

## Investigation of timber harvesting operations using chainsaw considering productivity and residual stand damage: The Case of Bahçe Forest Enterprise Chief

Neşe Gülcü <sup>1\*</sup>, Abdullah E. Akay <sup>2</sup>, Orhan Erdaş <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Faculty of Forestry, 46100, Kahramanmaraş, Turkey

<sup>2</sup> Bursa Technical University, Faculty of Forestry, Bursa, Turkey

\* Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta): [nesegulci@gmail.com](mailto:nesegulci@gmail.com)

Received (Geliş): 06.07.2015 - Revised (Düzeltilme): 31.07.2015 - Accepted (Kabul): 08.08.2015

**Abstract:** Timber harvesting activities are often performed in difficult conditions caused by the mountainous terrain conditions in Turkey. One of the most difficult and dangerous stages of the timber harvesting activities are felling, delimiting, and bucking stages. In some of the European countries with intensive forestry activities, felling, delimiting and bucking stages of timber harvesting are performed with harvesting machines (i.e. harvester, feller-buncher) while these processes are mostly performed with chainsaw in Turkey. The chainsaw operations which are not properly planned and implemented may results in considerable amount of time and productivity losses and environmental damages. At the same time, the risk of work accidents increases during the felling activities. Thus, it is very important to investigate productivity and residual stand damage of chainsaw operations. In this study, harvesting activities using chainsaw were evaluated in terms of productivity and environmental aspects. The field studies were conducted in Brutian Pine stands within Bahçe Forest Enterprise Chief of Osmaniye Forest Enterprise Directorate, located in Adana Forest Regional Directorate. Average productivity and timber volume were calculated as 4.06 m<sup>3</sup>/hr and 0.30 m<sup>3</sup>, respectively, and productivity increased as the amount of timber production increased. The results indicated that total number of injured trees as a result of felling operation was 43 in which 13 injuries were on live wood while 30 injuries were on tree barks. It was found that sapwood and bark injuries occurred at the top of the trees during felling activities due to tree hang ups.

**Keywords:** Felling, delimiting, bucking, chainsaw, productivity, residual stand damage

## Motorlu testere ile odun hammaddesi üretim çalışmalarının verim ve kalan ağaç zararı açısından incelenmesi: Bahçe Orman İşletme Şefliği Örneği

**Özet:** Ülkemizde odun hammaddesi üretim çalışmaları çoğunlukla dağlık arazi koşullarından kaynaklanan zor şartlarda gerçekleştirilmektedir. Odun hammaddesi üretim çalışmalarının en güç ve tehlikeli aşamalarından birini kesme, dal alma ve boylama aşamaları oluşturmaktadır. Ormancılığın yoğun olarak gerçekleştiği bazı Avrupa ülkelerinde üretim çalışmalarından kesme, dal alma ve boylama aşamaları üretim makineleri (hasatçı, kesici-istifleyici) ile gerçekleştirilirken ülkemizde genellikle motorlu testere ile gerçekleştirilmektedir. Uygun yöntemlerle planlanmayan ve uygulanmayan motorlu testere çalışmalarında önemli zaman ve verim kayıpları ile çevresel açıdan zararlar meydana gelebilmektedir. Aynı zamanda, kesme ve devirme çalışmaları sırasında iş kazası riski de artmaktadır. Bu nedenle, motorlu testere ile üretim çalışmalarının verim ve çevresel etkileri bakımından araştırılması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada motorlu testereyle üretim çalışmaları verim ve kalan ağaç zararı açısından değerlendirilmiştir. Arazi çalışmaları Adana Orman Bölge Müdürlüğü, Osmaniye Orman İşletme Müdürlüğü, Bahçe Orman İşletme Şefliği sınırlarında Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) meşceresinde uygulanmıştır. Saatlik ortalama verim ve ortalama hacim sırasıyla 4,06 m<sup>3</sup>/saat ve 0,30 m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiş olup, üretilen odun hammaddesi arttıkça verimde artmıştır. Kesme ve devirme çalışmaları sonucu 13 adet diri odun yararı ve 30 adet kabuk yararı olmak üzere toplam 43 adet ağacın yaralandığı tespit edilmiştir. Ağaçların devrilmesi sırasında kalan ağaçlara takılması ve çarpması sonucu ağaçların üst kısımlarında diri odun ve kabuk yaraları meydana geldiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kesme, dal alma, boylama, motorlu testere, verim, kalan ağaç zararı

**Cite (Atıf) :** Gülcü, N., Akay, A.E., Erdaş, O., 2016. Investigation of timber harvesting operations using chainsaw considering productivity and residual stand damage: The Case of Bahçe Forest Enterprise Chief. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(2): 357-368. DOI: [10.17099/jffiu.11250](http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.11250)



## 1. GİRİŞ

Odun hammaddesi üretim çalışmaları; kesme ve devirme, dal alma, kabuk soyma, boylarına ayırma, bölmeden çıkarma, yükleme, taşıma, boşaltma ve istifleme aşamalarından oluşmaktadır (Eker ve Acar, 2006; Erdaş ve ark., 2014). Ülkemizde üretim çalışmalarından ağaçları kesme ve devirme, devrilen ağaçların dallarını alma ve boylama aşaması genellikle motorlu testere kullanımıyla gerçekleştirilmektedir. Bu sistem, uygun planlanmaması durumunda maliyeti artırmakta, zaman ve odun hammaddesinde değer kaybı yaşanmasına neden olmaktadır (Acar ve Şentürk, 1996). Ayrıca kalan ağaçlar ve fidanlar üzerinde çeşitli zararlara sebep olmaktadır (Nikooy ve ark., 2010; Tavankar ve ark., 2013).

Ormancılıkta arazi ve mekanizasyon şartlarına bağlı olarak dikili ağaçlardan odun hammaddesi elde edilmesinde tomruk, bütün gövde ve bütün ağaç metodu olmak üzere üç tip üretim metodu kullanılmaktadır (Yenilmez, 2010). Ağacın devrilmesinden sonra dallarının temizlenmesi ve tepesinin kesilmesi, kabuklarının soyulması ve boylanması işlerinin tamamının ağacın kesim yerinde gerçekleştirilmesi tomruk metodu olup, ülkemizde üretim çalışmalarında çoğunlukla bu yöntem tercih edilmektedir. Bütün gövde metodunda ise, motorlu testere ile ağacın devrilmesi işinden sonra dallarının temizlenmesi ve tepesinin kesilmesi işleri ağacın kesim yerinde gerçekleştirilmekte ve kesilen bu ağaç gövdeleri bütün gövde halinde çeşitli özel orman traktörleri ile yol kenarlarına veya istif yerlerine sürüldükten sonra varsa kalan dalları temizlenmekte, kabukları soyulmakta ve boylanmaktadır (Gülci, 2014). Bu işlemlerin birçok safhasında maliyet bakımından diğer gelişmiş mekanizasyon araçlarına göre daha az kapasitede üretim sağlayan motorlu testere tercih edilmektedir. Bunun nedeni arazi koşulları, elde edilecek ürün miktarı ve uzman personel gibi durumların üretim araçlarının seçiminde belirleyici olmasıdır (Session ve ark., 2007).

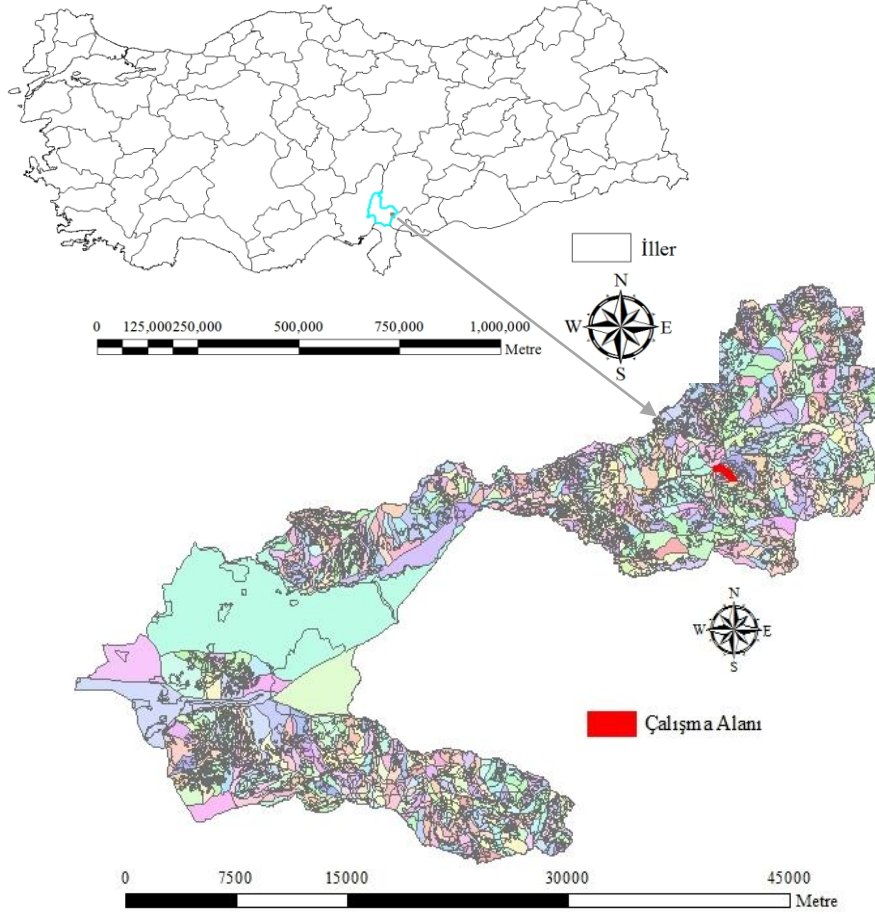
Odun hammaddesi üretim çalışmalarından ağaçların devrilmesi aşamasından önce kesilecek ağacın çevresindeki diri örtü temizlenir ve varsa kök şişkinlikleri giderilerek kesim yapan işçinin rahat ve güvenli çalışabileceği ortam sağlanır. Ardından, motorlu testere yardımı ile devirme oyuğu açılarak ağaçların devrilmesi işlemine geçilir. Devirme oyuğunun açılması sırasında; devirme kesişi yüksekliği dikkate alınarak, devirme oyuğu tabanı toprak seviyesine mümkün olduğu kadar yakın, devirme oyuğu derinliği ağacın kesiş yerindeki çapının 1/4–1/5'i kadar derinlikte ve ağacın devirme yönüne dik olacak şekilde açılmasına dikkat edilir. Ayrıca devirme oyuğu ağız açısının yaklaşık 45 derece ve tabanının gövdeye dik olması sağlanır (Yıldırım, 1989). Kurallarına uygun bir şekilde açılan devirme oyuğu sayesinde ağaçların belirlenen devirme yönünde devrilmesi sağlanarak, devirme sırasında oluşabilecek gövde çatlamaları önenebilir. Böylece boylama sırasında daha kaliteli odun hammaddelerinin elde edilmesi sağlanır. Devirme oyuğunun uygun bir şekilde açılmasından sonra devirme kesişi aşamasına geçilir. Devirme kesişi sırasında odun hammaddesi kalitesini artırmak ve boylama esnasında daha kaliteli tomruklar elde edebilmek için; devirme kesişinin devirme oyuğu tabanından çapın 1/10'u (3–5 cm) kadar yükseklikte ve devirme oyuğuna paralel olarak yapılmasına, devirme kesişi ile devirme oyuğu arasında çapın 1/10'u oranında (2,5–5 cm) mesafe (kopma şeridi) bırakılmasına dikkat edilir (Schöler, 2000). Ayrıca kesme ve devirme işlemine başlamadan önce, üretim sahasında herhangi birinin olup olmadığı kontrol edilir. Aynı zamanda devrilecek ağaçların kalan ağaçlar ve fidanlar üzerine devrilmemesine ve takılmamasına dikkat edilir (Gülci, 2014). Üretim aşamalarının doğal bir sonucu olarak üretim çalışmaları sırasında devrilen ağaçların etraftaki kalan ağaçlara çarpması sonucu kalan ağaçlarda kırılma ve yaralanmalar meydana gelmektedir. Devirme çalışmalarının uzman bir çalışan tarafından yapılması, kalan ağaçlarda meydana gelebilecek olası zararların azaltılmasında oldukça önemli olmaktadır (Tunay ve Melemez, 2005; Eroğlu, 2007; Dykstra, 2009).

Bu çalışmada Bahçe Orman İşletme Şefliği sınırlarında yer alan Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) meşceresinde motorlu testereyle üretim çalışmalarından kesme, devirme, dal alma ve boylama aşamaları verimlilik ve kalan ağaç zararı açısından incelenmiştir. İncelemeler sonucunda yöredeki motorlu testere kullanımıyla gerçekleştirilen verim ortaya konmuştur. Aynı zamanda, motorlu testere kullanımına bağlı olarak meydana gelen kalan ağaç zararları tespit edilerek, bu zararları azaltıcı öneriler üzerinde durulmuştur.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1 Materyal

Çalışma alanı Adana Orman Bölge Müdürlüğü, Osmaniye Orman İşletme Müdürlüğü, Bahçe Orman İşletme Şefliği sınırlarında yer alan 127 no'lu üretim bölmesidir (Şekil / Figure 1). Çalışma alanlarındaki hakim ağaç türü kızılçamdır (*Pinus brutia* Ten.). Yaklaşık 67 hektar olan 127 no'lu bölmenin 57 hektarı ormanlarla kaplı olup, 11,50 hektarı Çzc2, 5,80 hektarı Çzcd1 ve 23,40 hektarı ise Çzc3 meşcere tipindedir. Çalışma alanı, 37° 11' 18" - 37° 10' 41" kuzey enlemleri ile 36° 33' 44" - 36° 34' 46" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Ortalama arazi eğimi ve rakım sırası ile %32,73 ve 683 m'dir.



Şekil 1. Çalışma alanı  
Figure 1. Study area

Arazi çalışmaları kızılçam aralama kesimleri sırasında yürütülmüştür. Odun hammaddesi üretim çalışmaları dikili satış ihalesini alan orman köylüleri tarafından gerçekleştirilmiştir. Kesme, devirme, dal alma ve standartlarına göre boylama çalışmaları bir kesim işçisi ve bir yardımcı işçi olmak üzere toplam iki işçi tarafından, bir adet "Husqvarna 61" marka motorlu testere kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil / Figure 2). Kesilecek ağaçların çapları çap ölçer, boyları boy ölçer ve ortalama arazi eğimi ise eğimölçer yardımıyla belirlenmiştir. Kesme, devirme, dal alma ve standartlarına göre boylama çalışmaları sırasında geçen sürenin ölçümünde "Selex 7064" marka iki adet kronometre kullanılmıştır. Devirme sırasında kalan ağaç gövdesi üzerinde meydana gelen yaraların yerden yüksekliği, yaranın en ve boy bilgileri "Leica DISTOTMD3" marka lazer metre ve şerit metre yardımıyla ölçülmüştür. İstatistiksel analizler için SPSS 17.0 paket programından yararlanılmıştır.



Şekil 2. Odun hammaddesi üretimi çalışmalarında kullanılan "Husqvarna 61" marka motorlu testere  
Figure 2. "Husqvarna 61" model chainsaw used in timber harvesting operations

## 2.2 Yöntem

Kesme, devirme, dal alma ve standartlarına göre boylama çalışmalarının her aşaması için tekrarlı zaman ölçme tekniği kullanılarak zaman ölçümü yapılmıştır (Gülci, 2014). Zaman ölçümüne başlanmadan önce çalışma alanına, çalışma şekline ve kullanılan ekipmanlara ait bilgiler etüt formunda ilgili yerlere kaydedilmiştir.

Kesme, devirme, dal alma ve boylama çalışmalarında iş aşamaları; hazırlık zamanı, kesilecek ağacın yanına yürüme zamanı, devirme oyuğu açma zamanı, devirme kesişi zamanı, ağacın devrilme zamanı, kök düzeltme zamanı, dal alma zamanı, ölçme ve işaretleme zamanı, boylama zamanı, benzin doldurma ve küçük tamirat zamanı olarak belirlenmiştir. Dinlenme zamanı, yaralanmalar, işçinin alet araması gibi durumlar değerlendirilmeye alınmamıştır.

Çalışmada, kesim ekibinin kesilecek ağaca en yakın yerden hareket ettiği anda kesim işinin başladığı kabul edilmiştir. Kesim ekibinin hareket ettiği anda kronometre çalıştırılarak kesilecek ağacın yanına geldiği anda kronometre durdurulmuş ve kronometreden okunan değer yürüme zamanı olarak kesim işi etüt formuna kaydedilmiştir. İş akışının ölçümünde zaman kaybı yaşamamak amacıyla yardımcı tarafından ikinci kronometre çalıştırılmıştır. Kesim ekibinin kesilecek ağacın yanına gelmesinin ardından kesim hazırlığı başlamıştır. Bu sürede kesim ekibi ağacın etrafını dallardan temizlemiş ve devirme yönünü belirlemiştir. Yardımcı tarafından devirme oyuğu açılıncaya kadar geçen süre kesim hazırlığı zamanı olarak kesim işi etüt formuna kaydedilmiştir. Devirme oyuğu açma zamanı, devirme oyuğu açılmasından devirme kesişi yapılıncaya kadar geçen süredir. Bu süre kronometre ile ölçülmüş ve zaman etüt formuna devirme oyuğu açma zamanı olarak kaydedilmiştir. Devirme oyuğu ağacın devirme yönüne dik olarak ve ağaç gövdesinin toprağa oldukça yakın bir yerinde açılmıştır. Devirme oyuğu açıldıktan sonra devirme oyuğuna aksi yönde ağacın devrilmesi amacıyla devirme kesişi yapılmıştır (Şekil / Figure 3). Devirme kesişi sırasında geçen süre devirme kesişi zamanı olarak zaman etüt formuna kaydedilmiştir.



Şekil 3. Devirme kesişi  
Figure 3. Felling cut

Devirme kesişine başlanmadan önce devirme alanında kimsenin olmamasına dikkat edilmiştir. Devirme kesişinin gerçekleşmesinin ardından yardımcı tarafından diğer kronometre çalıştırılarak ağacın devrilme zamanı belirlenmiştir. Kesim işçisi ağaç devrilmeye başladığı anda devirme yönüne ters istikamette uzaklaşmıştır. Ağacın devrilmesiyle birlikte kronometre durdurularak okunan değer zaman etüt formuna kaydedilmiştir. Devrilen ağacın kök kısmında oluşan bozuklukların motorlu testere ile düzeltilmesi için geçen süre zaman etüt formuna kök düzeltme zamanı olarak kaydedilmiştir. Kök düzeltme zamanının ölçümü ile birlikte ağacın kesim aşaması tamamlanmıştır. Kesim aşamasının hemen ardından dal alma ve standartlarına göre boylama aşamasına geçilmiştir. İlk olarak devrilmiş ağaçların dalları temizlenmiştir (Şekil / Figure 4). Devrilen ağaçların dallarından tamamen temizlenmesi dal alma aşaması olup geçen süre dal alma zamanı olarak zaman etüt formuna kaydedilmiştir.



Şekil 4. Dal alma aşaması  
Figure 4. Delimiting stage

Son olarak, boylama aşamasına geçilmiştir. Boylama aşaması 2 işçi tarafından gerçekleştirilmiştir. İşçilerden biri boylanacak gövde üzerinde 2 m ve 1 m'lik çubuklar yardımıyla ölçme ve işaretleme yaparken diğer işçi işaretli yerlerden motorlu testereyle boylama işini tamamlamıştır (Şekil / Figure 5).



Şekil 5. Boylama aşaması  
Figure 5. Bucking stage

Kesme, dal alma ve boylama çalışmalarına ait 90 adet ölçüm gerçekleştirilmiştir. Zaman ölçümü çalışmaları kapsamında istatistiksel analizler; ortalamaların ve standart sapmanın hesaplanması, hacim sınıfı ve verim ilişkisinin 0,05 anlamlılık düzeyinde Tek Yönlü Varyans Analizi (One-Way ANOVA) ile incelenmesi, değişkenler (çap, boy, hacim) arasındaki ilişkilerin araştırılması (Pearson Korelasyon Testi), bağımsız değişkenlere ilişkin (çap ve boy) matematiksel modellerin belirlenmesi (Lineer Regresyon Analizi) şeklinde gerçekleştirilmiştir.

İstatistiksel analizler kapsamında ölçümü yapılan ürünlerin hacimlerinin verim üzerine etkisini incelemek için her bir üretim çalışmasında değerlendirilen odun hammaddeleri, hacimlerine bağlı olarak üç hacim sınıfına (< 0,20; düşük, 0,20-0,45; orta, > 0,45; yüksek) ayrılmıştır. Ağaç hacminin hesabında kızılçam çift girişli hacim tablosu kullanılmıştır. Daha sonra, zaman ölçümü ile elde edilen veriler kullanılarak üretim çalışmalarının saatlik verimi (m<sup>3</sup>/saat) değerlendirilmiştir. Verim hesabında aşağıdaki formül 1 kullanılmıştır:

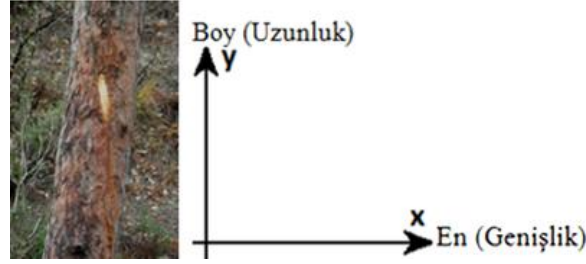
$$Verim = \frac{O\ddot{U}H}{TS} * 60 \quad (1)$$

O $\ddot{U}$ H = Bir döngüdeki ortalama odun hammaddesi hacmi (m<sup>3</sup>)

TS = Bir döngüdeki ortalama toplam süre (dk)

60 = Süreyi dakikadan saate çevirmek için kullanılan katsayı

Kesme ve devirme çalışmaları sırasında yaralanan ağaçların çapları ve meydana gelen yaraların en, boy ve yerden yükseklikleri ölçülmüştür. Aynı zamanda yara tipleri belirlenmiştir. Veri kayıt tablosuna yara tipi (diri odun veya kabuk zararı), yaraların en, boy ve yerden yükseklikleri kaydedilmiştir. Yaraların genişliği (en) ve uzunluğunun (boy) çarpılması ile yara alanı hesaplanmıştır (Gülci, 2014) (Şekil / Figure 6). Yara tipi (diri odun yarası, kabuk yarası) bakımından yaralı ağaç çapı, yara eni, yara boyu, yara alanı ve yaranın yerden yüksekliği arasında fark olup olmadığını belirlemek amacıyla Man Whitney U testi kullanılmıştır.



Şekil 6. Yara eni (genişliği) ve boyu (uzunluğu)  
Figure 6. The width and length of the injuries

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Kesme, devirme, dal alma ve standartlarına göre boylama çalışmaları için, elde edilen veriler kullanılarak ortalama toplam çalışma zamanları hesaplanmıştır. Minimum ve maksimum ağaç çapı sırasıyla 14 cm ve 38 cm, minimum ve maksimum ağaç boyu sırasıyla 11 m ve 17 m olarak tespit edilmiştir (Tablo / Table 1). Ayrıca, minimum ve maksimum ağaç hacmi sırasıyla 0,07 m<sup>3</sup> ve 0,70 m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Operasyon sırasında yürüme mesafesi için minimum ve maksimum değerler ise sırasıyla 1,62 m ve 26,33 m olarak bulunmuştur.

Tablo 1. Verimi etkileyen değişkenlere ait istatistiksel bulgular  
Table 1. Statistical results of productivity variables

Değişkenin Adı	Birimi	Min.	Mak.	Ortalama	Standart Sapma
Odun hammaddesi boyu (x <sub>1</sub> )	m	11,00	17,00	13,42	1,63
Odun hammaddesi çapı (x <sub>2</sub> )	cm	14,00	38,00	25,51	5,21
Odun hammaddesi hacmi (x <sub>3</sub> )	m <sup>3</sup>	0,07	0,70	0,30	0,14

Tablo / Table 2’de iş aşamalarının zaman ölçümlerine ait temel istatistiksel bilgiler (min., mak., aritmetik ortalama ve standart sapma) verilmiştir. Sonuçlara göre, minimum, maksimum ve ortalama toplam zamanlar sırasıyla 2,30 dk/ağaç, 14,89 dk/ağaç ve 5,61 dk/ağaç olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre saatlik ortalama verim ve ortalama hacim sırasıyla 4,06 m<sup>3</sup>/saat ve 0,30 m<sup>3</sup> olarak

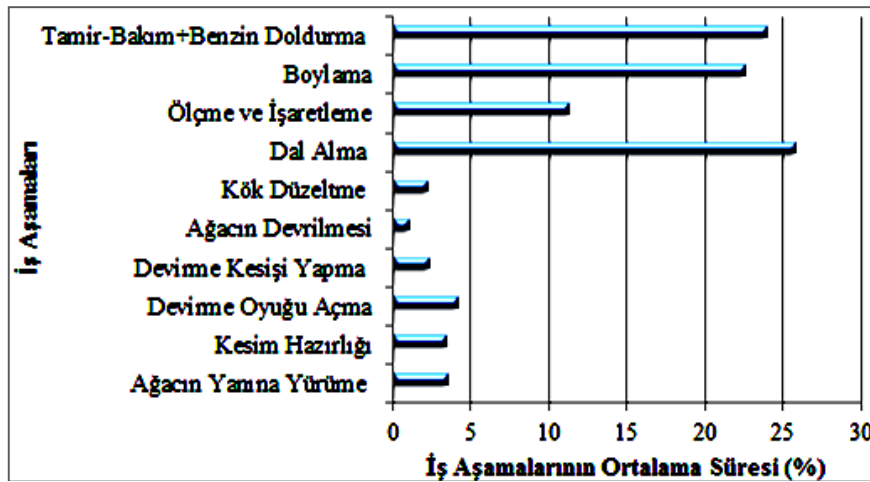
hesaplanmıştır. İş aşamalarının toplam zamana göre ortalama yüzde değerleri Tablo / Table 3’de ve ortalama yüzde dağılımları Şekil / Figure 7’de görülmektedir. İş aşamalarının yüzdeleri karşılaştırıldığında, dal alma (%25,68), diğer iş aşamalarına göre daha fazla zaman aldığı belirlenmiştir. Ağacın devrilmesi aşaması ise en az zaman alan aşama olmuştur. Motorlu testere ile üretim işlerinin değerlendirildiği benzer bilimsel çalışmalarda toplam zaman üzerinde en fazla süreyi sırasıyla boylama ve kesme iş aşamalarının aldığı belirtilmiştir (Tunay ve Melemez, 2005).

Tablo 2. Toplam zamanı (dakika) oluşturan iş aşamalarına ait istatistiksel bulgular  
Table 2. Statistical results of work stages in total time (minutes)

İş Aşamaları	Min.	Mak.	Ortalama	Standart Sapma
Ağacın Yanına Yürüme Zamanı	0,05	0,88	0,19	0,14
Kesim Hazırlığı Zamanı	0,05	0,48	0,19	0,09
Devirme Oyuğu Açma Zamanı	0,09	0,50	0,23	0,10
Devirme Kesimi Zamanı	0,05	0,26	0,12	0,05
Ağacın Devrilme Zamanı	0,03	0,08	0,05	0,02
Kök Düzeltme Zamanı	0,06	0,22	0,12	0,04
Dal Alma Zamanı	0,60	4,82	1,44	0,63
Ölçme ve İşaretleme Zamanı	0,50	0,86	0,63	0,10
Boylama Zamanı	0,56	2,37	1,26	0,46
Tamir-Bakım+Benzin Doldurma Zamanı	0,00	9,47	1,34	2,74
Toplam çalışma zamanı	2,30	14,89	5,61	2,73

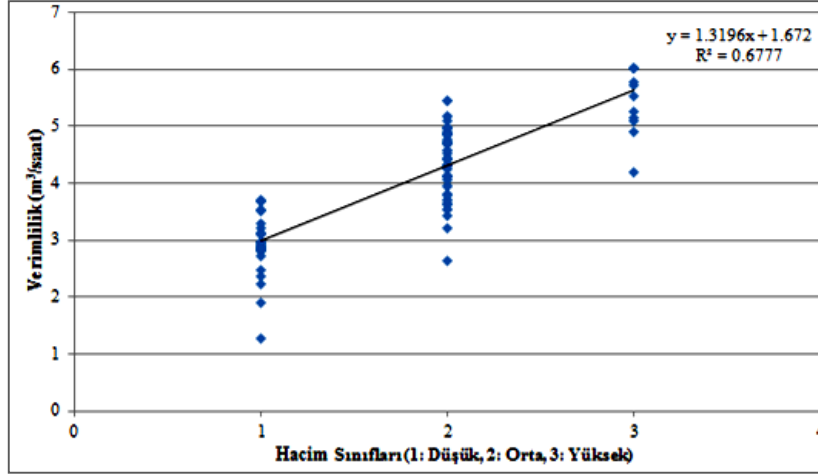
Tablo 3. Toplam zamanı (yüzde) oluşturan iş aşamalarına ait istatistiksel bulgular  
Table 3. Statistical results of total time (%) in work sections

İş Aşamaları (%)	Ortalama Yüzdeler
Ağacın Yanına Yürüme	3,46
Kesim Hazırlığı	3,40
Devirme Oyuğu Açma	4,08
Devirme Kesimi Yapma	2,25
Ağacın Devrilmesi	0,98
Kök Düzeltme	2,15
Dal Alma	25,68
Ölçme ve İşaretleme	11,22
Boylama	22,49
Tamir-Bakım+Benzin Doldurma	23,88
Toplam	100,00



Şekil 7. İş aşamalarına göre ortalama yüzde değerler  
Figure 7. The average percentages of work stages

Hacim sınıfları verim ilişkisi Şekil / Figure 8'de gösterilmiştir. Sonuç olarak hacim sınıfları arttıkça verimde buna bağlı olarak artmıştır. Tunay ve Melemez (2005), ortalama dikili kabuklu gövde hacminin 1,88 m<sup>3</sup> olduğu meşcerelerde motorlu testere ile gerçekleştirilen üretim çalışmalarında, verimi 13,85 m<sup>3</sup>/saat olarak hesaplanmışlardır ve ağaç hacminin verim üzerine etki eden en önemli faktörlerden olduğunu vurgulamışlardır. Behjou (2012) ise motorlu testere ile gerçekleştirilen üretim çalışmalarında hem ağaç hacminin hem de kesilecek ağaçlar arasındaki mesafenin de verim üzerinde etkili faktörler olduğunu belirtmiştir.



Şekil 8. Hacim sınıfları-verim ilişkisi

Figure 8. The relationship between volume classes and productivity

Hacim sınıflarının verim üzerine etkisi tek yönlü varyans analizi (One-Way Anova) ile incelenmiştir (Tablo / Table 4). Ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir (Tablo / Table 5). İstatistiksel analizler farklı hacim sınıflarının verim üzerine çok önemli ( $p < 0,01$ ) etkisi olduğunu göstermiştir. Ortalama verim, düşük hacim sınıfından, orta ve yüksek hacim sınıfına doğru artarak değişmiştir. Düşük hacim sınıfı verim (2,9082 m<sup>3</sup>/saat) üzerinde en düşük etkiyi gösterirken, yüksek hacim sınıfı verim (5,4227 m<sup>3</sup>/saat) üzerinde en yüksek etkiyi göstermiştir.

Tablo 4. Tek yönlü varyans (One-Way Anova) analizi sonuçları

Table 4. One-Way ANOVA analysis results

Hacim Sınıfları	Toplam Gözlem Sayısı	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven Aralığında		Min.	Mak.
					Alt Sınır	Üst Sınır		
Düşük	28	2,9082	0,53125	0,10040	2,7022	3,1142	1,28	3,69
Orta	51	4,4018	0,59457	0,08326	4,2345	4,5690	2,65	5,45
Yüksek	11	5,4227	0,56967	0,17176	5,0400	5,8054	4,20	6,02
Toplam	90	4,0619	1,01710	0,10721	3,8489	4,2749	1,28	6,02

Tablo 5. Tukey çoklu karşılaştırma analizi sonuçları

Table 5. Results of Tukey analysis

Hacim Sınıfı	Toplam Gözlem Sayısı	Alfa için alt küme = 0.05		
		1	2	3
Düşük	28	2,9082		
Tukey HSD <sup>a</sup>	Orta	51	4,4018	
	Yüksek	11		5,4227



Zaman değerlerini etkileyen değişkenlerden ağaç çapı, boyu, hacminin (bağımsız değişkenler) toplam zaman (bağımlı değişken) ile ilişkisini ortaya koymak amacıyla Pearson korelasyonu uygulanmıştır (Tablo / Table 6). Korelasyon testi sonuçlarına göre yürüme mesafesi ( $X_4$ ) ile toplam zaman (Y) arasında %95 güven düzeyinde ( $p=0,387$ ,  $p>0,05$ ) anlamlı bir ilişki olmadığı, diğer değişkenler arasında ise %99 güven düzeyinde ( $p=0,000$ ,  $p<0,01$ ) anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Gülci (2014) yapmış olduğu çalışmada ağaçlar arasındaki mesafenin üretimde geçen toplam süreye etkisinin olmadığını belirtmiştir. Wang ve ark. (2004) yapmış olduğu çalışmada devrilmiş ağaçlar arasındaki mesafenin sürütme zamanında etkili başlıca faktörler arasında olduğunu tespit etmişlerdir.

Tablo 6. Korelasyon testi sonuçları  
Table 6. Results of correlation tests

Değişkenler	Toplam Zaman (Y)	
Çap ( $X_1$ )	Korelasyon Katsayısı	0,852**
	P	<b>0,000</b>
	N	90
Boy ( $X_2$ )	Korelasyon Katsayısı	0,788**
	P	<b>0,000</b>
	N	90
Hacim ( $X_3$ )	Korelasyon Katsayısı	0,911**
	P	<b>0,000</b>
	N	90
Yürüme Mesafesi ( $X_4$ )	Korelasyon Katsayısı	0,092
	P	0,387
	N	90

Kesme, devirme, dal alma ve standartlarına göre boylama çalışmalarında, toplam zamanı ifade eden Y bağımlı değişkenini etkileyen çap ( $X_1$ ) ve hacim ( $X_3$ ) değişkenleri işleme konularak 1 numaralı eşitlik elde edilmiştir (Tablo / Table 7).

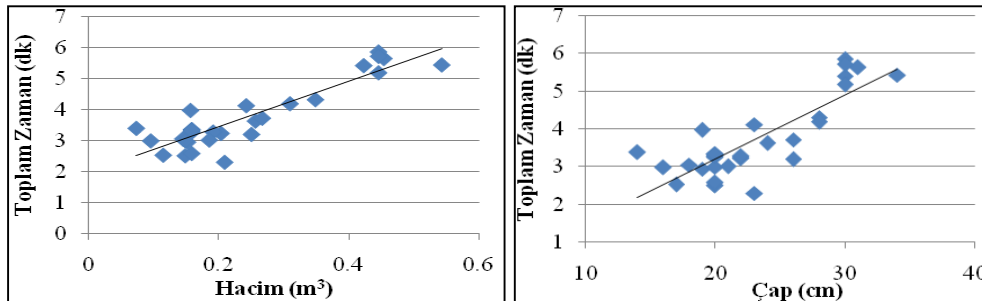
Tablo 7. Regresyon modeli parametreleri  
Table 7. Parameters of regression model

Sabit Sayı	$X_1$	$X_3$	$R^2$	Sig.
4,74	-0,20	15,16	0,86	0,00

regresyon modeli;

$$Y = 4,74 - 0,20X_1 + 15,16X_3 \quad (2)$$

Boy ( $X_2$ ) ve yürüme mesafesi ( $X_4$ ) değişkenleri %95 güven düzeyinde anlamlı sonuç vermediğinden ( $p>0,05$ ) regresyon analizine dahil edilmemiştir. Eşitliğe göre toplam zamanın ağacın göğüs yüksekliği çapıyla ters orantılı, ağaç hacmi ile ise doğru orantılı olduğu tespit edilmiştir. Toplam zamanın ağaç hacmi ile doğru orantılı olmasının sebebi işinin hacim arttıkça bir ağacın üretimi için daha fazla zaman harcamasıdır (Şekil / Figure 9). Ayrıca, ağacın hacmi ağacın çapı ve boyuna bağlı değişmekte olup, uzun boylu ağaçlarda işçi, çalışmalarına daha fazla zaman ayırmaktadır.



Şekil 9. Toplam zamanın hacim (sol) ve çapla (sağ) olan ilişkisi  
Figure 9. The relation of total time with volume (left) and diameter (right)

Kesme ve devirme çalışmaları sonucu 13 adet diri odun yarası ve 30 adet kabuk yarası olmak üzere toplam 43 adet ağacın yaralandığı tespit edilmiştir. Tablo / Table 8’de kalan ağaç yaralarına ait temel istatistiksel bilgiler (min., mak., aritmetik ortalama ve standart sapma) verilmiştir. Diri odun yarası bulunan ağaç gövdesindeki yaraların ortalama eni, boyu, alanı ve yerden yükseklikleri sırasıyla 6,90 cm, 64,70 cm, 277,69 cm<sup>2</sup> ve 180,15 cm olarak belirlenmiştir. Ortalama yaralı ağaç çapı ise 27,08 cm olarak tespit edilmiştir. Kabuk yarası bulunan ağaç gövdesindeki yaraların ortalama eni, boyu, alanı ve yerden yükseklikleri sırasıyla 11,04 cm, 55,10 cm, 612,10 cm<sup>2</sup>, 109,63 cm olarak belirlenmiştir. Ortalama yaralı ağaç çapı ise 24,30 cm olarak tespit edilmiştir.

Tablo 8. Kalan ağaç yaralarına ait temel istatistiksel bilgiler  
Table 8. Basic statistics of stand damage data

Yara Tipi	Değişkenin Adı	Birimi	Min.	Mak.	Ortalama	Standart Sapma
Diri Odun Yarası	Yaralı Ağaç Çapı	cm	20,00	34,00	27,08	4,37
	Yara Eni	cm	2,00	18,00	6,90	5,15
	Yara Boyu	cm	1,00	174,00	64,70	61,01
	Yara Alanı	cm <sup>2</sup>	4,55	1479,00	277,69	422,55
	Yaranın Yerden Yüksekliği	cm	67,0	408,00	180,15	114,86
Kabuk Yarası	Yaralı Ağaç Çapı	cm	19,00	32,00	24,30	4,01
	Yara Eni	cm	3,00	21,00	11,04	5,47
	Yara Boyu	cm	4,00	425,00	55,10	83,83
	Yara Alanı	cm <sup>2</sup>	12,50	3612,50	612,10	853,32
	Yaranın Yerden Yüksekliği	cm	6,00	320,00	109,63	88,77

Ağaçlar devrilme sırasında kalan ağaçlara takılarak ve çarparak tepe ve dal kırılmalarına da neden olmuştur (Şekil / Figure 10). Takılma ve çarpma nedeniyle kalan ağaçların özellikle üst kısımlarında diri odun ve kabuk yaraları meydana gelmektedir (Yılmaz ve Akay, 2008). Yaralanmalarının çoğunun devirme yönünün yanlış belirlenmesinden ve devrilen ağaçların büyük gövdeli olmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Tunay ve Melemez (2005), kalan ağaçlarda meydana gelen zararın derecesinin devrilen ağaçların çap ve boy değerlerine bağlı olarak artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Dykstra (2009), üretim çalışmaları sırasında kalan ağaçlar arasında daha küçük gövdeli ağaçların, büyük gövdelilere oranla daha fazla zarara uğradığını tespit etmiştir.



Şekil 10. Devirme sırasında oluşan kalan ağaç zararı  
Figure 10. Demonstration of stand damage during felling operation

Tablo / Table 9’da kesme ve devirme sonucu oluşan kalan ağaç yaralarına ait Man Whitney U testi sonuçları verilmiştir. Man Whitney U testi sonuçlarına göre yara tipi ile yaralı ağaç çapı ve yara eni arasında %99 güven düzeyinde ( $p_{y.a.çap}=0,00$  ve  $p_{y.eni}=0,00$   $p<0,01$ ), yara tipi ile yaranın yerden yüksekliği arasında ise %95 güven düzeyinde ( $p=0,03$ ,  $p<0,05$ ) anlamlı fark bulunmuştur. Yara tipi ile yara boyu ve yara alanı arasında %95 güven düzeyinde ( $p_{y.boyu}=0,56$  ve  $p_{y.alanı}=0,09$ ,  $p>0,05$ ) anlamlı bir fark tespit edilmemiştir.

Tablo 9. Kalan ağaç yaralarına ait Man Whitney U testi sonuçları  
Table 9. Stand damage results of Man Whitney U test

	Yaralı Ağaç Çapı	Yara Eni	Yara Boyu	Yara Alanı	Yaranın Yerden Yüksekliği
Mann-Whitney U	76,00	64,00	173,50	132,50	114,00
Wilcoxon W	167,00	155,00	264,50	223,50	579,00
Z	-3,17	-3,46	-0,56	-1,65	-2,14
P	0,00	0,00	0,56	0,09	0,03

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, odun hammaddesinin motorlu testereyle üretim çalışmaları verim ve kalan ağaç zararı bakımından incelenmiştir. Motorlu testereyle çalışmada ortalama toplam çalışma zamanı 5,61 dk/ağaç olarak tespit edilmiştir. Saatlik ortalama verim ve ortalama hacim sırasıyla 4,06 m<sup>3</sup>/saat ve 0,30 m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiş olup üretilen odun hammaddesi arttıkça verimde artmıştır. İş aşamalarından dal almanın (%25,68), diğer iş aşamalarına göre daha fazla zaman aldığı, ağacın devrilmesi aşamasının ise en az zaman alan aşama olduğu belirlenmiştir.

İstatistiksel analizler farklı hacim sınıflarının verim üzerine çok önemli ( $p<0,01$ ) etkisi olduğunu göstermiştir. Ortalama verim, düşük hacim sınıfından, orta ve yüksek hacim sınıfına doğru artarak değişmiştir. Korelasyon testi sonucuna göre çap, boy ve hacim ile toplam zaman arasında anlamlı bir ilişki olduğu ortaya çıkmıştır. Kesme ve devirme çalışmaları sonucu 13 adet diri odun yarası ve 30 adet kabuk yarası olmak üzere toplam 43 adet ağacın yaralandığı tespit edilmiştir. Ağaçların devrilmesi sırasında kalan ağaçlara takılması ve çarpması sonucu kalan ağaçların üst kısımlarında diri odun ve kabuk yaraları meydana gelmiştir.

Üretim işlerinin gerçekleştirileceği alanın hem topoğrafik yapısı hem de meşcere özellikleri iyi bilinmelidir. Bu nedenle arazide üretime başlanmadan önce eldeki mevcut veriler değerlendirilmeli ve yeterli gözlemler yapılmalıdır. Devirme yönünün iyi tespit edilmesi durumunda kalan ağaç ve gençlik üzerindeki zararlar en aza indirilebilecektir. Motorlu testere ile çalışan kesim işçilerinin devirme yönünü doğru belirleme, devirme oyuğunu kurallarına uygun açma ve devirme kesişini düzgün gerçekleştirebilmesi için belli bir eğitimden geçmesi ve tecrübeli olması gerekir. Başka bir deyişle eğitilmiş işçiler çalışmalarını kurallarına uygun bir şekilde gerçekleştireceğinden kalan ağaç zararları da azalmış olacaktır. Üretimi gerçekleştirecek işçiler üretim safhasında olası aksaklıklara karşı bilgilendirilmeli ve üretim safhasında meydana gelen kalan ağaç zararlarının neler olabileceği anlatılmalıdır. Devirme sırasında kalan ağaçlara takılarak askıda kalan ağaçların taşınabilir el vinci yardımıyla uygun yönde devrilmesi sağlanmalıdır. Üretim safhasında motorlu testere kullanımı zor arazi şartlarında tercih edilebilecek en uygun üretim aracıdır. Ancak uzman personel eksikliği giderilerek üretim işlerinde kullanılmak üzere özel olarak üretilmiş hasatçıların kullanılması da desteklenmelidir.

#### TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Makale, Neşe GÜLCİ tarafından 2010-2014 yılları arasında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Prof. Dr. Orhan ERDAŞ’ın danışmanlığında hazırlanan doktora tezinin (Gülcü, 2014) bir bölümünü içermektedir.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Acar, H.H., Şentürk, N., 1996. Dağlık orman alanlarındaki üretim çalışmalarında mekanizasyon. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 46(B1-2-3-4): 77-94.
- Behjou, F. K., 2012. Effect of selective cutting type on the chainsaw productivity in Caspian forests. *Journal of Forest Research* 23(4): 699-702. DOI 10.1007/s11676-012-0312-y.
- Dykstra, D.P., 2009. Influence of Forest Operations on Timber Quality. In: Proceedings of an International Conference: Forest Growth and Timber Quality: Crown Models and Simulation Methods for Sustainable Forest Management. August 7-10, Portland, OR, USA, pp. 103-108.
- Eker, M., Acar, H.H., 2006. Ormancılıkta Odun Hammaddesi Üretiminde Yıllık Operasyonel Planlama Modelinin Geliştirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 10(2): 235-248.
- Erdaş, O., Acar, H.H., Eker, M., 2014. Orman Ürünleri Transport Teknikleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 233/39, Trabzon, 504 s.
- Eroğlu, H. 2007. Teknik Ormancılık Faaliyetlerinin Oluşturduğu Çevresel Zararların Belirlenmesine Yönelik Teorik Bir Yaklaşım. 150th Anniversary of Forestry Education in Turkey. Bottlenecks, Solutions, and Priorities in the Context of Functions of Forest Resources, 17-19 October, pp. 353-362.
- Gülci, N., 2014. Üretim Planlamasında Hassas Ormancılık Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Kahramanmaraş. 264 s.
- Nikooy M., Rashidi, R., Kochehi, G., 2010. Residual Trees Injury Assessment After Selective Cutting in Broadleaf Forest in Shafaroud. *Caspian Journal of Environmental Science* 8(2): 173-179.
- Schöler, J., 2000. Odun Üretimi (Kesim Tekniği, Motorlu Testere Tekniği, İş Emniyeti). Türk-Alman Ormancılık Projesi. Tercüme: Doç. Dr. Yaşar Şimşek ve Hasan B. Avcı. OGM, Ankara, Yayın No: 680. 102 s.
- Sessions, J., Boston, K., Murphy, G., Wing, M. G., Kellogg, L., Pilkerton, S., Zweede, J. C., Heinrich, R., 2007. Harvesting Operation in the Tropics. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 170 p.
- Tavankar, F., Majnounian, B., Bonyad, A.E., 2013. Felling and Skidding Damage to Residual Trees Following. *Journal of Forest Science*, 59(5): 196-203.
- Tunay, M., Melemez, K., 2005. Motorlu Testere ile Yapılan Üretim Çalışmaları Üzerine Bir Araştırma. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 45(B1): 31-41.
- Yenilmez, N., 2010. Tomruk Üretiminde Optimum Boylama Metodunun Tek Ağaç Düzeyinde Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Kahramanmaraş. 126 s.
- Yıldırım, M., 1989. Ormancılık İş Bilgisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 3555/404 287 s.
- Yılmaz, M., Akay, A.E., 2008. Stand Damage of a Selection Cutting System in an Uneven Aged Mixed Forest of Çimendagi in Kahramanmaraş-Turkey. *International Journal of Natural and Engineering Sciences* 2(1): 77-82.
- Wang, J., Charlie, L., Mcneel, J., Baumgras, J., 2004. Productivity and Cost of Manual Felling and Cable Skidding in Central Appalachian Hardwood Forests. *Forest Products Journal* 54(12): 45-51.