac{A}{F} \quad (\text{kgm/cm}^2) \quad [1]$$

Burada;

a : Dinamik eğilme direnci (kgm/cm^2)

A: İş miktarı (kgm)

F: Deney numunesinin enine kesit alanı (bxh ; cm^2)

2.2.2. Tam Kuru Yoğunluk (D_0)

Dinamik eğilme direnci yapılan deney örneklerinde kırılmanın gerçekleştiği yerin her iki yanından alınan 2x2x3 cm boyutlarındaki yoğunluk örnekleri, 103 ± 2 °C 'de tam kuru rutubet derecesine kadar kurutulduktan sonra, tam kuru ağırlıkları (W_0), radyal, teğet ve boyuna yöndeki ölçüleri belirlenerek D_0 , formül [2] ile hesaplanmıştır (Bektaş, 1997).

$$D_0 = \frac{W_0}{V_0} \quad (\text{g/cm}^3) \quad [2]$$

Burada;

D_0 : Tam kuru yoğunluk (g/cm^3)

W_0 : Tam kuru ağırlık (g)

V_0 : Tam kuru hacim (cm^3)'dir.

Öte yandan, dinamik eğilme direnci ve tam kuru yoğunluk değerleri kullanılarak deneme ağaçlarına ait dinamik kalite değeri (I_d) formül [3]'e uygun olarak hesaplanmıştır (Göker, 1977).

$$I_d = \frac{a}{(D_0)^2} \quad [3]$$

Burada,

I_d : Dinamik kalite değeri

a : Dinamik eğilme direnci (kgm/cm^2),

D_0 : Tam kuru yoğunluk (g/cm^3) 'tur.

2.2.3. Verilerin Analizi

Deneyler sonucu elde edilen dinamik eğilme direnci ve tam kuru yoğunluk değerleri istatistik analizlere tabii tutularak, aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları belirlenmiştir. Aynı zamanda, verilere ait regresyon denklemi oluşturulmuş ve korelasyon katsayıları hesaplanarak grafik üzerinde gösterilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Deneme ağaçlarına ait elde edilen dinamik eğilme direnci ortalama değerleri ile istatistiksel olarak hesaplanan diğer veriler Tablo 1’de görülmektedir.

Tablo 1: Dinamik eğilme direnci.

Ağaç türü	N ^a	a ^b	SD ^c	V ^d	X _{MIN} ^e	X _{MAX} ^f	R ^g
Okaliptüs (<i>E. grandis</i>)	17	0.544	0.181	33.29	0.313	0.826	0.513
Meşe (<i>Q. cerris</i> L.)	17	1.093	0.299	27.37	0.613	1.490	0.877
Kızılçam (<i>P. brutia</i> Ten.)	20	0.370	0.091	24.59	0.114	0.570	0.456
Çınar (<i>P. orientalis</i> L.)	20	0.753	0.098	13.02	0.549	0.924	0.375

^aNumune sayısı, ^bDinamik eğilme direnci (kgm/cm²), ^cStandart sapma, ^dVaryasyon katsayısı, ^eMinimum değer, ^fMaksimum değer, ^gDeğişim genişliği.

Tablo 1 incelendiğinde, ölçülen en yüksek dinamik eğilme direncinin saçlı meşede (1.093 kgm/cm²) ve en düşük dinamik eğilme direnci değerlerinin ise kızılçamda (0.370 kgm/cm²) ölçüldüğü görülecektir. Okaliptüse ait dinamik eğilme direnci (0.544 kgm/cm²) ise meşe ve çınardan daha düşük olarak elde edilmiştir.

Deneme ağaçlarına ait dinamik eğilme direnci, dinamik kalite değeri ve tam kuru yoğunluk bulguları Tablo 2 ‘de verilmiştir.

Tablo 2: Dinamik eğilme direnci, dinamik kalite değeri ve tam kuru yoğunluk.

Ağaç türü	N ^a	a ^b	D ₀ ^c	I _d ^d	Kalitesi ^e
Okaliptüs (<i>E. grandis</i>)	17	0.544	0.482	2.3	iyi
Meşe (<i>Q. cerris</i> L.)	17	1.093	0.766	1.9	orta
Kızılçam (<i>P. brutia</i> Ten.)	20	0.370	0.509	1.5	orta
Çınar (<i>P. orientalis</i> L.)	20	0.753	0.652	1.8	orta

^aNumune sayısı, ^bDinamik eğilme direnci (kgm/cm²), ^c Tam kuru yoğunluk (g/cm³), ^dDinamik kalite değeri, Bozkurt ve Göker (1996)’daki sınıflama esas alınmıştır.

Tam kuru yoğunluk ve dinamik kalite değerleri karşılaştırıldığında, en yüksek yoğunluk değerinin meşede (0.766 g/cm³) ve en yüksek dinamik kalite değerinin okaliptüste (2.3) elde edildiği Tablo 2’den anlaşılmaktadır. Aynı tablodaki en düşük yoğunluk ve dinamik kalite değerlerine ise sırasıyla okaliptüste (0.482 g/cm³) ve kızılçamda (1.5) ulaşılmıştır. Dinamik kalite değerleri açısından yapılan sınıflama esas alındığında, okaliptüsün iyi, diğer ağaç türlerinin ise orta kalite grubunda yer aldığı söylenebilir.

Bu çalışmada ele alınan ağaç türlerine ait veriler, aynı türler üzerinde diğer araştırmacılar tarafından elde edilen değerler ile karşılaştırıldığında genel olarak bir paralellik görülmektedir. Ayata (2008)’de *E. grandis*’te tam kuru yoğunluk değeri 0.515 g/cm³ olarak belirlenmiştir. Bu değer Tablo 2’deki değerden biraz yüksektir. Ancak, bu Türkiye’de türe ait elde edilen bir dinamik eğilme direnci değerine literatürde ulaşamamıştır.

Bozkurt ve ark., (1993) tarafından Datça kızılçamı için dinamik eğilme direnci değeri 0.560 kgm/cm², tam kuru yoğunluk ise 0.500 gr/cm³ olarak ortaya konmuştur. Tablo 2’de yer alan Kahramanmaraş kızılçamına ait dinamik eğilme direnci değeri Datça kızılçamından oldukça düşüktür. Bu durumu, Bektaş (1997)’de yetiştirme ortamı farklılığı, özellikle bakı ve toprak yapısındaki farklılıklarla açıklamaktadır. Uludağ (2006)’da ise *Platanus orientalis*’in tam kuru yoğunluk 0.595 g/cm³, dinamik eğilme direnci 0.700 kgm/cm² olarak belirtilmiştir. Araştırmada elde edilen çınara ait bulgular (Tablo 1 ve 2), Uludağ (2006)’daki değerlerden daha yüksektir. Bozkurt ve Erdin (1997)’de *Q. dschorochensis* için dinamik eğilme direncini 0.650 kgm/cm² ve tam kuru yoğunluğu 0.680 g/cm³ değerleri ile vermektedir. Bu değerlere göre saçlı meşeye ait dinamik eğilme direnci ve tam kuru yoğunluk değerlerinin oldukça yüksek olduğu söylenebilir.

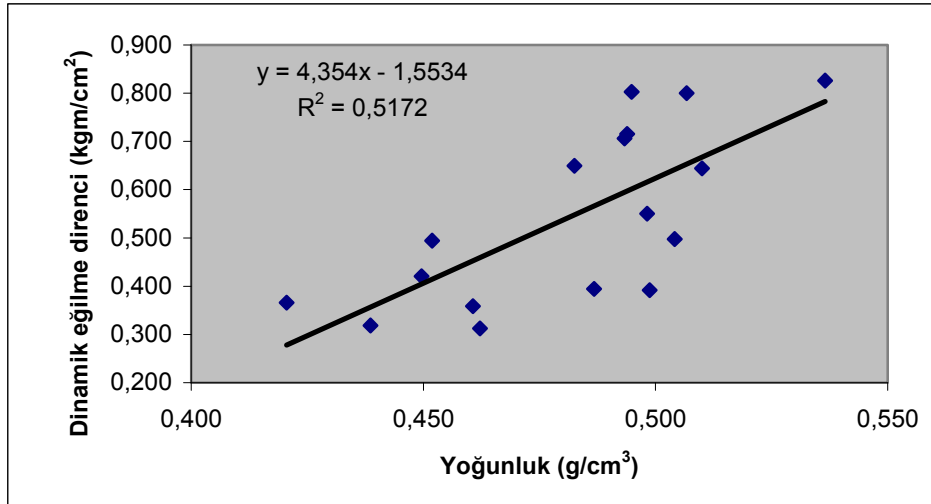
Bilindiği gibi, direnç/yoğunluk oranı, ağaç malzemenin diğer materyal ile kıyaslanmasında önemli bir kriter olarak kabul edilmektedir (Bozkurt ve Göker, 1996). Bu nedenle, bu çalışmada dinamik eğilme direnci ile yoğunluk arasındaki ilişkinin ortaya konması amacı ile yapılan regresyon ve korelasyon analizleri sonucunda elde edilen bulgular Tablo 3 ve Grafik 1 ile 4'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Dinamik eğilme direnci ve tam kuru yoğunluğa ait regresyon analizi ile elde edilen denklemler ve korelasyon katsayıları.

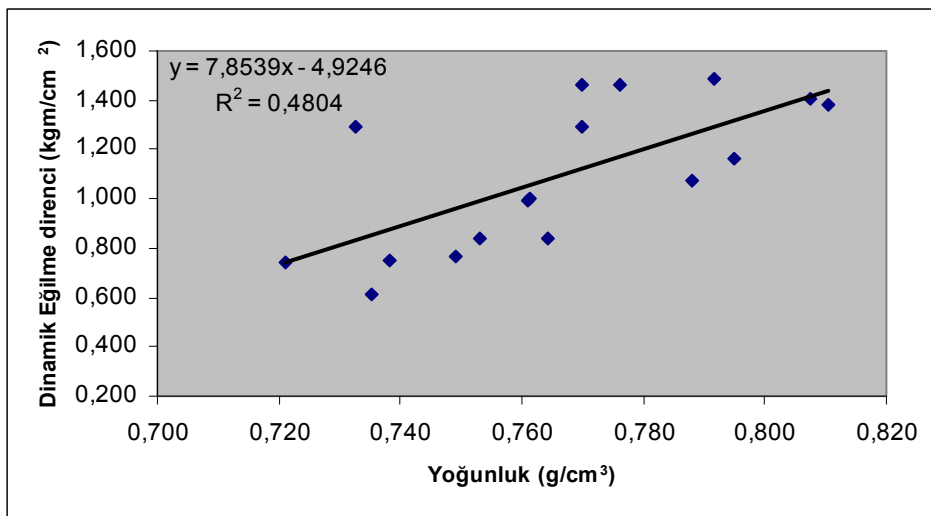
Ağaç türü	Denklem	r ^a	r ^{2b}	r ve r ^{2c}
Okaliptüs (<i>E. grandis</i>)	-1.55+4.354x	0.72	0.52	r>0.70 ve r ² >0.50
Meşe (<i>Q. cerris</i> L.)	-4.92+7.853x	0.70	0.49	r>0.70 ve r ² >0.50
Kızılçam (<i>P. brutia</i> Ten.)	-0.81+2.923x	0.72	0.52	r>0.70 ve r ² >0.50
Çınar (<i>P. orientalis</i> L.)	-2.65+5.212x	0.71	0.50	r>0.70 ve r ² >0.50

^aKorelasyon katsayısı, ^bBelirtme (determinasyon) katsayısı, ^c İlişkinin önemli olduğu durum.

Tablo 3'te yer alan verilere dayanılarak, dinamik eğilme direnci ile yoğunluk arasındaki ilişkinin okaliptüs ve kızılçamda oldukça anlamlı (significant), diğer iki ağaç türünde ise önemli olduğu söylenebilir. Aynı zamanda Grafik 1-4'te ki verilerde bu durumu teyit etmektedir.



Grafik 1. Okaliptüs odununda yoğunluk ile dinamik eğilme direnci arasındaki ilişki.

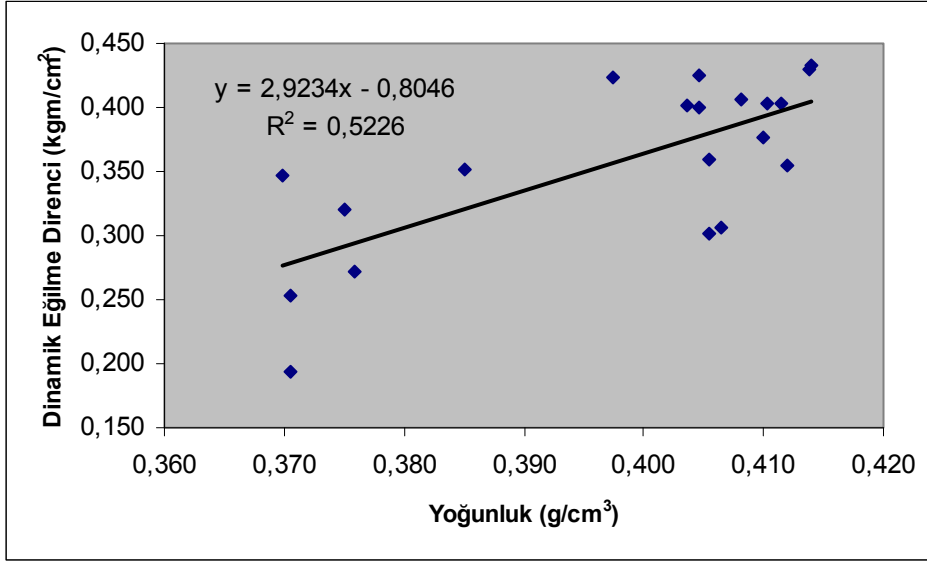


Grafik 2. Meşe odununda yoğunluk ile dinamik eğilme direnci arasındaki ilişki

Grafikler dinamik eğilme direnci ile tam kuru yoğunluk arasında doğrusal artan bir ilişkinin varlığını göstermektedir. Çünkü, hiçbir karşılaştırmada korelasyon katsayısı(r), 0.70'den küçük çıkmamıştır. Aynı durum belirtme katsayısı (r^2) içinde söylenebilir.

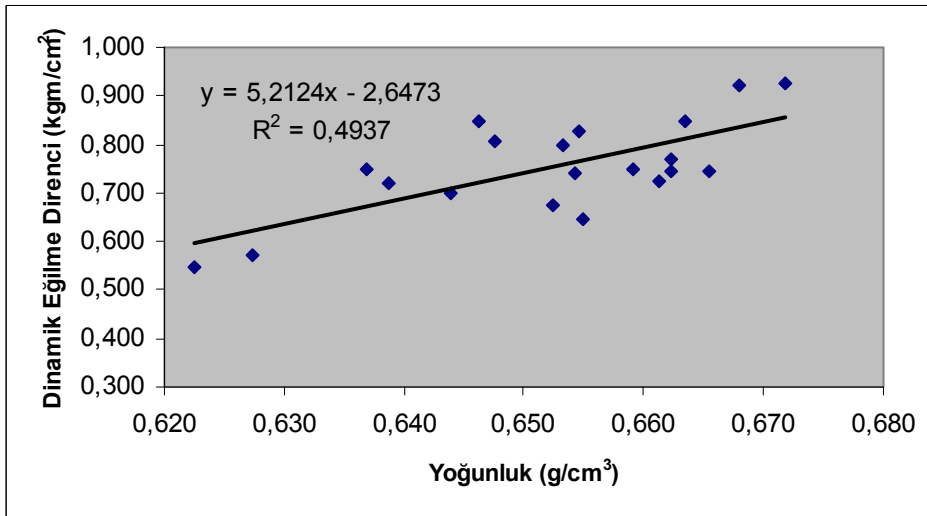
4. Sonuç ve Öneriler

Eucalyptus grandis odununun tam kuru yoğunluğu 0.482 gr/cm^3 ve dinamik eğilme direnci 0.544 kgm/cm^2 olarak tespit edilmiştir. Yoğunluk ile dinamik eğilme direnci arasındaki ilişki oldukça anlamlıdır ($r=0.72$ ve $r^2=0.52$). Aynı yargıya araştırılan diğer ağaç türleri için de ulaşılabilir.



Grafik 3. Çam odununda yoğunluk ile dinamik eğilme direnci arasındaki ilişki

Bu çalışma ile, *E. grandis*'e ait dinamik eğilme direnci belirlenerek literatürdeki boşluk doldurulmuştur. Çünkü, literatürde konu ile ilgili bir değere ulaşamamıştır (Türkiye için). Elde edilen veriler ışığında okaliptüsün, orta sert bir yapraklı ağaç olarak, dinamik kalite değeri sınıflamasına göre “iyi” kalite oduna sahip olduğu belirlenmiştir. Bunlara ilaveten, dinamik eğilme direnci değeri de dikkate alınarak *Eucalyptus grandis*'in ani yüklemelere maruz kalan kullanım yerleri için yeterli şok direncine sahip olduğu sonucuna ulaşılabilir.



Grafik 4. Çınar odununda yoğunluk ile dinamik eğilme direnci arasındaki ilişki.

Burada araştırılan diğer ağaç türleri ile kıyaslandığında okaliptüsün, dinamik eğilme direnci, dinamik kalite değeri ve korelasyon derecesi açısından önemli bir ayrılık göstermediği söylenebilir. Yani, diğer ağaç türlerinin kullanıldığı alanlarda okaliptüste ikame olarak düşünülebilir. Ancak, Ayata (2008)'de de belirtildiği gibi, yüksek oranda çalışması ve kurutulması sırasında ortaya çıkan kusurlar, okaliptüsün kullanım alanlarını önemli ölçüde sınırlamaktadır. Bu sakıncaların, özellikle kurutma kusurlarını azaltacak kurutma yöntemlerinin uygulanması ile belirli oranda giderilebilmesi mümkündür.

Hammadde sıkıntısının her gün biraz daha arttığı Türkiye Orman Ürünleri Endüstrisi için, hızlı gelişen bir tür olan okaliptüs üzerine daha fazla odaklanmaya ihtiyaç vardır. Bunun için, yapılan çalışmalarda dikkate alınarak gelecekte yapılacak araştırmalara hız verilmelidir.

5.Kaynaklar

- Adalı, F., 1944. Sağlık ağacı okaliptüs. Ziraat Vekaleti Neşriyat Müdürlüğü Genel Sayı: 609, Pratik Kitaplar Sayı:3, İstanbul
- Anonim, 2006. Ormancılık özel ihtisas komisyonu raporu, Dokuzuncu kalkınma planı, Ankara.
- Ayata, Ü., 2008. Okaliptüs (*Eucalyptus Camaldulensis* ve *Eucalyptus Grandis*)'ün. odun özellikleri ve kağıt endüstrisinde kullanımının araştırılması. K.S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş
- Bektaş, İ., 1997. Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) Odununun teknolojik özellikleri ve yörelere göre değişimi. İ.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Bozkurt, Y., Y.Göker., N. Erdin., N. As., 1993. Datça Kızılcımında anatomik ve teknolojik özellikler. Uluslararası Kızılcım Sempozyumu Bildiriler Metni. O.G.M. Baskı Tesisleri. s.628-635, Marmaris-Muğla.
- Bozkurt, Y. ve G. Yener, 1996. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi yayınları, No: 3944/436, İstanbul
- Bozkurt, Y, Erdin, N. 1997. Ağaç Teknolojisi, İ.Ü. Orman fakültesi Üniversite Yayın No: 3998, Fakülte Yayın No: 445, S:4, İstanbul.
- Göker, Y.,1977. Dursunbey ve Elekdağ karaçamları (*Pinus nigra* var *pallasiana*) 'nın fiziksel, mekanik özellikleri ve kullanım yerleri hakkında araştırmalar. OGM Yayınları, No: 613/22, Akran matbaası, S.263,Ankara
- Gürses, 1992. Türkiye'de Okaliptusun orman ürünleri endüstrisindeki yeri ve önemi, 1. ulusal orman ürünleri endüstri kongresi, KTÜ, Trabzon.
- Gürses, M., K., 1993. Okaliptüsün Türkiye Ormancılığı Açısından Önemi ve ve Bazı Öneriler, Orman Bakanlığı 1. Ormancılık Şurası Tebliğler ve Ön Çalışma Gurubu Raporları Cilt:1, Seri No:13, Yayın No:006, ANKARA, S. 456-463
- Kayacık, H., 1982. Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği. İ. Ü, Orman Fakültesi Yayını, No: 3013/321, Cilt 3, İstanbul.
- Taşdemir, C.1996. Türkiye'de hızlı gelişen yabancı tür ağaçlandırmalarının adaptasyon ve gelişme yönünde incelenmesi, İÜ Fen bilimleri enstitüsü, Yüksek lisans tezi, İstanbul.
- Uludağ, M. 2006 Kastamonu orman bölge müdürlüğü Çatalzeytin orman işletme müdürlüğü çınar gövde hacim tablolarının düzenlenmesi, Yüksek lisans tezi, Z.K.Ü. Fen bilimleri enstitüsü, Zonguldak.

Okaliptüs(*Eucalyptus camaldulensis*) Odununun Piroliz: Sıvı Ürün Verimi Üzerine Sıcaklık, Parçacık Boyutu ve Sürükleyici Gaz (N₂) Akış Hızının Etkisi

Murat ERTAŞ¹, M. Hakkı ALMA²

¹ Araş. Gör., KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. Bölümü, 46060 Kahramanmaraş, mertas@ksu.edu.tr

² Prof. Dr., KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. Bölümü, 46060 Kahramanmaraş, alma@ksu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, ülkemizdeki enerji açığı göz önüne alınarak, biyokütle kaynakları arasında yer alan okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis*) odunu alternatif enerji kaynağı olarak seçilmiştir. Bu amaçla, termokimyasal dönüşüm süreçlerinden biri olan piroliz yöntemi kullanılarak sıcaklık (300, 400, 500, 600, 700°C), parçacık boyutu (0.250<dp<0.420, 0.420<dp<0.850, 0.850<dp<1.600 mm) ve sürükleyici gaz (N₂) akış hızının (1, 2, 4, 6 Nl h⁻¹) piroliz ürün verimleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen ürünlerin üst ısıl değerleri belirlenerek, elde edilen sonuçlar, diğer yakıt türlerinin özellikleri ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Okaliptüs, Piroliz, Biyokütle, Yenilenebilir Enerji, Katran

Pyrolysis of *Eucalyptus camaldulensis* Wood: Influence of Temperature, Particle Size and Sweeping Gas (N₂) Flow Rate on the Yields of Liquid Product

Abstract

In this study, *Eucalyptus camaldulensis* wood was chosen as an alternative energy source by considering the energy requirements of our country. By this aim, the experiments were made by using pyrolysis process which was the thermochemical conversion processes and examined the effects of pyrolysis temperature (300, 400, 500, 600, 700°C) and particle size (0.250<dp<0.420, 0.420<dp<0.850, 0.850<dp<1.600 mm) and sweeping gas (N₂) flow rate (1, 2, 4, 6 Nl h⁻¹) on the yields of liquid product. Higher heating value of products obtained from pyrolysis experiments was determined and these results were compared with the properties of other fuels.

Keywords: *Eucalyptus camaldulensis*, Pyrolysis, Biomass, Renewable Energy, Bio-oil

1. Giriş

Enerji, ekonomik ve sosyal kalkınma için gerekli temel girdilerden birisidir. Artan nüfus, şehirleşme, sanayileşme, teknolojinin yaygınlaşması ve refah düzeyindeki artışa paralel olarak enerji tüketimi kaçınılmaz bir şekilde artmaktadır. Buna karşılık enerji tüketiminin mümkün olan en alt düzeyde tutulması, enerjinin en tasarruflu ve verimli bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Son yıllarda, enerjinin önemi toplumlar tarafından daha iyi kavranmış, hatta bir ülkenin yaşam standardının, ülkelerin ekonomik, kültürel ve bilimsel seviyeleri onların ürettikleri ve kullandıkları enerji miktarı ile orantılı olduğu kabul edilmiştir. Yaklaşık 6 milyar nüfusa sahip dünyamızda sanayileşmiş ülkelerde yaşayan 1 milyar nüfus, kullanılan toplam enerjinin yaklaşık %60'ını tüketirken, gelişmekte olan ülkelerde yaşayan 5 milyar nüfus sadece %40'ını tüketmektedir (Veziroğlu, 2000).

Teknolojinin ilerlemesi, nüfusun artması, insanın dünyaya hâkim olma düşüncesi enerjiye olan gereksinimi giderek artırırken, fosil enerji kaynaklarının rezervleri de hızla tükenmektedir. Burada göz önünde tutulması gereken önemli bir konuda, fosil yakıtların belli bir rezerve sahip

olması ve bu şekilde sorumsuzca kullanımı sürerse, gelecek yüzyılın ikinci yarısından bu yakıtlardan eser kalmayacağı gerçeğidir.

Ülkemiz, su (hidroelektrik, jeotermal, deniz enerjisi), güneş, rüzgar ve biyokütle olarak sınıflandırabileceğimiz yeni-yenilenebilir enerji kaynakları açısından oldukça iyi bir potansiyele sahiptir. Ülkemizde yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları üretimi, toplam kömür üretiminden sonra ikinci en yüksek üretime sahiptir. Bu kaynakların yaklaşık üçte ikisini biyokütle oluşturmaktadır. Geri kalan üçte birlik yenilenebilir enerji kaynağının da büyük çoğunluğunu hidroelektrik enerji oluşturmaktadır. Görüldüğü gibi ülkemiz için biyokütlenin özel bir önemi vardır. Bu durum uygun süreçler geliştirilerek biyokütlenin enerji kaynağı olarak değerlendirilmesinde yapılacak olan çalışmaların önemini daha da arttırmaktadır (Angın ve Şensöz, 2006).

Biyokütle enerjisi, yetiştiriciliğe dayalı olduğu için yenilenebilir, çevre dostu, yerli ve yerel bir kaynak olarak önem kazanmaktadır (Sayigh, 1999). Biyokütle doğrudan yakılarak veya çeşitli süreçlerle yakıt kalitesi artırılıp, mevcut yakıtlara eşdeğer özelliklerde alternatif biyoyakıtlar (kolay taşınabilir, depolanabilir ve kullanılabilir yakıtlar) elde edilerek enerji teknolojisinde değerlendirilmektedir (Çetinkaya ve Karaosmanoğlu, 2003). Biyokütle kaynakları son yıllarda araştırmacıların oldukça ilgisini çekmekte ve biyokütleden enerji kaynağı olarak yararlanmak amacıyla birçok çalışma yapılmaktadır (Şensöz ve Can, 2002; Prevsuren ve ark., 2004; Islam ve ark., 2005; Zhang ve ark., 2005; Çulcuoğlu ve ark., 2005).

Termokimyasal süreçler içerisinde yer alan ve biyokütlenin şekline, cinsine ve yapısına bağlı olmaksızın yüksek verimde sıvı ürün elde edilmesine olanak sağlayan piroliz yöntemi ile elde edilen sıvı ürün, iyileştirme işlemleri sonucunda ısıl değeri yüksek, kolaylıkla depolanabilir, taşınabilir ve ölçülebilir özellikleriyle petrol türevi sıvı yakıtlar için bir alternatif oluşturmaktadır (Soltes, 1988).

Genel olarak biyokütleyle uygulanan dönüşüm teknikleri; termokimyasal dönüşüm teknikleri, biyokimyasal dönüşüm teknikleri ve agro-kimyasal dönüşüm teknikleri olmak üzere üç ana başlıkta incelenmektedir. Bunlardan biyokimyasal dönüşüm tekniklerine; alkolik fermantasyon, anaerobik bozundurma ve biyofotoliz olmak üzere üç farklı yöntem uygulanırken agro-kimyasal dönüşüm tekniklerinden; yakıt ekstraksiyonu yöntemi uygulanmaktadır (Çağlar, 2004). Biyokütleden geleneksel olarak doğrudan yakılarak enerjiye dönüştürülmesi dışında, çeşitli termokimyasal prosesler uygulanarak daha yüksek enerji yoğunluğuna sahip ürünler elde edilmektedir. Buradan elde edilen ürünlerin (katı, sıvı ve gaz) ham biyokütleyle göre taşınma kolaylığı, daha az kül içeriği, kullanım kolaylığı ve daha az yer kaplaması gibi büyük avantajları vardır. Biyokütleyle uygulanan termal prosesler; doğrudan yakma, gazlaştırma, doğrudan sıvılaştırma, süperkritik akışkan ekstraksiyonu ve piroliz olarak beş ana kısma ayrılır (McKendry, 2002; Çağlar, 2004).

Piroliz, organik maddelerin katı, sıvı ve gaz ürün elde etmek amacıyla, oksijensiz ortamda ısıtılarak bozundurulması işlemidir (Soltes ve Elder, 1981). Biyokütleden, piroliz yöntemi ile motorin, fuel-oil ve türbin yakıtı alternatifi sıvı yakıtlar elde edilebilmektedir. Böylece bitkisel, hayvansal, şehir ve endüstriyel atıklar enerji kaynağı olarak değerlendirilmekte, özellikle piroliz işlemi sonucunda elde edilen sıvı ürünün ham petrol eşdeğeri olması, biyokütlenin diğer kullanım alanları yanında bir üstünlük sağlamaktadır. Ayrıca piroliz sonucu elde edilen katran (biyo-oil, biyoyakıt) kimyasal hammadde girdisi olarak da kullanım alanı bulabilmektedir (Bridgwater, 2003).

Bu çalışmada, okaliptüs camaldulensis odunu enerji alanında değerlendirilebileceği düşünülmüş ve bu amaçla okaliptüs camaldulensis odununa sabit yataklı reaktörde piroliz işlemi uygulanmıştır. Piroliz parametrelerinden, piroliz sıcaklığı, parçacık boyutu ve sürükleyici gaz (N₂) akış hızının piroliz ürün verimlerine etkisi incelenmiş ve sıvı ürün verimi açısından en uygun piroliz koşulları saptanmaya çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

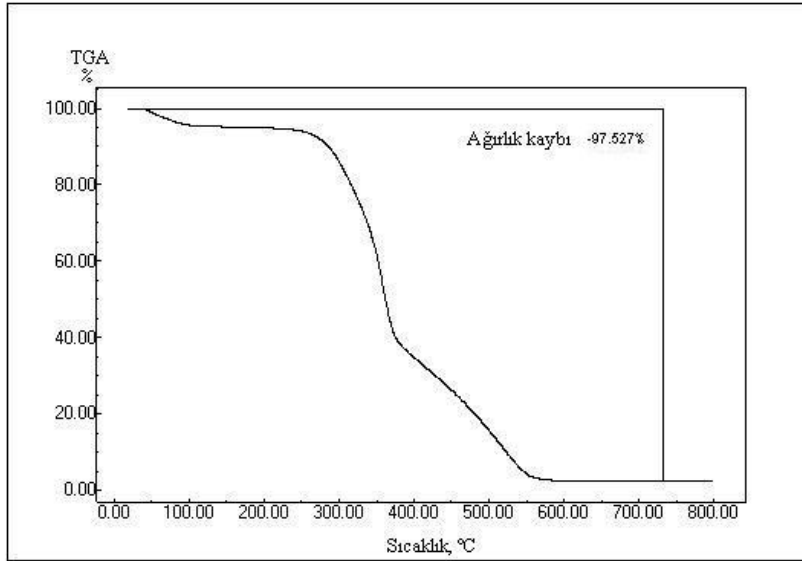
Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis*) örnekleri, Tarsus-Karabucak Orman İşletme Şefliğinden temin edilmiştir. Deneylerden önce örnekler açık havada kurutuldu, Willey değirmeninde öğütüldü ve sarsıntılı elek yardımıyla boyutlandırılarak piroliz deneyleri için hazır hale getirilmiştir. Tablo 1 piroliz edilen örneklerin analiz sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 1. Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis*) odununun analiz sonuçları

Materyal	Nem (%)	Kül (%)	Uçucu madde (%)	Selüloz (%)	Lignin (%)	Hemiselüloz (%)	Ekstraktif madde ^a (%)	Üst ısıl değer (Mj kg ⁻¹)
Okaliptüs odunu	4.6	2.5	17,9	58.7	23.7	21.3	3.4	21.1

^a Alkol-benzen

Okaliptüs odununun termal davranışını Shimadzu TGA-50 termogravimetrik analiz cihazı ile belirlenmiştir. Yaklaşık 5 mg alınan örnek oda sıcaklığından 800°C'ye, 20 ml dk⁻¹sabit azot akışı hızıyla 15°C dk⁻¹ ısıtma hızında ısıtılmıştır. Şekil 1'deki TGA eğrisinde görüldüğü gibi önemli ağırlık kaybı 300-550°C arasında olmuştur. Bozunma 300 °C civarında başlamış ve 800°C son sıcaklıkta ağırlık kaybı %97.5 olarak kaydedilmiştir.



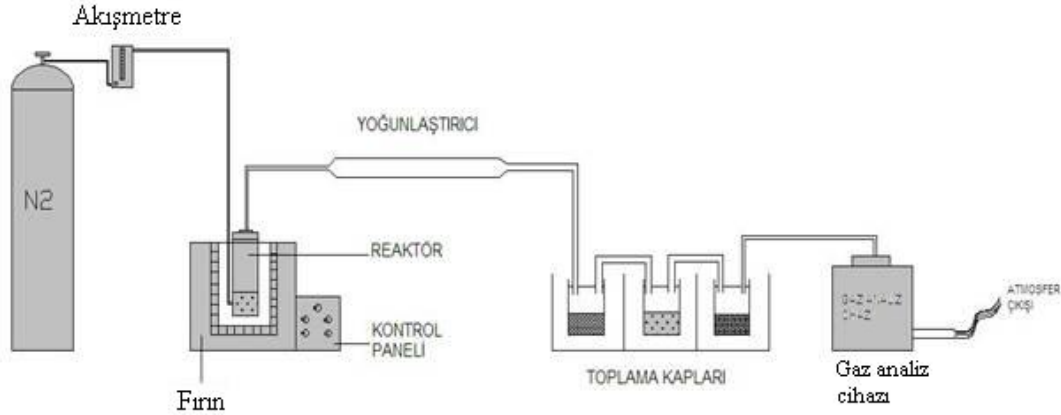
Şekil 1. Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis*) odununun termogravimetrik analiz eğrisi

2.2 Piroliz

Piroliz deneyleri Şekil 2'de gösterilen sabit yataklı reaktörde gerçekleştirilmiştir. Reaktör 316 paslanmaz çelikten yapılmış 1000 cm³ hacminde olup, bu reaktörü dıştan çevreleyen 2000 watt gücünde, rezistanslı ve izolasyonu gerçekleştirilmiş bir fırın bulunmaktadır.

0.250<dp<0.420, 0.420<dp<0.850, 0.850<dp<1.600 mm olarak boyutlarına göre ayrılan örneklerden 100 g hava kurusu alınarak reaktöre yerleştirilmiştir. Tüm deneyler 15°C dk⁻¹ ısıtma hızında yapılmıştır. Piroliz deneylerinde sıcaklığın etkisini belirlemek için 300, 400, 500, 600 ve 700°C'de deneyler yapılmıştır.

Parçacık boyutunun etkisini bulmak için $0.250 < dp < 0.420$, $0.420 < dp < 0.850$, $0.850 < dp < 1.600$ mm olarak sınıflandırılan örnekler belirlenen $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ optimum piroliz sıcaklığında ve 1 Nl h^{-1} sürükleyici gaz akış hızında deneyler yapılmıştır.



Şekil 2. Piroliz deney düzeneğinin şematik görünümü

Sürükleyici gaz akış hızının etkisini belirlemek için ise $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ optimum piroliz sıcaklığında ve $0.420 < dp < 0.850$ boyutundaki örnekler 1, 2, 4, 6 Nl h^{-1} azot akış hızlarında deneyler yapılmıştır. Piroliz istenilen sıcaklığa geldikten sonra 30 dk daha bu sıcaklıkta beklenilmiş ve gaz çıkışı kontrol edilerek deneye son verilmiştir.

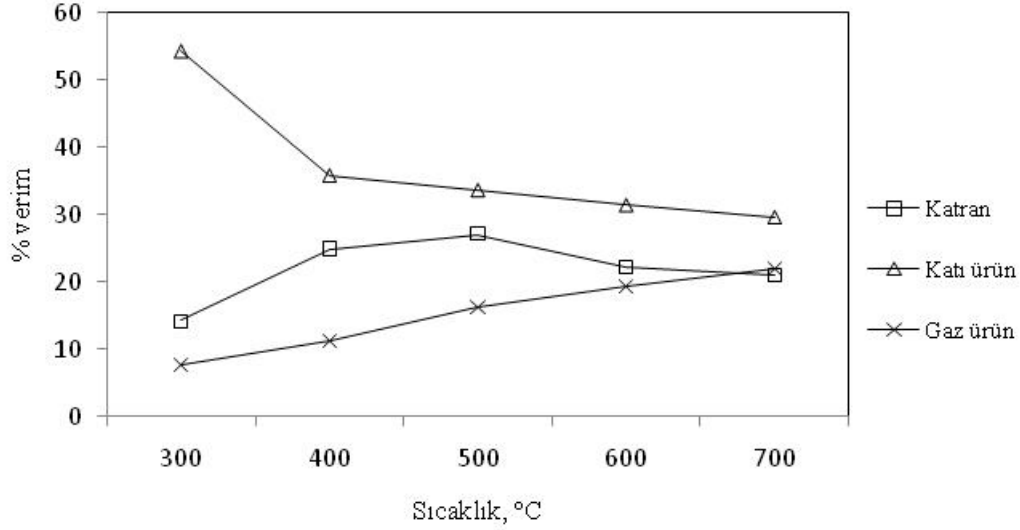
Piroliz işlemi sonucunda sıvı toplama kaplarında biriken sıvı ürün (katran ve sulu faz) diklorometan ile yıkanarak ayırma hunisine alınmış ve sulu faz dekantasyon yöntemi ile alınarak miktarı belirlenmiştir. Katran içersindeki suyu tamamen uzaklaştırmak için katran susuz Na_2SO_4 'den süzülükten sonra döner buharlaştırıcıda çözücüsünden ayrılarak verimi hesaplanmıştır. Reaktörde kalın katı ürün tartılarak verimi hesaplanmıştır. Toplam kütle denkleğinden yoğunlaşmayan gaz ürün verimi bulunmuştur.

Piroliz deneyleri sonucunda katran verimi açısından en uygun sıcaklık, parçacık boyutu ve sürükleyici gaz (N_2) akış hızı belirlenerek, elde edilen ürünlerin ısı değerleri ölçülmüştür.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Piroliz sıcaklığının etkisi

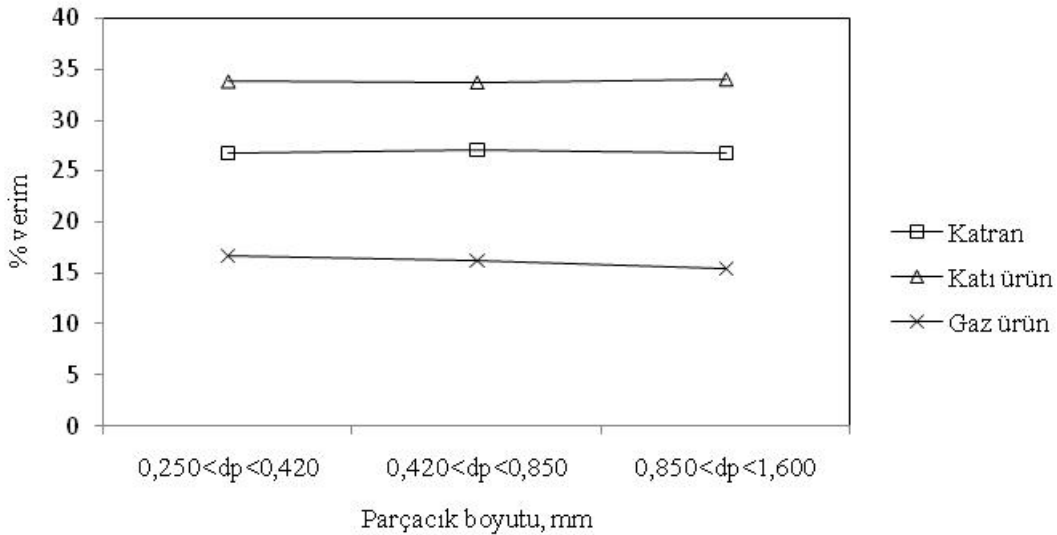
$0.420 < dp < 0.850$ mm parçacık boyutundaki okaliptüs odununun 1 Nl h^{-1} sürükleyici gaz akış hızında, $15\text{ }^{\circ}\text{C dk}^{-1}$ ısıtma hızındaki 300, 400, 500, 600 ve $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ piroliz sıcaklıklarında elde edilen piroliz ürünlerinin verimi Şekil 3'de verilmiştir. Şekil 3'de görüldüğü gibi sıcaklığın $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye artmasıyla, piroliz dönüşümü %41.6'den %68.1'e çıkmıştır. Dönüşümdeki bu artış, gaz ürün verimindeki artışta göstermektedir. Gaz üründeki artış, yüksek sıcaklıklarda piroliz gazlarının baskın olarak ikincil parçalanma ile gaz ürünlere dönüşmesine atfedilebilir. Sıcaklık artışı ile katı ürün verimindeki azalma ya yüksek sıcaklıklardaki biyokütlenin büyük oranda birincil bozunmadan dolayı yada katı ürünün ikincil bozunmaya uğramasından dolayıdır. Yüksek sıcaklıklarda katı ürünün ikincil bozunması, piroliz sıcaklığının artışı ile gaz ürün veriminde artış sağlayan yoğunlaşmayan gazların meydana gelmesine neden olur. Katran veriminde sıcaklığın $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye artmasıyla bir artmıştır. Fakat 600 ve $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de katran veriminde azalma gözlenmiştir. Maksimum katran verimi $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de %27.1 olarak bulunmuştur. Yüksek sıcaklıklarda ikincil reaksiyonlardan dolayı sıvı ürünler gaz ürünlere dönüşmektedir.



Şekil 3. Piroliz ürünleri verimi üzerine sıcaklığın etkisi (0.420<dp<0.850 mm parçacık boyutu, 15°C dk⁻¹ ısıtma hızı, 1 Nl h⁻¹ azot akış hızı)

3.2 Parçacık boyutunun etkisi

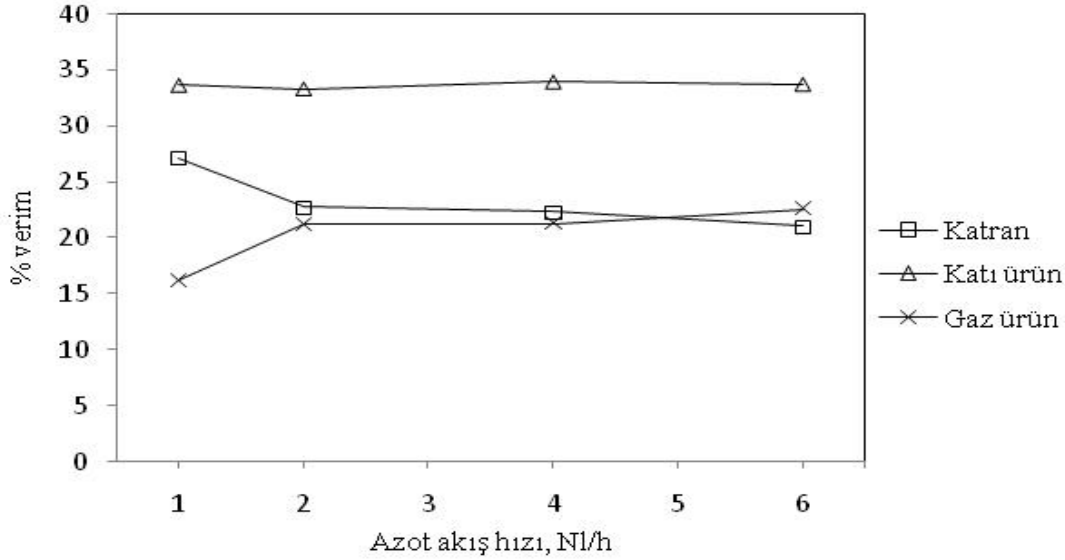
0.250<dp<0.420, 0.420<dp<0.850, 0.850<dp<1.600 mm olarak boyutlandırılan okaliptüs odunu, 500°C'de, 15°C dk⁻¹ ısıtma hızında 1 Nl h⁻¹ azot akış hızında piroliz edilmiştir. Deneysel sonuçlar Şekil 4'de gösterilmektedir. 0.250<dp<0.420 mm parçacık boyutunda, piroliz dönüşüm %63.7 ve katran verimi %26.8 olarak bulunmuştur. 0.420<dp<0.850 mm parçacık boyutunda piroliz dönüşüm %63.8 ve katran verimi %27.1 bulunmuştur. 0.850<dp<1.600 mm parçacık boyutunda ise piroliz dönüşüm %63.4 ve katran verimi %26.8 bulunmuştur. Parçacık boyutunun katran veriminde çok etkili olmadığı görülmüş ve maksimum katran verimi 0.420<dp<0.850 mm parçacık boyutunda elde edilmiştir.



Şekil 4. Piroliz ürünleri üzerine parçacık boyutunun etkisi (500°C piroliz sıcaklığı, 15°C dk⁻¹ ısıtma hızı, 1 Nl h⁻¹ azot akış hızı)

3.3 Sürükleyici gaz (N₂) akış hızının etkisi

0.420<dp<0.850 mm parçacık boyutundaki örneklerin, 500°C piroliz sıcaklığı, 15°C dk⁻¹ ısıtma hızında farklı sürükleyici gaz akış hızlarında yapılan deneyler sonucunda yaklaşık olarak piroliz dönüşümleri %63-64, katran verimleri %21-27 ve gaz ürün verimleri %16-23 aralığında gerçekleşmiştir. Piroliz esnasında meydana gelen uçucu bileşenler sürükleyici gaz akımındaki artışla birlikte sistemi daha kolay terk edebilmektedir. Fakat belli bir azot akış hızının üzerindeki hızlarda mevcut piroliz düzeneğindeki soğutma sisteminin yeterli olmadığı varsayımıyla bu sırada meydana gelmiş uçucu bileşenlerin yoğunlaştırılmadan sistemi terk ettiği düşünülmektedir. Bu durum Şekil 5’de de görüldüğü gibi, azot akış hızının 1 Nl h⁻¹’nin üstüne çıktığı durumlarda açıkça görülmektedir.



Şekil 5. Piroliz ürünleri üzerine azot akış hızının etkisi (500°C piroliz sıcaklığı, 15°C dk⁻¹ ısıtma hızı, 0.420<dp<0.850 mm parçacık boyutu)

Tablo 2’de Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis*) odunu ve piroliz ürünlerinin üst ısıl değerleri verilmiştir.

Tablo 2. Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis*) odununun ve piroliz ürünlerinin üst ısıl değerleri

Materyal	Üst ısıl değer (Mj kg ⁻¹)
Okaliptüs (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>) odunu	21.1
Katran ^a	23.1
Katı ürün ^a	31.5

^a 500°C piroliz sıcaklığı, 15°C dk⁻¹ ısıtma hızı, 0.420<dp<0.850 mm parçacık boyutu, 1 Nl h⁻¹ azot akış hızında elde edilen ürünler

Katran ve katı ürünün ısıl değeri kullanılan biyokütlenin ısıl değerinden daha yüksek bulunmuştur. Katranın ısıl değeri (23.1 Mj kg⁻¹) benzin (47 Mj kg⁻¹), dizel yakıt (43 Mj kg⁻¹) ve petrol (42 Mj kg⁻¹) ile karşılaştırıldığında bunlara göre düşük olduğu, katı ürünün ısıl değeri (31.5 Mj kg⁻¹) kömür (32-37 Mj kg⁻¹) ile karşılaştırıldığında ise oldukça yakın olduğu söylenebilir (Şensöz ve ark., 2000).

4. Kaynaklar

- Angın, D., Şensöz, S. (2006). Aspir tohumu pres küspesinin pirolizinde sürükleyici gaz (N₂) akış hızının etkisi ve sıvı ürün karakterizasyonu, *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, 18 (4), 535-542, 2006.
- Bridgwater, A. V. (2003). Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass. *Chemical Engineering Journal*, 91

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

- (2-3), 87-102.
- Çağlar, A. (2004). Çay atığının katalitik pirolizi: sıvı ürün verimi üzerine katalizörlerin etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 12 (2), 385-392.
- Çetinkaya, M., Karaosmanoğlu, F. (2003). Türkiye enerji profili ve hidrojen. II. *Hidrojen Kongresi*, (9 Temmuz 2003) Bildirileri, Filiz Karaosmanoğlu, Merve Çetinkaya, Ertim Orkun (Editörler) Ankara, 25-40.
- Çulcuoğlu, E., Ünay, E., Angın, D., Şensöz, S., Karaosmanoğlu, F. (2005). Characterization the bio-oil of rapeseed cake. *Energy Sources*, 27 (13), 1217-1223.
- Islam, M. N., Islam, M. N., Alam Beg, M. R., Islam, M. R. (2005). Pyrolytic oil from fixed bed pyrolysis of municipal solid waste and its characterization. *Renewable Energy*, 30 (3), 413-420.
- McKendry, P., (2002). Energy production from biomass (part II) conversion technologies, *Bioresource Technology*, 83,147-54.
- Prevsuren, B., Avid, B., Gerelmaa, T., Davaajav, Y., M (2004). The characterization of tar from the pyrolysis of animal bones. *Fuel*, 83 (7-8), 799-805.
- Sayigh, A. (1999). Renewable Energy-the way forward. *Applied Energy*, 64 (1-4), 15-30.
- Soltes, E. J. (1988). Of Biomass, Pyrolysis, And Liquids Therefrom. "ACS Symposium Series 376", Denver, Colorado, pp. 1-7.
- Soltes, E. J. and Elder, T. J. (1981). "Pyrolysis, Organic Chemicals From Biomass", I.S. Goldstein (Eds.), CRC Pres, Inc., Florida, 63-101.
- Şensöz, S., Angın, D., Yorgun, S. (2000). Influence of particle size on the pyrolysis of rapeseed (*Brassica napus* L.): fuel properties of bio-oil. *Biomass and Bioenergy*, 19 (4), 271-279.
- Şensöz, S. and Can, M. (2002). Pyrolysis of pine (*Pinus Brutia* Ten.) chips: 1. Effect of pyrolysis temperature and heating rate on the product yields. *Energy Sources*, 24 (4), 347-355.
- Veziroğlu, T.N. (2000). "Enerji, Eğitim ve Türkiye'nin Ekonomik Kalkınması", Konferans Raporu, Ankara.
- Zhang, S., Yan, Y., Li, T., Ren, Z. (2005). Upgrading of liquid fuel from the pyrolysis of biomass. *Bioresource Technology*, 96 (5), 545-550.

***Eucalyptus grandis* ve *Eucalyptus camaldulensis* Odunlarından Kraft Yöntemiyle Kağıt Hamuru Üretiminde Sodyum Borhidrürün Hamur Verimi Üzerine Etkisi**

Ahmet TUTUŞ¹, İbrahim BEKTAŞ¹, Ümit AYATA²

¹ Doç.Dr., KSÜ Orman Fak., Orman End. Müh. Bölümü, 46060, Kahramanmaraş, *e-mail*: atutus@ksu.edu.tr

² Yüksek Lisans Öğrencisi, KSÜ Orman Fakültesi, Orman End. Müh. Bölümü, Kahramanmaraş

Özet

Bu araştırmada, Okaliptüs *grandis* ve Okaliptüs *camaldulensis* yongalarından sodyum borhidrür (NaBH₄) ilaveli kraft yöntemi ile kağıt hamuru üretilmiş ve sodyum borhidrürün hamur verimleri üzerine etkisi incelenmiştir. Kraft-NaBH₄ yönteminde, sülfidite oranı %28, aktif alkali oranı %18, sıcaklık 150 °C, çözelti/sap oranı 5/1 olarak sabit alınmıştır. Pişirme süreleri 130, 150 ve 170 dakika, NaBH₄ oranı %0.1, 0.3 ve 0.5 olarak 3 kademe değiştirilmiş olup her bir odun türüne ait 10' ar adet pişirme deneyi yapılmıştır. Sodyumborhidrür kullanılmayan klavuz pişirmelerde elenmiş verim sırasıyla %45.25 ve %46.21 bulunmuştur. Okaliptüs *grandis* ve Okaliptüs *camaldulensis* 'de en yüksek elenmiş verim oranı % 0.3 sodyumborhidrür ilavesinde sırasıyla % 51.26 ve %51.01 olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak, okaliptüs yongalarından NaBH₄ ilaveli kraft hamurlarının üretiminde pişirme çözeltisine ilave edilen NaBH₄ oranı arttıkça hamurların elenmiş verimlerinin arttığı kapa sayılarının ve viskozitelerin azaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Okaliptüs grandis* ve *camaldulensis*, kraft, sodyumborhidrür, hamur verimi.

Effect of Sodium Borohydride on Pulp Yield in Kraft Pulping Methods from *Eucalyptus Grandis* and *Eucalyptus Camaldulensis* Woods

Abstract

In this study, sodium borohydride (NaBH₄) added kraft pulps were produced from *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus camaldulensis* chips and the effects of on pulp yields was investigated. In this process; following manufacturing variables were constant; 18% active alkaline, 28% sulphidity, 170 °C cooking temperature, solution/chips ratio 5/1. On the other hand, three steps were taken for following variables; cooking time (130, 150 and 170 minutes) and NaBH₄ ratio (0.1, 0.3 and 0.5%). 10 cooking experiments from each wood species were carried out. Pulp screened yield without NaBH₄ were found for *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus camaldulensis* as 45.25% and 46.21%, respectively. The highest screened pulp yield in *Eucalyptus grandis* ve *Eucalyptus camaldulensis* were obtained with 0.3% additions of NaBH₄ as % 51.26 and %51.01, respectively. As a result, it was found out that screened pulp yield increased and the kappa number and viscosity were decreased with increased amounts of NaBH₄ addition on kraft pulp manufacture from *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus camaldulensis*.

Key Words: *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus camaldulensis*, kraft, sodium borohydride, pulp yield.

1. Giriş

Dünyada doğal yayılış alanları dışında 10 milyon hektar okaliptüs ağaçlandırması olduğu tahmin edilmekte ve bu ağaçlandırmaların çok büyük bölümünün kağıt hamuru üretimi amacıyla yapıldığı belirtilmektedir (Gürses ve ark., 1998). Ülkemizde okaliptüs odununun kağıt sanayinde kullanılmasına yönelik çalışmalar yapılmış ve 2000 yılından beri de endüstriyel kullanıma başlanmıştır. Kağıt sanayinde okaliptüs odununun kullanımı özel sektör tarafından da dikkatlice takip edilmekte olup buna bağlı olarak özel sektöre okaliptüs fidanlarının satışlarında artmalar yaşanmıştır (Özkurt, 2002).

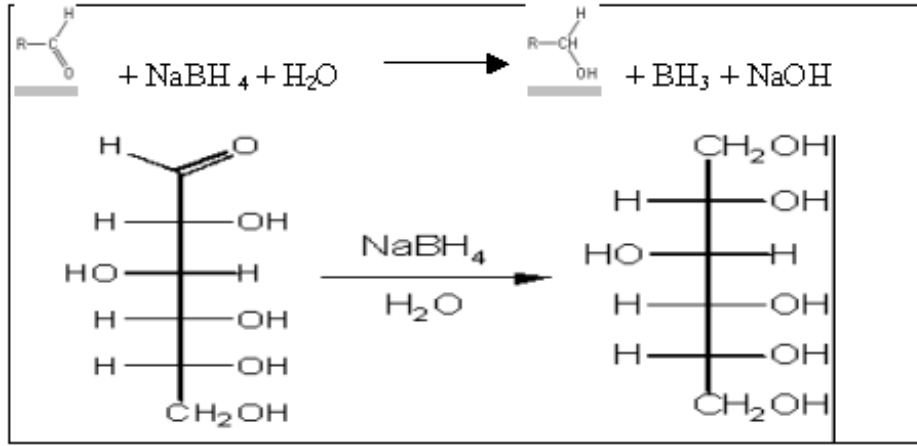
Ülkemizde kağıt endüstrisi; hammadde kıtlığı, düşük hamur verimi, enerji kayıpları ve yüksek enerji maliyeti, çevreye verdiği kirlilikler gibi sorunlarla karşı karşıyadır. Bu sorunlardan en önemlileri hammadde yetersizliği ve düşük hamur verimidir. Bundan dolayı, son yıllarda yapılan araştırma ve çalışmalar mevcut ve alternatif hammaddelerin daha verimli kullanılabilirliğini sağlamaya odaklanmıştır.

Özellikle sodyum borhidrür kullanılarak yapılan sülfat (kraft) pişirmelerde verim artışının %1-7 arasında değişen oranlarda arttığı literatürlerde belirtilmektedir. Ancak, bu verim artışı kraft yönteminin mevcut avantajlarını olumsuz yönde etkilememelidir (İstek ve ark., 2005).

Kraft hamuru verimindeki artış üç yol ile gerçekleştirilebilir. Bunlar; Karbonhidrat kaybının azaltılması, uzaklaştırılan lignin miktarının azaltılması veya bu iki faktörün kombinasyonu şeklindedir (Ateş ve Kırıcı, 2001). Temel kraft teknolojisindeki iyileşmeler için polisülfür ve antrakinon (AQ) gibi ilave maddelerin kullanımı, geliştirilen fırsatlar arasında olmasına rağmen, hiçbir ilave madde ticari açıdan büyük bir ilgi görmemiştir (Leopold ve Kocurek,1989; Ateş ve Kırıcı, 2001).

Kağıt hamuru pişirme çözeltilisine doğrudan sodyum borhidrür ilave edildiğinde ve Şekil 1’ de görüldüğü gibi indirgenmenin başlamasıyla, reaksiyon için gerekli ısıyı ortaya çıkarmaktadır. Verim artışı, hamur içeriğindeki hemiselüloz artışına yani daha az uzaklaşmasına bağlıdır (Ateş ve Kırıcı, 2001).

Sodyum borhidrür güçlü bir indirgendir ve aşağıdaki reaksiyonda görüldüğü gibi NaBH_4 pişirme sırasında selüloz zincirinin indirgen ucundaki karbonil grubunu hidroksil grubuna indirgeyerek muhtemel soyulma reaksiyonunu durdurur. Böylece, pişirme esnasında verimde meydana gelen azalma önlenmiş olur. Bu reaksiyon sadece selülozda değil hemiselülozda da meydana gelir. Soyulma reaksiyonu pişirme esnasında sıcaklığın $80-100\text{ }^\circ\text{C}$ ’ ye ulaşmasıyla başlar. Sıcaklığın $150\text{ }^\circ\text{C}$ ’ yi geçmesiyle bu kez zincir alkali hidrolize maruz kalır. Soyulma reaksiyonunda monomerler indirgen uçtan birer birer koparken, alkali hidrolizde ise zincirin ortasından soyulma reaksiyonuna göre daha büyük kopmalar meydana gelir (Hafizoğlu, 1982; Tutuş, 2004).



Şekil 1 . Pişirme sırasında soyulma reaksiyonları

Bu sonuçlardan hareketle katalizör olarak ilave edilen sodyum borhidrür karbonhidratların indirgen uç gruplarını soyulma reaksiyona karşı koruyarak kağıt hamurunun elenmiş verimini artırmıştır.

Bu araştırmada, *Eucalyptus grandis* ve *Eucalyptus camaldulensis* yongalarından sodyumborhidrür (NaBH_4) ilaveli kraft yöntemi ile kağıt hamuru üretilmiş ve sodyumborhidrürün hamur verimleri üzerine etkisi incelenmiştir. Optimum hamur üretim koşullarını belirlemek için her bir odun türüne ait 10 adet olmak üzere toplam 20 adet pişirme denemesi yapılmıştır. Her bir pişirme sonunda elde edilen kağıt hamurlarının elenmiş verim, elek artığı, kappa numarası ve hamur viskoziteleri belirlenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

Okaliptüs *grandis* ve Okaliptüs *camaldulensis* odunları Tarsus–Karabucak Orman işletme şefliğinde seçilen deneme alanlarından temin edilmiştir.

2.2 Yöntem

2.2.1 Okaliptüs (*E. grandis* ve *E. camaldulensis*) Odunlarından Kraft- NaBH_4 Yöntemiyle Kağıt Hamuru Üretiminde Uygulanan Deney Planı

Aşağıda Çizelge 2.1’de belirtilen pişirme şartlarında kraft- NaBH_4 kağıt hamuru üretim yönteminde her bir odun türüne (*Eucalyptus camaldulensis* ve *Eucalyptus grandis*) ait 1 adet sodyumborhidrürsüz, aktif alkali oranı %18, sülfidite oranı %28, sıcaklık $150\text{ }^\circ\text{C}$ ve çözelti/yonga oranı 5/1 olarak sabit alınmış ve

NaBH₄ oranı ve pişirme süresi söz konusu çizelgelerde görüldüğü gibi değiştirilerek 9' ar adet olmak üzere her bir odun türün ait toplam 10 pişirme yapılmıştır.

Çizelge 2.1 *E. grandis*(G) ve *E. camadulensis*(C) Odunlarından Kraft-NaBH₄ Yöntemiyle Kağıt Hamuru Elde Edilmesinde Uygulanan Pişirme Koşulları

Pişirme No	Pişirme No	Aktif Alkali Oranı (%)	Sülfidite Oranı (%)	NaBH ₄ Oranı (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dak.)
G0	C0	18	28	-	150	150
G1	C1	18	28	0.1	150	130
G2	C2	18	28	0.3	150	130
G3	C3	18	28	0.5	150	130
G4	C4	18	28	0.1	150	150
G5	C5	18	28	0.3	150	150
G6	C6	18	28	0.5	150	150
G7	C7	18	28	0.1	150	170
G8	C8	18	28	0.3	150	170
G9	C9	18	28	0.5	150	170

Çözelti/Yonga Oranı: 5/1 olarak sabit alınmıştır.

2.2.2 Kağıt Hamuru ve Deneme Kağıtlarının Elde Edilmesinde Uygulanan Yöntemler

Odunlar 15–20 mm uzunluğunda, 1.5–2 mm kalınlığında 20–25 mm genişliğinde kağıt hamuru pişirme işleminde kullanılmak üzere yongalanmıştır.

Pişirme işlemi 15 litre kapasiteli, elektrikle ısıtılan, 25 kg/cm² basınca dayanıklı, dakikada 4 devir yapabilen ve otomatik kontrol tablosu ile sıcaklığı termostatlı olarak kontrol edilebilen laboratuvar tipi döner kazanda yapılmıştır.

Pişirme sıcaklığı seyri kumanda tablosundan ayarlandıktan sonra kazan üzerindeki termometre ile de kontrol edilerek ± 2 °C hassasiyetle çalışmak mümkün olmaktadır. Doldurma ve boşaltma elle yapılmış olup her iki tür için pişirme işlemlerinde tam kuru 600 gram yonga oranı kullanılmıştır.

Pişirme sonunda kazandan pişen materyal alınıp, 150 mesh'lik elek üzerinde bol su ile siyah çözelti uzaklaşmaya kadar yıkanmıştır. Yıkama ile kimyasal maddeler uzaklaştırıldıktan sonra laboratuvar tipi hamur disintegratöründe belli bir konsantrasyonda 10 dakika süreyle açılıp, yarık açıklığı 0.15 mm olan sarsıntılı vakum eleğinde elenerek pişmeyen kısımlar ayrılmıştır. Elenen kısım rutubet dağılımı homojen olacak şekilde %20–25 kuru madde oranına kadar suyu uzaklaştırılıp, karıştırıldıktan sonra polietilen torbalara alınarak rutubetin dengelenmesi için 24 saat ağzı kapalı şekilde bekletilmiştir. Sonra hamurun rutubeti TAPPI T 210 cm–86 standart metoduna göre belirlenerek elenmiş verim tayini yapılmıştır. Elek üzerinde kalan pişmemiş kısımlar ise alınıp kurutulduktan sonra tam kuru yonga ağırlığına oranlanarak elek artığı oranı tayin edilmiştir (Anonim, 1998).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Okaliptüs (*Eucalyptus Grandis* ve *Eucalyptus Camaldulensis*) Odunlarından Kraft-NaBH₄ Yöntemi ile Elde Edilen Kağıt Hamurlarına Ait Bulgular

3.1.1 Okaliptüs Grandis' den Kraft–NaBH₄ Yöntemi ile Elde Edilen Hamurların Verimi ve Bazı Kimyasal Özellikleri

Eucalyptus grandis yongalarının Kraft–NaBH₄ yöntemle pişirilmesinde uygulanan şartlar, elde edilen hamurların elenmiş verimi, elek, artığı ile kappa numarası ve viskozite değerlerine ait bulgular Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 *Eucalyptus grandis* Yongalarından Kraft–NaBH₄ Yöntemiyle Elde Edilen Hamurların Verimi ve Kimyasal Özellikleri

Pişirme No	PİŞİRME ŞARTLARI			Elenmiş Verim (%)	Elek Artığı (%)	Toplam Verim (%)	Kappa Numarası	Hamur Viskozitesi (cm ³ /gr)
	NaBH ₄ Oranı (%)	Süre (dak.)	Sıcaklık (°C)					
G0	-	150	150	45.25	1.03	46.28	18.82	19.7
G1	0.1	130	150	48.57	0.40	48.97	17.50	18.2
G2	0.3	130	150	50.02	0.35	50.37	16.05	17.1
G3	0.5	130	150	49.36	0.25	49.61	15.15	16.5
G4	0.1	150	150	48.96	0.33	49.29	17.04	17.8
G5	0.3	150	150	50.37	0.26	50.63	15.96	16.8
G6	0.5	150	150	49.51	0.20	49.71	15.08	16.0
G7	0.1	170	150	49.10	0.27	49.37	16.85	17.1
G8	0.3	170	150	51.26	0.21	51.47	15.51	16.2
G9	0.5	170	150	50.05	0.19	50.24	15.00	15.9

3.1.2 *E. Camadulensis*' den Kraft–NaBH₄ Yöntemi ile Elde Edilen Hamurların Verimi ve Bazı Kimyasal Özellikleri

Okaliptüs (*Eucalyptus camadulensis*)'ün Kraft–NaBH₄ yöntemle pişirilmesinde uygulanan şartlar, elde edilen hamurların elenmiş verimi, elek artığı ile kappa numarası ve viskozite değerlerine ait bulgular Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2 *E. Camaldulensis* Yongalarından Kraft–NaBH₄ Yöntemiyle Elde Edilen Hamurların Verimi ve Kimyasal Özellikleri

Pişirme No	PİŞİRME ŞARTLARI			Elenmiş Verim (%)	Elek Artığı (%)	Toplam Verim (%)	Kappa Numarası	Hamur Viskozitesi (cp)
	NaBH ₄ Oranı (%)	Süre (dak.)	Sıcaklık (°C)					
C0	-	150	150	46.27	0.65	46.92	17.65	18.8
C1	0.1	130	150	48.98	0.60	49.58	16.21	18.0
C2	0.3	130	150	50.46	0.50	50.96	16.00	17.2
C3	0.5	130	150	49.67	0.45	50.12	15.72	16.3
C4	0.1	150	150	49.13	0.55	49.68	16.02	17.5
C5	0.3	150	150	50.82	0.45	51.27	15.80	16.9
C6	0.5	150	150	49.32	0.40	49.72	15.00	15.9
C7	0.1	170	150	49.62	0.40	50.02	15.92	17.0
C8	0.3	170	150	51.01	0.38	51.39	15.41	16.1
C9	0.5	170	150	50.00	0.30	50.30	14.87	15.8

3.1.3 Okaliptüs (*Eucalyptus grandis* ve *Eucalyptus camadulensis*)'ün Kraft–NaBH₄ ile Elde Edilen Kağıt Hamurlarının Verim ve Bazı Kimyasal Özellikleri Üzerine Pişirme Koşullarının Etkisi

Okaliptüs odunlarından Kraft–NaBH₄ yöntemi ile elde edilen hamurların verimleri ve bazı kimyasal özellikleri incelenmiş olup bulgular aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Bu yöntemle; kağıt hamuru üretiminde elenmiş verim, kağıt hamurunun kimyasal özelliklerinden kappa numarası ve viskozite değerlerine etkileri ayrı ayrı incelenmiştir.

3.1.3.1 Pişirme Koşullarının Elenmiş Verim Üzerine Etkisi

Her okaliptüs türüne ait yongalarından 1 adet kraft-sodyumborhidrürsüz ve 9 adet Kraft–NaBH₄ yöntemiyle üretilmiş kağıt hamurlarının elenmiş verim oranlarına ait bulgular çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3 Farklı Pişirme Koşullarının Hamurun Verimi Üzerine Etkileri.

Pişirme Süresi (Dakika)	NaBH ₄ Oranı (%)	<i>Eucalyptus Grandis</i> Elenmiş Verim (%)		<i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Elenmiş Verim (%)	
130	0.1	G1	48.57	C1	48.98
	0.3	G2	50.02	C2	50.46
	0.5	G3	49.36	C3	49.67
150	-	G0	45.25	C0	46.27
	0.1	G4	48.96	C4	49.13
	0.3	G5	50.37	C5	50.82
	0.5	G6	49.51	C6	49.32
170	0.1	G7	49.10	C7	49.62
	0.3	G8	51.26	C8	51.01
	0.5	G9	50.05	C9	50.00

3.1.3.2 Pişirme Süresi ve NaBH₄ Oranının Elenmiş Verim Üzerine Etkisi

E. grandis odunlarından kraft-NaBH₄ yöntemiyle toplam 10 adet pişirme işlemi yapılmıştır. Şekil 3.1’de gösterildiği gibi pişirme süreleri 130, 150 ve 170 dakika olarak 3 kademe değiştirilmiş ve en yüksek elenmiş verim 170 dakikalık G8 nolu pişirmede ve %0.3 NaBH₄ oranında %51.26 olarak tespit edilmiştir.

Bu yöntemde NaBH₄ oranı %0.1, 0.3 ve 0.5 olarak yine Şekil 3.2’de belirtildiği gibi 3 kademe değiştirilmiş ve en yüksek elenmiş verim oranı % 0.3 NaBH₄ oranında % 51.26 olarak belirlenmiştir.

Sodyumborhidrürsüz pişirmede (G0) elenmiş verim %45.25 bulunmuştur. En yüksek elenmiş verimle karşılaştırıldığından (G8), %0.3 NaBH₄ oranı elenmiş verimde %6.01’lik bir artış meydana getirmiştir.

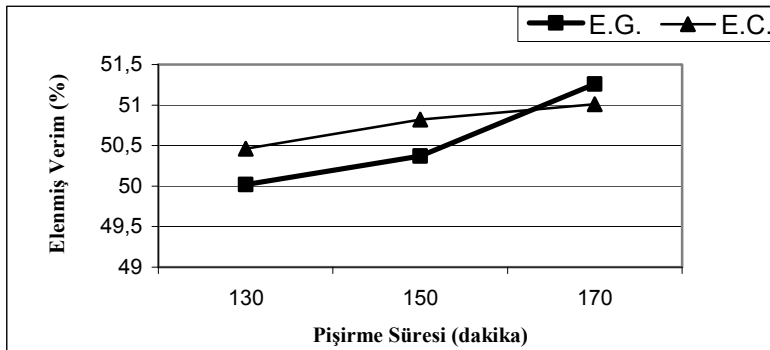
Gürses ve arkadaşları (1998) tarafından yapılan kağıt hamuru üretimine uygun okaliptüs tür ve orijinlerinin seçimi başlıklı araştırmada; aktif alkali oranı %22, sülfidite %25, pişirme sıcaklığı 170, pişirme süresi 60 dakika ve çözelti/yonga oranı :4/1 olarak sabit alınarak okaliptüs grandis (karataş) ve okaliptüs camaldulensis (karabucak 2) yongalarına uygulanan pişirme deneylerinde en yüksek elenmiş verim sırasıyla %46.5 ve 47.8 olarak bulunmuştur.

Eucalyptus camaldulensis odunlarından söz konusu yöntemle 10 adet pişirme işlemi yapılmıştır. Pişirme süreleri 130, 150 ve 170 dakika olarak 3 kademe değiştirilmiş ve en yüksek elenmiş verim 170 dakikalık C8 nolu pişirmede ve %0.3 NaBH₄ oranında %51.01 olarak tespit edilmiştir.

NaBH₄ oranı %0.1, 0.3 ve 0.5 olarak 3 kademe değiştirilmiş ve en yüksek elenmiş verim oranı %0.3 NaBH₄ oranında %51.01 olarak belirlenmiştir.

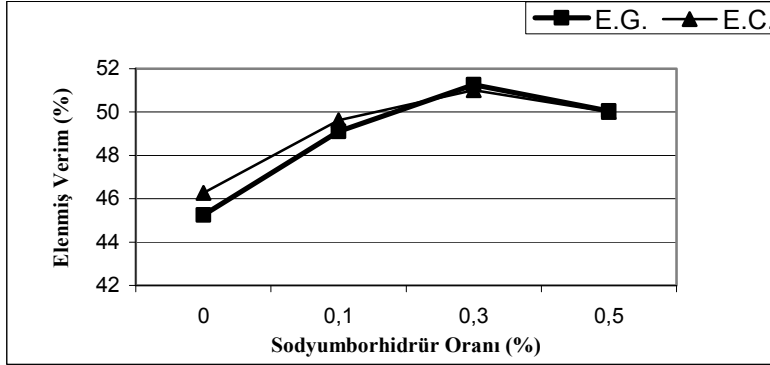
NaBH₄ kullanılmayan pişirmede (C0) elenmiş verim %46.21 bulunmuştur. %0.3’ lik NaBH₄ ilavesi elenmiş verimde %4.8’lik bir artış meydana gelmiştir.

Her iki odun türünde de en yüksek elenmiş verim oranı 170 dakika pişirme süresinde ve %0.3 NaBH₄ ilavesiyle elde edilmiştir.



Şekil 3.1 Pişirme Süresinin Elenmiş Verim Üzerine Etkisi

Daha önce yapılmış çalışmalarda da ifade edildiği gibi NaBH_4 indirgemesiyle selülozun indirgen uç grupları da indirgenerek alkaleen çözeltilerde meydana gelen soyulma reaksiyonuna karşı stabil duruma gelmekte ve genel olarak hamur verimini artırmaktadır (Hafizoğlu, 1982).



Şekil 3.2 NaBH_4 Oranının Elenmiş Verim Üzerine Etkisi

3.1.3.3 Pişirme Koşullarının Kappa Numarası Üzerine Etkisi

Kappa numarası; pişirme işlemleri sonucunda kağıt hamurunda kalan lignin miktarını veya hamurda ligninin uzaklaşma derecesini (delignifikasyon derecesi) belirleyen bir parametredir (Kırcı, 2006).

Delignifikasyon oranı hakkında bilgi veren süre ve NaBH_4 oranı değişkenlerinin kappa numarası üzerindeki etkilerinin birlikte incelendiği her bir okaliptüs türüne ait 10' ar olmak üzere toplam 20 adet pişirmeye ait kappa numarası sonuçları Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.4 Farklı Pişirme Koşullarının Hamurun Kappa Numarası Üzerine Etkileri.

Pişirme Süresi (Dakika)	NaBH_4 Oranı (%)	<i>Eucalyptus Grandis</i> Kappa Numarası	<i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Kappa Numarası		
130	0.1	G1	17.50	C1	16.21
	0.3	G2	16.05	C2	16.00
	0.5	G3	15.15	C3	15.72
150	-	G0	18.82	C0	17.65
	0.1	G4	17.04	C4	16.02
	0.3	G5	15.96	C5	15.80
	0.5	G6	15.08	C6	15.00
170	0.1	G7	16.85	C7	15.92
	0.3	G8	15.51	C8	15.41
	0.5	G9	15.00	C9	14.87

3.1.3.4 Pişirme Süresi ve NaBH_4 Oranının Kappa Numarası Üzerine Etkisi

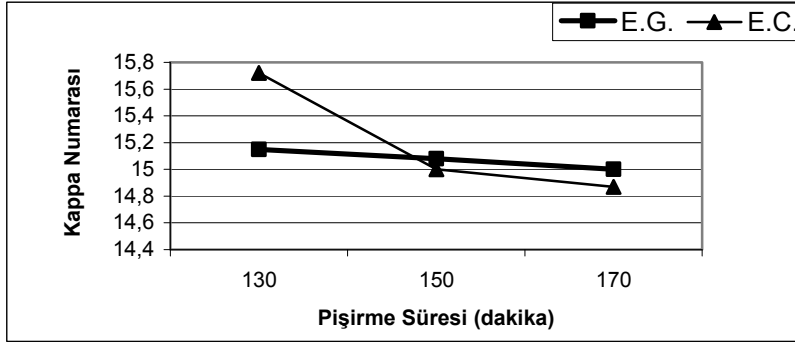
Eucalyptus grandis odunlarından kraft- NaBH_4 yöntemiyle 10 adet pişirme işlemi yapılmıştır. Şekil 3.3'de gösterildiği gibi 130, 150 ve 170 dakika olarak pişirme süreleri 3 kademe değiştirilmiş ve en düşük kappa numarası değeri 170 dakikalık %0.5 NaBH_4 ilavesiyle elde edilmiş olup, G9 nolu pişirmede kappa sayısı 15.00 olarak tespit edilmiştir.

NaBH_4 kullanılmadan yapılmış pişirmede (G0) kappa numarası 18.82 bulunmuş olup %0.5 NaBH_4 ilavesinde kappa numarası değerinde 3.82 birimlik bir azalış meydana gelmiştir.

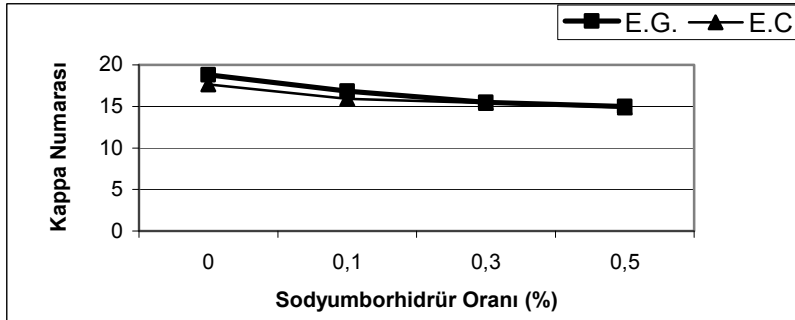
10 adet pişirme işleminin gerçekleştirildiği *Eucalyptus camaldulensis* yongalarından, pişirme süreleri 130, 150 ve 170 dakika olarak 3 kademe değiştirilmiş ve en yüksek kappa numarası değeri C0 nolu pişirmede 17.65 olarak rapor edilmiştir. 150 dakikalık %0.5 NaBH_4 ilaveli pişirmede ise 14.87 olarak

bulunmuş ve 2.78 birimlik bir azalış belirlenmiştir. Şekil 3.4’de görüldüğü gibi farklı NaBH_4 oranları %0.1, 0.3 ve 0.5 incelendiğinde en düşük kappa numarası değeri %0.5 NaBH_4 oranında 14.87 olarak rapor edilmiştir.

Gürses ve arkadaşları (1998) tarafından yapılan kağıt hamuru üretimine uygun okalıptüs tür ve orijinlerinin seçimi başlıklı araştırmada; aktif alkali oranı %22, sülfidite %25, pişirme sıcaklığı 170, pişirme süresi 60 dakika ve çözelti/yonga oranı :4/1 olarak sabit alınarak okalıptüs grandis (karataş) ve okalıptüs camaldulensis (karabucak 2) yongalarına uygulanan pişirme deneylerinde en düşük kappa numarası sırasıyla 17.6 ve 16.1 olarak bulunmuştur.



Şekil 3.3 Pişirme Süresinin Kappa Numarası Üzerine Etkisi



Şekil 3.4 NaBH_4 Oranının Kappa Numarası Üzerine Etkisi

3.1.3.5 Pişirme Koşullarının Hamurun Viskozitesi Üzerine Etkisi

Bir hamur örneğinin belirli şartlar altında selülozu çözebilen bir çözücüde çözündürüldükten sonra viskozitenin ölçülmesiyle belirlenir. Viskozite bir anlamda akıcılığa karşı koyma direncidir. Bu nedenle hamur viskozitesinin ve dolayısıyla polimerleşme derecesinin aşırı ölçüde düşmesi liflerin bireysel sağlamlığını ve sonuçta o hamurdan yapılan kağıdın direnç özelliklerinin düşmesine neden olur (Tutus and Eroglu, 2003).

Okalıptüs yongalarından 2 adet kraft-sodyumborhidrürsüz ve 18 adet kraft- NaBH_4 'le yapılmış pişirme işlemlerinde pişirme koşullarının kağıt hamurlarının viskozitesi üzerine etkileri yukarıdaki Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5 Farklı Pişirme Koşullarının Hamurun Viskozitesi Üzerine Etkileri.

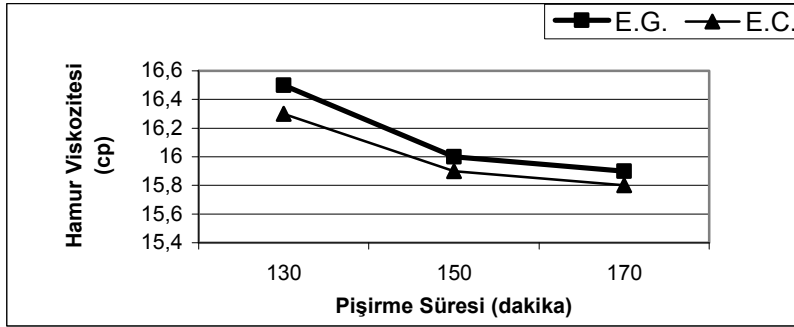
PİŞİRME (Dakika)	NaBH ₄ Oranı (%)	<i>Eucalyptus Grandis</i> Hamur Viskozitesi (cp)		<i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Hamur Viskozitesi(cp)	
130	0.1	G1	18.2	C1	18.0
	0.3	G2	17.1	C2	17.2
	0.5	G3	16.5	C3	16.3
150	-	G0	19.7	C0	18.8
	0.1	G4	17.8	C4	17.5
	0.3	G5	16.8	C5	16.9
	0.5	G6	16.0	C6	15.9
170	0.1	G7	17.1	C7	17.0
	0.3	G8	16.2	C8	16.1
	0.5	G9	15.9	C9	15.8

3.1.3.6 Pişirme Süresi ve NaBH₄ Oranının Viskozite Üzerine Etkisi

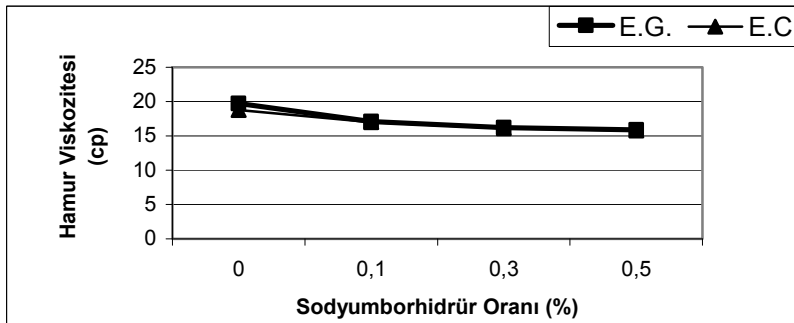
Eucalyptus grandis yongaları 130, 150 ve 170 dakika pişirme sürelerinde değiştirilmiş olup en yüksek viskozite değeri 150 dakikalık NaBH₄ kullanılmadan yapılmış ve Şekil 3.5’de ifade edildiği gibi G0 nolu pişirmede 19.7 cp olarak bulunmuştur. NaBH₄ oranı %0.5’e çıkarıldığında viskozite değeri 15.9 cp’ a kadar azalmıştır. *Eucalyptus camaldulensis* yongaları içinde aynı şekilde pişirme süreleri 130, 150 ve 170 dakika olarak 3 kademe değiştirilmiş ve en yüksek viskozite 150 dakikalık NaBH₄ ilave edilmemiş C0 nolu pişirmede 18.8 cp olarak rapor edilmiştir.

Şekil 3.6’da görüldüğü gibi NaBH₄ oranı %0.1, 0.3 ve 0.5 olarak 3 kademe değiştirilmiş ve en yüksek viskozite değeri %0.1 NaBH₄ oranında 18.0 cp olarak belirlenmiştir.

NaBH₄ oranındaki artış hamurun delignifikasyon ve liflerin birbirinden ayrılma derecesini artırmakla birlikte hamur viskozitelerini de düşürmektedir (Akgul, et al., 2007).



Şekil 3.5 Pişirme Süresinin Viskozite (cp) Üzerine Etkisi



Şekil 3.6 NaBH₄ Oranının Viskozite (cp) Üzerine Etkisi

4. Sonuç ve Öneriler

Kraft-sodyum borhidrür yönteminde pişirme değişkenlerinin hamur özellikleri üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, kraft-NaBH₄ pişirmesi üzerinde önemli etkisi bulunan pişirme süresi ve NaBH₄ oranı gibi değişkenlerin uygulanması sonucunda elde edilen hamurların elenmiş verim, kappa numarası ve viskozite değerleri ayrı ayrı belirlenmiştir.

Kraft kağıt hamuru üretiminde %0.3 NaBH₄ ilavesinin hamur verimini *Eucalyptus camaldulensis* pişirmelerinde %4.74, *Eucalyptus grandis* pişirmelerinde ise %6.01 oranında artırdığı tespit edilmiştir. En yüksek hamur verimleri %0.3 NaBH₄ ilavesinde elde edilmiştir.

Kraft pişirme değişkenlerine uygulanan %0.5 NaBH₄ ilavesinin kappa numarasını *Eucalyptus camaldulensis* pişirmelerinde 2.78 birim, *Eucalyptus grandis* pişirmelerinde ise 3.82 birim azalma meydana geldiği belirlenmiştir. En düşük kappa numarası %0.5 NaBH₄ ilavesinde tespit edilmiştir.

Pişirme işleminde %0.5 NaBH₄ ilavesinin hamur viskozite üzerindeki etkisi incelendiğinde, *Eucalyptus grandis* pişirmelerine ait hamurlarda 3.8 cp'lik, *Eucalyptus camaldulensis* pişirmelerine ait hamurlarda ise 3.0 cp'lik azalma meydana getirmiştir. Viskozite bakımından en iyi sonuç hiç NaBH₄'ün kullanılmadığı pişirmelerdir. Çünkü hamur viskozitesinin aşırı ölçüde düşmesi liflerin bireysel sağlamlığını ve o hamurdan yapılan kağıdın direnç özelliklerinin düşmesine neden olur.

Bu çalışma odun hammadde sıkıntısının yaşandığı Ülkemiz kağıt hamuru ve kağıt üretim endüstrisine katkı sağlayacaktır. Ayrıca, diğer kağıt hamuru üretim yöntemleri ile karşılaştırıldığında bu yöntem ile okaliptüs odunlarından verimi ve fiziksel direnç özellikleri yüksek kağıtlar üretilmektedir.

Ayrıca bu çalışma ile borlu bileşiklerin bir çok kullanım yerine kağıt hamuru endüstrisi de eklenmiştir ve bundan sonra bu alanda yapılacak araştırmalara temel teşkil edilebilecek bir araştırmadır.

Teşekkür

Bu çalışma KSÜ Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı tarafından desteklen 2007/1-8 Nolu projenin bir kısım sonuçlarından hazırlanmıştır.

Kaynaklar

- Akgül, M., Y. Copur and S. A. Temiz, 2007. Comparison of kraft and kraft-sodium borohydrate brutia pine pulps. *Building and Environment*, 7:2586–2590.
- Anonim, 1998. TAPPI Test Methods, Tappi Press, Atlanta, Georgia, USA
- Ateş, S., H. Kırıcı, 2001. Kraft Pişirmelerinde Verim ve Delignifikasyonu İyileştirme Çalışmaları, Gazi Üniversitesi, Kastamonu Orman Fakültesi, Kastamonu Eğitim Dergisi, s.197-206, Kastamonu.
- Gürses, M.K., E. Avcıoğlu, A.G. Gülbaba, N. Özkurt, A. Özkurt, 1998. Kağıt Hamuru Üretimine Uygun Okaliptüs Tür ve Orijinlerinin Seçimi, Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No:4, Tarsus.
- Hafizoğlu, H., 1982. Orman Ürünleri Kimyası, KTÜ Orman Fak., KTÜ Basımevi, Fakülte Yayın No. 52, s: 100-101, Trabzon.
- İstek, A., I. Özkan, S. K. Gürsoy, H. Eroğlu, 2005. The Effect of Sodium Borohydrate (NaBH₄) on Kraft Pulp Yield, Novel Technologies in Pulp and Paper Industry, Turkey, First International Workshop, p 42-49, 28-29 September,
- Kırıcı, H., 2006. Kağıt Hamuru Endüstrisi, KTÜ Orman Fak. Ders Notları, Yayın no:86, Trabzon. ,
- Leopold, G., and M. Kocurek, 1989. Pulp and Paper Manufacture: Alkaline Pulping, Vol 5. p. 637, Tappi Press. Atlanta.
- Özkurt, A., 2002. Türkiye’de Okaliptüs Plantasyonları: Problemler, Yönetim ve Fırsatlar, Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten, Sayı:8, Tarsus.
- Tutus A., 2004. Bleaching of wheat straw SOAQ pulps with Hydrogen Peroxide and Sodium Borohydrate, Proceedings of the 2nd International Boron Symposium, pp. 345-350, Eskişehir.
- Tutus, A. and H. Eroglu, 2003. Practical solution to silica problem in straw pulping, *Appita Journal*, Vol: 56, Number: 2, pp:111-115, Australia.

Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis*) Odun Tozlarından Poliüretan Esaslı Köpüklerin Üretilmesi

M. Hakkı ALMA¹, M. Said FİDAN², Murat ERTAŞ³

¹ Prof. Dr., KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. Bölümü, 46060, Kahramanmaraş, alma@ksu.edu.tr

² Araş. Gör., KSÜ, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 46060, Kahramanmaraş, saidfidan@mynet.com

³ Araş. Gör., KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. Bölümü, 46060, Kahramanmaraş, mertas@ksu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis*) odun tozlarından poliüretan tipi köpüklerin üretilmesi ve üretilen ürünlerin fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Okaliptüs tozları PEG-400, gliserin ve sülfürik asit ile iki boyunlu bir cam balon içerisinde 140, 150 ve 160 °C sıcaklıklarda ve 2 saat süre ile reaksiyona tabi tutulmuşlardır. Reaksiyona giren okaliptüs tozları yüzdelere optimum şartları sağlayan 160 °C sıcaklıkta ve 2 saat süre ile elde edilen sıvılaştırılmış reaksiyondan belli bir miktar alınarak belli yüzdelerde sürfektant, katalizör ve su ile karıştırılmıştır. Daha sonra bu karışıma belli yüzdelere pMDI (sertleştirici) katılıp mikserde belirli sürede karıştırılarak köpük elde edilmiştir. Elde edilen köpüklerin fiziksel özelliklerinden örneklerin yoğunluk ölçümü, su emme testi ve ısı iletkenlik katsayısı (ASTM C1113-99-2004 standardına göre) ölçülmüştür. Mekanik özellikleri (basınç direnci, basınç direncinden sonraki numune boyut değişimi ve elastikiyet modülü) ise JIS (Japon endüstriyel standardı) K7220'e göre belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Okaliptüs, Köpük, Elastikiyet modülü, Poliüretan, Basınç direnci.

Production of Foams Based on Polyurethane from *Eucalyptus camaldulensis*

Abstract

In this study, eucalyptus powders were polyurethane type foams to produce and generate of manufacture were to determine physical and mechanicals properties. Powders of eucalyptus were first liquefied with the mixture of polyethylene glycol-400 and glycerin in the presence of sulfuric acid as a catalyst temperature 140, 150 and 160 °C and time 2 h. Polyurethane-type foams from the reaction between eucalyptus powders liquefied with the polyols above and diphenylmethane diisocyanate were then successfully prepared by following common methods. A definite amount of the concentrated liquefied wood, the foaming catalyst, surfactant, blowing agent (water) and MEG were then uniformly premixed with the ingredients used in the making of foam in a paper cup. And then, a certain amount of MDI was added to the premixed components and stirred at a speed of 8000 rpm for about 20 sec. Several mechanical properties the compressive strength and its elastic modulus; of the foam specimens were measured according to JIS K7220 using a universal testing machine. The density and water absorption of liquefied wood-based polyurethane foams were determined to be comparable to those of the commercial polyurethane foams. Thermal Conductivity Meter testing were measured according to ASTM C1113-99 (2004) using tests to make.

Key Words: Eucalyptus, Foam, Elastic modulus, Polyurethane, Compressive strength.

1. Giriş

Poliüretan ve poliüretan benzeri maddeler genellikle kağıt, köpük, yapıştırıcı ve kauçuk gibi çeşitli maddelerin yapımında kullanılmaktadır (Alma ve ark., 2002). Sert köpükler otomotiv sektöründe, termoplastiklerde; yumuşak köpükler ise tekstil, deri ve elastik liflerde kullanım alanları mevcuttur (Phillips ve Parker, 1965; Ferrigno, 1967).

Selüloz, lignin, hemiselüloz ve tanen gibi hidroksil grubu içeren orman ve zirai madde (lignoselülozik madde) artıkları poliüretan tipi köpük elde edilmesinde polyol olarak kullanılır. Bu nedenle birçok araştırmacı, poliüretan madde üretiminde son zamanlarda lignoselülozik materyaller ve odun tozları kullanmıştır (Shiraishi, 1992).

Lignoselülozik materyaller ve odun tozlarının poliüretan tipi köpüklerin üretilmesi ile köpüklerin mukavemeti ve termal özelliklerinde bir artış olmaktadır (Hsu ve Glasser, 1976). Lignin'in poliüretan köpükler ile termal ve mekaniksel özellikleri üzerinde önemli etkileri mevcuttur (Saraf ve Glasser, 1984;

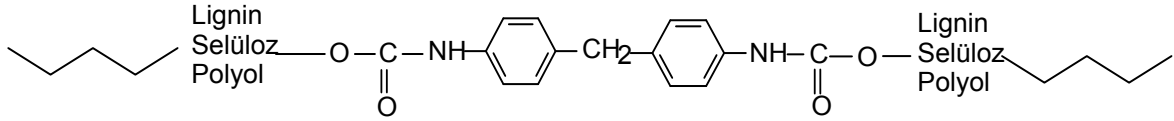
Saraf ve ark., 1985; Yoshida ve ark., 1987; Reimann ve ark., 1990; Yoshida ve ark., 1990). Kraft lignin, solvoliz lignin, küspe, melas ve odun unları ile poliüretan ile karıştırılarak üretilen köpüklerin Dünya’da üretildiklerini belirtmektedirler (Kennedy ve ark., 1993). Solvoliz lignin ile sıcaklıkları arttırarak poliüretan tipi köpükler elde edilmektedir (Hirose ve ark., 1989).

Çeltik, pamuk sapları, buğday sapları, küspe ve artık odunlarından poliüretan gibi köpükler üretilmektedir. Poliüretan benzeri köpük maddelerinin hazırlanmasında bu tür lignoselülozik materyallerin kullanılmasının amacı, düşük yoğunluğa ve biyolojik olarak bozunabilme özelliğine sahip olması ve daha önemlisi de çok düşük ekonomik değere sahip olmasından kaynaklanmaktadır (Inagaki ve Phillips, 1989).

Poliüretan köpükler, farklı lignoselülozik materyaller kullanılarak (lifler ya da odun tozları olarak), farklı asit oranları kullanarak (NCO/OH oranı), farklı izosiyonatlar (alifatik ya da aromatik) ve farklı molekül ağırlıkları kullanarak kimyasal modifikasyona tabi tutulmaktadır (Cheradame ve ark., 1989; Yao ve ark., 1996).

Dünya’da bitki bileşenleri olarak modifiye edilmemiş ağaç kabukları, modifiye mısır nişastası, ligninler ve kahve tozları poliüretan ile karıştırılarak üretilen köpüklerin yapımında kullanılan reaksiyonların içerisine katılarak köpük üretilmektedir (Shiraishi ve Norimoto, 1993).

Hidroksi alkilasyon reaksiyonları ile sorbitol, sakkaroz, metil glikozid, ligninler, tanenler (kondense) (Timothy ve Glasser, 1984; Meikleham ve Pizzi, 1994; Ge ve Sakai, 1996; Ge ve Sakai, 1998; Ge ve ark., 2000), kullanılmamış odun (Yoshioka ve Shiraishi, 1995; Alma ve Shiraishi, 1998; Alma ve ark., 2003), kullanılmış odun (Shiraishi ve ark., 1985), kabuklar, nişastalar (Alfani ve ark., 1998; Chian ve Gan, 1998; Cuningham ve ark., 2003) ve bütün polyollar ile birlikte poliüretan tipi köpükler yapılmaktadır.



Şekil 1. Poliüretan’ın diphenylmethane diisocynate (MDI) ve doğal sentetik polyollar ile reaksiyonu (Alma ve ark., 2002).

Poliüretan’ın diphenylmethane diisocynate (MDI) ve doğal sentetik polyollar ile reaksiyon mekanizması Şekil 1’de olduğu gibi gösterilmiştir.

Son yıllarda, kullanılmış ve kullanılmamış odun, nişasta, modifiye nişasta, kabuk, tanenler, kullanılmış kağıtlar, pamuk ve buğday sapları polihidrik alkollerden 1,6-hexandienol, 1,4-butadienol, dietil glikol, trietil glikol ve polietilen glikoller, dietil keton, 1,4-dioksan, etil n-propil keton, alkol, fenol ve kreşol gibi organik ayraçlar ile sıvılaştırma işlemleri yapılmaktadır (Alma, 1996; Alma ve ark., 1996a; Alma ve ark., 1996b; Alma ve ark., 1996c; Alma, 1997; Alma ve ark., 1998; Alma ve Kelley, 2000).

Bu çalışmanın amacı; okaliptüs tozlarından optimum şartları sağlayan sıcaklık ve zamanda, farklı sertleştirici yüzdeleri ile köpükler üretmek ve bu köpüklerin fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemektir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Okaliptüs tozları, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Orman Fakültesi Laboratuvar’ında TAPPI T 11 os-75 standardına göre laboratuvar tipi Willey değirmeninde 40 meşh’lik elekten geçen 60 meşh’lik elek üzerinde kalan numuneler kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

Okaliptüs tozlarından 40 gr alınarak 96 gr PEG-400 ve 24 gr gliserin ile sülfürik asit 3,6 gr. (%3) alınarak 500 ml’lik iki boyunlu dibi yuvarlak cam balon içerisine yerleştirilmiştir. Daha sonra söz konusu cam

balon silikon yağı içeren termokopullu bir yağ banyosunda farklı sıcaklıklarda (140, 150 ve 160 °C) ve 2 saat süre ile magnetik ısıtıcı ve karıştırıcı (IKA RW 20.n) yardımıyla karıştırılarak reaksiyona sokulmuştur. Elde edilen reaksiyon 1,4-dioksan-su karışımı yardımıyla (dioksan/su: 4/1) çözücülerle camsı bir filtreden süzölmüştür. Daha sonra, sıvılaşılan ve sıvılaşmayan okaliptüs tozu miktarları belirlenmiştir.

Okaliptüs tozlarından elde edilen reaksiyon şartları Tablo 1’de göröldüğü gibi yapılmıştır.

Tablo 1. Okaliptüs Tozlarından elde edilen poliüretan esaslı köpüklerin reaksiyon şartları

Sıra No	Sıcaklık (°C)	Zaman (saat)
OK-1	140	2
OK-2	150	2
OK-3	160	2

2.2.1. Sıvılaşmayan ve sıvılaşılan okaliptüs tozu miktarının belirlenmesi

2.2.1.1. Sıvılaşmayan okaliptüs tozu miktarının belirlenmesi

Sıvılaşılan ve sıvılaşmayan okaliptüs tozu miktarının belirlenmesi için; reaksiyon sonunda elde edilen karışım dioksan ile çözümler. Süzme işleminden sonra dioksan’da çözünmeyen kısım 103±2 °C sıcaklıkta bir kurutma fırınında (Memmert ULM 500) kurutulmuştur. Sıvılaşmadan kalan miktar aşağıdaki eşitlik yardımıyla belirlenmiştir.

Sıvılaşmayan okaliptüs tozu miktarı yüzdesi;

$$YSNM(\%) = \left[\frac{W_{BO} - W_B}{W_{BO}} \right] \times 100 \text{ eşitliğı ile hesaplanmıştır.} \quad (1)$$

Burada;

$YSNM$: Kuru ağırlık olarak dioksan’da sıvılaşmayan miktar (%)

W_{BO} : Başlangıçta kullanılan okaliptüs tozu miktarı (gr)

W_B : Sıvılaştırmadan sonra sıvılaşmayan okaliptüs tozu miktarı (gr) (Yao ve ark., 1995; Alma ve Shiraishi, 1998; Alma ve ark, 2002).

2.2.1.2. Sıvılaşılan okaliptüs tozu miktarının belirlenmesi

Sıvılaşılan miktarlar aşağıdaki eşitlik yardımıyla belirlenmiştir.

Sıvılaşılan okaliptüs tozu miktarı yüzdesi;

$$YSM(\%) = \left[\frac{W_{BO} - W_O}{W_{BO}} \right] \times 100 \text{ eşitliğı ile hesaplanmıştır.} \quad (2)$$

Burada;

YSM : Kuru ağırlık olarak dioksan’da sıvılaşılan miktar (%)

W_{BO} : Başlangıçta kullanılan okaliptüs tozu miktarı (gr)

W_O : Sıvılaştırmadan sonra sıvılaşılan okaliptüs tozu miktarı (gr) (Alma ve ark, 2002).

Bu işlemlerden sonra ise optimum şartları sağlayan OK-3 ile değışik sertleştirici yüzdelisinde köpük üretilmiştir.

Elde ettiğimiz reaksiyon asidik ortama sahip olduğundan dolayı pH’ları 1-2 arasındadır. Daha önce hazırlanmış olan %40’lık sulu NaOH çözeltisi ilave edilerek bir pH metre (WTW pH 320 JET/1) yardımıyla karışımın pH’ı 7’lere kadar yükseltilmiştir.

Elde edilen reaksiyonun pH’ı 7’lere yükseltildikten sonra Tablo 2’de göröldüğü gibi sıvılaştırılmış karışımlardan belirli miktarda alınarak köpükleştirici madde (katalizör), yüzey aktif madde (süfektant), köpürtücü madde (su) ve MEG ile üniform olacak şekilde ön bir karıştırma yapılmıştır. Sonra %130, 150 ve 170 oranlarında MDI (izosiyonat) bu karışıma ilave edilerek 8000 rpm’lik bir karıştırıcı (homogenatör)

ile 20 saniye süreyle karıştırılarak okaliptüs tozlarından poliüretan esaslı köpük elde edilmiştir (Hsu ve Glasser, 1976; Yao ve ark., 1993; Alma ve ark., 2002; Alma ve ark., 2003).

Tablo 2. Okaliptüs tozlarından elde edilen poliüretan esaslı köpük üretiminin hazırlanmasında kullanılan kimyasalların miktarları (Alma ve ark., 2002).

Kimyasal Maddeler	Yüzde* (%)		
	OK 3-1	OK 3-2	OK 3-3
Reaksiyon Miktarı	100	100	100
Katalizör	3	3	3
Sülfektant	2,5	2,5	2,5
Su	1	1	1
MEG	10	10	10
MDI	130	150	170

*Diğer kimyasalların yüzdeleri alınan reaksiyon miktarına oranladır.

2.2.2. Okaliptüs tozlarından elde edilen poliüretan esaslı köpüğün fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin belirlenmesi

Elde edilen örneklerin fiziksel özelliklerinden yoğunluk ölçümü, su emme testi ve ısı iletkenlik değeri ölçülmüştür. Mekanik özelliklerinden ise basınç direnci ve elastikiyet modülü testleri yapılmıştır. Bütün fiziksel ve mekaniksel testler üç tekrarlamalı olarak yapılmıştır.

2.2.2.1. Okaliptüs tozlarından elde edilen poliüretan esaslı köpüğün fiziksel özelliklerinin belirlenmesi

2.2.2.1.1. Yoğunluğun belirlenmesi

Numune 50 x 50 x 50 mm boyutlarında kesilerek elde edilmiştir. Yoğunluk ölçümü şu şekilde hesaplanmıştır;

$$d = \frac{m}{v} \text{ bağıntısına göre hesaplanmıştır (Alma ve ark., 2002).} \quad (3)$$

Burada;

d : Yoğunluk (g/cm^3)

m : Kütle (g)

v : Hacim (cm^3)'dir.

2.2.2.1.2. Su emme testinin belirlenmesi

Örnekler 24 saat süre ile suya daldırılarak numunelerimizin su emme miktarları belirlenmiştir. Numune 50 x 50 x 50 mm boyutlarında kesilerek elde edilmiştir. Su emme testi şu şekilde hesaplanmıştır;

$$W = \left[\frac{W_o - W_i}{W_i} \right] \times 100 \text{ bağıntısına göre hesaplanmıştır.} \quad (4)$$

Burada;

W : Su emme miktarı (%)

W_o : Suyu daldırıldıktan sonraki ağırlık (g)

W_i : İlk ağırlık (g)'dir.

2.2.2.1.3. Isı iletkenlik katsayısının belirlenmesi

Isı iletkenlik testi ASTM C1113-99 (2004) standardında sıcak kablo (platinyum direnç termometre teknik) ile yapılmıştır.

$$\lambda = \left[\frac{q \times \ln(t_2 \div t_1)}{4\Pi(T_2 - T_1)} \right] \text{ bağıntısına göre hesaplanmıştır.} \quad (5)$$

Burada;

- λ : Isı iletkenlik değeri (W/mK)
 q : Numuneden geçen ısı miktarı (cal)
 $T_2 - T_1$: İki yüzey arasındaki sıcaklık farkı (°C)
 $t_2 \div t_1$: Ölçülen zaman aralığı (s)'dir.

2.2.2.2. Okaliptüs tozlarından elde edilen poliüretan esaslı köpüğün mekaniksel özelliklerinin belirlenmesi

2.2.2.2.1. Basınç direncinin belirlenmesi

Numune 50 x 50 x 50 mm boyutlarında kesilerek elde edilmiştir. Deneylerin yapıldığı universal test makinesinin piston kolunun hızı 5 mm/dak. olacak şekilde ayarlanmıştır. Basınç direnci Universal Test Cihazı (Zwick/Roell 2010) ile JIS (Japon endüstriyel standardı) K7220'e göre ölçümleri yapılmıştır. Basınç direncinin belirlenmesinde;

$$\sigma = \frac{P}{A} (KPa) \text{ eşitliğinden yararlanılarak hesaplanmıştır (Alma ve ark., 2002).} \quad (6)$$

Burada;

- σ : Basınç direnci (KPa)
 P : Maksimum kırılma direnci (N)
 A : Enine kesit alanı'dır.

2.2.2.2.2. Basınç direncinden sonraki numune boyut değişimi

$$W = \left[\frac{W_{IY} - W_{SY}}{W_{SY}} \right] \times 100 \text{ bağıntısına göre hesaplanmıştır.} \quad (7)$$

Burada;

- W : Basınçtan sonraki numune boyut değişimi (%)
 W_{IY} : Numune ilk yükseklik (cm)
 W_{SY} : Basınç uygulandıktan sonraki yükseklik (cm)'dir.

2.2.2.2.3. Elastikiyet modülünün belirlenmesi

Elastikiyet modülü Universal Test Cihazı (Zwick/Roell 2010) ile ölçümleri yapılmıştır. Elastikiyet modülü (E) belirlenmesinde ise;

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} (MPa) \text{ eşitliğinden yararlanılarak hesaplanmıştır (Alma ve ark., 2002).} \quad (8)$$

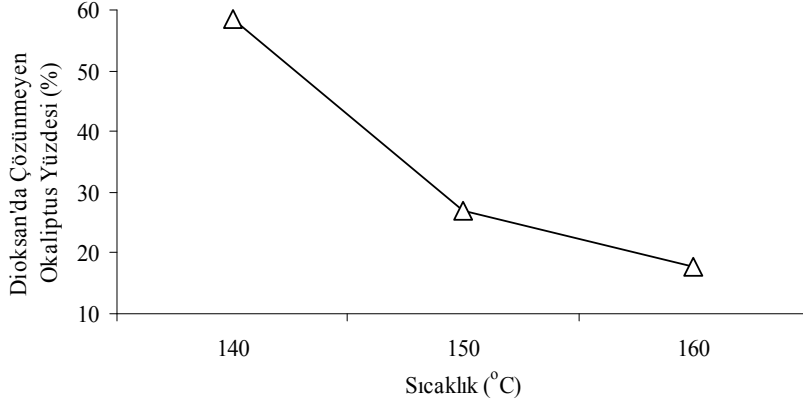
Burada;

- σ : Basınç direnci (MPa)
 ε : Gerinim'dir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Reaksiyona giren okaliptüs yüzdeleri

İki saat süre ile reaksiyona sokulan okaliptüs tozları 140 °C'de %58, 150 °C'de %27 ve 160 °C'de ise %18 dioksan'da çözünmeyen kısım olarak kalmıştır. Şekil 2'de görüldüğü gibi sıcaklık arttıkça dioksan'da çözünmeyen okaliptüs tozu yüzdesinde bir azalma görüldüğü tespit edilmiştir. Optimum sonuç ise Şekil 2'de görüldüğü gibi 160 °C sıcaklıkta belirlenmiştir.

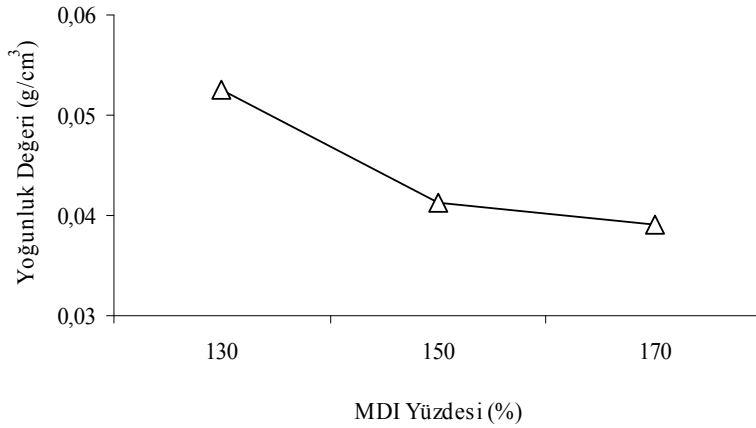


Şekil 2. Sıcaklıklara bağlı olarak dioksan'da çözünmeyen okaliptüs yüzdesi

3.2. Okaliptüs tozlarından elde edilen poliüretan esaslı köpüğün fiziksel ve mekaniksel özellikleri

3.2.1. Okaliptüs tozlarından elde edilen poliüretan esaslı köpüğün fiziksel özellikleri

3.2.1.1. Yoğunluğun belirlenmesi



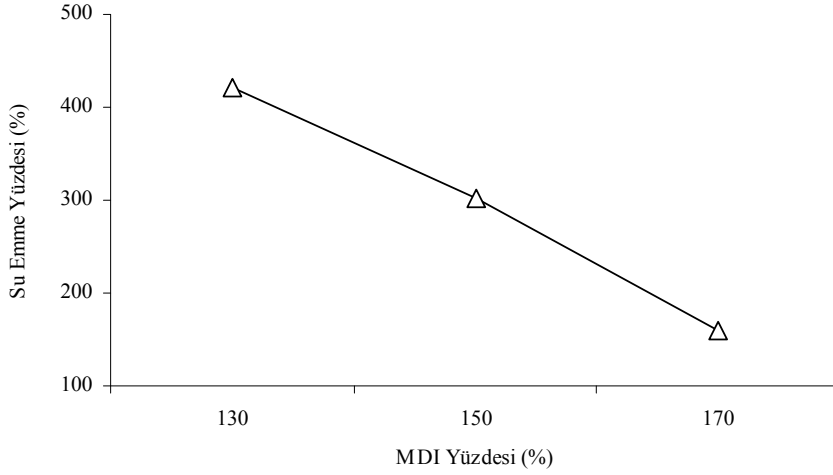
Şekil 3. MDI yüzdelerine bağlı olarak yoğunluk değerleri

160 °C sıcaklık ve 2 saat süre ile okaliptüs tozlarından elde edilen poliüretan esaslı köpüklerin yoğunluk değerleri %130 MDI'da 0,0526 g/cm³, %150 MDI'da 0,0412 g/cm³ ve %170 MDI'da 0,0391 g/cm³ olarak tespit edilmiştir. Şekil 3'de görüldüğü gibi MDI yüzdesi arttıkça yoğunluk değerinde bir azalma görüldüğü belirlenmiştir.

Sentetik poliüretan köpüklerin yoğunluğu (Alma ve ark., 2002) 0,032 g/cm³ olduğunu belirtmişlerdir. Okaliptüs tozlarından elde ettiğimiz köpüklerin yoğunluk değeri 0,0391-0,0526 g/cm³ ile sentetik değerinin biraz üzerinde belirlenmiştir.

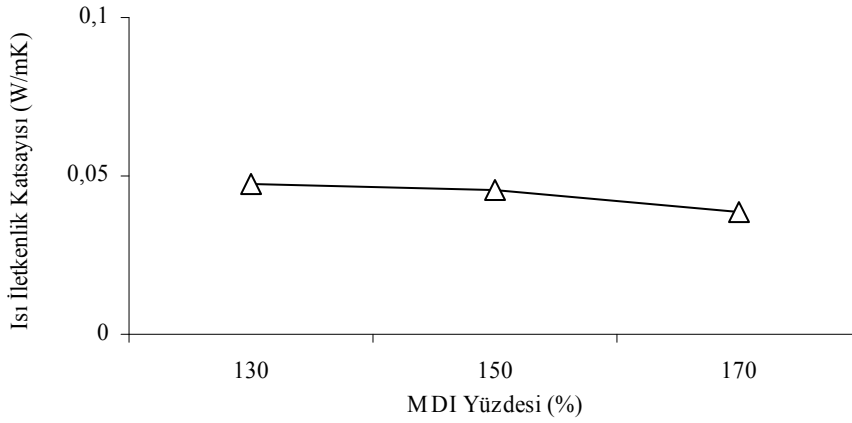
3.2.1.2. Su emme testinin belirlenmesi

160 °C sıcaklık ve 2 saat süre ile okaliptüs tozlarından elde edilen poliüretan esaslı köpüklerin su emme değerleri %130 MDI'da %421, %150 MDI'da %301 ve %170 MDI'da %160 olarak belirlenmiştir. Şekil 4'te görüldüğü gibi MDI yüzdesi arttıkça su emme değerinde linear bir azalma görüldüğü tespit edilmiştir.



Şekil 4. MDI yüzdelere bağlı olarak su emme değerleri

3.2.1.3. Isı iletkenlik katsayısının belirlenmesi



Şekil 5. MDI yüzdelere bağlı olarak ısı iletkenlik katsayısı

160 °C sıcaklık ve 2 saat süre ile okaliptüs tozlarından elde edilen poliüretan esaslı köpüklerin ısı iletim katsayıları %130 MDI'da 0,0473 W/mK, %150 MDI'da 0,0456 W/mK ve %170 MDI'da 0,0386 W/mK olarak belirlenmiştir. Şekil 5'de görüldüğü gibi MDI yüzdesi arttıkça ısı iletkenlik katsayısında bir azalma görülmektedir. Dolayısıyla ısı yalıtımı daha da kuvvetli olmaktadır. Şekilde de görüldüğü gibi en iyi ısı yalıtımı %170 MDI (sertleştirici) kullanımında sağlanmaktadır.

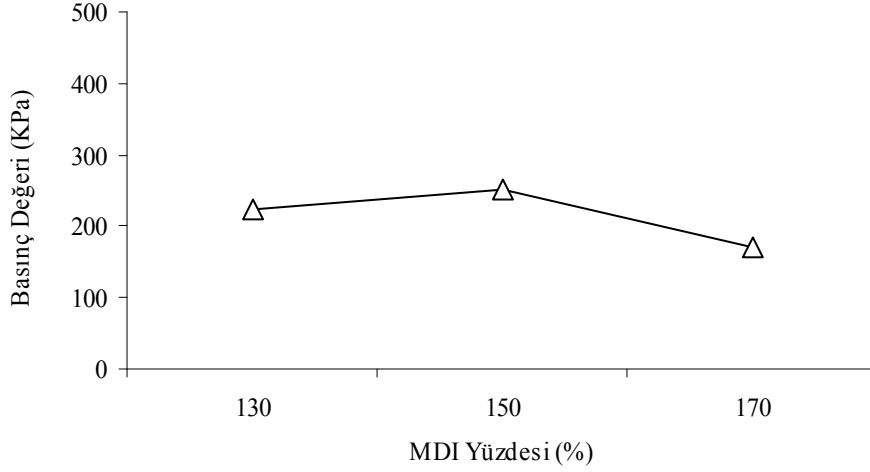
Sentetik poliüretan köpüklerin ısı iletim katsayısı 0,040 W/mK olarak bilindiğinden okaliptüs tozlarından elde ettiğimiz köpüklerinde ısı iletim katsayı değerleri sentetik ile yaklaşık olarak aynı çıktığı belirlenmiştir.

3.2.2. Okaliptüs tozlarından elde edilen poliüretan esaslı köpüğün mekaniksel özellikleri

3.2.2.1. Basınç direncinin belirlenmesi

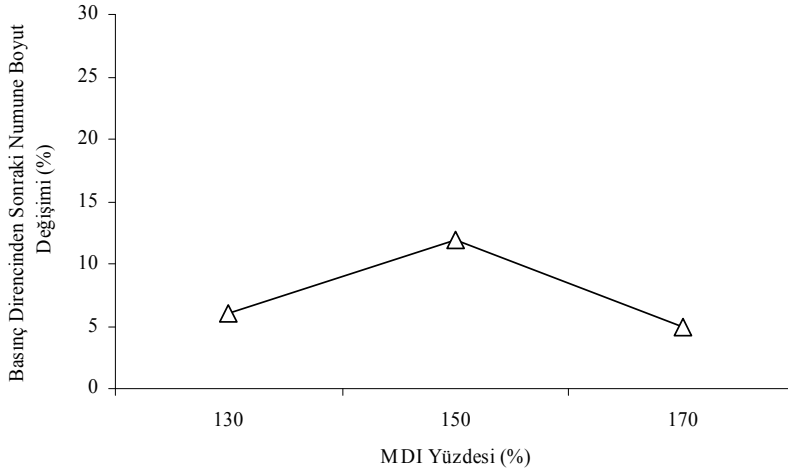
160 °C sıcaklık ve 2 saat süre ile okaliptüs tozlarından elde edilen poliüretan esaslı köpüklerin basınç dirençleri %130 MDI'da 224 KPa, %150 MDI'da 252 KPa ve %170 MDI'da 169 KPa olarak belirlenmiştir. Şekil 5'de görüldüğü gibi %150 MDI'da basınç direnci en yüksek, %170 MDI'da ise basınç direncinin en düşük değeri verdiği tespit edilmiştir.

Sentetik poliüretan köpüklerin basınç direnci (Alma ve ark., 2002) 116 KPa olduğunu belirtmişlerdir. Okaliptüs tozlarından elde ettiğimiz köpüklerin basınç direnci değerleri 169-252 KPa ile sentetik değerden yüksek çıktığı tespit edilmiştir.



Şekil 6. MDI yüzdelere bağlı olarak basınç direnci

3.2.2.2. Basınç direncinden sonraki numune boyut değişimi



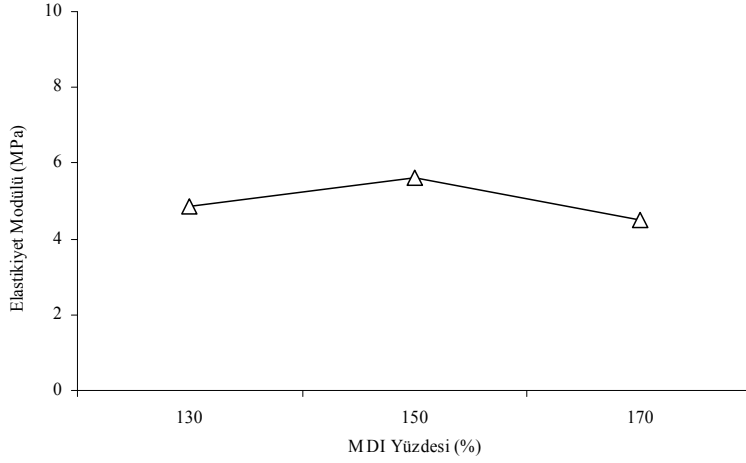
Şekil 7. MDI yüzdelere bağlı olarak basınç direnci

160 °C sıcaklık ve 2 saat süre ile okaliptüs tozlarından elde edilen poliüretan esaslı köpüklerin basınç direncinden sonraki numune boyut değişimi %130 MDI'de %5,99, %150 MDI'de %11,86 ve %170 MDI'de %4,91 olarak belirlenmiştir. Şekil 7'de görüldüğü gibi %150 MDI'da basınç direncinden sonraki numune boyutunun değişimi en yüksek, %170 MDI'da ise en düşük değer aldığı tespit edilmiştir.

3.2.2.3. Elastikiyet modülünün belirlenmesi

160 °C sıcaklık ve 2 saat süre ile okaliptüs tozlarından elde edilen poliüretan esaslı köpüklerin elastikiyet modülü %130 MDI'de 4,85 MPa, %150 MDI'de 5,60 MPa ve %170 MDI'de 4,52 MPa olarak tespit edilmiştir. Şekil 8'de görüldüğü gibi %150 MDI'da elastikiyet modülü en yüksek, %170 MDI'da ise elastikiyet modülünün en düşük değer aldığı belirlenmiştir.

Sentetik poliüretan köpüklerin elastikiyet modülü (Alma ve ark., 2002) 3,96 MPa olduğunu belirtmişlerdir. Okaliptüs tozlarından elde ettiğimiz köpüklerin elastikiyet modülü 4,52-5,60 MPa ile sentetik değerinin biraz üzerinde belirlenmiştir.



Şekil 8. MDI yüzdelere bağlı olarak elastikiyet modülü

4. Sonuç ve Öneriler

Sıcaklık arttıkça dioksan'da çözünmeyen okaliptüs tozu yüzdesinde bir azalma görüldüğü belirlenmiştir. 160 °C sıcaklıkta reaksiyona giren okaliptüs tozları optimum sonuç verdiği belirlenmiştir.

MDI yüzdesi arttıkça ısı iletkenlik katsayısında bir azalma tespit edilmiştir. Dolayısıyla ısı yalıtımı daha da kuvvetli olmaktadır. En iyi ısı yalıtımı %170 sertleştirici (MDI) ilave edilen köpüklerde belirlenmiştir. Okaliptüs tozlarından elde ettiğimiz köpüklerde ısı iletim katsayı değerleri sentetik poliüretan esaslı köpükler ile yaklaşık olarak aynı değerlerde çıktığı belirlenmiştir.

Okaliptüs tozlarından elde ettiğimiz köpüklerin yoğunluk değeri sentetik poliüretan esaslı köpüklerin biraz üzerinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca; MDI yüzdesi arttıkça su emme değerinde linear bir azalma görüldüğü tespit edilmiştir.

Okaliptüs tozlarından elde ettiğimiz köpüklerin basınç direnci sentetik poliüretan esaslı köpüklerden daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Ayrıca; elde ettiğimiz köpüklerin elastikiyet modülü de sentetik poliüretan esaslı köpüklerden daha yüksek çıktığı belirlenmiştir.

Bu nedenle, okaliptüs tozlarından elde ettiğimiz köpüklerin sentetik poliüretan esaslı köpükler kadar fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin iyi olduğu belirlenerek sentetik köpüklere alternatif olabileceği kanaatine varılmıştır.

5. Kaynaklar

- Alfani, R., Iannace, S. and Nicolas, L. 1998. Synthesis and Characterization of Starch-Based Polyurethane Foams. *J. App. Poly. Sci.*, 68, p. 739 – 745.
- Alma, M.H. 1996. Several Acids-Catalyzed Phenolation of Wood and its Application to Molding Materials, Ph.D. Thesis, Kyoto University, Kyoto, Japan.
- Alma, M.H., Yoshioka, M., Yao, Y. and Shiraishi, N. 1996a. Preparation and Characterization of the Phenolated Wood Using Hydrochloric Acid (HCl) as a Catalyst. *Wood Sci. Technol.*, 30, p. 39-47.
- Alma, M.H., Yoshioka, M., Yao, Y. and Shiraishi, N. 1996b. The Preparation and Flow Properties of HCl-Catalyzed Phenolated Wood and its Blends with Commercial Novolak Resin. *Holzforshung*, 50, p. 85-90.
- Alma, M.H., Yoshioka, M., Yao, Y. and Shiraishi, N. 1996c. Phenolation of Wood Using Oxalic Acid as a Catalyst. Effects of Temperature and Hydrochloric Acid Addition. *J. Appl. Poly. Sci.*, 6, p. 675-683.
- Alma, M.H. 1997. The Use of Wheat Straw-Phenol Condensation Products as Molded Materials. *Journal of Polymer Engineering*, 17, p. 311-322.
- Alma, M.H. and Shiraishi, N. 1998. Preparation of Polyurethane-Like Foams From Naoh-Catalyzed Liquefied Wood. *Holz Roh Werk.*, 56, p. 245-246.
- Alma, M.H., Yoshioka, M., Yao, Y. and Shiraishi, N. 1998. Preparation of Sulfuric Acid-Catalyzed Phenolated Wood Resin. *Wood Sci. Technol.*, 32, p. 297-308.

I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus

- Alma, M.H. and Kelley, S.S. 2000. Conversion of the Barks of Several Tree Species into Bakelite-Like Thermosetting Materials by their Phenolysis. *J. Polym. Eng.*, 20, p. 365-379.
- Alma, M.H., Basturk, M.A. and Digrak, M. 2002. Liquefaction of Agricultural Biomass Wastes with Polyhydric Alcohols and its Application to Polyurethane-Type Foams. 12th European Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, Amsterdam, p. 1247-1250.
- ALMA, M.H., Basturk, M.A. and Digrak, M. 2003. New Polyurethane-Type Rigid Foams from Liquefied Wood Powders. *J. Mat. Sci. Let.*, 22, p. 1225–1228.
- Cheradame, H., Detoisien, M., Gandini, A., Pla, F. and Roux, G. 1989. Polyurethane from Kraft Lignin. *British Polym J.*, 21, p. 269-275.
- Chian, K.S. and Gan, L.H. 1998. Development of a Rigid Polyurethane Foam from Palm Oil. *J. App. Polym. Sci.*, 68, p. 509 – 515.
- Cunningham, R.L., Carr, M.E. and Bagley, E.B. 2003. Preparation and Properties of Rigid Polyurethane Foams Containing Modified Cornstarches. *J. App. Polym. Sci.*, 44, p. 1477– 1483.
- Ferrigno, T.H. 1967. *Rigid Plastics Foams*. NY: Reinhold Publishing Corporation.
- Ge, J.J. and Sakai, K. 1996. Decomposition of Polyurethane Foams Derived from Condensed Tannin I. Hydrolysis and Aminolysis of Model Urethanes. *Mokuzai Gakkaishi*, 42, p. 776-781.
- Ge, J.J. and Sakai, K. 1998. Decomposition of Polyurethane Foams Derived from Condensed Tannin. II. Hydrolysis and Aminolysis of Polyurethane Foams. *J. Wood Sci.*, 44, p. 103-105.
- Ge, J.J., Zhong, W., Guo, Z.R., Li, W.J. and Sakai, K. 2000. Biodegradable Polyurethane Materials from Bark and Starch. I. Highly Resilient Foams. *J. Appl. Polym. Sci.*, 77, p. 2575-2580.
- Hirose, S., Yano, S., Hatakeyama, T. and Hatakeyama, H. 1989. Heat Resistant Polyurethanes from Solvolysis Lignin. *Lignin: Properties and Materials*. New York, Eds Glasser, W.G. & Sarkanen, S., American Chemical Society Symposium Series, 397, p. 383-389.
- Hsu, O.H. and Glasser, W.G. 1976. Polyurethane Adhesives and Coatings from Modified Lignin. *Wood. Sci.*, 9, p. 97-103.
- Inagaki, H. and Phillips, G. O. 1989. *Cellulosic Utilization*: NY: Elsevier Applied Science. Research and Rewards in Cellulosics.
- Kennedy, J.F., Phillips, G.O. and Williams, P.A. 1993. *Chemical, Biochemical and Material Aspects*. NY: Ellis Horwood.
- Meikleham, N.E. and Pizzi, A. 1994. Acid- and Alkali-Catalyzed Tannin-Based Rigid Foams. *J. App. Poly. Sci.*, 53, p. 1547-1556.
- Philips, L.N. and Parker, D.B.V. 1965. *Polyurethanes Chemistry, Technology and Properties*. London: Illife Books Ltd.
- Reimann, A., Morck, R., Yoshida, H., Hatakeyama, H. and Kringstad, K.P. 1990. Kraft Lignin in Polyurethane III. Effects of the Molecular Weight of PEG on the Properties of Polyurethane from a Kraft Lignin-PEG-MDI System. *J. Appl. Polym. Sci.*, 41, p. 39-50.
- Saraf, V.P. and Glasser, W.G. 1984. Engineering Plastics from Lignin III. Structure Property Relationships in Solution Cast Polyurethane Films. *J. Appl. Polym. Sci.*, 29, p. 1831-1841.
- Saraf, V.P., Glasser, W.G., Wilkes, G.L. and McGrath, J.E. 1985. Engineering Plastics From Lignin, IV. Structure Property Relationships Of PEG-Containing Polyurethane Networks. *J. Appl. Polym. Sci.*, 30, p. 2207-2224.
- Shiraishi, N., Onodera, S., Ohtani, M. and Masumoto, T. 1985. Dissolution of Etherified and Etherified Wood into Polyhydric Alcohols or Bisphenol and Their Application in Preparing Wooden Polymeric Materials. *Mokuzai Gakkaishi*, 31 (5), p. 418-420.
- Shiraishi, N. 1992. Liquefaction of Lignocellulosics in Organic Solvents and its Application, In “Emerging Technology for Materials and Chemicals From Biomass”, R.M. Rowell, T.P. Schlutz and R. Narayan (Eds.), ACS Symp. Ser. 476, Am. Chem. Soc., Washington DC, p. 136-143.
- Shiraishi, N., Hiromu, K. and Norimoto, M. 1993. *Recent Research on Wood and Wood-Based Material*: London & NY, Elsevier Science Pub. Plasticization of Wood and its Application.
- Timothy, G. R. and Glasser, W.G. 1984. Engineering Plastics From Lignin. IV. Effect of Crosslink Density on Polyurethane Film Properties-Variation In NCO: OH Ratio. *Holzforshung*, 38, p. 191-199.
- Yao, Y., Yoshioka, M. and Shiraishi, N. 1995. Rigid Polyurethane Foams from Liquefaction Mixture of Wood and Starch. *Mokuzai Gakkaishi*, 41, p. 659-668.
- Yao, Y., Yoshioka, M. and Shiraishi, N. 1996. Water-Absorbing Polyurethane Foams from Liquefied Starch. *J. Appl. Polym. Sci.*, 1, p. 1939-1949.
- Yoshida, H., Morck, R., Kringstad, K.P. and Hatakeyama, H. 1987. Kraft Lignin in Polyurethane I. Mechanical Properties of Polyurethane from a Kraft Lignin-Polyether-Triol-Polymeric MDI System. *J. Appl. Polym. Sci.*, 34, p. 1187-1198.
- Yoshida, H., Morck, R., Kringstad, K.P. and Hatakeyama, H. 1990. Kraft Lignin in Polyurethane II. Effects of the Molecular Weight of Kraft Lignin on the Properties of Polyurethane from a Kraft Lignin-Polyether-Triol-Polymeric MDI System. *J. Appl. Polym. Sci.*, 40, p. 1879-1832.

***Eucalyptus grandis* Odununun Kimyasal Bileşimi ve Termal Özellikleri**

Ahmet TUTUŞ¹, Ramazan KURT¹, Murat ERTAŞ², Ümit AYATA³, M. Hakkı ALMA⁴

¹Doç.Dr., KSÜ Orman Fak., Orman End. Müh. Bölümü, 46060, Kahramanmaraş, *e-mail*: atutus@ksu.edu.tr

²Arş. Gör., KSÜ Orman Fak., Orman End. Müh. Bölümü, 46060, Kahramanmaraş, mertas@ksu.edu.tr

³Yüksek Lisans Öğrencisi, KSÜ Orman Fakültesi, Orman End. Müh. Bölümü, Kahramanmaraş

⁴Prof.Dr., KSÜ Orman Fak., Orman End. Müh. Bölümü, 46060, Kahramanmaraş

Özet

Bu çalışmada, okaliptüs grandis odunlarının kimyasal analizlerine ait ana bileşenlerden holoselüloz, selüloz, alfa selüloz ve lignin ve yan bileşenlerden kül % oranı belirlenmiştir. Ayrıca soğuk su, sıcak su, %1 lik NaOH ve alkol-benzen çözünlüklerinin % oranları belirlenmiştir. Daha sonra bu kalıntı ana ve yan bileşenlerin Termogravimetrik Analizör (TGA) cihazında termal özellikleri araştırılmıştır. Odun unu ve odun bileşenlerinin termal bozunmalarının 300-550°C arasında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Okaliptüs grandis, holoselüloz, selüloz, lignin, termogravimetrik analizör.

Chemical Composition and Thermal Properties of Eucalyptus Grandis Wood

Abstract

In this study, main chemical components of Eucalyptus grandis wood; holocellulose, cellulose, alpha cellulose, lignin and ash content, rations (%) were determined. In addition, solubility of wood flour in cold and hot water, alcohol-benzene solubility and solubility in 1% NaOH were found. Then, thermal properties of this main and the other components were determined using thermogravimetric analyzer (TGA). Thermal degradation of Eucalyptus grandis wood flour and chemical components of wood were occurred between 300-550°C.

Key Words: Eucalyptus grandis, holocellulose, cellulose, lignin, thermogravimetric analysis.

1. Giriş

Eski zamanlarda ağaç hammaddesi olan odun, daha çok barınak, silah, ısınma ve pişirme maksatlarında kullanılmıştır. Tekerleğin keşfi ile taşıt araçlarında değerlendirilmiş, daha sonra teknolojik gelişmelerin artması ile odun hammaddesine olan ihtiyaç da hızla artmıştır. Odundan kimyasal yöntemlerle elde edilen ürünler orman ürünleri işleyen endüstriler arasında her geçen gün büyük bir önem kazanmaktadır.

Okaliptüs odununun dünyadaki ağırlıklı kullanım alanı kağıt hamuru üretimidir. Bunun dışında mobilya, parke yapımında ve diğer alanlarda kullanılmaktadır. Türkiye’de ise okaliptüs odununun en yaygın kullanım alanı ambalaj sanayi ve yakacak odundur. Yapılan piyasa araştırmasında ambalaj sandığı yapımında okaliptüs odun kullanımını azaldığı tespit edilmiştir. Bunun en önemli sebebi mekanizasyona geçilmesi nedeniyle okaliptüs yerine daha yumuşak dokulu odunların (kavak gibi) tercih edilmeye başlanmasıdır. Ayrıca ambalaj sanayiinde odun yerine ikame maddeler kullanılmaktadır (Gürses ve ark., 1998).

Bunlara ilaveten okaliptüsün diğer kullanım alanları ise, maden direği, kaplamalık ve kontrplak, kağıt hamuru, yakacak odun, mangal kömürü, ambalaj sanayiinde, dolgu malzemesi olarak, kibrit sanayiinde, sunta sanayiinde, direk ve kazık olarak, tekne ve fiçi tahtası olarak, pil, batarya separatörü, oyuncak sanayiinde, oymacılıkta, odun yünü, bulaşık evyesi yapımında, yiyecek muhafaza kabı olarak, kalıp ve model yapımında, müzik aleti yapımında olarak belirtilmektedir (Gürses, 1990).

Dünyada bu kadar geniş kullanım alanı bulunan okaliptüs odunu Türkiye’de piyasada yeterli düzeyde sunulmaması ve kullanım alışkanlığının olmaması nedeniyle daha dar bir alanda kullanılmaktadır.

Hızlı gelişen ağaç türler içerisinde bazı okaliptüs türleri de önemli bir yere sahip bulunmaktadır. Bu özellikleri nedeniyle anavatanları dışında da çokça kullanılmaktadır. Dünyada Okaliptüs grandisin 2.5

milyon hektar tahmin edilen ağaçlandırma miktarı ile, muhtemelen endüstriyel odun üretimi amaçlı en çok ağaçlandırması yapılan tür olduğu belirtilmektedir (Wilcox, 1997).

Bugün dünyadaki okaliptüs ağaçlandırmalarının büyük bir bölümü selüloz üretimi amaçlıdır. Türkiye’de özel sektörde ilk defa okaliptüs selülozu üreten MOPAK-“Dalaman Kağıt Fabrikası” tarafından okaliptüs selülozu ile üretilen kağıdın özellikleri şöyle belirtilmektedir: Kağıdın beyazlığı yüksektir, kağıdın opasitesi yüksektir, kesimde bıçakların ömrünü uzatır, kopma, patlama ve yırtılma faktörleri yüksektir, yüzey tutkallaması, baskı fotokopi ve yazıcılarda renklerde canlılık sağlar, yüzey yolunma mukavemeti yüksektir, kağıt kalitesi yüksektir, yüzeyde homojen bir dağılım içerir, tozlanma yapmaz, kağıda hacim kazandırır, nem dağılımı homojendir, baskı-fotokopi makineleri ve yazıcılarda problemsiz ve seri çalışır, kağıt kalınlığı her noktada stabildir (Gürses ve ark., 1998).

Bu çalışmada, Okaliptüs grandis odunlarının kimyasal analizlerine ait ana ve yan bileşenler oranları belirlenmiştir. Ayrıca, bu kalıntı ana ve yan bileşenlerin Termogravimetrik Analizör (TGA) cihazında termal özellikleri belirlenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

Okaliptüs grandis odunları ana kütleyi yani örneğin alındığı materyalin tamamını temsil edecek biçimde Tarsus-Karabucak Orman işletme şefliği deneme alanlarından temin edilmiştir.

2.2. Yöntem

Kibrit çöpü büyüklüğüne kadar küçültülmüş okaliptüs grandis yongaları önce, Willey değirmeninde öğütülerek 40 ve 60 mesh'lik eleklerde elenmiştir. 60 mesh'lik (250 mikron) elek üzerinde kalan örnekler ağız kapalı cam kavanozlarda saklanarak aşağıdaki kimyasal analizlere tabi tutulmuştur:

Rutubet oranı: TAPPI T 264 om-88 (Anonim, 1992).

Holoselüloz oranı: Wise' nin klorit metodu (Wise, 1962).

Selüloz oranı: Kurschner - Hoffer metodu (Browning, 1967).

Lignin oranı: TAPPI T 222 om-88 (Anonim, 1992).

Alfa selüloz oranı: TAPPI T 203 os-71 (Anonim, 1992).

Kül oranı: TAPPI T 211 om-85 (Anonim, 1992).

Alkol benzende çözünürlük oranı: TAPPI T 207 om-88 (Anonim, 1992).

Soğuk ve sıcak suda çözünürlük oranı: TAPPI T 207 om-88 (Anonim, 1992).

% 1 lik NaOH ' de çözünürlük oranı: TAPPI T 207 om-88 (Anonim, 1992).

Okaliptüs grandis odunu ana ve yan bileşenlerin Termogravimetrik analizinde; yaklaşık olarak 4-8 mg ana ve yan kimyasal bileşen kalıntıları alınarak SHIMADZU TGA-50 marka termogravimetrik analizör cihazında oda sıcaklığından 800°C'ye kadar 10°C/dk ısıtma hızıyla azot atmosferinde (20ml/dk) ısıtılmıştır. Örneklere ait sıcaklık ve buna bağlı olan ağırlık kaybı (%) bilgisayar programı aracılığıyla alınmıştır. Bozunma sıcaklıklarının belirlenmesi için ağırlık kaybının 1. dereceden türevi (DTGA) hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Okaliptüs Grandis Odununun Kimyasal Analiz Sonuçlarına Ait Bulgular

Okaliptüs grandis odununun kimyasal analizleri daha önce belirtilen standart metotlara uygun olarak yapılmış ve sonuçlar Çizelge 1' de verilmiştir.

Çizelge 1’de görüldüğü gibi, Okaliptüs grandisi oluşturan ana kimyasal bileşenlerden olan holoselüloz içeriği %81.17, selüloz oranı %50.07, alfa selüloz oranı %47.28, lignin oranı ise %25.70 olarak tespit edilmiştir.

Okaliptüs grandis'in yan bileşenlerinden olan çözünürlük değerleri incelendiğinde; soğuk sudaki çözünürlük %3.82, sıcak sudaki çözünürlükleri %4.17, alkol benzen çözünürlüğü %2.38 olarak tespit edilmiştir. Kül oranı ise %0.25 olarak belirlenmiştir.

Özellikle Okaliptüs grandisin ana kimyasal bileşenlerinde kül düzeltmesi de yapılarak sonuçlar aşağıdaki Çizelge 1'de verilmiştir. Söz konusu çizelgede görülen Okaliptüs grandis'e ait kimyasal analiz sonuçları literatürde verilmiş bulunan söz konusu odunun kimyasal analiz sonuçları ile benzerlik göstermektedir (As ve ark., 2002).

Çizelge 1 Okaliptüs grandis'e ait Kimyasal Analiz Sonuçları

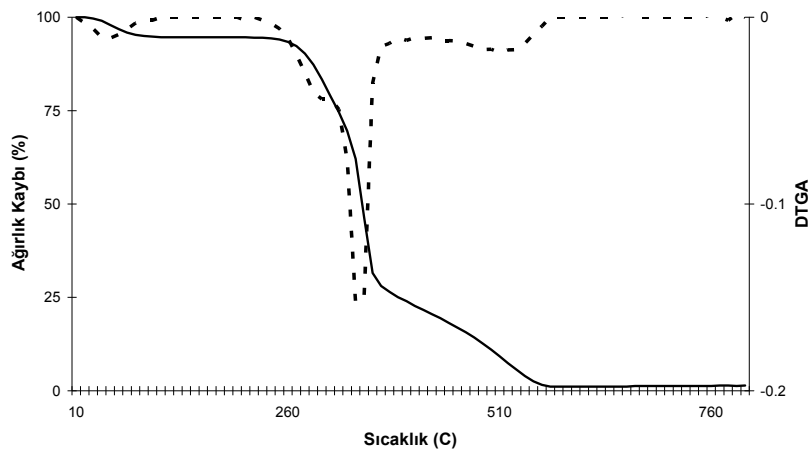
BİLEŞENLER	Ortalama (%)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Holoseülüz oranı (%)	81.17	0.87	80.10	82.24
Holoseülüz (kül hariç)	80.51	0.92	79.54	81.80
Selüloz	50.07	0.85	49.86	51.00
Selüloz (kül hariç)	49.80	0.94	48.70	49.98
Lignin oranı (%)	25.70	0.52	24.70	25.90
Lignin (kül hariç)	25.13	0.39	24.95	25.86
Alfa - Selüloz oranı (%)	47.28	0.69	46.00	47.60
Alfa selüloz (kül hariç)	46.98	0.84	45.54	47.54
Kül oranı (%)	0.25	0.20	0.03	0.30
Alkol – Benzen Çözünürlük oranı (%)	2.38	0.31	2.01	2.78
% 1'lik NaOH Çözünürlük oranı (%)	17.64	0.18	17.42	17.86
Soğuk Suda Çözünürlük oranı (%)	3.82	0.20	3.49	3.98
Sıcak Suda Çözünürlük oranı (%)	4.17	0.17	4.01	4.42

3.2 Okaliptüs Grandis Odununun Termogravimetrik Analizör Sonuçlarına Ait Bulgular

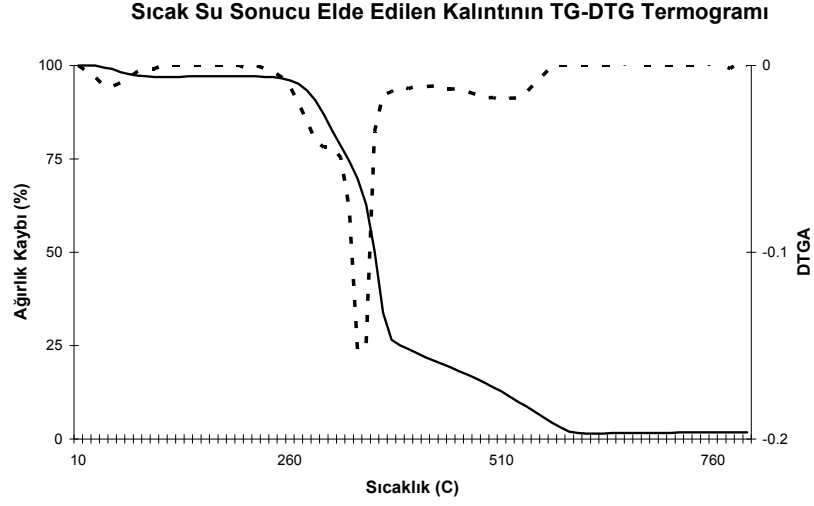
Odun unundan ve bileşenlerinden elde edilen TGA-DTG termogramları üç ana bölgeye ayrılarak incelenmiştir. Birinci bölge 100°C altında olup, malzemede bulunan rutubetin uzaklaşmaya başlaması olarak ifade edilebilir. İkinci bölgede ise odun bileşenlerinin bozunması söz konusu olup 150-550°C arasında gerçekleşmiştir. 550-800°C arasında odun unu, ana ve yan kimyasal bileşenleri karbonizasyonu gerçekleşmiştir.

Aşağıdaki Şekil 1, 2 ve 3' ait odun ununun soğuk su, sıcak su ve alkol benzen ile muamelesi sonucu elde edilen kalıntının TG-DTG termogramları incelendiğinde benzer termal bozunma karakteri gösterdikleri tespit edilmiştir. Şekil 4'de saf selüloz örneğinde, bozunma sıcaklığına (340°C) kadar ağırlık kaybı hızı kayda değer değildir. Bozunma sıcaklığındaki ağırlık kaybı ise büyüktür.

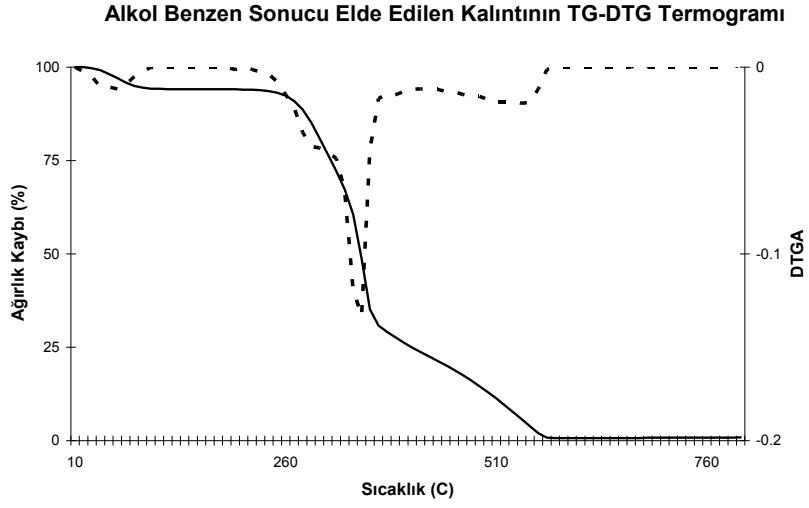
Soğuk Su Sonucu Elde Edilen Kalıntının TG-DTG Termogramı



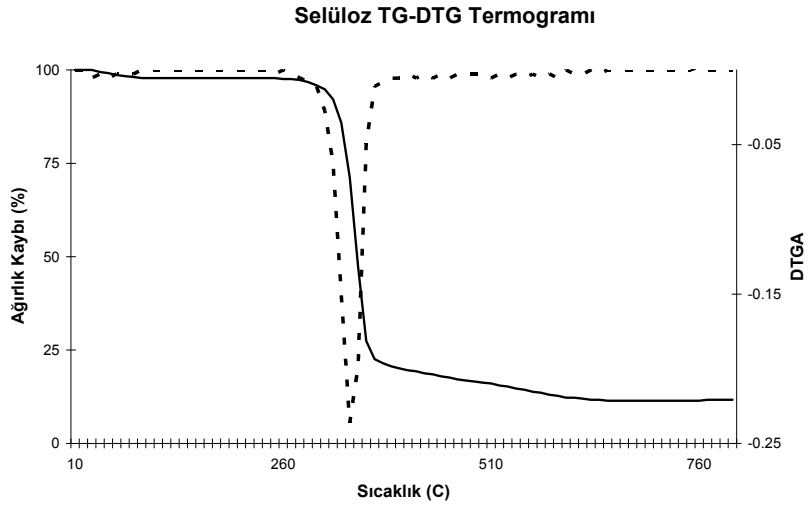
Şekil 1. Soğuk su çözünürlüğü sonucu elde edilen kalıntının TG-DTG termogramı



Şekil 2. Sıcak su çözünürlüğü sonucu elde edilen kalıntının TG-DTG termogramı

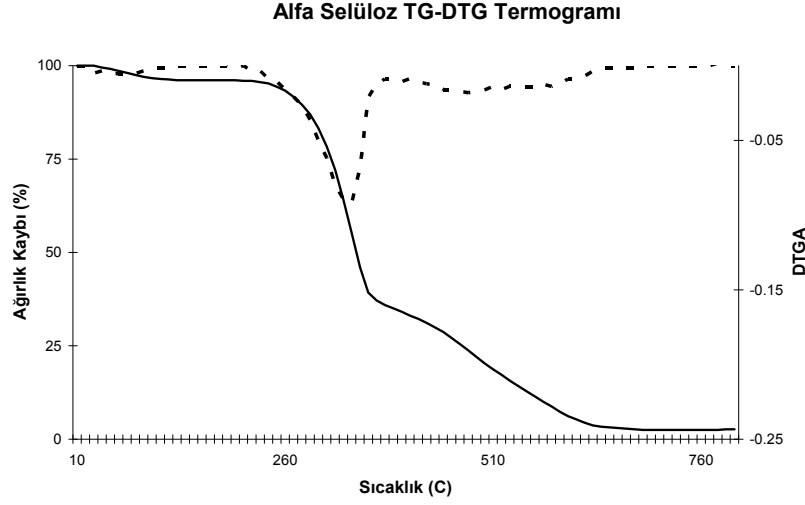


Şekil 3. Alkol benzen çözünürlüğü sonucu elde edilen kalıntının TG-DTG termogramı

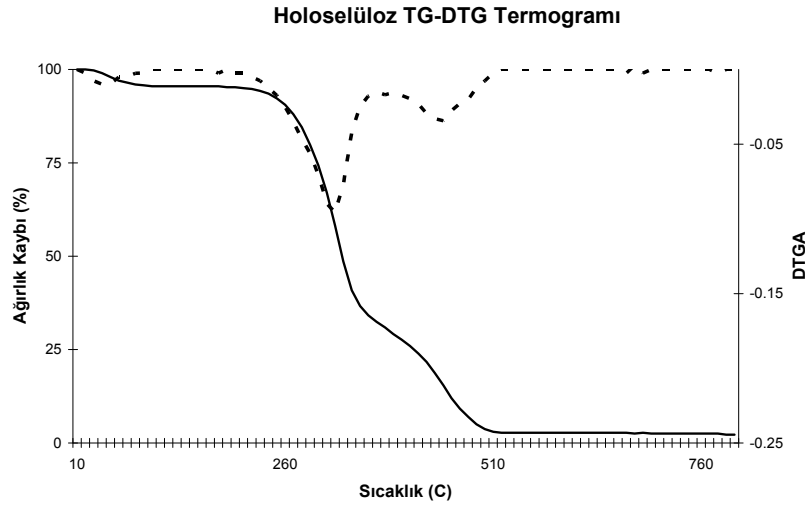


Şekil 4. Selüloz TG-DTG termogramı

Aşağıdaki Şekil 5’de alfa selülozun bozunma sıcaklığı saf selülozla aynı olup, karbonizasyon sonucu artı kalan madde miktarı daha azdır. Diğer yandan, holoselülozun bozunma sıcaklığının saf selülozdan daha düşük olmasının nedeni (320°C) içerisinde bulunan hemiselülozdan kaynaklanmaktadır (Şekil 6).

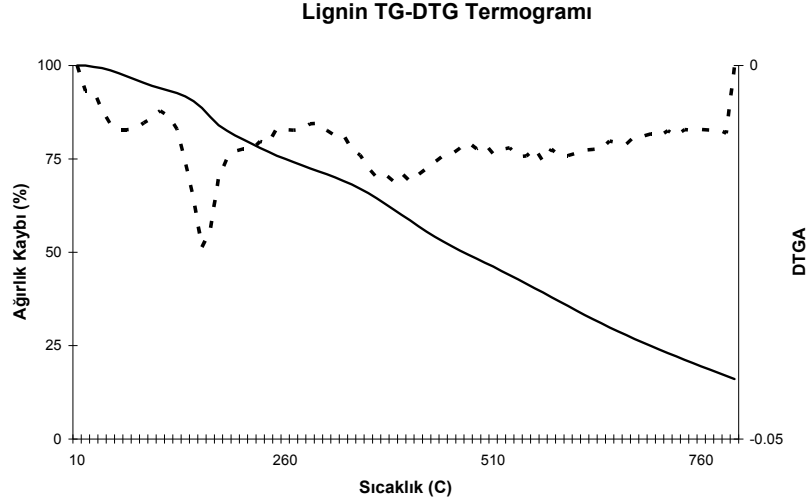


Şekil 5 Alfa selüloz TG-DTG termogramı

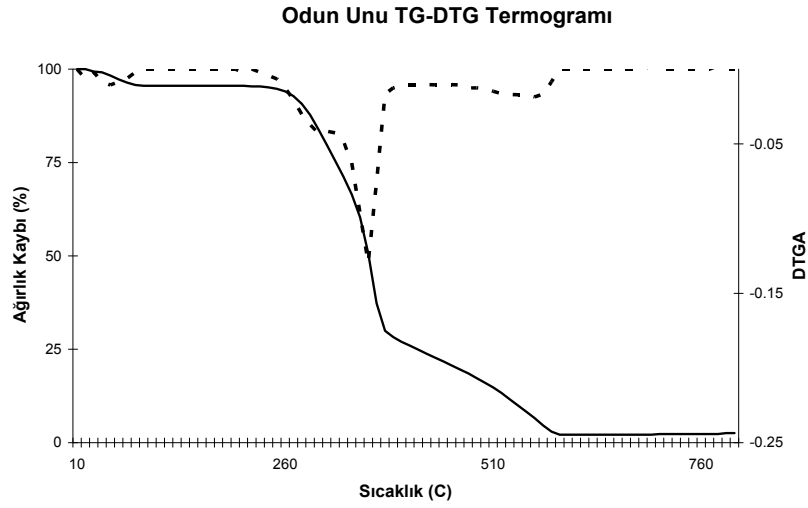


Şekil 6 Holoselüloz TG-DTG termogramı

Aşağıdaki Şekil 7’de lignin odun bileşenlerinden ilk bozunmaya uğrayan olmasına rağmen bozunma hızı daha yavaştır. Bozunmaya başlama sıcaklığı 160°C’dir. Bozunmanın gerçekleştiği sıcaklık ise 390°C’dir. Kalan artık miktarı bileşenler içinde en fazladır. Okaliptüs grandis odun unundaki bozunma 300-500°C arasında gerçekleşmiştir (Şekil 8). Sözkonusu odun ununun bozunma sıcaklığı, bileşiminde bulunan lignin ve diğer ekstraktif maddelerden dolayı 360°C olarak tespit edilmiştir. Termal analiz sonuçları, daha önce yapılan çalışma sonuçlarıyla (Gürkahraman ve Pehlivan, 1999; Marcovich ve ark., 2001; Li ve He, 2004; Alvarez ve Vásquez, 2004) uyum göstermektedir.



Şekil 7. Lignin TG-DTG termogramı



Şekil 8. Odun unu TG-DTG termogramı

Okaliptüs grandis odun unu ve odun bileşenlerinin TGA-DTG analizi değerleri Çizelge 2’de ayrıca verilmiştir.

Çizelge 2 Odun unu ve odun bileşenlerinin TGA-DTG değerleri analizi

Örnek	İlk Ağırlık Kaybı (°C)	Bozunma Sıcaklığı (°C)	Artık Miktarı 550°C (%)*	Artık Miktarı 800°C (%)*
Soğuk Su Çözünürlüğü	30	350 (46.40)*	2.51	1.41
Sıcak Su Çözünürlüğü	40	360 (50.27)*	7.18	1.80
Alkol-Benzen Çözünürlüğü	30	350 (48.69)*	3.81	0.92
Selüloz	40	340 (47.28)*	14.40	11.68
Alfa-Selüloz	40	340 (55.11)*	12.85	2.64
Holoselüloz	30	320 (48.63)*	2.74	2.24
Lignin	30	390 (61.54)*	41.55	16.05
Odun Unu	30	360 (50.63)*	8.22	2.53

*: Bozunma sıcaklığındaki artık miktarı (%)

4. Sonuç ve Öneriler

Okaliptüs grandis odunu ve kimyasal bileşenlerinden elde edilen TGA-DTG termogramları üç ana bölgeye ayrılarak incelenmiştir.

Birinci bölge 100°C altında olup. Odununu ve ana ve yan kimyasal bileşenlerde bulunan rutubetin uzaklaşmaya başlaması olarak ifade edilebilir. Bu bölgede okaliptüs grandis odunu ve kimyasal bileşenlerde ilk ağırlık kaybı 30-40 °C arasında gerçekleşmiştir.

İkinci bölgede ise odununu ve bileşenlerde bozunması söz konusu olup 150-550 °C arasında gerçekleşmiştir. Soğuk su ve alkol-benzen çözünürlüğünden kalan örneklerin bozunma sıcaklığı 350 °C, sıcak su çözünürlüğünden kalan örneklerin bozunma sıcaklığı 360 °C, Selüloz ve Alfa selülozun bozunma sıcaklığı 340 °C, holoselülozun 320 °C, ligninin 390 °C ve okaliptüs tüm odununun bozunma sıcaklığı 360 °C olarak tespit edilmiştir.

Üçüncü bölge ise 550-800 °C arasında gerçekleşmiş ve Okaliptüs odunu ve kimyasal bileşenlerinin karbonizasyonları gerçekleşmiştir. 550 °C bozunma sıcaklığında soğuk su çözünürlüğünden kalan artık miktarı %2.51, sıcak su çözünürlüğünden kalan artık miktarı %7.18, alkol-benzen çözünürlüğünde kalan artık miktarı %3.81, selüloz ve alfa selüloz, holoselüloz ve lignin de kalan artık miktarı sırasıyla %14.40, %12.85, %2.74 ve %41.55, Okaliptüs grandis tüm odununda bu sıcaklıkta kalan artık madde miktarı %8.22 olarak belirlenmiştir. 800 °C bozunma sıcaklığında tüm odunu, ana ve yan kimyasal bileşenlerde kalan artık miktarı önemli oranda azalmıştır.

Sıcaklığın ana parametre olarak kullanıldığı kurutma, yonga levha, lif levha, odun plastik kompozitleri, kağıt hamuru ve diğer üretimlerde Okaliptüs grandis odununun kullanılması sırasında bozunmaya başlama ve bozunma sıcaklıkları dikkate alınarak üretim koşulları belirlenmelidir.

Kaynaklar

- Alvarez. V. A. ve A. Vásquez. 2004. Thermal degradation of cellulose/starch blends and sisal fibre biocomposites. Polymer degradation and stability. 84: 13-21.
- Anonim. 1998. TAPPI Test Methods. Tappi Press. Atlanta. Georgia. USA
- As. N., K. H. Koç, D. Doğu., C. Atik., B. Aksu ve S. Erdinler.. 2002. Türkiye’de Yetişen Endüstriyel Öneme Sahip Ağaçların Anatomik, Fiziksel, Mekanik ve Kimyasal Özellikleri. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi. Cilt:51. Sayı: 1. s. 71-78. İstanbul.
- Browning. B.L.. 1967. Methods of Wood Chemistry. Vol. 2. Interscience/Wiley. New York.
- Gürses. M.K., E. Avcıoğlu, A.G. Gülbaba, N. Özkurt, A. Özkurt. 1998. Kağıt Hamuru Üretimine Uygun Okaliptüs Tür ve Orijinlerinin Seçimi. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü. Teknik Bülten No:4. Tarsus.
- Gürses. M.K.. 1990. Dünyada ve Türkiye’de Okaliptüs. Kavak ve Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi. “Türkiye’de Okaliptüs Yetiştiriciliğinin 50. Yılı”. İzmit.
- Gürkahraman M. ve D. Pehlivan. 1999. Odunun sabit yatak ve atmosferik şartlarda ekstraksiyonu. Turkish Journal of Engineering and Environmental Science. 23: 239-250.
- Li. B. ve J. He. 2004. Investigation of mechanical property, flame retardancy and thermal degradation of LLDPE-wood-fibre composites. Polymer degradation and stability. 83:241-246.
- Marcovich. N. E., M. M. Reboredo ve M. J. Aranguren. 2001. Modified wood flour as thermoset fillers II. Thermal degradation of woodflours and composites. Thermochemica Acta. 372: 45-57.
- Wilcox. M. D.. 1997. A Catalogue of Eucalyptus. Groome Poyry Ltd.. Aucland. p. 114. New Zealand.
- Wise. E.L. and H.L. Karl.. 1962. Cellulose and Hemicelluloses in Pulp and Paper Science and Technology. Vol. 1. Pulp. Edited by C. Earl Libby McGraw Hill-Book Co.. New York.

***Eucalyptus grandis* ve *Eucalyptus camaldulensis* Odunlarının Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi ve Başlıca Kullanım Alanları**

¹İbrahim BEKTAŞ, ²Ahmet TUTUŞ, ³Ümit AYATA

¹Doç. Dr., KSÜ Orman Fak., Orman End. Müh. Bölümü, 46060-Kahramanmaraş, ibtas@ksu.edu.tr

²Doç. Dr. KSÜ Orman Fak., Orman End. Müh. Bölümü, 46060-Kahramanmaraş, atutus@ksu.edu.tr

³Or. End. Yük. Mühendisi, KSÜ Fen Bil. Enst. 46060-Kahramanmaraş, bluebaruf@yahoo.com

Özet

Bu çalışmada Tarsus yöresinden temin edilen Okaliptüs (*Eucalyptus grandis* ve *Eucalyptus camaldulensis*) odunlarının bazı fiziksel özellikleri araştırılmış ve bunlara dayalı olarak okaliptüs odunun genel kullanım alanları hakkında bilgiler verilmiştir. Yapılan deneyler sonucu, *Eucalyptus grandis* odunun hacmen daralma yüzdesi %12.63, hacmen genişleme yüzdesi %23.27, hava kuru yoğunluğu 0.528 g/cm³, tam kuru yoğunluğu 0.515 g/cm³ ve hacim ağırlık değeri 455 kg/m³ olarak ölçülmüştür. Aynı denemelerde *Eucalyptus camaldulensis* odununda, hacmen daralma yüzdesi %11.98, hacmen genişleme yüzdesi % 20.80, hava kuru yoğunluğu 0.701 g/cm³, tam kuru yoğunluğu 0.684 g/cm³ ve hacim ağırlık değeri 573 kg/m³ şeklinde belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına ve literatür bilgilerine dayanılarak bu iki türün başlıca kullanım yerleri arasında; yapı kerestesi, yer döşemesi, tekne imalatı, kamyon kasası, mobilya, alet sapı, merdiven, sportif eşya, zirai aletler, iç dekorasyon, doğramacılık, travers, tornacılık, kağıt endüstrisi, müzik aletleri ve odun kömürü üretimi gibi alanlar sayılabilir.

Anahtar Kelimeler: Okaliptüs, fiziksel özellikler, kullanım alanları

Abstract

In this study, it was found out some physicals and sorption properties, and using areas of *Eucalyptus Grandis* ve *Eucalyptus Camaldulensis* collected from Tarsus. The volumetric shrinkage, volumetric swelling, the average air-dry density, oven dry density and basic density value of *Eucalyptus Grandis* were 12.63%, 23.27%, 0.528 g/cm³, 0.515 g/cm³ and 455 kg/m³, respectively. Also, the volumetric shrinkage, volumetric swelling, the average air-dry density, oven dry density and basic density value of *Eucalyptus camaldulensis* were 11.98%, 20.80%, 0.701 g/cm³, 0.684 g/cm³ and 573 kg/m³, respectively. On the other hand, it can be said that these results *Eucalyptus* wood can be used as construction material, parquet flooring, wooden trough, furniture, tools, steps, sport tools, agricultural tools, inter decoration, joinery, sleepers, pulp and paper, music tools and wooden coal.

Key words: *Eucalyptus*, physical properties, using areas

1. Giriş

Okaliptüs cinsi Türkiye'ye ilk defa 1885 yılında *Eucalyptus camaldulensis* türü ile girmiştir. Adana-Mersin demiryolunu yapan Fransız şirketi tarafından demiryolunun etrafına süs bitkisi olarak dikilmek amacıyla getirilmiştir (Adalı, 1944). Türün egzotik bir tür olması ve hızlı büyümesi nedeniyle Çukurova bölgesinde park ve bahçelerde hızla yaygınlaşmıştır. Ekonomik amaçlı ilk ağaçlandırma ise 1939 yılında Tarsus-Karabucak yöresinde 885 ha'lık alanda gerçekleştirilmiştir. Bu ağaçlandırma aynı zamanda Türkiye'nin ilk ekonomik ağaçlandırmasıdır. (Gürses, 1990). Daha sonra okaliptüs yetiştiriciliği özel sektör tarafından tanınarak ekonomik amaçlı olarak yetiştirmelere başlanmıştır. Yapılan bir çalışmada okaliptüs yetiştiriciliğinin ağırlıklı olarak daha az emekle yapılması ve karlı oluşu nedeniyle tercih edildiği tespit edilmiştir (Özkurt, 1994). Okaliptüsün yayılışı ağırlıklı olarak Doğu Akdeniz bölgesindedir. Fakat Türkiye'de Akdeniz ve Ege bölgesinde denize yakın yerlerde plantasyonlar bulunmaktadır (Şekil 1).

Türkiye'de okaliptüs odununun kağıt sanayinde kullanılmasına son birkaç yıldır küçük ölçekli başlatılmıştır. Kağıt sanayinde okaliptüs odununun kullanımı özel sektör tarafından da dikkatlice takip edilmektedir. Buna bağlı olarak Devlet ve özel sektör fidan satışlarında artmalar yaşanmıştır (Özkurt, 2002).



Şekil 1. Okaliptüsün Türkiye’de yayılışı (Özkurt, 2002’den).

Okaliptüsün ekonomik değeri daha yüksek olan yapacak odun (özellikle iç mekan ürünleri- doğrama, parke ve diğer masif ürünler) yapımında kullanılmamasının önündeki en büyük engel kurutma zorluğu ve kuruma sırasında meydana gelen şekil değişiklikleridir.

Okaliptüs odununun bir diğer ekonomik kullanım alanı da odun kömürüdür. Tarsus Karabucak bölgesinde 2 yıldır odun kömürü uygulaması başlatılmış ve memnun edici sonuçlar alınmıştır. 2002 yılında 250 ton civarında okaliptüs kömürü üretilmiştir. Okaliptüs odunu bölgede ucuz oluşu, dumsuz yanması, yüksek ısıtma özelliği, kükürt içermemesi gibi özellikleri ile caziptir. Böylece, istihsal artıkları da değerlendirilmektedir (Özkurt, 2002).

Türkiye’de Okaliptüs odununun tanınmasına yönelik çalışmalar yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Okaliptüs odununun fiziksel ve mekanik özelliklerinin ortaya konması amacı ile yapılan çalışmalar arasında, Tan (1999), Arslan ve ark., (1997) ve Acar ve Gökçe (1971) sayılabilir. Planlanan bu araştırmada, diğer çalışmalarla paralel bir amaç gözetilmektedir. Bu ve benzeri çalışmalar sonuçlandıkça, okaliptüs odununun özellikleri daha iyi bilinecek ve bunun sonucunda kullanım alanları ile ilgili bir çok yeni bilgi literatüre kazandırılacaktır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

2.1.1. Deneme alanlarının tanıtımı

Deneme ağaçları Tarsus–Karabucak’tan temin edilmiştir. Karabucak, 19249ha açık saha, 2453ha ormanlık saha olmak üzere toplam 21702.5ha alana sahiptir. Buradaki ormanlık alanın (2453.5 ha); 271ha’ı prodüktif kuru, 1116.5 ha’ı prodüktif baltalık, 1066ha’ı ise bozuk baltalık şeklinde işletilmektedir. Deneme alanı ana yapı itibarıyla genç alüviyal karakterde turbalık olup, arazi düzdür. %3.30–5.06 oranında değişen zengin organik madde miktarı içeren deneme alanı toprağı; kum, toz ve kilin çeşitli oranlardaki karışımlarına göre balçık, kumlu-killi balçık ve balçıktan meydana gelmiştir. Deneme alanına ait bazı iklim değerleri Tablo 1 ‘de verilmiştir.

Tablo 1:Deneme alanına ait bazı iklim verileri.*

Özellik	Minimum	Ortalama	Maksimum
Yıllık sıcaklık(°C)	-8.5	18	41
Yıllık Yağış (mm)	-	616.4	-
Bağıl nem (%)	19.7	70.1	-

*Veriler, deneme alanına 4 km uzaklıkta ve aynı kottaki (10 m) Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonu’ndan alınmıştır.

2.1.2. Deneme ağaçlarının seçimi

Denemede ağaçları, Karabucak'tan rastgele seçilmiştir. Denemede kullanılan *Eucalyptus camaldulensis* ve *Eucalyptus grandis* türlerine ait bazı ilgiler Tablo 2 'de görülmektedir.

Tablo 2: Deneme ağaçlarına ait bilgiler.

Ağaç Türü	Yaş	Boy (m)	Çap (cm)
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	8	25	27
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	8	23	24
<i>Eucalyptus grandis</i>	10	30	38
<i>Eucalyptus grandis</i>	10	30	35

2.1.3. Deney örneklerinin hazırlanması

Deney örneklerinin alınacağı tomruklar önce kökten tepeye doğru ikişer metre ara ile 15 'şer cm 'lik seksiyonlara bölünmüş ve bu seksiyonlardan TS 2470'e uygun olarak deney numuneleri hazırlanmıştır. Her seksiyondan, 20×20×30 mm boyutlarındaki yoğunluk ve hacim ağırlık deney numuneleri Şekil 1 'de gösterildiği gibi hazırlanmıştır. Deneme ağacının 2-4 'lik kısmına tekabül eden seksiyonlardan ise daralma ve genişleme numuneleri elde edilmiştir (Şekil 1). Teğet ve radyal yöndeki daralma ve genişleme yüzdelерinin tayini için 30×30×15 mm ve boyuna yöndeki daralma ve genişleme miktarlarının belirlenmesi amacı ile 30×30×100 mm boyutlarındaki numuneler kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

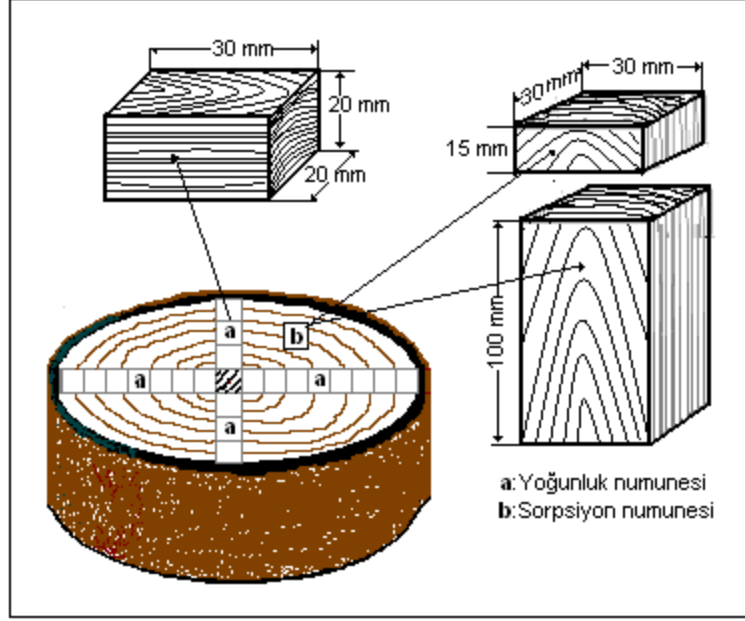
Bu bölümde *Eucalyptus camaldulensis* ve *Eucalyptus grandis*'in fiziksel özelliklerinden hava kuruşu yoğunluk, tam kuru yoğunluk, hacim ağırlık değeri, daralma ve genişleme yüzdeleri ve lif doygunluğu noktası rutubet derecesi aşağıda kısaca açıklandığı şekilde belirlenmiştir.

2.2.1. Hava kuruşu yoğunluk

Deney numuneleri, %12 hava kuruşu rutubet derecesine getirebilmek için, hava sıcaklığının 20 °C ±2 ve bağıl nemin % 65±5 olduğu bir ortamda klimatize edilmiştir. Örneklerin yaklaşık olarak %12 rutubete gelmeleri sağlandıktan sonra, radyal, teğet ve boyuna yönlerdeki uzunlukları ölçülerek hacimleri tespit edilmiş, daha sonrada ağırlıkları belirlenerek aşağıdaki formüle göre hava kuruşu yoğunluk (d_{12})belirlenmiştir.

$$d_{12} = \frac{W_{12}}{V_{12}} \text{ (g/cm}^3\text{)};$$

Burada; d_{12} : Hava kuruşu yoğunluk (g/cm³)
 W_{12} : Hava kuruşu ağırlık (g)
 V_{12} : Hava kuruşu hacim (cm³) 'i göstermektedir.



Şekil 2: Seksiyonlardan test örneklerinin hazırlanması.

2.2.2. Tam kuru yoğunluk

Hava kuru ölçümleri yapılan örnekler kurutma dolabına konmuş ve 103 ± 2 °C 'de örnek ağırlıklarının sabit hale gelmesini müteakip, dolaptan alınan örnekler desikatöre alınarak soğumaları sağlanarak ağırlıkları ve üç yöndeki boyutları ölçülerek tam kuru yoğunluk (d_0), aşağıda verilen formülle hesaplanmıştır.

$$d_0 = \frac{W_0}{V_0} \text{ (g/cm}^3\text{)}; \quad \text{Burada; } d_0: \text{ Tam kuru yoğunluk (g/cm}^3\text{)}$$
$$W_0: \text{ Tam kuru ağırlık (g)}$$
$$V_0: \text{ Tam kuru hacim (cm}^3\text{) 'i göstermektedir.}$$

2.2.3. Hacim ağırlık değeri

Hacim ağırlık değeri, dikili veya taze haldeki 1 m^3 odunda kaç kg kuru odun maddesi olduğunu ifade etmektedir. Bu özellik daha çok hammadde alımlarını m^3 , satışlarını ise kg veya ton olarak yapan kağıt ve selüloz endüstrisi için önemlidir.

Hacim ağırlık değerinin tespitinde, tam kuru ağırlıkları belirlenmiş olan örnekler su içerisinde iki hafta süre ile bekletilmiş, sonrada radyal (r), teğet (t) ve boyuna (l) yöndeki uzunlukları ölçülerek tam yaş hacmi (V_t) belirlenmiştir. Bunu takiben aşağıdaki formül yardımıyla hacim ağırlık değeri (R) hesaplanmıştır.

$$R = \frac{W_0}{V_t} \text{ (g/cm}^3\text{)}; \quad \text{Burada; } R: \text{ Hacim ağırlık değeri (g/cm}^3\text{)}$$
$$W_0: \text{ Tam kuru ağırlık (g)}$$
$$V_t: \text{ Tam yaş haldeki hacim (cm}^3\text{) 'i göstermektedir.}$$

2.2.4. Daralma yüzdesi

Daralma ve genişleme denemeleri TS 4083 – 4084 – 4085 – 4086 (Aralık 1983) standartlarında belirtilen esaslara uygun olarak yapılmıştır.

Daralma miktarını bulmak için, örnekler su içerisinde batık halde iki hafta süre ile bekletilerek radyal, teğet ve boyuna yöndeki tam yaş ölçüleri tespit edilmiştir. Sonra aynı örnekler 103 ± 2 °C'de değişmez

ağırlığa gelinceye kadar kurutularak radyal, teğet ve boyuna yöndeki tam kuru ölçüleri belirlenerek aşağıdaki formüle göre daralma miktarı (β) hesaplanmıştır.

$$\beta = \frac{\text{Rutubetli ölçü} - \text{Tam kuru ölçü}}{\text{Rutubetli ölçü}} \times 100 (\%)$$

Bu formülde her üç yöndeki ölçüler kullanılarak teğet yöndeki daralma yüzdesi (β_t), radyal yöndeki daralma yüzdesi (β_r) ve boyuna yöndeki daralma yüzdesi (β_b) tespit edilmiştir. Buradan, hacmen daralma yüzdesi (β_v) = $\beta_r + \beta_t + \beta_b$ formülü ile hesaplanmıştır.

2.2.5. Genişleme yüzdesi

Deneme örnekleri, yukarıda açıklanan yöntemle tam kuru rutubet derecesine gelmeleri sağlandıktan sonra, radyal, teğet ve boyuna yönde tam kuru ölçüleri elde edilmiştir. Aynı örnekler su içerisine batık halde konarak, tam yaş hale gemlerini takiben radyal, teğet ve boyuna yönlerdeki yaş ölçüleri tespit edilerek aşağıdaki formül yardımıyla genişleme yüzdesi (α) belirlenmiştir.

$$\alpha = \frac{\text{Rutubetli ölçü} - \text{Tamkuru ölçü}}{\text{Tamkuru ölçü}} \times 100$$

Radyal, teğet ve boyuna yönde ölçülen değerler yukarıdaki formülde yerine konarak radyal (α_r), teğet (α_t) ve boyuna (α_b) genişleme yüzdesi belirlenerek, hacmen genişleme yüzdesi (α_v) = $\alpha_r + \alpha_t + \alpha_b$ formülünden yararlanılarak hesaplanmıştır.

2.2.6. Lif doygunluğu noktası

Bilindiği gibi, ağaç malzemedeki lif doygunluğu noktası, hacim ağırlık değeri ve hacmen daralma miktarı değerleri üzerinden de hesaplanabilmektedir. Yukarıda diğer bazı fiziksel özelliklerinin belirleme yöntemleri açıklanan *Eucalyptus camaldulensis* ve *Eucalyptus grandis* odunlarının lif doygunluğu noktası rutubet derecesi (M_{LDN}) aşağıda şekilde hesaplanmıştır.

$$M_{LDN} = \frac{\beta_v}{R} (\%); \quad \text{Burada; } M_{LDN} : \text{Lif doygunluğu rutubet derecesi } (\%)$$

β_v : Hacmen daralma yüzdesi (%)
R : Hacim ağırlık değeri (g/cm^3) 'ni göstermektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

Denemelerde elde edilen veriler ışığında, her özellik için aritmetik ortalama, standart sapma, varyasyon katsayısı, minimum ve maksimum değerler ile dağılım genişliğini içeren bir tablosu düzenlenmiştir. Ancak, okaliptüsün denemeye tabi tutulan iki türüne ait burada ortaya konan bulgular, diğer araştırmacılarca elde edilen değerlerden farklılıklar gösterebilir. Çünkü, aynı türler arasında yapılan araştırmalarda farklı sonuçlara ulaşılması muhtemeldir. Bu durum, ağaçların büyüme safhalarında farklı faktörlerin etkisi altında kalarak, farklı odun özellikleri göstermesi ve odun yapısındaki farklılıkları oluşturan ağaç yaşı, morfolojik ve anatomik yapı, genetik karakter ve yetiştirme ortamı (çevre) şartları, örneklerin ağaçtan alındığı yer gibi çok sayıda etkenin tesir etmesi ile açıklanabilir. Nitekim, bu tespit Doğu (2002) ve Gürses (1990) tarafından da doğrulanmaktadır.

3.1. Hava kuru yoğunluk

Yapılan denemelerde belirlenen hava kuru yoğunluk değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Tablo 3 incelendiğinde, *Eucalyptus grandis* 'in *Eucalyptus Camaldulensis*'e göre daha düşük hava kuru yoğunluk değerine sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 3: Hava kuru su yoğunluk.

Okaliptüs	N ^a	X ^b	SD ^c	V ^d	X _{MIN} ^e	X _{MAX} ^f	R ^g
<i>Eucalyptus grandis</i> ^h	274	0.528	0.059	11.141	0.422	0.735	0.314
<i>Eucalyptus Camaldulensis</i> ^k	160	0.701	0.091	12.924	0.509	0.917	0.408

^aNumune sayısı, ^bAritmetik ortalama (d_{12} , g/cm³), ^cStandart sapma, ^dVaryasyon katsayısı, ^eMinimum değer, ^fMaksimum değer, ^gDeğişim aralığı, ^hG1,G2,G3,G4,G5,G6,G7,G8 'den ve ^kC1,C2,C3,C4,C5,C6,C8'den hesaplanmıştır.

Yapılan çalışmalarda hava kuru su yoğunluk değeri *Eucalyptus Camaldulensis*. için, Acar ve Gökçe (1971) 'de 0.654 g/cm³, Arsan ve ark. (1997) 'de 0.669 g/cm³ ve Tan (1999), 'da 0.504-0.777g/cm³ olarak belirlenmiştir. Literatür değerlerinin genel olarak bu çalışmada elde edilen değerle uygunluk gösterdiği görülmektedir. Oluşan farklılıkların ise daha çok deneme ağaçlarının farklı yaşlarda olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü, bu çalışmada denen ağaçlar çok genç yaştadır (Tablo 2).

3.2. Tam kuru yoğunluk

Okaliptüs grandis ve camaldulensis'e ait tam kuru yoğunluk değerleri Tablo 4'te görülmektedir. Tam kuru yoğunluk değerleri iki tür için kıyaslandığında, hava kuru su yoğunluk ile uyumlu olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 4: Tam kuru yoğunluk.

Okaliptüs	N ^a	X ^b	SD ^c	V ^d	X _{MIN} ^e	X _{MAX} ^f	R ^g
<i>Eucalyptus grandis</i> ^h	274	0.515	0.056	10.841	0.405	0.748	0.343
<i>Eucalyptus Camaldulensis</i> ^k	160	0.684	0.084	12.339	0.499	0.857	0.358

^aNumune sayısı, ^bAritmetik ortalama (d_0 , g/cm³), ^cStandart sapma, ^dVaryasyon katsayısı, ^eMinimum değer, ^fMaksimum değer, ^gDeğişim aralığı, ^hG1,G2,G3,G4,G5,G6,G7,G8 'den ve ^kC1,C2,C3,C4,C5,C6,C8'den hesaplanmıştır.

Bilindiği gibi ağaç malzemenin özelliklerinin tanınmasında en önemli kriterlerden biri tam kuru yoğunluktur. Bir çok araştırmacı tarafından tam kuru yoğunluk ağaç malzeme için temel "tanınma kriteri" olarak kabul edilmektedir. Denemelerle elde edilen tam kuru yoğunluk değeri okaliptüs grandis için 0.515g/cm³ ve okaliptüs camaldulensis için 0.684g/cm³ şeklinde belirlenmiştir. Bu veriler, literatürde *Eucalyptus camaldulensis* için verilen değerler 0.624g/cm³ (Arslan ve ark., 1997) ve 0.486-0.701 g/cm³ (Tan, 1999) ile karşılaştırıldığında, farklılıklar görülmektedir. Bu farklılıkların daha önce (Bulgular ve Tartışma girişinde) belirtilen nedenlerden kaynaklanması mümkündür.

3.3. Hacim ağırlık değeri

Bilindiği gibi, ağaç malzeme içerisinde yaş hacimdeki odun kitlesini ifade eden hacim yoğunluk değeri, özellikle lif levha, kağıt endüstrisi ve odun naklinde önemlidir. Okaliptüs grandis ve camaldulensis 'e ait hacim ağırlık değerleri Tablo 5 'te verilmiştir.

Tablo 5: Hacim ağırlık değeri.

Okaliptüs	N ^a	X ^b	SD ^c	V ^d	X _{MIN} ^e	X _{MAX} ^f	R ^g
<i>Eucalyptus grandis</i> ^h	274	0.455	0.048	10.605	0.3608	0.623	0.262
<i>Eucalyptus Camaldulensis</i> ^k	160	0.573	0.096	16.670	0.4161	0.884	0.468

^aNumune sayısı, ^bAritmetik ortalama (R, g/cm³), ^cStandart sapma, ^dVaryasyon katsayısı, ^eMinimum değer, ^fMaksimum değer, ^gDeğişim aralığı, ^hG1,G2,G3,G4,G5,G6,G7,G8 'den ve ^kC1,C2,C3,C4,C5,C6,C8'den hesaplanmıştır.

Denemesi yapılan iki türe ait hacim ağırlık değerinin, hava kuru su ve tam kuru yoğunluk değerlerinde olduğu şekilde bir birine göre oransal olarak paralellik gösterdiği Tablo 5 'ten anlaşılmaktadır. Öte yandan, lif doygunluğu noktası rutubet derecesinin formül yardımı ile hesaplanabilmesi için de hacim ağırlık değerinin bilinmesi gereklidir.

Denemelerle elde edilen *Eucalyptus camaldulensis*'e ait hacim ağırlık değeri (0.573 g/cm³), diğer araştırmalarla ortaya konan değerlerden 0.505g/cm³ (Arslan ve ark.1997) 'ten daha büyük olarak gerçekleşmiştir. Tan (1999) tarafından elde edilen değerle (0.419-0.610 g/cm³) ise uygunluk göstermektedir.

Hacim ağırlık değerlerinde ortaya çıkan farklılıkların, ağaç yaşı ve deney numunelerinin öz odun-diri odun oranları ile ilişkili olduğu söylenebilir. Özellikle genç ağaçlarda diri odun oranının yüksek olduğu bilinmektedir.

3.4. Daralma yüzdesi

Ağaç malzemenin kullanım alanlarının belirlenmesinde rol oynayan en önemli fiziksel özelliklerden biri de daralma miktarıdır. Üzerinde en çok deney yapılan fiziksel özelliklerdendir. Yapılan testlerde okaliptüs grandis ve camaldulensis'e ait daralma yüzdeleri Tablo 6'daki gibi oluşmuştur.

Tablo 6: Daralma yüzdeleri.

Okaliptüs		N ^a	X ^b	SD ^c	V ^d	X _{MIN} ^e	X _{MAX} ^f
<i>Eucaliptus grandis</i>	β_r	100	7.92	1.8056	22.79	0.21	14.24
	β_t	100	4.71	1.7533	36.40	0.45	11.47
	β_l	40	0.31	0.2459	99.08	0.02	2.11
	β_v	140	12.94	2.2623	17.76	-	-
<i>Eucaliptus camaldulensis</i>	β_r	80	14.87	3.1356	21.09	3.05	15.12
	β_t	80	8.40	2.3633	28.13	1.09	12.51
	β_l	40	0.35	0.2956	84.67	0.05	2.19
	β_v	120	23.62	1.9141	8.23	-	-

^aNumune sayısı, ^bAritmetik ortalama (β_v ,%), ^cStandart sapma, ^dVaryasyon katsayısı, ^eMinimum değer, ^fMaksimum değer,

Daralma anizotropisi açısından, ağaç malzemenin yoğunluğu ve S₂ (sekonder çeper) tabakasındaki liflerin hücre eksenini ile yaptığı açı öne çıkmaktadır. Tablo 6'daki daralma yüzdeleri (% 23.27), literatür çalışmalarında verilen (Acar ve Gökçe,1971) *Eucalyptus camaldulensis* 'e ait hacmen daralma yüzdesi (boyuna daralma hariç, %19.90 = %12.30 (β_r) + %7.6(β_t)) değerinden, oldukça yüksek olarak elde edilmiştir. Bu farklılık, daha çok radyal yöndeki daralmadan kaynaklanmaktadır.

3.5. Genişleme yüzdesi

Özellikle tabakalı malzeme ve kompozit materyalin levha yüzeyine dik ve kalınlığına şişmesinde önemli olan genişleme yüzdesi, masif malzemede her üç yönde de ölçülmektedir. Okaliptüsün genişleme değerleri Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7: Genişleme yüzdeleri.

Okaliptüs		N ^a	X ^b	SD ^c	V ^d	X _{MIN} ^e	X _{MAX} ^f
<i>Eucaliptus grandis</i>	α_r	100	7.58	1.6289	19.81	0.04	11.25
	α_t	100	4.40	1.2035	27.36	0.02	8.42
	α_l	40	0.24	0.2677	15.44	0.00	2.01
	α_v	140	12.22	1.9141	15.16	-	-
<i>Eucaliptus Camaldulensis</i>	α_r	80	12.97	2.5422	16.99	2.14	19.21
	α_t	80	7.83	2.3861	30.48	0.08	10.09
	α_l	40	0.34	0.3371	99.86	0.01	1.98
	α_v	120	21.14	3.4931	15.33	-	-

^aNumune sayısı, ^bAritmetik ortalama (α_v ,%), ^cStandart sapma, ^dVaryasyon katsayısı, ^eMinimum değer, ^fMaksimum değer.

Genişlemenin daralmadakinin aksine daha çok fiziksel nedenlerden etkilendiği bilinmektedir. Özellikle lif doygunluğu noktasından sonra ağaç malzemede daralmanın olmayışı ve yalnızca genişleme meydana gelmesi bu fikri kuvvetlendirmektedir. Yüksek genişleme yüzdelerine sahip ağaç türleri, özellikle masif olarak kullanılırken boyut stabilitesinin sağlanması oldukça zordur. Bu zorluk öncelikle fazla oranda genişleme gösteren okaliptüs camaldulensis için daha önemlidir (Tablo 7). Elde edilen genişleme yüzdeleri (*E.camaldulensis* için) diğer araştırmacıların (Arslan ve ark.,1997) elde ettikleri hacmen genişleme değerleri (%19.45 = %12.15 (α_r) + %6.45(α_t)) ile uygunluk göstermektedir. Oluşan küçük oransal farklılıklar ise, deneme ağaçlarının yaşı, deney numunelerinin ağaçtan alındıkları yer ve odunun içerdiği diri odun oranı ile izah edilebilir.

3.6. Lif doygunluğu noktası

Lif doygunluğu noktası, odun hücre çeperi miselleri arasındaki boşlukların tamamen su ile doygun bulunduğu noktadaki rutubet halidir. Bu noktadan sonra odunun bünyesine su alma işlemi sona ermez. Aynı zamanda, lif doygunluğu rutubet değeri ağaç türlerine özgü olarak, her tür için farklıdır. Genel olarak lif doygunluğu noktaları %22-32 arasında yoğunluk göstermektedir. Lif doygunluğu noktası altındaki rutubet miktarları, odunun direnç özellikleri üzerine suyun arttırması veya azalmasına göre etki etmektedir (Bektaş, 1997).

Okaliptüs odununa ait lif doygunluğu noktası rutubet derecesi değerleri Bölüm 2.2.6 'da açıklandığı şekilde, hacim ağırlık değeri ve hacmen daralma yüzdesi üzerinden hesaplanmıştır. Lif doygunluğu noktası rutubet derecesi *Eucalyptus grandis* için % 27.79 ve *Eucalyptus camaldulensis* için % 40.60 olarak hesaplanmıştır.

Ağaç türleri, lif doygunluğu rutubet derecelerine göre beş gruba ayrılmıştır (Bozkurt ve Erdin, 1997). Deneme ile elde edilen değerler bu sınıflandırmaya tabi tutulduğunda, *E. Grandis* (%28) Lif doygunluğu noktası "orta" olan grupta, *E. Camaldulensis* (%41) ise "çok yüksek" olan grupta yer almaktadır.

3.7. Bulguların diğer bazı ağaç türleri ile karşılaştırılması

Okaliptüs 'e ait elde edilen değerler diğer çalışmalarda elde edilen değerler ve bazı başka ağaç türlerine ait değerlerin fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması amacı ile Tablo 8 düzenlenmiştir.

Tablo 8: Okaliptüs 'ün fiziksel özelliklerinin bazı ağaç türleri ile karşılaştırılması.

Ağaç türü	D12 ^a	D0 ^b	R ^c	β_v ^d	α_v ^e	Kaynak
<i>E. grandis</i>	0.528	0.515	0.455	12.63	11.98	Bu çalışma
<i>E. camaldulensis</i>	0.701	0.684	0.573	23.27	20.80	Bu çalışma
<i>E. camaldulensis</i> *	0.624	0.669	0.505	11.83	19.45	Arslan ve ark.1997
<i>Populus nigra</i>	0.450	0.410	-	13.80	-	Bozkurt ve Göker,1996
<i>Salix alba</i>	0.560	0.520	-	11.20	-	Bozkurt ve Erdin,1997
<i>Quercus Meşe</i>	0.731	0.681	-	17.37	-	Bozkurt ve Göker,1996
<i>Fagus orientalis</i>	0.663	0.631	0.522	15.27	18.29	Bektaş ve Güler,2001
<i>Pinus brutia</i>	0.550	0.510	0.452	11.95	12.70	Bektaş,1997

^aHava kuru su yoğunluk (g/cm³), ^bTam kuru yoğunluk (g/cm³), ^cHacim ağırlık değeri (g/cm³), ^dHacmen daralma yüzdesi (%),^eHacmen genişleme yüzdesi (%),* β_1 ve α_1 değerleri dikkate alınmamıştır.

Tablo 8 incelendiğinde, bu çalışma ile elde edilen değerlerin, aynı tabloda yer alan diğer ağaçlara ait değerlerden genel olarak farklı olduğu görülecektir. Bu farklılık, *E. grandis* ve *E. camaldulensis* için ayrı ayrı değerlendirilebilir. *E. grandis*, *P. brutia* ile çok yakın, *S. alba* ile ise nispeten paralel değerlere sahiptir. *E. camaldulensis* ise, *Q. dschorochensis* ile çok yakın değerlere sahiptir. *E. camaldulensis*, *Q. dschorochensis* ile birlikte Tablo 5 'te yer alan ağaçlar arasında en yüksek değerlere sahiptir. Öte yandan, *E. grandis* ise Tablo 5 'teki ağaç türleri içerisinde *Populus nigra*'dan sonra en düşük fiziksel özellik değerine sahip ağaç türü olduğu söylenebilir.

4. Okaliptüs Odunun Başlıca Kullanım Alanları

Türkiye'de, okaliptüs odunun kullanımı üzerinde çalışan araştırmacılar (Avcıoğlu, 1990; Gürses ve ark., 1998; Tüfekçi, 2001; Gülbaba, 1990; Ayata, 2008) tarafından "bazı hassasiyetler ve tavsiyeler" ortaya konmuştur. Bu bölümde, araştırmada ortaya konan özelliklerin ve yukarıda verilen literatür bilgilerinin değerlendirilmesi ile okaliptüs (*E. grandis* ve *E. camaldulensis*) 'ün kullanılabilmesi için genel kullanım alanları aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Ancak, higroskopik duyarlılığı nedeniyle, okaliptüs odununun kullanım alanlarından önce kurtulması ile ilgili bir iki hususa burada yer verilmesi uygun olacaktır.

Öncelikle, kurutulması hassasiyet isteyen okaliptüs odunu, kısa bir ön kurutmayı takiben kurutulduktan sonra kullanılması tavsiye edilmektedir.

Okaliptüs odununu birçok yerde kullanılması mümkündür. Ancak dikkatli bir kurutma yapmak gerekir. Ayrıca ağacın yetiştirme ortamı ve yaşı da bu konuda etkili bir faktördür (Avcıoğlu, 1990). Okaliptüs odunu kurutulduktan sonra çok sert ve dayanıklı bir hal aldığı için üretilen eşyanın uzun süre dayanmasını

sağlar (Avcıoğlu, 1990). Okaliptüs odunu, kurutma işleminden önce 2 – 3 ay kadar suda depolanıp yavaş yavaş dokusu içerisindeki bir miktar suyun çıkması sağlandıktan sonra gölge ve hava akımı olan bir yerde 6 ay kadar bekletilmelidir. Bu süre sonunda kalın kalas halinde biçilir, ızgaraya alınır. Izgarada kalas aralarında 5 – 10 cm' lik boşluklar bırakılarak birbirine dik sıralar halinde dizildiğinden ağaç baskı altında kalarak çalışması da önlenmiş olur. Bir yıl sonra kalaslar kullanılacak ebatlarından birkaç mm geniş ebatlarda biçilerek 3 – 4 ayda bu şekilde kurumaya bırakılır ve sonra istenilen yerde kullanılır (Avcıoğlu, 1990).

Avcıoğlu (1990), yukarıda belirtilen hususlara uygun kurutulmuş okaliptüs kerestesinin; yapı kerestesi, yer döşemesi, tekne imalatı, kamyon kasası, mobilya ve ince, doğrama, alet sapı, merdiven, sportif eşya, zirai aletler, iç dekorasyon, doğramacılık, travers, oymacılıkta ve tornacılık gibi alanlarda kullanılabilceğini belirtmektedir.

Bunlara ilaveten, yukarıda yer alan diğer literatürlerde okaliptüsün; Kağıt hamuru üretiminde, maden direği, kaplamalık ve kontrplak, direk olarak iskelelerde, iskelet olarak naylon seralarda, dolgu malzemesi olarak mobilya endüstrisinde, müzik aletlerinde gitar, ud, tambur alt kısımlarında, çatal sırk olarak narenciye bahçelerinde, ambalaj sanayinde, kibrit sanayinde, yonga levha imalatında, direk ve kazık olarak, fıçı tahtası yapımında, oyuncak sanayinde, kalıp ve model yapımında, müzik aleti yapımında kullanıldığı belirtilmektedir.

Ayrıca, okaliptüsün aşağıda yer alan çalışmalarda ortaya konan alanlarda da değerlendirilmesinin mümkün olduğu anlaşılmaktadır.

Genç ağaçlarda öz odunu teşkil etmediği için renk farkı yoktur. Ancak 20 – 25 yıllık idare sürelerinde kırmızı kahverengi öz odunu teşekkül eder. Bu da mobilya sanayi için önemli bir özelliktir (Avcıoğlu, 1990).

Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü tarafından yapılan bir çalışmada, Türkiye'de başarılı bir şekilde yetiştirilen *Eucalyptus Camaldulensis* ve *Eucalyptus Grandis* türlerinden elde edilen sonuçların beyaz kağıt üretimi için uygun nitelikte olduğu ortaya konmuştur (Gürses ve ark., 1998).

Ayata (2008), hammadde sıkıntısı yaşayan Türkiye'de, kağıt hamuru ve kağıt üretim endüstrisine katkı sağlayacak okaliptüs odunlarından, verimi ve fiziksel direnç özellikleri yüksek kağıtlar üretilene bileneğini belirtmektedir.

Diğer bir araştırmada (Tüfekçi, 2001), *Eucalyptus camaldulensis* odunundan üretilen kömürün standartlara uygun özellikler gösterdiği belirlenmiştir.

Gülbaba (1990) da, okaliptüs yapraklarının destilasyonu sonucu elde edilen yan ürünlerle ilgili gelecek bilgiler verilmektedir: Kimya sanayinde değerli maddelerden biri olan okaliptol (Sineol), tıpta haricen kullanılan solunum yolları antiseptiği, nefes ve bronş açıcı, idrar yolları antiseptiği, bağırsak parazitlerini düşürücü olarak; Ayrıca, sıcak buharı teneffüs edilmek suretiyle, astım bronşit, sinüzit ve mide ağrılarına, böcek sokması ve yaralara karşı antiseptik olarak kullanıldığı gibi diş gargaraları ve diş macunlarının bileşiminde de yer almaktadır. Yine, şekercilikte ve likör imalatında da kullanılabilir. Öte yandan, Dünya 'da yaklaşık 20 türden ticari olarak eterik yağ elde edilmektedir. Türkiye'de geniş sahalarda plantasyonları yapılan *Eucalyptus camaldulensis*'ten de eterik yağ üretiminin yapılabileceği kaynaklarda yer almaktadır. Ancak, bugün için ticari olarak okaliptüs yağı üretilmemekte, ihtiyaç İngiltere ve Almanya'dan ithalat yolu ile karşılanmaktadır.

5. Sonuç ve Öneriler

Eucalyptus camaldulensis'in hacmen daralma yüzdesi %23.27, hacmen genişleme yüzdesi %20.80, lif doyumluğu noktası rutubet derecesi %40.62, hava kurusu yoğunluk değeri 0.701 g/cm³, tam kuru yoğunluk değeri 0.684 g/cm³ ve hacim ağırlık değeri 573 kg/m³ olarak elde edilmiştir.

Aynı şekilde, *Eucalyptus grandis*'in hacmen daralma yüzdesi %12.63, hacmen genişleme yüzdesi %11.98, lif doyumluğu noktası rutubet derecesi %27.79, hava kurusu yoğunluk değeri 0.528 gr/cm³, tam kuru yoğunluk değeri 0.515 gr/cm³ ve hacim ağırlık değeri 455 kg/m³ olarak belirlenmiştir.

Bu değerler, okaliptüsün yüksek yoğunluğa sahip ağaç türlerinden biri olduğunu göstermektedir. Yüksek yoğunluğa sahip ağaçlarda mekanik özelliklerde yüksek olmaktadır. Bu nedenle, okaliptüsün direnç değerlerinin de yüksek olacağı sonucu çıkarılabilir. Bu sonuca istinaden, okaliptüsün yüksek direnç değeri isteyen yapı malzemesi, döşeme materyali, mobilya aksamı, makine altlıkları, ambalaj malzemesi gibi alanlarda kullanılabileceği söylenebilir.

Ancak, burada okaliptüsün suyla olan ilişkisine dikkat edilmelidir. Çünkü, bu araştırmadan elde edilen bulgular ve literatürde ki diğer bilgiler, burada ele alınan her iki türün de hacmen daralma ve genişleme yüzdelerinin oldukça yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle, kullanımdan önce, kullanım yerine bağlı olarak, ağaç malzemenin daralma ve genişlemesini azaltmak için hassas bir kurutma yapılması gerekmektedir. Çünkü, okaliptüs hassas ve güç kuruyan bir ağaç olduğu bilinmektedir.

Aynı zamanda, okaliptüs (*E. camaldulensis*), sıcak bölgelerde yetiştiği için ve fazla oranda su içerdiği için, kesimi müteakip hızlı kurumunun yavaşlatılması gerekir. Bunun için, kış kesimi yapılmalı veya kurumayı önleyici (enine kesitlerinin kapatılması, suda bekletme vb.) işlemler uygulanmalıdır. Dünyada bu kadar geniş kullanım alanı bulunan okaliptüs odunu, Türkiye’de daha dar ve sınırlı bir alanda kullanılmaktadır. Bunu aşmak için, bilimsel araştırmaların devam etmesi faydalı olacaktır. Nihayet, bu çalışma ile okaliptüs odunun, özellikle de *Eucalyptus grandis*’in fiziksel özellikleri ile ilgili mevcut bilgileri genişletilmiş olmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma KSÜ Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı tarafından desteklen 2007/1-8 Nolu projenin bir kısım sonuçlarından hazırlanmıştır.

5. Kaynaklar

- Acar, O. ve O.Gökçe, 1971. *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. odununun teknolojik özellikleri üzerine bazı araştırmalar. Kavakçılık Araştırma Enstitüsü yayınları, No: 1971/5-6, İzmit.
- Adalı, F., 1944. Sağlık ağacı okaliptüs. Ziraat Vekaleti Neşriyat Müdürlüğü Genel Sayı: 609, Pratik Kitaplar Sayı:3, İstanbul.
- Arslan, S., E. Demeççi ve R. Özen, 1997. Determination of some physical, mechanical and technological properties of *eucalyptus camaldulensis* dehn. wood and comparison with the properties of other eucalyptus species (Summary). XI World Forestry Congress, 13 to 22 October 1997, Volume 4, Topic 19 Antalya.
- Avcıoğlu, E., 1990: Okaliptüs; yetiştiriciliği, işletmesi: Türkiye’de Okaliptüs Yetiştiriciliğinin 50. Yılı. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi, Sayı 1990/1, İzmit.
- Ayata, Ü., 2008. Okaliptüs (*Eucalyptus Camaldulensis* ve *Eucalyptus Grandis*)’ün. odun özellikleri ve kağıt endüstrisinde kullanımının araştırılması. KSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Bektaş, İ., 1997. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Odununun teknolojik özellikleri ve yörelere göre değişimi. İ.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Bektaş, İ. ve C. Güler, 2001. Andırın Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) odunun bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi. *Turk.J. Agric. For.* 25:209-217.
- .Bozkurt, Y. ve G. Yener, 1996. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi yayınları, No: 3944/436, İstanbul.
- Bozkurt, Y. ve N. Erdin, 1997. Ağaç Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi yayınları, No: 3998/442, İstanbul
- Doğu, D., 2002. Odun yapısı üzerinde etkili faktörler. DOA Dergisi, 81-102, Tarsus.
- Gülbaba, A.G., 1990: Çelikle Okaliptüs Fidanı Üretilmesinde Islak Çadır Sistemi, Türkiye’de Okaliptüs Yetiştiriciliği’nin 50. Yılı, Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi 1990/1, İzmit.
- Gürses, M.K., 1990. Dünyada ve Türkiye’de okaliptüs. Kavak ve Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi, “Türkiye’de Okaliptüs Yetiştiriciliğinin 50. Yılı”, İzmit.
- Gürses, M.K., E.Avcıoğlu, A.G.Gülbaba, N.Özkurt ve A.Özkurt, 1998. Kağıt hamuru üretimine uygun okaliptüs tür ve orijinlerinin seçimi, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No:4, Tarsus.
- Özkurt, A., 2002. Türkiyedeki okaliptüs plantasyonları: Problemler, yönetim ve fırsatlar. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Doa Dergisi, Sayı:8, Tarsus.
- Özkurt, A., 1994. Türkiye’de okaliptüslerin yetiştirilebileceği bölgelerde tür ve orijin seçimi üzerine araştırmalar, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 1, Tarsus, S. 60.
- Tan, H., 1999. Tarsus-Karabucak yöresi buharlaşmış ve buharlaşmamış okaliptüs odununun (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn) bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi. KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 84 sayfa, Trabzon.
- Tüfekçi, S., 2001. Odun kömürü ve okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) odun kömürünün özellikleri. DOA Dergisi Sayı:7, Tarsus.

Destekleyen Kurum ve Kuruluşlar

