

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ENDÜSTRİYEL ODUN HAMMADDESİNİN İNSAN GÜCÜYLE SÜRÜTÜLMESİ
SIRASINDA ORTAYA ÇIKAN ÜRÜN KAYIPLARI İLE ÇEVRESEL
ZARARLARIN BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

DOKTORA TEZİ

Orm. Yük. Müh. Saliha ÜNVER

**ARALIK 2008
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ENDÜSTRİYEL ODUN HAMMADDESİNİN İNSAN GÜCÜYLE SÜRÜTÜLMESİ
SIRASINDA ORTAYA ÇIKAN ÜRÜN KAYIPLARI İLE ÇEVRESEL ZARARLARIN
BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Orm. Yük. Müh. Saliha ÜNVER

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Doktor (Orman Mühendisliği)”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 01.12.2008
Tezin Savunma Tarihi : 19.12.2008**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. H. Hulusi ACAR
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Selçuk GÜMÜŞ
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Osman ÜÇÜNCÜ
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Hüseyin Emrullah ÇELİK**

Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2008

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, insan gücüyle zemin üzerinde sürütme faaliyetlerinin, taşınan odunlara, meşcerede kalan ağaçlara, fidanlara ve orman toprağına etkileri belirlenmiş, bu etkiler üretim mevsimlerine (yaz ve kış üretimi) göre karşılaştırılmış ve sürütülen odunda meydana gelen zararın önceden belirlenebilmesi için “bir zarar tahmin modelinin” geliştirilmiştir.

Tez konusunun seçiminden çalışmanın sonuçlanmasına kadar her aşamada yardım ve desteklerini esirgemeyen Tez Danışman Hocam Sayın Prof. Dr. H. Hulusi ACAR’ a içtenlikle teşekkür eder, minnettarlığımı sunarım.

Çalışma boyunca fikir, bilgi ve önerilerinden yararlandığım Tez İzleme Komitesi Üyeleri Hocalarım Sayın Prof. Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU’na, Sayın Yrd. Doç. Dr. Selçuk GÜMÜŞ’e ve bu çalışmada bir süre tez izleme komitesi üyeliğı yapan Sayın Prof. Dr. Hakkı YAVUZ’a desteklerinden dolayı şükranlarımı sunarım. Ayrıca Sayın Prof. Dr. Hüseyin ÇELİK, Sayın Doç. Dr. Abdullah Emin AKAY, Sayın Doç. Dr. Lokman ALTUN ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Osman ÜÇÜNCÜ hocalarıma önerilerinden dolayı sonsuz teşekkür ederim.

İstatistik analizlerin yapılmasında bilgi ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Hamdi ÖĞÜT’e, Sayın Yrd. Doç. Dr. Ali ÖZEN’e, Sayın Arş. Gör. İbrahim YILDIRIM’a ve Sayın Arş. Gör. Emin TUĞCU’ya teşekkürü borç bilirim. Çalışma kapsamındaki modelin geliştirilmesinde yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Erhan COŞKUN’a ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Zafer ÇAKIR’a teşekkür ederim. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Havza Amenajmanı Laboratuvarında yaptığım çalışmalarda her türlü desteğı veren Sayın Yrd. Doç. Dr. Aslan OKATAN’a, Sayın Arş. Gör. Dr. Miraç AYDIN’a ve Sayın Orm. Müh. Oğuz Şerif URHAN’a teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarımın yürütülmesine yardımcı olan Maçka Orman İşletme Müdürlüğü yöneticilerine ve çalışanlarına teşekkür ederim. Arazi çalışmalarında yardımcı olan Sayın Orm. Yük. Müh. Nurten LERMİOĞLU’na, Sayın Mustafa ÖZARİMAN’a ve Sayın Erdoğan ÜNVER’e sonsuz teşekkür ederim. Arazi çalışmalarında verdikleri alet ve laboratuvar desteğı için DOĞUŞ İnşaat Araklı İyidere Şantiyesi laboratuvarı çalışanlarına da ayrıca teşekkür ederim. 2005-113-001-6 Kod No’lu Doktora Tezi Projesi kapsamında çalışmamı destekleyen, Karadeniz Teknik Üniversitesi Araştırma Projeleri Yönetim Birimi’ne teşekkür ederim.

Saliha ÜNVER
Trabzon 2008

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VI
SUMMARY.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Odun Hammaddesi Üretimi.....	6
1.3. Literatür Özeti.....	9
1.3.1. İnsan Gücüyle Zemin Üzerinde Sürütme Faaliyetlerinin Odun Hammaddesi Üzerine Etkileri.....	9
1.3.2. İnsan Gücüyle Zemin Üzerinde Sürütme Faaliyetlerinin Meşcerede Kalan Ağaçlar Üzerine Etkileri.....	11
1.3.3. İnsan Gücüyle Zemin Üzerinde Sürütme Faaliyetlerinin Fidanlar Üzerine Etkileri.....	18
1.3.4. İnsan Gücüyle Zemin Üzerinde Sürütme Faaliyetlerinin Orman Toprağı Üzerine Etkileri.....	20
1.3.5. İnsan Gücüyle Zemin Üzerinde Sürütme Faaliyetlerinin Oluşturduğu Diğer Zararlar.....	23
1.4. Taşınan Odun Hammaddesinde Zarar Tahmin Modeli.....	25
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	26
2.1. Araştırmanın Sınırlandırılması.....	26
2.2. Araştırmanın Planlanması.....	29
2.3. Materyal.....	30
2.3.1. Araştırma Alanının Tanıtımı.....	31

2.3.1.1.	Araştırma Alanının Orman Varlığı.....	31
2.3.1.2.	Araştırma Alanının Coğrafik, Jeolojik ve İklim Özellikleri.....	34
2.3.2.	Araştırmanın Yapılacağı Üretim Bölmelerinin Seçimi.....	35
2.4.	Yöntem.....	36
2.4.1.	Arazi Yöntemleri.....	37
2.4.1.1.	Meşcere Özellikleri Üzerinde Yapılan Ölçümler.....	37
2.4.1.2.	Taşınan Odun Hammaddesinde Oluşan zararların Tespiti.....	39
2.4.1.2.1.	Sürütme Faaliyetinden Önce Yapılan Ölçümler.....	39
2.4.1.2.2.	Sürütme Faaliyetinden Sonra Yapılan Ölçümler.....	40
2.4.1.3.	Meşcerede Kalan Ağaçlarda Oluşan Zararın Tespiti.....	43
2.4.1.4.	Fidanlarda Oluşan Zararın Tespiti.....	45
2.4.1.5.	Orman Toprağında Oluşan Zararın Tespiti	47
2.4.1.5.1.	Sürütme Faaliyetlerinden Önce Yapılan Ölçümler.....	47
2.4.1.5.2.	Sürütme Faaliyetlerinden Sonra Yapılan Ölçümler.....	49
2.4.2.	Laboratuvar Yöntemleri.....	49
2.4.2.1.	Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması.....	50
2.4.2.2.	pH Analizi.....	50
2.4.2.3.	Toprak Organik Madde Analizi.....	51
2.4.2.4.	Toprak Tekstür Analizi.....	51
2.4.2.5.	Toprak Su Tutma Kapasitesi Analizi.....	52
2.4.2.6.	Permeabilite Analizi.....	53
2.4.2.7.	Toprak Hacim Ağırlığı Analizi.....	53
2.4.2.8.	Toprak Görünür Porozite Analizi.....	54
2.4.3.	İstatistik Yöntemler.....	54
2.4.4.	Sürütülen Odunda Zarar Tahmininin Modellenmesi.....	55
3.	BULGULAR ve TARTIŞMA.....	62
3.1.	Meşcere Özelliklerine Ait Bulgular ve Tartışma.....	62
3.2.	Odundaki Zararlara İlişkin Bulgular ve Tartışma.....	63
3.3.	Meşceredeki Ağaçlarda Meydana Gelen Zararlara İlişkin Bulgular ve Tartışma.....	71
3.4.	Fidanlarda Oluşan Zararlara İlişkin Bulgular ve Tartışma.....	82

3.5.	Orman Toprağındaki Zararlara İlişkin Bulgular ve Tartışma.....	84
3.6.	Odunda Zarar Tahmin Modeline İlişkin Bulgular ve Tartışma.....	94
4.	SONUÇLAR.....	98
4.1.	Sürütülen Odundaki Zararlara İlişkin Sonuçlar.....	98
4.2.	Meşcerede Kalan Ağaçlardaki Zararlara İlişkin Sonuçlar.....	98
4.3.	Fidanlarda Oluşan Zararlara İlişkin Sonuçlar.....	99
4.4.	Orman Toprağındaki Zararlara İlişkin Sonuçlar.....	99
4.5.	Zarar Tahmin Modeline İlişkin Sonuçlar.....	100
5.	ÖNERİLER.....	102
6.	KAYNAKLAR.....	105
	ÖZGEÇMİŞ.....	123

ÖZET

Ormancılıkta odun hammaddesi üretimi, kesme, bölmeden çıkarma ve taşıma aşamalarından oluşmaktadır. Bu aşamalardan en zor olanı pahalı ve çevresel zararı en fazla olan bölmeden çıkarmadır. Bölmeden çıkarma operasyonlarının değerlendirilmesi çevresel açıdan, meşcerede kalan ağaç, fidan ve orman toprağında oluşan zararların belirlenmesi, ekonomik açıdan ise odun hammaddesinde oluşan kayıpların belirlenebilmesi için önemlidir.

Bu çalışmada, dağlık arazide insan gücüyle zemin üzerinde sürütme faaliyetlerinin, taşınan odunlara, meşcerede kalan ağaçlara, fidanlar ve orman toprağına etkilerinin belirlenmesi, bu etkilerin sürütme zamanı (yaz ve kış) göre karşılaştırılması ve sürütülen odunda meydana gelen zararın önceden belirlenebilmesi için “bir zarar tahmin modelinin” geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla uygulama alanları, Trabzon Maçka Orman İşletme Müdürlüğü'nün bünyesinde, 2004-2007 yılları arasında, yaz ve kış üretim mevsimlerinde insan gücüyle zemin üzerinde sürütme yapılan bölmeler arasından seçilmiştir. Sürütme faaliyetleri sonucu odunlarda, meşcerede kalan ağaçlarda, fidanlarda ve orman toprağında oluşan zararlar belirlenmiş ve zararlar üretim mevsimine göre karşılaştırılmıştır. Ayrıca yaz ve kış üretim alanlarında zarar gören odunlarda oluşan miktar kayıpları, oduna etkileyen sürütme kuvveti, odunun sürütülen yüzey alanı ve sürütme mesafesi parametreleri dikkate alınarak “bir zarar tahmin modeli” geliştirilmiştir.

Çalışma sonucunda, sürütülen odunların, meşcerede kalan ağaçların, fidanların ve orman toprağının yaz üretim alanlarında kış üretimi alanlarına oranla daha fazla zarar gördüğü belirlenmiştir. Bu zararlar, önemli ekonomik kayıplar ile orman ekosisteminin sürdürülebilirliği ve verimliliği açısından olumsuz sonuçlara neden olmaktadır. Sonuç olarak, gelişmiş ve çevreye duyarlı taşıma sistemlerinin kullanılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Ayrıca, çalışma kapsamında geliştirilen zarar tahmin modeliyle, sürütme sonucunda odunda oluşacak miktar kayıplarının sürütmeden önce tahmin edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması mümkün hale gelmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ladin (*Picea orientalis*), İnsan Gücüyle Sürütme, Çevresel Zararlar, Zarar Tahmin Modellemesi, Dağlık Arazi

SUMMARY

Determining Environmental and Quantitative Effects of Human Power Based Ground Skidding and The Damage Prediction Model

Production of wood material involves felling, primary transportation, and hauling phases. Among these phases, primary transportation is the most difficult and the most expensive phase with the highest environmentally damages. Evaluation of primary transportation by determining residual stand damage and forest soil disturbance in terms of environmental aspects and by determining value lost of the forest products in terms of economical aspects is very important.

In this study, it was aimed to develop a “damage prediction model” to determine the effects of human power based ground skidding operations on transported logs, residual trees, saplings, and forest soil in mountainous terrain, to compare these effects according to production periods (summer and winter), and to predetermine the damages on skidded logs. The study areas were selected from the sample harvesting units of Directorate of Maçka Forest Enterprise in Trabzon during the summer and winter production periods of 2004-2007. The effects of skidding operation on logs, residual trees, saplings, and forest soil were determined and compared according to production periods. Besides, a “damage prediction model” was developed by considering volume lost of the damaged logs in summer and winter production areas, friction resistance on logs, ground contact area of the logs, and skidding distance parameters.

The results indicated that the damages on skidded logs, residual trees, saplings, and forest soil in the summer production areas were more than the damages in winter production areas. These damages result in negative consequences in terms of sustainability and productivity of forest ecosystem, great economical losses. Thus, improved and environmentally friendly transportation systems should be implemented. The damage prediction model developed in this study enables predetermination of skidding related log volume losses before the skidding operation and taking damage prevention measures.

Key Words: Spruce (*Picea orientalis*), Skidding by Man Power on Ground, Environmental Damages, Damage Prediction Model, Mountainously Terrain

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Türkiye ormancılığında kullanılan bölmeden çıkarma teknikleri.....	7
Şekil 2. Araştırma bölmelerinde yer alan ana sürütme güzergahları.....	8
Şekil 3. Araştırma alanının genel görünümü.....	27
Şekil 4. Araştırma alanlarının bulunduğu işletme şefliklerine ait ormanlardan görünümüler.....	33
Şekil 5. Sürütme faaliyetlerinden önce odunlarda çap ve boy ölçümü.....	39
Şekil 6. Sürütme faaliyetleri sırasında odunda meydana gelen zarar tipleri....	41
Şekil 7. Sürütme sırasında odunlarda oluşan kırılma ve parçalanmalar.....	42
Şekil 8. Kesim faaliyetleri sonrası ormanda kalan kütükler.....	43
Şekil 9. Gövde üzerindeki yaraların yerden yükseklik sınıflaması.....	44
Şekil 10. Fidanlarda oluşan zarar tipleri sınıflaması.....	45
Şekil 11. Araştırma alanlarında fidanlarda tespit edilen zarar tipleri.....	46
Şekil 12. Örselenmemiş toprak örneklerinin alınması.....	48
Şekil 13. Troxler 3430 cihazı ile toprak sıkışmasının ölçülmesi.....	49
Şekil 14. Toprak laboratuvar analizlerinden organik madde analizi ve pH ölçüm cihazı.....	50
Şekil 15. Eğimli zemin üzerinde sürütülen oduna etki eden kuvvetler.....	56
Şekil 16. Odunda zarar tahmin modelinin iş akış şeması.....	61
Şekil 17. Sürütülen odunların adet olarak çap sınıflarına dağılımı.....	64
Şekil 18. Üretim mevsimine göre taşınan odunda oluşan zarar tipleri ve oranları.....	65
Şekil 19. Sürütülen odunların ortalama boyları ve zararın yeri.....	66
Şekil 20. Sürütülen odunlarda zararın yerine göre ortalama zarar miktarı.....	67
Şekil 21. Sürütülen odunlarda oluşan zararın yerine göre zarar tipleri.....	68
Şekil 22. Kesilmiş halde ormanda kalan ağaçlar.....	70
Şekil 23. Sürütme sırasında meşcerede kalan ağaçlarda oluşan yaraların yeri ve tipleri.....	70

	71
Şekil 24. Üretim mevsimine göre yara yeri ile ağaç çapı, yara eni, boyu, yüksekliği ve alanı arasındaki ilişki.....	75
Şekil 25. Üretim mevsimine göre yara tipi ile ağaç çapı, yara eni, boyu, yerden yüksekliği ve alanı arasındaki ilişki.....	77
Şekil 26. Üretim mevsimine göre yaraların yerden yüksekliklerinin dağılımı...	79
Şekil 27. Üretim mevsimine göre kök yaralarının şiddet sınıflarına dağılımı....	80
Şekil 28. Üretim mevsimine göre gövde yaralarının şiddet sınıflarına dağılımı.	80
Şekil 29. Üretim mevsimine göre yara şiddeti sınıfı ile ağaç çapı, yara eni, boyu ve yüksekliği arasındaki ilişki.....	81
Şekil 30. Üretim mevsimine göre fidanlarda oluşan zararların değerlendirilmesi.....	83
Şekil 31. Üretim mevsimine göre fidanlardaki yara tipi ve fidan çapı ilişkisi...	84

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Üretim bölmelerinin değerlendirilmesinde kullanılan arazi envanter karnesi.....	30
Tablo 2. Meşcerede kalan ağaçların değerlendirilmesinde kullanılan arazi envanter karnesi.....	31
Tablo 3. Maçka orman işletme müdürlüğü orman varlığı.....	32
Tablo 4. Maçka orman işletme müdürlüğü'nün yıllık odun üretimi.....	34
Tablo 5. Araştırma bölmelerinin genel özellikleri.....	36
Tablo 6. Odun cinslerinin standart boyut değerleri.....	40
Tablo 7. İğne yapraklı türlerde odun kalite sınıfı standartları.....	40
Tablo 8. Yara şiddeti sınıflaması.....	44
Tablo 9. Üretim mevsimine göre sürütme faaliyetlerinin meşcere yapısına etkileri.....	63
Tablo 10. Üretim mevsimine göre üretilen endüstriyel odun cinslerinin miktarları.....	63
Tablo 11. Üretim mevsimine göre meşcerede kalan ağaçlardaki yaraların değerlendirilmesi.....	72
Tablo 12. Ağaç çapı, yara eni, boyu, yerden yüksekliği ve alanı arasındaki ilişkiler.....	73
Tablo 13. Üretim mevsimi, yara tipi ve yara yerine göre Mann Whitney U analizi.....	74
Tablo 14. Üretim mevsimlerine göre toprak analizi sonuçları (ortalama değerler).....	85
Tablo 15. Sürütme faaliyetlerinden sonra toprak özelliklerinde oluşan değişim oranları.....	86
Tablo 16. Kış üretimi alanlarında sürütme öncesi ve sonrası farklı derinliklerde (0-10 ve 10-30 cm) toprak özellikleri arasındaki ilişki	88
Tablo 17. Yaz Üretim alanlarında sürütme öncesi ve sonrası farklı derinliklerde (0-10 ve 10-30 cm) toprak özellikleri arasındaki ilişki	89
Tablo 18. Kış üretim alanlarında 0-10 cm derinlik kademesi için sürütme öncesi ile sonrası toprak özellikleri arasındaki korelasyon değerleri	90

Tablo 19.	Kış üretim alanlarında 10-30 cm derinlik kademesi için sürütme öncesi ve sonrası toprak özellikleri arasındaki korelasyon değerleri	91
Tablo 20.	Yaz üretim alanlarında 0-10 cm derinlik kademesi için sürütme öncesi ve sonrası toprak özellikleri arasındaki korelasyon değerleri	92
Tablo 21.	Yaz üretim alanlarında 10-30 cm derinlik kademesi için sürütme öncesi ve sonrası toprak özellikleri arasındaki korelasyon değerleri	93
Tablo 22.	Parametrelerin ortalama değerleri.....	95
Tablo 23.	Kış ve yaz mevsimleri için zarar tahmin modeli katsayıları.....	95
Tablo 24.	Kış ve yaz üretim mevsimleri için model katsayılarının istatistik analizi.....	95

SEMBOLLER DİZİNİ

A	: Katsayılar Matrisi
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
d	: Özgül Ağırlık
D	: Hacim Ağırlığı
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
DOİ	: Devlet Orman İşletmeleri
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
f	: Serbestlik Derecesi
FAO	: Food and Agriculture Organisation
g	: Yerçekimi İvmesi
G	: Odunun Ağırlığı
GY	: Hektardaki Göğüs Yüzeyi Alanı
h	: Odunun Boyu
IUFRO	: International Union of Forest Research Organizations
K	: Sürtünme Katsayısı
M	: Odunun Kütlesi
N	: Hektardaki Ağaç Sayısı
n	: Deneme Alanındaki Gerçek Ağaç Sayısı
OECD	: Organization of Economical Co-operation and Development
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
OİM	: Orman İşletme Müdürlüğü
OM	: Organik Madde
OMNR	: Ontario Ministry of Natural Resource
P	: Güven Düzeyi
pH	: $-\log(H^+)$
Q	: Belirli Zamanda Silindirden Geçen Su Miktarı
r	: Odunun Çapı
R	: Korelasyon Değeri
s	: Toprak Örneği Ağırlığı

S	: Sürtünen Yüzey Alanı
SÖ	: Sürütme Öncesi
SS	: Sürütme Sonrası
Stk	: Su Tutma Kapasitesi
t	: Zeminle Temas Oranı
t-tablo	: T Tablo Değeri
T	: Katsayılar İçin Test Büyüklüğü
TOKK	: Tomrukların Oluk İçerisinde Kontrollü Kaydırılması
u	: Bilinmeyen Katsayılar Matrisi
v	: Düzeltme Vektörü
V	: Odunun Hacmi
X	: Bilinmeyen Katsayılar Vektörü
Z	: Zarar Vektörü
A _k	: Toprak Örneğinin Kesit Alanı
A ^T	: A Matrisinin Transpozesi
d _{1.30}	: Göğüs Yüzeyi Çapı
d _k	: Kesilen Ağaçların Ortalama Çapı
d _r	: Meşcerede Kalan Ağaçların Ortalama Çapı
F _s	: Sürtünme Kuvveti
H _s	: Toprak Örneğinin Yüksekliği
H _w	: Su Sütunu Yüksekliği
k _f	: Permeabilite Değeri
m ₀	: Birim Ölçünün Ortalama Hatası
m _x	: Bilinmeyen Katsayıların Ortalama Hataları
n _p	: Porozite
n _z	: Zarar Gören Odun Sayısı
P _w	: Suyun Yoğunluğu (=1)
q _{xixi}	: Bilinmeyenler Ters Ağırlık Matrisinde İlgili Parametrenin Köşegen Elemanı
S _d	: Deneme Alanının Mevcut Büyüklüğü
S _g	: Deneme Alanının Gerçek Büyüklüğü
S _k	: Kör Numune Standardı
S _m	: Sürütme Mesafesi
S _y	: Odunun Yanal Yüzey Alanı

T_m	: Mohr Tuzu Sarfiyatı
T_r	: Aralama Oranı
V_s	: Toprak Örneğinin Alındığı Silindirin Hacmi
V_v	: Boşluk Hacmi
W_d	: Toprak Örneğinin Fırın Kuru Ağırlığı
W_s	: Suya Doygun Toprak Ağırlığı
Z_k	: Miktar Kaybı
α	: Yanılma Olasılığı
β	: Eğim Açısı
χ^2	: Ki-Kare Testi
$()^{-1}$: Matrisin Tersi

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Ormanlar, mal ve hizmet üretimi ile toplum ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik fonksiyonları olan doğal ve yenilenebilir kaynaklardır. Ormanlıkta mal üretimi, ekonomik değeri olan ve pek çok endüstri koluna hammadde sağlayan orman ürünlerinin, ulusal ve uluslararası ekonomideki gereksinimlerini karşılama işlevi olarak tanımlanır (Kazancıoğlu vd., 2003). Diğer bir anlatımla ormanlık, ormanların yetiştirilmesi, bakım ve onarımı, ormanların mal ve hizmetlerinden toplumun yararlandırılmasına ek olarak odun hammaddesinin çeşitli endüstri kuruluşlarınca işlenip yeni ürünler elde edilmesi ve bu ürünlerin ticaretini kapsayan orman içi ve orman dışındaki çalışmaların tümüdür (Gavcar vd., 1999).

Türkiye’de piyasanın endüstriyel odun hammaddesi talebinin %65’i Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından karşılanmakta olup orman işletmelerine ait gelirlerin en az %90’ı bu yolla sağlanmaktadır. OGM’nin yaptığı odun hammaddesi üretiminin yaklaşık %60’ını endüstriyel odun üretimi, bunun da %40’ını tomruk üretimi oluşturmaktadır (DPT, 2001). OGM’nin yıllık üretiminin yaklaşık 15 milyon m³’ü endüstriyel odun, 10 milyon steri ise yakacak odun olarak kullanılmaktadır. Özel sektör tarafından yapılan yıllık odun üretimi ise yaklaşık 3-3,5 milyon m³ (kavak) civarında gerçekleşmektedir. Ülkemizdeki yıllık odun hammaddesi tüketimi ise ortalama 23-24 milyon m³ yıl⁻¹’dir. Ülkemizde odun üretimi piyasa talebini karşılayamaz durumda olup endüstriyel odun hammaddesi talebinin %15’i başka ülkelerden ithal edilerek karşılanmaktadır (Kaplan, 2007, Acar vd., 2008). Burada odun üretimi ile tüketimi arasındaki ilişkiye bakıldığında; odun hammaddesi üretiminde miktar ve kalite bakımından hiçbir kayba yer bırakılmaması gerektiği açıkça görülmektedir.

Dünyada kabuksuz yuvarlak odun hammaddesi üretimi 3,5 milyar m³ olup, endüstriyel odun ürünleri sıralamasında birinci sırada tomruk, ikinci sırada lif yonga ve kağıtlık odun yer almaktadır (Bozkurt ve Derin, 1986). Ülkemizde doğal işletme ormanlarından 2000 yılında üretilen toplam 9,9 milyon m³/yıl endüstriyel odunun; %48’i

tomruk, %19'u lif-yonga odunu, %15'i kağıtlık odun, %4'ü maden direk, %2'si tel direk ve %12'si ambalajlık odundur (Konukçu, 2001). Ülkemizde odun hammaddesi üretimi 2003 yılında %8,6 oranında azalarak 7,3 milyon m³/yıl olarak gerçekleşmiştir. 2004 yılında ise lif-yonga odunu üretiminde azalma; sanayi odunu, tomruk, maden direği ile kağıtlık odun üretiminde ise artış gerçekleşmiştir. Bunun sonucunda toplam olarak yaklaşık 7,5 milyon m³/yıl odun hammaddesi üretimi gerçekleştirilmiştir (OGM, 2004). Ayrıca dünyada üretilen odun hammaddesinin en fazla %50'si yakacak vasıfta iken Türkiye'de bu miktar %64 oranındadır. Bunun nedenleri; alternatif yakıtların pahalı ve az olması ile ürünün taşınması sırasında uğradığı miktar ve kalite kayıpları sonucu sınıf değiştirmesi olarak sıralanabilir. Günümüzde, odun hammaddesi yerine kullanılabilen çelik ve plastik gibi pek çok malzeme bulunmasına rağmen, halen daha 10000 kadar kullanım alanı ile endüstride en fazla talebi odun hammaddesi görmektedir (Örs, 2001). Bu durum, odun hammaddesinin elastik olması, yenilenebilir ve estetik olması, sesi ve sıcaklığı az iletmesi, özgül ağırlığının düşük olması, direnç değerinin yüksek olması ve işlenmesi sürecinde diğer alternatiflere oranla daha az enerjiye gerek duyulması olarak açıklanabilir (Kazancıoğlu vd., 2003).

Ormancılık sektörü sadece odun hammaddesi sağlaması açısından değil, aynı zamanda sunduğu çeşitli hizmetler ile doğal yaşamın ve biyolojik çeşitliliğin korunmasında da önemli bir işleve sahiptir. Ormanların sunduğu hizmetler; erozyon, sel, çığ, fırtına, ekstrem iklim koşulları gibi doğal afetlere karşı doğayı ve doğa varlıklarını koruması, dinlenme ve eğlenme imkanı sağlaması, havayı temizlemesi, toprak ve su dengesini sağlaması, çevre koruma ve ulusal park görevi görmesi şeklinde sıralanabilir (Çepel, 1995; Addison ve Barber, 1997; Marshall, 2000; Kantarcı, 2000). Maddesel yönden orman ürünlerine ikame mallar bulunabilirken ormanın sunduğu diğer hizmetlere ikame edecek herhangi bir alternatif bulunmamaktadır.

Günümüzde dünya ekosistemi, küresel ısınma, plansız arazi kullanımı ve nüfus artışı gibi çeşitli etmenler nedeniyle bozulmaya başlamıştır. Bozulan çevrenin canlı hayatını olumsuz yönde etkilemeye başlaması sonucu, insanların çevreye olan duyarlılığı artmış ve yapılacak her tür faaliyetin çevresel etkilerinin göz önünde bulundurulması fikri önem kazanmıştır (OECD, 1994; Yiğit vd., 2002). Orman ekosistemi, bitkiler, hayvanlar, mikroorganizmalar gibi canlı varlıklar ile toprak, hava, su ve sıcaklık gibi fiziksel çevre faktörlerinden oluşan bir doğa parçasıdır (Çepel, 1995). Bu canlı ve cansız öğelerin her biri arasında bir ilişki zinciri bulunmaktadır. Biyolojik bir varlık olan orman, daima

meteorolojik koşullar (rüzgar ve kar gibi) ya da insan (odun üretim faaliyetleri, orman yol inşaatı ve eğlenme-dinlenme faaliyetleri gibi) kaynaklı çok sayıda faktörün etkisi altındadır. Bu ekosistemin bir elemanına yapılacak herhangi bir müdahalenin olumlu ya da olumsuz etkileri, başta orman olmak üzere havzadaki tüm kaynakları etkiler. Bu durum geçmişte yalnızca ekonomik kazanç amaçlı yapılan ve orman ekosistemine en büyük müdahale olan odun hammaddesi üretimi faaliyetlerinin artık çevresel duyarlılık, ergonomiklik ve ekonomiklik ölçütleri göz önüne alınarak planlanması gerekliliğini gündeme getirmiştir. Bu nedenle, ormancılık faaliyetleri sırasında orman ekosistemini oluşturan elemanlar arasındaki doğal dengenin korunması, orman kaynaklarının hem varlığının devam ettirilmesi hem de ormanlardan faydalanmanın sürdürülebilirliği açısından zorunlu olmuştur. Bu bağlamda, ormancılık faaliyetlerinin çevresel zararlarının belirlenmesine verilen önem daha da artmıştır (Kleine ve Heuvel, 1993; Ong ve Kleine, 1995; Acar ve Ünver, 2005b). Bu durum FAO (Food Agriculture Organisation) tarafından belirlenmiş, “odun hammaddesi üretim sistemlerinin seçiminde etkili olan göstergeler” içerisinde birinci sırada “ağaçlara, toprağa ve araziye verilen zararların azaltılması”, ikinci sırada ise “ürünün kalite ve miktarının artırılması” maddelerinin yer almasıyla belirtilmektedir (FAO, 1987).

Ormandaki odun hammaddesi üretim ve bölmeden çıkarma faaliyetleri sürdürülebilir ormancılığın en önemli öğelerindedir. Son yıllarda yapılan bazı çalışmalarda yıllık küresel hasadın 2010 yılından itibaren 5 100 milyon m³'e çıkacağı vurgulanmaktadır. Eğer var olan orman alanları yıllık olarak 15 milyon hektar daraltılmaya devam edilirse, 2010 yılında üretilen ortalama yıllık odun miktarı şimdiki %60 daha fazla, yaklaşık 1,6 m³ ha⁻¹ olacaktır (Dykstra ve Heinrich, 1996). Ülkemizdeki orman işletmeciliği, yıllık 900 milyon YTL döner sermayesi olan çok büyük bir sektördür. Bu döner sermaye gelirlerinin %99'u üretilen odun hammaddesi satışlarından elde edilmektedir (OGM, 2007a). Bu bağlamda, odun hammaddesinin üretim faaliyetleri sırasında uğradığı miktar ve kalite kayıpları büyük önem taşımaktadır.

Üretim sektöründe faaliyet gösteren tüm işletmelerde olduğu gibi orman işletmesinde de odun hammaddesi üretimi piyasa talebine uygun ticari standartlar göz önüne alınarak gerçekleştirilir. Bir odunun ticari değeri büyük ölçüde odunun çapına ve kalitesine bağlıdır. Odunlar üzerindeki budak, çatlak, lekelenme, çürüklük, eğrilik ve kırıklık gibi zararlar odun hammaddesinin kalitesini önemli oranda azaltır (OWAa, 2003). Orman içerisinde orman yolu kenarına indirilen odunlar istiflenmeden önce zarar görmüş kısımları kesilerek

düzgün hale getirilir. Zarar gördüğü için kesilen kısmın uzunluğu ve oluşan zararın şiddeti, odunun cinsinin ve kalitesinin değişmesine neden olabilmektedir. Odun hammaddesi kalite sınıfları, birbirlerinden sadece boyut bakımından değil maddi değer bakımından da farklılık gösterirler. Bu nedenle, odun hammaddesinde meydana gelen zararların belirlenmesi ve azaltılması için yeni yöntemlerin geliştirilmesi, orman işletmelerinin gelirinin artmasında önemli bir yer tutacaktır.

Ülkemizde yıllık üretilen ortalama 100 milyon adet tomruk ile ortalama 300 milyon adet ince çaplı odun hammaddesi, orman içerisinden araba yolu kenarına kadar ortalama 500 m mesafeden sürütülmektedir (Acar vd., 2008). Bu sürütme faaliyetleri sırasında meşcerede meydana gelen kayıplar; plansız, kontrolsüz ve uygun olmayan üretim metotlarının kullanılmasıyla doğrudan bağlantılıdır. Ayrıca üretimin eğitimsiz işçiler tarafından yapılmasından dolayı da meşcerede fazla zarar oluşmaktadır. Bu nedenle yapılan pek çok araştırmada üretim ekonomilerinin geliştirilmesi ve çevreye duyarlı uygun yöntemlerin bulunması hedeflenmektedir (Camp, 2002; Limbeck, 2003).

Odun hammaddesi üretim faaliyetleri sonucu meşcerede meydana gelen zararlar, hem gelecekte bu alanlardan elde edilecek kerestelik ağaçların kalite ve miktarında azalmalar oluşmasına hem de ormanın verimliliğinin olumsuz yönde etkilenmesine neden olacaktır (Spinelli, 1999). Meşcerede kalan ağaçlarda meydana gelen zararlar sonucu oluşan kayıplar, sadece bölmeden çıkarma çalışmaları sırasında zarar görmüş ağaçları değil, aynı zamanda yaralı olarak ayakta kalmayı başarmış fakat iyileşemeyen ağaçları da kapsar. Meşcerede kalan ağaçlarda oluşan yaralar, kabuk böcekleri için enfeksiyon odakları oluşturarak, ağaçların ticari değerinin düşmesine ve uzun vadede ise ağaçların tamamen ölmesine neden olmaktadır (Winkler, 1999).

Çalışmanın yapıldığı araştırma alanlarında, Doğu Ladini (*Picea orientalis* L. (Link)) üretilen odun hammaddesinin ana türünü oluşturmaktadır. Bu ormanlar, özellikle Ladin ağaçlarına zarar veren *Dendroctonus micans* (Kugelann) (Coleoptera: Scolytidae) ve *Ips sexdentatus* (L.) (Coleoptera: Scolytidae) kabuk böceklerinin çok ciddi tehdidi altındadır (Eroğlu vd., 2004). Bu nedenle ladin üretim alanlarında, üretim faaliyetleri sonucu meşcerede kalan ağaçlarda oluşan ve kabuk böcekleri için enfeksiyon odakları olan yaraların sayılarının ve yoğunluklarının tespit edilmesi gerekmektedir. Yaralar nedeniyle meydana gelen düşük reçine basıncı ağaçların böcek saldırılarına maruz kalma riskini artırmaktadır. Yapılan pek çok çalışmada üretim faaliyetleri ya da farklı nedenlerden dolayı yaralanmış ağaçların ormanda böcek zararını arttırıcı yönde etki yaptığı

vurgulanmıştır (Lempérière, 1994; Fielding ve Evans, 1997). Özcan vd. (2006) yaptıkları araştırmada, *Dendroctonus micans* (Kugelann) (Coleoptera: Scolytidae) kabuk böceğinin zarar verdiği 195 adet ağaçtan 86 tanesinin (%39,6) yaralı ağaçlar olduğu ve çalışma alanındaki tüm yaralı ladin ağaçlarının %88'inin böcek zararına uğradığını tespit etmişlerdir.

Bölmeden çıkarma faaliyetlerinin meşçereye olası negatif etkilerini belirlemek ve en aza indirmek, ormanların sürdürülebilir yönetimini başarmada çok büyük önem taşımaktadır. Bu da özellikle bölmeden çıkarma faaliyetinden sonra meşçeredeki zarar derecesini belirlemenin önemini ortaya koymaktadır. Odun hammaddesi üretim faaliyetlerinin meşçerede neden olduğu zararın tahmini, sürdürülebilir üretim teknolojilerinin gelişimiyle çok ilgilidir. Üretim faaliyetlerinin değerlendirilmesi, hem faaliyetlerin kalitesi hakkında veri sağlama hem de sürdürülebilir orman yönetimi için önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, dağlık arazide insan gücüyle zemin üzerinde sürütme faaliyetlerinin taşınan odun hammaddesi, meşçerede kalan ağaçlar, fidanlar ve orman toprağı üzerine etkilerinin belirlenmesi, bu değişimlerin üretim mevsimlerine (kış ve yaz üretimi) göre karşılaştırılması ve sürütülen odunda meydana gelen zararın önceden belirlenebilmesi için "bir zarar tahmin modelinin" geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Bu konunun seçilmesinde;

- Türkiye ormanlarının yaklaşık yarısının IUFRO sınıflamasına göre dik (%36-50) ve çok dik (%51<) arazi sınıflarında bulunması,
- Bölmeden çıkarma faaliyetinin çoğunlukla insan gücüyle zemin üzerinde sürütme metodu (%72) ile yapılması etkili olmuştur.

Tez kapsamında;

1. Meşçerede kalan ağaçlar, fidanlar ve orman toprağına olan zararların tespitinde kullanılacak sınıflandırma ve yöntemlerin belirlenmesi,
2. Odun hammaddesi üretim aşamalarından insan gücü ile zemin üzerinde sürüterek bölmeden çıkarma çalışmalarının meşçerede kalan ağaçlar, fidanlar ve orman toprağına meydana getirdiğı zararların tipleri ve şiddetlerinin belirlenmesi ile verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi,
3. Odun hammaddesi üzerinde meydana gelen zararların ortaya konulması ile elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi,

4. Sürütme mevsimine (kış/yaz) göre taşınan ürünlerde, meşcerede kalan ağaçlarda, fidanlarda ve orman toprağında meydana gelen değişimlerin karşılaştırılması,
5. Zemin üzerinde sürütme faaliyetlerinin çevresel etkilerinin ortaya konulması,
6. Taşınan odun hammaddesinde meydana gelen miktar kaybına ait bir zarar tahmin modelinin oluşturulması konuları araştırılmıştır.

Çalışma; giriş, yapılan çalışmalar, bulgular ve tartışma, sonuçlar ve öneriler olmak üzere beş ana bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde; konu ile ilgili genel bilgiler, zemin üzerinde sürütme faaliyetleri sırasında taşınan üründe ve meşcerede (kalan ağaç, fidan ve orman toprağı) meydana gelen zararlarla ilgili yerli ve yabancı çalışmaların özetlenmesi, odun hammaddesi üretim süreci ve taşınan odun hammaddesinde zarar tahmin modeli hakkında genel bilgiler anlatılmıştır. Yapılan Çalışmalar bölümünde; araştırma alanlarının sınırlandırılması ve planlanması ile çalışmada kullanılan materyal ve yöntemler açıklanmıştır. Materyal kısmı; araştırma alanının tanıtımı, orman varlığı, coğrafi, jeolojik ve iklimsel özellikleri ile çalışmanın gerçekleştirildiği üretim bölmelerinin seçimini içermektedir. Yöntem kısmında ise arazi, laboratuvar ve istatistik yöntemleri ile zarar tahmin modelleme çalışmaları yer almıştır. Bulgular ve Tartışma bölümünde; çalışma kapsamında yapılan arazi, laboratuvar, istatistik ve modelleme çalışmaları sonucu elde edilen bulgular verilmiş ve bu bulguların daha önce yapılmış çalışma sonuçları ile karşılaştırılarak tartışması yapılmıştır. Sonuçlar bölümünde, çalışma süresince yapılan ölçüm, araştırma, inceleme ve gözlemler ışığında elde edilen sonuçlar ortaya konulmuştur. Son bölüm olan öneriler bölümünde ise zemin üzerinde sürütme faaliyetinin taşınan ürün ve meşcereye olan zararlarının önüne geçilmesi için alınabilecek önlemler konusunda çeşitli öneriler sunulmuştur.

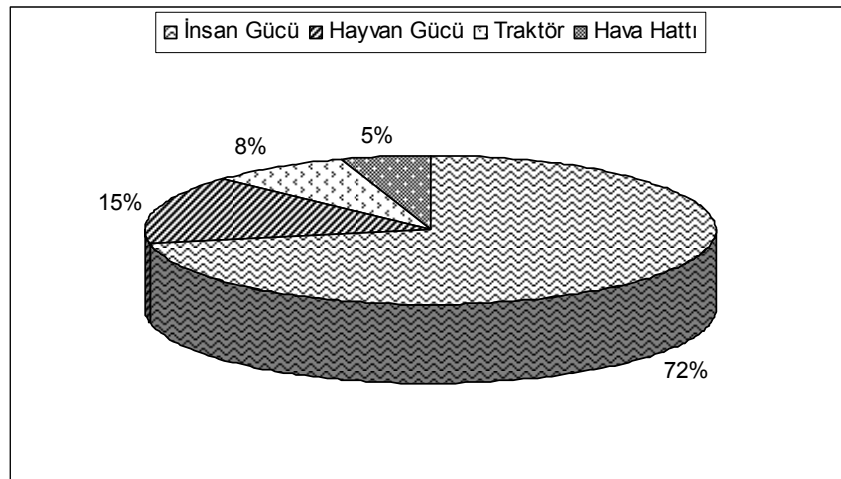
1.2. Odun Hammaddesi Üretimi

Asli orman ürünü olan odun hammaddesinin üretimi; idari yaşını doldurmuş, çap ve boy bakımından ergin hale gelmiş ağaçların piyasadaki yapacak ya da yakacak odun hammaddesi talebinin karşılanması veya orman işletmelerinin kazanç elde etmesi amacıyla kesilerek depolara taşınması sürecinde uygulanan faaliyetlerin tamamıdır (Erdaş, 1997).

Ormancılıkta odun hammaddesi üretimi; hasat, bölmeden çıkarma (primer transport aşaması) ve taşıma (sekonder transport aşaması) olmak üzere üç ana aşamadan oluşmaktadır. Hasat aşaması; ağaçların kesilmesi, budanması, kabuklarının soyulması ve

boylanması/tomruklanması işlemlerinden oluşmaktadır. Bölmeden çıkarma aşaması ise orman içindeki taşınmaya hazır hale getirilmiş olan odun hammaddesinin en yakın orman yolu kenarına taşınması olayıdır. Ülkemizde odun hammaddesinin bölmeden çıkarılmasında zemin üzerinde sürüterek (insan gücü, hayvan gücü, traktör) ya da hava hattı kullanılarak gerçekleştirilir. Üretim faaliyetlerinin son aşaması olan taşıma ise yol kenarına indirilen odun hammaddesinin kamyonlara yüklenerek orman depolarına ya da satış yerlerine ulaştırılmasıdır. Odun hammaddesi üretim faaliyetleri 6831 sayılı orman kanununun 40. maddesi gereğince orman köylüleri ya da orman köylülerini kalkındırma kooperatiflerine yaptırılmaktadır.

Türkiye ormanlarının yaklaşık yarısı, eğimin %44'ün üzerinde olduğu dağlık alanlarda yayılış gösterir (DPT, 2001). Bu nedenle bölmeden çıkarma aşaması, odun hammaddesi üretim aşamalarının en zor, pahalı ve çevresel zararı en fazla olan aşamasıdır. Türkiye'de en yaygın olarak kullanılan bölmeden çıkarma tekniği, yaklaşık %95 oranında zemin üzerinde sürütme yöntemidir. Ülkemizde zemin üzerinde sürütme; insan gücü (%72), hayvan gücü (%15) ya da traktör (%8) gücüyle gerçekleştirilir. Bunların yanı sıra tamamen askıda ya da bir ucu askıda olarak taşıma yapabilen hava hatları (%5) gibi makine gücüne bağlı basit ve ara teknolojiler de kullanılmaktadır (Erdaş ve Acar, 1993). Son yıllarda ince çaplı ürünlerin bölmeden çıkarılmasında oluk ve monorail sistemlerinin kullanılması da yaygınlaşmıştır (Acar ve Ünver, 2005a) (Şekil 1).



Şekil 1. Türkiye ormancılığında kullanılan bölmeden çıkarma teknikleri

Günümüzde, kalın çaplı ürünlerin bölmeden çıkarılmasında çevresel zararı en az olan yöntemlerin balon ve helikopter olduğu düşünülmektedir (Rollerson, 1990; Flatten, 1991; Blakeney, 1992). Fakat bu tekniklerin çok pahalı olmaları ve iş gücü arzının fazla olması nedeniyle tercih edilmemektedir.

Kalın çaplı odunların insan gücü ile bölmeden çıkarılması; atma, yuvarlama ve zemin üzerinde sürütme olmak üzere üç şekilde yapılmaktadır. Uygulamada en fazla zemin üzerinde sürüterek bölmeden çıkarma yöntemi kullanılmaktadır. Sürütme, kesilen ağacın tamamı ya da bir parçasının zemin üzerine temas eder şekilde çekilerek hareket ettirilmesi olarak tanımlanabilir.

Zemin üzerinde sürütme yönteminde odun hammaddesi, sabit ana sürütme yollarından veya sürütme yolu olmaması durumunda meşcere içerisinde işçinin uygun gördüğü yerden rastgele olarak sürütülerek orman yolu kenarına getirilmektedir. Ana sürütme yolları, canlılığını yitirmiş, üzerindeki bitki örtüsü kaldırılmış ve ürünün yukarıdan aşağıya taşınmasına izin verecek eğimde olan yerlerdir. Ülkemizde yapılan sürütme çalışmalarında ana sürütme güzergahı olarak genellikle kuru dere yatakları kullanılmaktadır. Bu dere yataklarında yapılan sürütme, dere yataklarının tabanının aşınmasına, derinleşmesine ve üzerinde bulunan kalıntı ve taşların sürütme yolu boyunca taşınmasına neden olmaktadır. Sürütme yollarında meydana gelen aşırı bozulma nedeniyle toprakta çok miktarda besin elementi kaybolmakta, sürütme süresince fazla su ve toprak akışı meydana gelmektedir. Ayrıca erozyonun ana kaynağı olan sürütme yolları, üretim alanlarının yakınında bulunan su kaynaklarının kirlenmesini ve nehirlerde sedimentasyonu da doğrudan etkilemektedir (Stuart ve Carr, 1991; Sun vd., 2001; Smidt ve Kokla, 2001) (Şekil 2).



Şekil 2. Araştırma bölmelerinde yer alan ana sürütme güzergahları

Zemin üzerinde sürütme yöntemi taşıma güzergahında bulunan ağaç ve fidanlar üzerinde kırılma, sökülme ve yaralanmalara, orman toprağında fiziksel ve kimyasal bozulmalara ve taşınan üründe ise mevcut dikili ağaçlara, taşlara ve zemine çarpma sonucu kalite ve miktar kayıplarına neden olmaktadır (Laffan vd., 2001; Ünver ve Acar, 2005).

1.3. Literatür Özeti

Bu bölümde, zemin üzerinde sürütme faaliyetlerinin sürütülen odunda, meşcerede kalan ağaçlarda, fidanlarda ve orman toprağında meydana getirdiği çevresel etkilerin belirlenmesine yönelik yapılmış çalışmaların literatür özeti verilmiştir.

1.3.1. İnsan Gücüyle Zemin Üzerinde Sürütme Faaliyetlerinin Odun Hammaddesi Üzerine Etkileri

Ormancılık sektörü, son ürün maliyeti ve satışına dayalı bir işletme olduğu için odun hammaddesinin en az kalite ve miktar kaybı ile bölmeden çıkarılması çok önemlidir. Odun hammaddesinde meydana gelen zarar, ürünün maddi değerinde meydana gelen azalma olarak tanımlanabilir. Bir odunun maddi değerinin belirlenmesinde en önemli faktörler gövde kalitesi ve ürünün boyutlarıdır. Zemin üzerinde sürüterek bölmeden çıkarma faaliyetleri sırasında taşınan odunda oluşan kayıp ve zararların nedenleri;

- Taşınan ürünün yüklemenin yapılacağı orman yolunun daha aşağısına yuvarlanması,
- Güzergâh seçiminin yanlış olması nedeniyle odunların meşcerede kalan ağaçlara takılması,
- Bakımsız sürütme güzergâhı üzerinde bulunan taş ve kayalara, meşcerede kalan ağaçlara çarpması sonucu yaralanması şeklinde sıralanabilir.

Parker (1998) sürütme faaliyetleri sırasında oluşan yaraların, sürütme sırasında kontrolün kaybedilmesi ve odunun yerinden oynamış toprak, taş ve kaya gibi materyallere çarpmasından meydana geldiğini belirtmiştir. Bunların sonucunda oluşan zararlar, odunların uç kısımlarında kırılma, saçaklanma ya da taş saplanması şeklinde olurken gövde üzerinde soyulma ya da yaralanma şeklinde oluşmaktadır.

Zemin üzerinde sürütme sırasında sürütülen odunda çeşitli zararlar meydana gelmektedir. Sürütmeden kaynaklanan zararın miktarı; sürütme güzergahının durumu,

sürütme güzergahları üzerinde üretim kalıntılarının bulunması, sürütme yollarının varlığı, meşcerenin sıklığı, arazinin engebелiliđi ve çalı örtüsünün miktarı gibi çeşitli etmenlere bağlıdır (Wang vd., 2004).

FAO (1998a) sürütölen odunda en yaygın olarak oluşın zararların, odunların uç kısımlarda kırılma ve saçaklanmaların olduğu belirtmiştir Aralama faaliyetleri nedeniyle odun hammaddesi ve meşcerede kalan ağaçlarda meydana gelen yaraların ve kırılmaların, üretim maliyetlerini, toplam ürün miktarını ve gelecekte ormanlardan elde edilecek odun hammaddesinin kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Valinger vd., 1996; Lageson, 1997; Kluender vd, 1998; Spinelli, 1999; Pape, 1999; Stevens vd., 2000). Başka çalışmalarda, iğne yapraklı odunların kalitesinin, odunun çapına ve boyuna, üzerindeki bozuklukların boyutlarına, yerine ve şekline bağlı olarak değiştini vurgulamışlardır (Carmean ve Boyce, 1974).

Gürtan (1975), Artvin ve Trabzon Orman İşletme Müdürlüklerinde (OİM) yaptığı araştırma sonucunda, çalışma alanlarında kesme ve bölmeden çıkarma işlemleri sırasında odun hammaddesinde %15-17 oranında hacim kaybı oluştuğunu ortaya koymuştur. Aynı çalışmada odun hammaddesinde oluşın nitelik değişmesi nedeniyle her kalite sınıfı arasında %10 oranında bir kayma olduğu belirlenmiştir. Acar ve Dinç (2001), kar örtüsünün az olduğu yerlerde odun hammaddesinin zemin üzerinde sürütölerek bölmeden çıkarılması sırasında üründe meydana gelen miktar kaybını %13, kalite kaybını ise %39,7 olarak belirlemişlerdir.

Magnusson vd. (1999), ormanda bulunan toplam odun hammaddesi hacminin %63'ünün kesilip bölmeden çıkarıldığı bir alanda, üretilen toplam odun hacminde 44 ile 107 m³ ha⁻¹ arasında azalmalar meydana geldiğini ortaya koymuşlardır. Murphy vd. (1985) odun hammaddesi üretimi ve sürütme faaliyetleri sırasındaki bozulmalar nedeniyle ağacın değerinde %40'dan fazla kalite kayıplarının oluştuğunu belirlemişlerdir.

Taşınan odun hammaddesinde meydana gelen zararlar üzerine yapılan bir çalışmada, geleneksel tekniklerle odun hammaddesi hasadı yapılması sırasında ürünün %16'dan fazlasının zarar gördüğü tahmin edilmiştir (Favreau, 1998). Geleneksel üretim teknikleri kullanılan bir alanda, taşınan odunların %32'sinde genişliği 8 cm'nin üzerinde olan yaraların meydana geldiğini ve gövdenin orta kısmında %30'luk zarar oluştuğunu belirlenmiştir (Legere, 2001). Üretilen gövdelerin %5'inin dip kısımlarında önemli zararlar oluştuğu ve odun çapı arttıkça meydana gelen zararın da arttığı belirlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada odun hammaddesinin bölmeden çıkarılması sırasında meydana gelen toplam miktar kaybının %90'ını gövde kırılmaları (%81,8) ve meydana çıkmamış çürümelerin (%8,2) oluşturduğunu belirlemişlerdir (FAO, 1998b). Aynı şekilde odun hammaddesinde oluşan miktar kaybı, Winkler (1997), Brezilya'da geleneksel üretim tekniğinde %8,5, Gerwing vd. (1996) ise Doğu Amazon'da $1,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ olarak tespit etmişlerdir.

Holmes vd. (2002) üretim zararlarını azaltıcı tekniklerle üretim planlaması yapılan ve yapılmayan alanlardaki çalışmalarında, odunların uygunsuz şekilde atılması sonucu oluşan miktar kaybının, planlama yapılan alanda $0,85 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, planlama yapılmayan alanda ise $1,97 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ olduğunu belirlemişlerdir. Acar (1994) yaptığı çalışmada, odun hammaddesinin en az zararla bölmeden çıkarılmasının önemini ortaya koymuştur. Bunun için amenajman ve silvikültür planlarından elde edilen veriler ile topoğrafik ve ekonomik koşullar dikkate alınarak matematiksel ve istatistiksel yöntemlerle en uygun bölmeden çıkarma metodunu belirlemiştir.

1.3.2. İnsan Gücüyle Zemin Üzerinde Sürütme Faaliyetlerinin Meşcerede Kalan Ağaçlar Üzerine Etkileri

Yapılan pek çok çalışmada, meşcerede kalan ağaçlarda oluşan zararların genellikle üretim ve zemin üzerinde kontrolsüz yapılan sürütme faaliyetlerinden kaynaklandığı vurgulanmıştır (Johns vd., 1996; Whitman vd., 1997; Pereira vd., 2002). Üretim faaliyetleri sırasında meşcerede kalan ağaçlarda oluşan zararın miktarı pek çok çalışmada değişik faktörlere bağlanmıştır. Hendrison (1990) meşcerede kalan ağaçlardaki zararı doğrudan kesilen ağacın sayısı ve hacmine bağlarken, Webb (1997) üretim ve zemin üzerinde sürütme aktivitelerine bağlı olduğunu ifade etmiştir. Bu zararlar, genellikle üretim planı, kullanılan üretim metodu, ekipman boyutu ve tipi, sürütülen odun hammaddesinin miktarı ve uzunluğu, üretim işçilerinin becerileri, üretim faaliyetlerinin denetlenmesi ve silvikültürel müdahale tipine bağlı olarak değiştiği düşünülmektedir (Nevill, 1997; Matzka ve Kellog, 2003). Ayrıca meşceredeki zarar, bölmeden çıkarma faaliyetleri öncesi ve sonrası meşcerenin sıklığı ve arazi eğimi ile de doğrudan ilişkilidir (Hassler vd., 1999; Heitzman ve Grell, 2002).

Üretilen odun hammaddesi miktarının fazla olması durumunda meşceredeki zarar üzerinde, sürütme yerleri ve yolları çok etkin bir faktördür. Bir çok çalışmada bölmeden

çıkarma faaliyetleri sırasında meşcerede kalan ağaçlarda oluşan yaraların çoğunun sürütme yolları ve sürütme yerleri gibi ana taşıma güzergahları çevresinde meydana geldiği belirtilmiştir (Bettinger ve Kellog, 1993; Nichols vd., 1994; Stehman ve Davis, 1997; Han ve Kellog, 2000a,b). Bunun yanında, Johnson ve Cabarle (1993) meşcerede sürütme yerleri çevresindeki ağaçlarda oluşan zararı %26 ile %75 arasında belirlemiştir. Gullison ve Hardner (1993) bu zararın, ana sürütme yollarının mümkün olduğunca doğru olarak tasarlanması durumunda %25 oranında azaltılabileceği ortaya koymuşlardır. Farklı olarak Holota (2005), sürütme yolları üzerinde taşımının meşceredeki sürütme zararını tüm alandaki sürütmeye oranla azalttığını belirtmiştir. FAO (1993) ise yoğun üretim ve kontrolsüz devirme faaliyetlerinin ormanın %70'ine zarar verdiğini, seçme işletmesi yapıldığında ise meşcerenin %30 ile %40'ının zarar gördüğünü tespit etmiştir.

Ormanda bulunan ağaçların az bir kısmı kesilse bile ormanın büyük bir kısmı bu işleminden etkilenmektedir. Meşceredeki ağaçların %2'sinden azının kesilip taşınmasına rağmen meşcerede kalan ağaçların %26'sının öldüğü ya da yaralandığı belirlenmiştir (Uhl ve Vieira, 1989; Whitmore, 1990; Uhl vd., 1997). Hektarda yalnızca 1 ya da 2 ağacın kesilip bölmeden çıkarıldığı alanlarda tüm ormanın yaklaşık %10'unun zarar gördüğü ortaya konulmuştur (Bundestag, 1990). Benzer şekilde Fjeld ve Granhus (1998), üretim yoğunluğu ortalama $116 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ olan Avrupa ladini (*Picea abies* (L.) H.Karst.) meşceresinde ortalama yaralanma oranını %11,4 olarak belirlemiştir. Çalışma sonucunda, yaralanma oranı üzerinde müdahale şekli ve ağaç boyutunun önemli derecede etkili olduğu ortaya konulmuştur. Meşcerede kalan ağaçların %62'sinde gövde, %36'sında tepe ve %12'sinde kök zararı meydana geldiği tespit edilmiştir.

Verimli ormanlarda yapılan pek çok çalışmada, üretim yoğunluğu $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ 'dan fazla olan ya da 10 adet ha^{-1} 'dan fazla ağacın kesildiği alanlarda bölmeden çıkarma faaliyetleri sırasında meşcerenin %50'sinden fazlasında çeşitli zararların oluştuğu rapor edilmiştir (Schmid ve Mata, 1993; Cannon vd., 1994; Pinard ve Putz, 1996; Bertault ve Sist, 1997; Sist vd., 1998). Başka bir çalışmada, üretim yoğunluğunun $12,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ olduğu meşcerede odun hammaddesi üretimi sırasında tüm meşcerenin %45,8'inin zarar gördüğü tespit edilmiştir (Jackson vd., 2002). Üretim faaliyetleri sırasında meşcerede kalan ağaçlarda belirlenen en yaygın zarar tipleri; kökünden sökülme ve kabuk soyulmasıdır. Zararların büyük çoğunluğunun kesme ve sürütme sırasında meydana geldiği ifade edilmiştir. Egan (2003), ağaçların %38'inin kesildiği bir alanda, meşcerede kalan ağaçların %13'ünün zarar gördüğünü ve bu zararların %68'inin sürütme faaliyetleri sırasında

meydana geldiğini belirlemiştir. Fajvan (1998), hektardaki ağaç sayısı ile meşcere zararı arasında anlamlı bir ilişki olduğunu, taşınan ağaç sayısı ile zarar gören ağaç sayısı arasında ise anlamlı bir ilişki olmadığını ortaya koymuştur.

Elias (1995), üretim yoğunluğunun fazla olduğu alanlarda, meşcerede kalan ağaçların %22'sinde devrilme, %4'ünde gövde kırılması, %8'inde tepe zararı, %2'sinde kabuk ve diri odun yaralanması meydana geldiğini ve bu yaraların %82'sinin çok şiddetli, %13'ünün ise orta derecede şiddetli yaralar sınıfında yer aldıkları belirlenmiştir.

Amazonlarda geleneksel teknikler kullanılarak yapılan bölmeden çıkarma çalışmalarında, toprak örtüsünde dağılmalar, dikili ağaçlar ve fidanlarda zararlar ile ölümlerin olduğu bir çok çalışmada vurgulanmıştır (Johns vd., 1996; Uhl vd., 1997; Pereira vd., 2002). Hendrison (1990), geleneksel teknikler ile 8-10 ağaç ha⁻¹'in (20 m³) kesilip bölmeden çıkarılması sırasında, ormanlık alanın yaklaşık %14'ü zarar görürken kontrollü kaydırmada yalnızca %8'inin zarar gördüğünü ortaya koymuştur. Aynı çalışmada, kontrollü sürütme faaliyetleri sırasında meşcereye verilen zarar %5-8 iken meşcerenin %14'ünden fazlasının etkilediğini belirlenmiştir. Crome (1992), Avustralya'da seçme üretimi yapılan alanlarda sadece 6,6 ağaç ha⁻¹ kesilmesinin 146,7 ağaç ha⁻¹ zarar oluşturduğunu tespit etmiştir. Ayrıca üretim sırasında toprak üzerinde oluşan sürütme izlerinin toplam alanın %5'ini kapladığını belirlemiştir.

Sist ve Bertault (1998), üretim faaliyetlerinin meşcerede kalan ağaçlarda %21 oranında yaralanma ve %19 oranında ölümlere neden olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, kesme faaliyetleri sırasında genelde gövde yaralanmaları ve tepe zararlarına meydana gelirken sürütme faaliyetleri sırasında sökölme ve ölümlerin meydana geldiği ortaya konulmuştur. Ayrıca zarar azaltıcı teknikler uygulanan alanlarda meşcerede kalan ağaçlardaki zararın (%30,5) geleneksel teknikleri uygulanan alanlardakinden (%48,1) belirgin bir şekilde daha düşük olduğu bulunmuştur. Meşcerede kalan ağaçlarda meydana gelen zararın, üretim yoğunluğunun 80 m³ ha⁻¹'i aşmayacak şekilde planlanması ve faaliyetlerin denetlenmesi yoluyla azaltılabileceği kanıtlanmıştır. Bu teknik önerilere uyulması durumunda, yaklaşık 100 ağaç ha⁻¹ meydana gelen üretim zararının %20 oranında azaltılabildiği ortaya konulmuştur. Benzer şekilde Priyadi (2003) yaptığı çalışmada, farklı üretim yoğunluğundaki zarar azaltıcı teknikler üretim teknikleri ve geleneksel üretim teknikleri uygulanan alanlardaki meşcere zararını tespit etmiştir. geleneksel üretim teknikleriyle 20-50 cm çap sınıfında meydana gelen zararı, düşük ve yüksek devirme yoğunluklarına göre sırasıyla %22 ve %27 olarak; 50 cm ve üzerindeki

çap sınıflarında ise %3,9 ve %6 olarak belirlemiştir. Zarar azaltıcı üretim teknikleri kullanıldığında ise 20-50 cm çap sınıfındaki zararı %10 ve %29 olarak; 50 cm'nin üzerindeki çap sınıflarında ise zararın sadece %1 ve %6 olduğu belirlenmiştir.

Johns vd. (1996) planlı ve plansız olarak yapılan üretim faaliyetlerini karşılaştırdıkları çalışmada, planlanmamış üretim faaliyetleri sırasında, planlananlara göre yaklaşık 2 kat daha fazla ağacın zarar gördüğünü belirlemiştir. Froehlich vd. (1981) tarafından yapılan diğer bir araştırmada, planlanmamış sürütme çalışmalarında, meşcerede kalan ağaçların yaklaşık %25-30'unun yaralandığını, planlanmış ve sürütme yolları üzerinde yapılan sürütme çalışmalarında ise meşcerede kalan ağaçların sadece %9'unun zarar gördüğü ifade edilmiştir.

Silvikültürel müdahaleler açısından değerlendirildiğinde, meşcerede kalan ağaçlarda en fazla zararın ve ölümlerin, aralama ve seçme işletmelerinin uygulandığı alanlarda meydana geldiği belirlenmiştir (Verissimo vd., 1992; Anderson, 1994; Nyland, 1994; Francklin vd, 1997; Pereira vd., 2002). Seçme işletmesi uygulanan Kuzey Belize'deki üretim alanlarında fidanların %15'inin ve meşcerede kalan ağaçların %50'sinin, Malezya'da çapı 30 cm'den büyük olan ağaçların %30'unun ve Doğu Kalimantan'da ise %40'dan fazlasının zarar gördüğü rapor edilmiştir (Bertault ve Sist, 1995; Whitman vd., 1997). Ayrıca bazı çalışmalarda, seçme işletmesi yapılan üretim alanlarında, meşcerede kalan ağaçlarda oluşan zararlar sonucunda meşcerenin sıklığı ve tepe kapalılığının %20-40 oranında azaldığı belirlenmiştir (Uhl ve Kauffman, 1990; Verissimo vd., 1992). Grup işletmesi uygulanan ormanlarda ise meşcerede kalan ağaçlarda oluşan zararlar %16,8 olarak tespit edilmiştir (Hassler vd., 1999).

Aralama yapılan alanlarda, sürütme faaliyetlerinin dışbudak (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh.) ağaçlarının %50'sinde ve çitlembik (*Celtis laevigata* Willd.)'in %60'ında zarar oluşturduğu tespit edilmiştir. Ayrıca zarar görmüş ağaçların yaklaşık %62'sinin meşceredeki zararın yayılmasına neden oldukları rapor edilmiştir. Ağaçlarda meydana gelen yaraların şiddeti genellikle düşük olup en fazla %35 oranında orta şiddetli yara sınıfında olduğu tespit edilmiştir (Meadow, 1993). Benzer olarak zemin üzerinde sürüterek bölmeden çıkarma yapılan alanlarda meşcerede kalan ağaçların yaklaşık %80'inin zarar gördüğü belirlenmiştir (Solgi ve Najafi, 2007).

Meşcerede kalan ağaçlarda oluşan yaralar, doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki tür etkiye sahiptir. Yaraların doğrudan etkileri; ağaç gövdesinin deforme olması, yara yerlerinde çürümeler oluşması ve zamanla ağaçların güçsüzleşip kabuk böceği ve mantar

saldırısına karşı zayıf hale gelmesi şeklinde sıralanabilir. Meşcerede kalan ağaçlarda oluşan yaraların dolaylı etkileri ise ağaç üzerinde negatif görsel etkiler meydana getirip meşcerenin estetik değerini azaltması ve alanın rekreasyon amaçlı kullanımını olumsuz etkilemesidir (Schmid ve Mata, 1993). Meşcerede kalan ağaçlarda oluşan yaraların şiddeti; ağacın türü, üretim mevsimi, yaranın gövde üzerindeki yeri, yaranın tipi ve yaranın boyutu gibi değişik faktörlere bağlıdır.

Ağaç türleri bakımından Athanassiadis (1997), İsveçte 30 yaşındaki saf Avrupa ladini (*Picea abies* (L.) H.Karst.) meşceresi ile 90 yaşındaki Avrupa ladini (*Picea abies* (L.) H.Karst.), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), huş (*Betula pendula* Roth) ve titrek kavak (*Populus tremula* L.) karışık meşcerelerinde yapılan aralama faaliyetlerinde zararın homojen olarak dağıldığını tespit etmiştir. Bunun yanında başka bir çalışmada ladin (*Picea subs.*) gibi ince kabuklu türlerin diğer türlere oranla yaralanmalara karşı daha hassas oldukları belirlenmiştir. Üretim faaliyetleri sırasında boylu mazı (*Thuja plicata*) gibi çok kırılğan türlerin diğer türlere oranla daha fazla zarar gördüğünü belirlenmiştir (McNeel ve Copithorne, 1996),

Meşcerede kalan ağaçlardaki yaralanma miktarını etkileyen en önemli nedenlerden birisi de üretim mevsimidir. Bahar aylarında yapılan üretim faaliyetleri sırasında meydana gelen yaralar, yılın diğer zamanlarında meydana gelen yaralardan genellikle daha büyüktür (Han ve Kellog, 2000a). Yılmaz ve Akay (2008)'de belirttikleri gibi Türkiye'de yaz üretim mevsiminde üretim faaliyetleri nedeniyle meşcerede kalan ağaçlarda oluşan yaraların sayısı ve büyüklükleri oldukça yüksektir.

Yaralar gövde üzerinde buldukları yere göre; kök ve gövde yaraları olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Zemin üzerinde sürütme ve kontrolsüz kaydırma diğer bölmeden çıkarma yöntemlerine oranla çok daha şiddetli kök yaralarına neden olmaktadır. Özellikle sürütme güzergâhı yakınında bulunan kökler her odun geçişinde tekrardan zarar görebilmektedir. Maloy (1979), zemin üzerinde sürütme faaliyetleri sırasında meşcerede kalan ağaçlarda oluşan yaralardan ağaç sağlığı için en tehlikeli olanlarının ağacın dip kısmına yakın yerlerde meydana gelenlerin olduğunu belirtmiştir. Bu yaralar, maddi değer kaybına neden olmalarının yanında zemine yakın olmaları ya da temas etmeleri nedeniyle ağaçlara mantar ya da böcek arız olması riskini artırmaktadır (Atta ve Hayes, 1987). Bir ağacın miktar ve kalite bakımından ticari değeri, çoğunlukla dip kısmına yakın yerlerdeki tomruklarda olduğundan, bu bölgelerde oluşan yaralar ağacın değerini büyük ölçüde azaltmaktadır (Aho vd., 1989; OMNR, 2003). Rönnberg (2000), Avrupa ladini (*Picea*

abies (L.) H.Karst.) meşcerelerinde yaz ve kış üretimlerinde meşcerede kalan ağaçların %37'sinde kök yarası oluştuğunu ve bu yaraların %54'üne mantar arız olması sonucu enfeksiyonların oluştuğunu tespit etmiştir. Meşcerede kalan ağaçlarda oluşan yaraların, ağaçları mantar ve böcek saldırılarına karşı daha hassas hale getirmesi ve bunların çevredeki ağaçlara yayılma olasılıkları nedeniyle üretim sonrasında meşceredeki ağaçlarda ölümler artmıştır (Brown, 1998). Aynı şekilde Sowa vd. (2005) kök yaralarının diğer yaralardan dört kat daha fazla zarara neden olduğunu tespit etmişlerdir. Caspersen (2006), üretim faaliyetinden sonra meşcerede kalan ağaçlarda %6 oranında ölümler meydana geldiğini tespit etmiştir.

Gövde yaraları genellikle ağacın kök gelişimini etkilemese bile ticari değerini düşürebilmektedir. Ağaç gövdelerinde görülen en yaygın zarar tipleri kabuk soyulması ve diri odunun açığa çıkmasıdır (Han ve Kellog, 2000b; Youngblood, 2000). Diri odunda oluşan yaraların güneş ışığına maruz kalmaları durumunda gövde üzerinde güneş yanıkları, zamanla çürüme ve renk değişimi, ağacın gövdesinde kalite kaybı ve ağaçların çap gelişiminde olumsuzluklar meydana gelmektedir (Lamson, 1988; Dvorac, 2004; Ünver ve Acar, 2005). Yılmaz ve Akay (2008) kesme ve sürütme faaliyetleri sırasında meşcerede kalan ağaçlarda oluşan yaralanmaları inceledikleri çalışmada oluşan yaraların %56,14'ünün kabuk ve %42,11'inin diri odun yarası olduklarını ortaya koymuşlardır.

Diri odun yarasının dolaylı etkileri ise yaralanma sonucu zayıf düşen bireylerde kar ve rüzgar devriklerinin oluşabilmesidir. Ayrıca meşcerede kalan ağaçlarda oluşan yaralar, böcekler ve mantarlar için vazgeçilmez bir besin kaynağı ve enfeksiyon odakları oluşturmaktadır. Bu durum ise ormanın mantar ve kabuk böceği saldırısına maruz kalması riskinin artmasına ve sağlıklı meşcerelerin zarar görmesine neden olur (Can, 2005). Ormanda böcek ya da mantar zararının bulunması, ormanın hayatiyetini tehdit ederek ekosistemin bozulmasına, üretilecek odun hammaddesinin miktar ve kalite bakımından ekonomik kayba uğramasına, ormanın çevreye sunduğu hizmetlerin olumsuz yönde etkilenmesine ve bu tehditle mücadelede çok miktarda maddi harcamalar yapılmasına neden olmaktadır (Smith vd., 1994).

Batı Virginia'da 60 yaşındaki kiraz (*Prunus avium* L.) ve akçaağaç (*Acer ssp.*) karışık meşceresinde aralama faaliyetleri sırasında hektardaki 47 adet ağacın %18-42'sinin diri odun yaralanmalarına ve %22-45'inin kopma ve eğilmelere maruz kaldığı belirlenmiştir (Lamson vd., 1985). Aynı şekilde üretim sırasında meşcerede kalan ağaçların %38'inde diri odun yarası tespit edilmiştir. Bu yaraların yaklaşık %88'i, çapı 28 cm'den az

olan bireylerde gerçekleşmiştir (Lamson vd., 1984). Aralama kesimlerinde %10'a kadar olan zararlar kabul edilebilir seviyede olup %25'i aşan zararlar ise kabul edilemez seviyededir (Gillespie, 2001).

Meşcerede kalan ağaçlarda yaralanma dışında oluşan zarar tipleri tepe kırılması, gövde kırılması, sökülme ve devrilme şeklinde sıralanabilir. Tepe zararı ağacın ticari değerinin azalmasında en küçük etkiye sahip olan zarar tipidir. Çünkü ağacın tepe kısmındaki hacim, ticari hacmin çok küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Tepe kırılmalarının en büyük zararı, ağacın büyümesini yavaşlatmasıdır (OWAb, 2003). FAO (1997) kesim faaliyetleri sırasında üretim alanlarındaki 531 ağacın zarar gördüğünü ve bu ağaçların da %46,1'inin sökülme, %52,5'inde tepe zararı ve %6,2'sinde ise kabuk yarası meydana geldiği tespit edilmiştir. Aho vd. (1989), aralama faaliyetleri sırasında meşcerede %22-50 oranında tepe zararı belirlemişlerdir. Verissimo vd. (1995), meşcerede kalan ağaçlarda meydana gelen zararın %68'inin sürütme faaliyetleri sırasında oluştuğunu ve ağaçların %29'unda gövde kırılması, önemli tepe kayıpları ve yaygın kabuk soyulması meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Clatterbuck (2006), üretim faaliyetlerinin meşcerede kalan ağaçların %43'ünden fazlasına zarar verdiğini ve bu zararların %64-72'sinin gövde, %20'sinin tepe zararı olduğunu bulmuştur. Büyük çaplı ağaçlarda oluşan yaraların küçük çaplılara oranla daha şiddetli olduğunu belirtmiştir. Başka bir çalışmada bölmeden çıkarma faaliyetleri sırasında meşcerede kalan ağaçların %6'sında ciddi yaraların oluştuğu ve bu ağaçların gelecekteki değerinin %16 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Miller vd., 2001).

Yaralanmış ağaçlardaki zararın artışını etkileyen en önemli faktörler yaranın boyutu ve yeridir. Sowa ve Stanczykiewicz (2004) yaptıkları çalışmada, kesimden sonra meşcerede kalan ağaçların %7'sinin zarar gördüğünü, yaraların %43'ünden fazlasının çok şiddetli yaralar olduğunu, yaraların ortalama alanlarının 77 cm^2 ve gövde üzerindeki ortalama yüksekliklerinin ise 80 cm olduğunu belirlemişlerdir. Reisinger ve Pope (1991) meşcerede kalan ağaçlardaki yaraların %70'inde yara alanının 645 cm^2 'den büyük olup meşcerede kalan ağaçlardaki tüm yaraların ortalama alanının 2210 cm^2 olduğunu belirlemişlerdir.

Klun ve Poje (2001), üretim faaliyetlerinin meşcerede kalan ağaçların %62'sinde mekanik yaralar oluşturduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışmada, belirlenen yaraların %42'sinin alanı 100 cm^2 'den büyük olup bunun da %33'ünün 200 cm^2 'nin üzerinde bir alana sahip olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde Froese ve Han (2006) ise üretim faaliyetlerinin, meşcerede kalan ağaçlarda ortalama $499,5 \text{ cm}^2$ boyutunda yaralar

oluşturduğunu ve bu yaraların %67,2'sinin 0-200 cm² arasında bulunduğunu tespit etmiştir. Yaraların %84'ünün 194 cm²'den küçük, %9'unun 194-645 cm² arasında ve %7'sinin 645 cm²'den büyük olduğu bulunmuştur. Çalışmada, alanı 387 ile 968 cm² arasında olan yaraların en geç 10 yıl içerisinde önemli çürümelere neden olduğu belirtilmiştir.

Howard (1996), üretim faaliyetleri sırasında meşcerede kalan ağaçlarda oluşan yaraların %12'sinin zeminden 10 cm yükseklikte, %33'ünün 10-30 cm ve %55'inin 30-50 cm arasındaki yüksekliklerde oluştuğunu tespit etmiştir. Piskur (2001), üretim faaliyetlerinin meşcerede kalan ağaçların %28,9'unda mekanik yaralar oluşturduğunu ve bunun iğne yapraklı bireylerin ekonomik değerini ortalama %10,4 oranında azalttığını tespit etmiştir. Ladin ağaçlarında bu değer azalması %21,7 olup değer kayıplarının %85'i gövdenin 8-10 m yüksekliklerinde meydana gelmiştir.

Bacher (1999), kesme ve bölmeden çıkarma faaliyetleri yüzünden yaralanmış ağaçların ortalama değerini %10 olarak bulmuştur. Bu bulgulara ek olarak Bettinger ve Kellogg (1993), 47 yaşındaki duglas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco) karışık meşceresinde yaralanmış ağaçların toplam meşcerenin %39,8'ini, Han ve Kellogg (1997) ise %31,9-41,3'sini oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Yapılan bir çalışmada, meşcereden uzaklaşan göğüs yüzeyi alanı ile yaralanmış ağaç yüzdesi arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur (Bertault ve Sist, 1997). Bu sonuç, farklı aralama teknikleri uygulanmasına rağmen üretim yoğunluğunun meşceredeki zarar üzerinde önemli bir öge olduğunu göstermiştir (Sist vd., 1998). Buna karşılık Nichols vd. (1994), olası ağaçlarda yaralanmanın, sürütme yeri ile çevresindeki ağaçlar arasındaki mesafeyle ters yönde ilişkili olduğunu tespit etmiştir.

1.3.3. İnsan Gücüyle Zemin Üzerinde Sürütme Faaliyetlerinin Fidanlar Üzerine Etkileri

Yapılan çalışmalarda, zemin üzerinde sürütmenin orman toprağında oluşturduğu zarar sonucu ana sürütme yolları yakınında bulunan 9-18 yaşındaki batı sarıçamı (*Pinus ponderosa* Douglas ex Lawson), 5 yaşındaki loblolly çamı (*Pinus taeda* L.) ve 32 yaşındaki duglas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco) fidanlarının büyümelerinde azalma olduğu belirtilmiştir (Wert ve Thomas, 1981; Lockaby ve Vidrine, 1984; Froehlich vd., 1986; Brais, 2001).

Guariguata ve Pinard (1998) üretim faaliyetleri nedeniyle zeminin büyük oranda zarar görmesi, zemin üzerindeki kalıntıların taşınması, zemin yüzey sıcaklığının yükselmesi ve toprağın sıkışmasının uzun dönemde ağaç gelişimini olumsuz yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Bunun yanında bazı çalışmalarda, kapalılığın azalması sonucu bitkilerin gün ışığına maruz kalma süresinin artması, vejetasyon rekabetinin azalması ile büyümenin olumlu yönde etkilendiği belirtilmiştir (Montagnini vd., 1996; Harms ve Dalling, 1997; Magnusson vd., 1999; Fredericksen ve Mostacedo, 2000).

Seçme işletmesi uygulanan Kuzey Belize'deki üretim alanlarında fidanların %15'inin üretim faaliyetlerinden zarar gördüğü tespit edilmiştir (Whitman vd., 1997). Hosseini vd. (2000), seçme işletmesi yapılan, değişik yaşlı ve karışık meşcerelerde insan gücüyle ve kablo çekimi sistemi ile sürütme yapılan iki farklı bölmede meşcerede oluşan zararları incelemişlerdir. Bu çalışmada, insan gücüyle zemin üzerinde sürütme faaliyetleri sırasında gençliğin yaklaşık %8,7'sinin yaralandığı ve %2,3'ünün kırıldığı ya da söküldüğü tespit edilmiştir. Kablo ile çekme sisteminde ise gençliğin %4'ünün yaralandığı ve %1'inin kırıldığı ya da söküldüğü belirlenmiştir. Sürütme faaliyetlerinin neden olduğu zarar seviyeleri kablo çekimi faaliyetlerine oranla fidelerde ve orta boy fidanlarda oluşan zararların yaklaşık 2 katı ve büyük boy fidanlarda ise 10 katından fazla olduğu görülmüştür.

Pek çok çalışmada zemin üzerinde sürüterek bölmeden çıkarma çalışmaları sırasında meşcerede kalan fidanların şiddetli zarar gördüğü ya da öldüğü tespit edilmiştir. Fidanlarda oluşan zarar oranını, Youngblood (1990) %29, Nyland (1994) çapı 15 cm'den küçük olan fidanlarda yaklaşık %15, Vorob vd. (1994) %52-56, Westerberg ve Berg (1994) %48, Hosseini (1996) %17,52, Whitman (1997) %15, Alahie (1997) %14,5 ve Sikström ve Glöde (2000) %52 olarak belirlemişlerdir. Batı Virginia'da 60 yaşındaki bir kiraz-akçaağaç karışık meşceresinde aralama faaliyetleri sonrası meşcerenin durumu incelenmiştir. Meşcerede kalan yaralı ağaçların %55'inin çapının 5 cm'nin altında olduğu belirlenmiştir (Lamson vd., 1984).

Yapılan bazı çalışmalarda üretim faaliyetlerinden sonra kesim alanlarının gençleşme potansiyelinde ortalama %35 oranında azalma meydana geldiği belirlenmiştir (Gingras, 1990; Meek ve Plamondon, 1996). Ayrıca, özellikle zemin üzerinde sürütme faaliyetlerinden etkilenen topraklarda ağaçların boy, çap ve hacim artışında azalmaların olduğu gözlenmiştir (Froehlich vd., 1986). Bazı çalışmalarda zemin üzerinde sürütülerek bölmeden çıkarma tekniğinin ekosistemde önemli zararlar meydana getirdiği için yoğun

orman alanlarında kullanılması uygun görülmemektedir (Stuart ve Carr, 1991; Jusoff, 1992; Virdine vd., 1999; Tiernan vd., 2001). Hava hattı ya da helikopter gibi alternatif bölmeden çıkarma sistemleri toprak üzerinde daha az zarara neden olmasına rağmen çok pahalı olmaları nedeniyle tercih edilmezler (Blakeney, 1992).

1.3.4. İnsan Gücüyle Zemin Üzerinde Sürütme Faaliyetlerinin Orman Toprağı Üzerine Etkileri

Orman toprağı, orman ekolojisi için çok önemli bir role sahiptir. Orman toprağında bozulmalara neden olan ana faaliyetlerin bazıları, odun hammaddesi üretimi, zemin üzerinde sürüterek bölmeden çıkarma, yol inşası ve rekreasyon faaliyetleri olarak sıralanabilir (Kozlowski, 1999). Odun hammaddesinin zemin üzerinde sürütülmesi sırasında toprakta oluşan zarar; üretimin yoğunluğu, ekipman tipi, orman işçilerinin becerisi, toprak özellikleri, toprağın nem içeriğı, arazi eğimi, üretim mevsimi, sürütme yönü gibi çeşitli faktörlere bağılı olarak değışmektedir (Rab, 1992; McNabb ve Boersma, 1993; Lacey, 1994; Allen vd., 1999; Laffan vd., 2001; Heninger vd., 2002). Sürütme faaliyetleri sonucu, ormana giriş yollarında ve ana sürütme yerlerindeki toprak verimliliğinde önemli oranda azalmalar meydana gelmektedir.

Odun hammaddesinin zemin üzerinde sürütülerek bölmeden çıkarılmasının toprak üzerine olan doğrudan etkileri; toprak sıkışması, erozyon, humus tabakasında bozulma, dağılma, su birikmesi ve sürütme izi oluşması gibi fiziksel; toprak verimliliğı, besin maddesi içeriğı ve kapasitesi gibi kimyasal ve toprak mikroorganizmaları gibi biyolojik zararlara neden olabilmektedir (Balcı, 1996; Jurgensen vd., 1997; Webb, 1997; FAO, 1998b; Ballard, 2000; Laffan, 2001; Bozic, 2003; Görcelioğlu, 2004). Yapılan bir çalışmada sürütme faaliyetleri sonucu orman toprağının fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen zararların uzun vadede toprak verimliliğini olumsuz yönde etkilediğı ortaya konulmuştur (Tan, 2005). Besin maddelerince ve organik maddece zengin olan ölü örtü ve orman üst toprağının taşınmasının, toprak verimliliğı ve doğal gençleşmede azalmaya, arazi dejenerasyonunda ise artışa neden olmaktadır (Verissimo vd., 1995; Huang vd., 1996; Johns vd., 1996; Webb, 1997; Whitman vd., 1997; Gomez vd., 2002). Dolaylı etkileri ise orman alanlarında tohumların çimlenmesini etkileyerek doğal yolla gençleşmeyi ve sürdürülebilir bitki gelişimini azaltma; yağışlı dönemlerde sürütme izlerinin kaymaklaşmasının sonucu suyun toprağı girişini engelleme ve yüzeysel akışın meydana

gelmesi; tohumların yağmurlar vasıtasıyla yıkanması şeklinde sıralanabilir (Pinard vd., 1996).

Değişik tipteki toprakların farklı zarar tiplerine dirençleri de farklıdır. Bozic (2003)'e göre Brunosol ve Regosol topraklar erozyona, toprak sıkışması, su birikmesi ve görsel bozulmalara karşı daha çok dayanıklıdır. Orman ekipmanlarının ya da sürütülen ürünün toprak üzerinde oluşturduğu çöküntü, toprak direncinin ekipman ya da üründen gelen basıncı karşılamaya yeterli olmadığı veya zeminin ıslak olduğu durumlarda meydana gelir. Odunların sürütülmesi sonucu zemin üzerinde oluşan sürütme izlerinde toprak sıkışmasının fazla olması nedeniyle toprak permeabilitesi ve porozitesi azalır, ağaç köklerinin toprak içerisinde ilerlemesi zorlaşır ve toprak havalanması azalır.

Orman toprağına verilen zararda odun hammaddesi üretiminin yapıldığı mevsim çok önemlidir. Toprağın nem içeriğinin yüksek olduğu bahar mevsimlerinde toprak sıkışma, su birikmesi ve sürütme izinin oluşması gibi etkilere kış ya da sonbahar mevsiminde meydana gelenlerden daha fazla dirençlidir. Orman toprağındaki sıkışma uzun vadede orman verimliliğini endişe verici derecede etkiler. Toprak sıkışması, kopma ve çamurlaşma gibi aşırı toprak bozulması meşcerede kalan ağaçların gelişimini engeller ve toprak erozyonu potansiyelinin artmasına önderlik eder (Conlin ve van den Driessche, 1996; Arikian vd., 1999; Nugent vd., 2003).

Toprak sıkışmasının orman toprağına etkileri; toprak tekstürüne, sürütme faaliyetlerinin yoğunluğuna, toprağın su içeriğine ve üretim zamanındaki diğer toprak koşullarına bağlı olarak uzun süre devam edebilir (Kozlowski, 1999). Bu durum, orman zeminindeki toprak porozitesinin ve permeabilitesinin azalmasına, su infiltrasyonunun, toprak neminin, toprak havalanmasının ve kök hacminin etkilenmesine neden olmaktadır (Jurgensen vd., 1997). Aynı şekilde zemin üzerinde sürütme yapılmasının toprak yüzeyinde oluşturduğu kayganlaşmanın tohumların yağmurlar vasıtasıyla yıkanmasına neden olmaktadır (Pinard vd., 1996).

Croke vd. (2001), bölmeden çıkarma faaliyetlerinin orman toprağı üzerinde önemli derecede negatif etki oluşturduğunu, özellikle zemin üzerinde sürütmenin toprak sıkışması, ve infiltrasyonu değiştirdiğini tespit etmişlerdir. Benzer olarak Laffan (2001), yaptığı çalışmada zemin üzerinde sürütme yapılmış ve yapılmamış alanların toprak özelliklerini kıyaslamıştır. Sonuç olarak sürütme yapılmış alanlarda 0-10 cm derinlik kademesindeki hacim ağırlığının %20'den daha fazla arttığını tespit etmiştir.

Pinard vd. (2000), zarar azaltıcı üretim teknikleri ve geleneksel üretim tekniklerine göre yapılan üretim işlemlerinin çevreye vermiş oldukları zararları karşılaştırmışlardır. Bu araştırmada; zarar azaltıcı üretim tekniklerine göre yapılan çalışmalarda planlı üretim yapılan alanlarda orman toprağının %6,8 oranında, planlı üretim yapılmayan alanlarda ise %16,6 oranında etkilendiğini bulmuşlardır.

Zemin üzerinde sürütmenin en önemli sonucu olan toprak sıkışması, sürütme faaliyetlerinden kaynaklanan toprak bozulmasının ana nedenlerinden birisi olarak tanımlanır (Godefroid vd., 2004). Robek vd., (1997) uzun dönemde toprak sıkışmasının orman verimliliğini önemli derecede olumsuz olarak etkilediğini ortaya koymuşlardır. Tan vd. (2005), yaptıkları çalışmada, toprak sıkışmasının mineral toprağın hacim ağırlığını ortalama %24 artırdığını ve toprak porozitesini %50 azalttığını belirlemişlerdir. Başka bir çalışmada sürütmeden sonra kış üretim alanlarında 10 cm ve 20 cm derinliklerde hacim ağırlığı ortalama %8-11 artarken, yaz üretimi alanlarında sadece 10 cm derinlikte %7-15 oranında arttığı tespit edilmiştir. Yüzey topraktaki bozulma yaz üretimi alanlarında kış üretimi alanlarına oranla daha fazla bulunmuştur (Block vd., 2002).

Landsberg vd. (2003), Kuzey Doğu Washington'daki karışık iğne yapraklı ormanlarda zemin üzerinde sürütme sonrasında oluşan hacim ağırlığı ve toprak sıkışmasını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, yaz üretim alanlarında sürütme sonrası orman zemini üzerinde meydana gelen sürütme izi derinliklerinin 15-25 cm arasında değiştiğini ve ortalama toprak sıkışıklığının 500 kP'nin üzerinde olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca düz alanlarda sürütme sonrası topraktaki sıkışmanın artmasına toprağın kuru olmasının katkıda bulunduğu ve bu artışın sürütme yolunun olmadığı kısımlardakinden ortalama %3-14 daha fazla olduğu belirlenmiştir. Yapılan başka çalışmalarda sürütme izlerinin dağılımının ve miktarının, toprak bozulmasının derecesi ve tipi, kalan ve gelişen vejetasyonun özellikleri, toprak sıcaklığı ve nemi üzerinde büyük etkilere sahip olduğu ifade edilmiştir (Balisky ve Burton, 1995; Nilsson ve Orlander, 1995; Carlson ve Groot, 1997; Fleming vd., 1998).

Virdine vd. (1999), yaptığı çalışmada, aralama çalışmalarının yapılmış olduğu 12-23 yaşları arasındaki loblolly çam (*Pinus taeda* L.) plantasyonunda, %11 oranında toprakta bozulmalar oluştuğunu göstermiştir. Bozulmuş alanlarda toprağın birim hacim ağırlığının %21,4 arttığını, tekerlek izi derinliğinin ortalama 33 cm olduğunu ve kesim alanının %70'inin kesim artıklarıyla kaplandığını belirlemişlerdir.

Ares vd. (2005), yaptıkları çalışmada, üretim faaliyetlerinden sonra toprakların 0-30 cm derinlik kademesindeki hacim ağırlığının $0,63 \text{ mg m}^{-3}$ 'den $0,82 \text{ mg m}^{-3}$ 'e yükseldiğini

ve porozitenin sıkışmaya bağlı olarak %10-13 azaldığını tespit etmişlerdir. Aynı şekilde Shetron vd. (1988), sürütme yolları ve kontrol noktalarından alınan toprak örnekleri arasında üst topraktaki hacim ağırlığının yaklaşık %85 arttığını bulmuşlardır. Demir vd. (2005), sürütme yolundan alınan örneklerde 0-10 cm arasındaki derinlikte hacim ağırlığı değerinin oldukça yüksek olduğunu, porozite ve nem ekivaleni değerinin azaldığını ve pH değerleri arasında önemli farklar olduğunu belirlemişlerdir. Mercker (2007) yaptığı çalışmada, sürütmeden sonra hem kış hem de yaz üretim alanlarında 0-10 cm derinlikteki pH değerlerinde yaklaşık %10'luk bir artışın olduğunu ortaya koymuştur.

Balcı (2000), üretim alanlarında meydana gelen toprak erozyonuna ağacın kesilmesinin değil ağacın bölmeden çıkarılırken sürütülmesinin neden olduğunu vurgulamıştır. Birim alandan çıkarılan ağaçların sayısı ve hacimleri ile toprak bozulması ve erozyon potansiyeli arasında kurulan bağlantıya göre silvikültür yöntemleri en yüksek toprak zararına neden olandan en aza doğru; tiraşlama, büyük alan siper, küçük alan siper, grup seçme ve münferit seçme işletmesi şeklinde sıralanmıştır.

Sürütme faaliyetleri sonrasında toprakta oluşan sürütme izlerinin değerlendirildiği bir çalışmada 140 adet ölçüm noktasında incelemeler yapılmıştır. İncelemeler sonucunda ölçüm noktalarının yaklaşık %20'sinin derin sürütme izleri sınıfında (10-20 cm), %7,1'inin daha derin izler sınıfında (20-30 cm) ve %0,7'sinin en derin izler sınıfında (30-40 cm) yer aldıkları belirlenmiştir (FAO, 1998a).

1.3.5. İnsan Gücüyle Zemin Üzerinde Sürütme Faaliyetlerinin Oluşturduğu Diğer Zararları

Bölmeden çıkarma faaliyetleri taşınan üründe, meşcerede kalan ağaçlarda, fidanlarda ve orman toprağında zararlara neden olmalarının yanında su kalitesi, yaban hayatı, rekreasyon ve peyzaj açısından da çeşitli olumsuzluklara neden olabilmektedir. Bölmeden çıkarma çalışmalarının estetik etkileri; peyzaj olarak manzaranın olumsuz yönde etkilenmesi ve rekreasyon açısından halkın eğlenme ve dinlenme amaçlı olarak ormana talebinin azalması şeklinde ifade edilebilir.

Değişik ülkelerde yapılan pek çok çalışmada odun hammaddesi üretimi faaliyetlerinin nehir sularının kalitesini, nehir ekosistemindeki besin döngüsünü ve su sıcaklığını önemli oranda etkilediğini göstermiştir (Aurnen vd., 1990; Collier vd., 1997; Collier ve Bowmen, 2003). Bunun başlıca nedeni sürütme faaliyetleri sonucu drenaj

sistemlerine fazla sediment akışının gerçekleşmesidir (Davies ve Neilson, 1993). Üretim faaliyetlerinin nehir suyuna etkileri gerekli önlemlerin alınması ve iyi yönetim faaliyetlerinin uygulanması ile belirgin oranda azaltılabilmektedir (Martin ve Hornbeck, 1994). Megahan vd. (1995) yaptığı çalışmada bir havzanın %23'ünde helikopterle bölmeden çıkarma yapılan alanlarda nehirlere sediment akışının olmadığını rapor etmiştir.

Yapılan bir başka çalışmada ormancılık faaliyetlerinin çevresel, peyzaj ve rekreasyon yönünden olumsuzluklarının önüne geçmek için kesim ve bölmeden çıkarma faaliyetlerinde ağır makinelerin kullanımından kaçınılması ve dereler boyunca koruma zonları oluşturulması gibi bazı önlemlerin alınabileceğini vurgulamıştır (Weintraub vd., 2000).

Miyata (2002), ormancılık faaliyetlerinin planlanması aşamasında su kalitesinin korunması, havza bazında operasyonel planların hazırlanması ve planlamanın üretim faaliyetlerinin hem öncesini hem de sonrasını içermesi gerektiğini belirtmiştir. Üretim sistemlerinin seçiminde ölçüm kriterleri olarak; çevresel değerler, maliyet, verimlilik ve enerji tüketimini kullanmasının gerektiğini vurgulamıştır.

Dünyada, odun hammaddesi üretim faaliyetleri sonrasında taşınan üründe, meşcerede kalan ağaçlarda, fidanlarda ve orman toprağında meydana gelen zararların her birinin ayrı ayrı belirlendiği çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu tez çalışmasında ise bu etkilerin hepsi birlikte araştırılmıştır. Ayrıca dünyada yapılan çalışmalarda çoğunlukla makine ile taşımının meşcereye zararları incelenmişken bu çalışmada insan gücüyle zemin üzerinde sürütmenin etkileri araştırılmıştır. Ülkemizde ise meşcerede kalan ağaçlar ve topraktaki zarar üzerine birkaç çalışma mevcut olup sürütülen odundaki zararlarla ilgili çok az çalışma vardır. Literatürde, üretim mevsimlerine göre zararları karşılaştıran yeterli çalışma bulunmamakta olup çalışmaların çoğunluğu yalnızca yaz üretiminin zararlarını içermektedir. Bu çalışmada, yaz ve kış mevsiminde oluşan zararlar ayrı ayrı incelenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Literatürde, taşınan odunda oluşan miktar kaybının modellenmesi üzerine çalışmalara rastlanmamıştır. Çalışma kapsamında, ladin odununun sürütülerek bölmeden çıkarılması sırasında odunda oluşacak miktar kaybını ortaya koyan "Bir Zarar Tahmin Modeli" geliştirilmiştir. Bu modelle, daha üretim faaliyetlerinin planlanması aşamasında sürütülecek odunda oluşması olası zararların önceden belirlenebilmesi ve sürütme öncesi gerekli önlemler alınarak ekonomik kayıpların önüne geçilebilmesi hedeflenmektedir.

1.4. Taşınan Odun Hammaddesinde Zarar Tahmin Modeli

Sürütme sırasında çevredeki ağaçlara, toprağa ya da taşlara çarpması sonucu, sürütülen odunda miktar kaybına neden olan uç kısımlarda kırılma ve parçalanma zararları meydana gelmektedir. Bu zararların miktarı, odunun çapı, boyu, hacmi ve ağırlığı, zeminle odun arasındaki sürtünme kuvveti, sürütme mesafesi, arazinin eğimi, sürtünen yüzeyin alanı gibi çeşitli parametrelere bağlıdır.

Sürütülen oduna etki eden ana parametreler, sürtünme kuvveti, sürtünen yüzey alanı ve sürütme mesafesi dikkate alınarak bir zarar tahmin modeli kurulabilir. Sürütülen odunun çap ve boy uzunluğuyla odunun hacmi, ağacın türüne göre belirlenen özgül ağırlığına göre de odunun kütlesi hesaplanabilir. Sürütülen zeminin taşlılığı göz önüne alınarak odun ile zemin arasındaki sürtünme katsayısı belirlenir. Bu değerler yardımıyla oduna etki eden ana kuvvet, sürtünme kuvveti hesaplanır. Odunun sürtünen kısmının yüzey alanı, odunun hesaplanan yüzey alanının kış ve yaz üretim alanları için gözlemlere dayalı olarak belirlenebilecek temas oranı katsayısıyla çarpılarak hesaplanabilir. Oduna etki eden en önemli parametrelerden birisi de sürütme mesafesidir. Odunların orman içerisinden yol kenarına kadar sürütüldükleri mesafe ölçülür. Sürütme faaliyetleri sonucunda odunlardaki miktar kayıpları, arazi çalışmaları sırasında odunların kırılan kısımlarının ya da parçalanmış odunların çap ve boyları ölçülerek hacim olarak hesaplanabilir. Görüldüğü gibi sürütülen odunun çapı, boyu, hacmi, ağacın türü, zeminin taşlılığı gibi etkenler dikkate alınarak bir zarar tahmin modeli geliştirilebilir.

Bu veriler yardımıyla oluşturulacak zarar tahmin modelinin bilinmeyen katsayıları en küçük kareler yöntemine göre hesaplanabilir. Belirlenen katsayıların istatistik olarak anlamlılıkları test edilir ve anlamlı bulunan katsayılar ile zarar tahmin modeli kesinleştirilir. Bu model ile sürütme faaliyetleri sırasında odunlarda oluşabilecek zararlar, sürütmeden önce tahmin edilebilir. Belirlenen zarar miktarlarına göre de gerekli önlemler sürütmeden önce alınabilir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, araştırmanın sınırlandırılması ve planlanması, araştırmada kullanılan materyal, araştırmanın yürütülmesinde izlenen yöntemler ile modelleme çalışmaları açıklanmıştır.

2.1. Araştırmanın Sınırlandırılması

Ülkemizde mevcut ormanlar, yoğun müdahalelerin etkisi ile yerleşim alanlarından uzakta bulunan dağlık arazide varlığını sürdürebilmektedir. Bu durum, coğrafi yapısı dağlık ve topoğrafik yapısı engebeli olan Doğu Karadeniz Bölgesinde daha da belirgin olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle, Doğu Karadeniz Bölgesinde yoğun odun hammaddesi üretimi gerçekleştirilen Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü, Maçka Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde bulunan Maçka-Merkez, Çatak, Hamsiköy, Yeşiltepe ve Esiroğlu Orman İşletme Şefliklerinde odun hammaddesi üretim bölmeleri araştırma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 3). Üretim bölmelerinin seçiminde herhangi bir istatistiksel yöntem kullanılmamıştır.

Çalışma zamansal olarak; 2004-2007 yıllarını içeren dört yıllık süreç içerisinde yaz ve kış mevsimlerinde yapılan odun hammaddesi üretimi çalışmalarını kapsamaktadır. Üretim zamanı bakımından ise hem kış mevsiminde kar üzerinde hem de yaz mevsiminde zemin üzerinde sürüterek bölmeden çıkarma yapılmış alanları kapsamaktadır.

Silvikültürel açıdan; amenajman planında yıllık bakım ya da aralama kesimi olarak belirtilen ve genellikle büyük alan siper işletmesi uygulanan üretim bölmelerini kapsamaktadır. Çalışmada, sürütme faaliyetlerinin meşcere üzerine olan etkileri de incelendiği için tıraşlama kesimi yapılan bölmeler dikkate alınmamıştır. Sadece dört üretim bölgesi böcek zararı nedeniyle olağanüstü kesim yapılmış alanlar olup diğer alanlar planlama yılı kapsamında olağan üretim yapılan alanlardır.

Ülkemizde en yaygın olarak kullanılan bölmeden çıkarma yönteminin insan gücüyle zemin üzerinde sürütme yöntemi olması nedeniyle çalışmada bu yöntem konu edinilmiştir. Diğer alternatif bölmeden çıkarma yöntemlerinin taşınan ürüne ve meşcereye etkilerinin incelenmesini kapsamamaktadır. Ayrıca sosyal açıdan, halkla problemlerin olmadığı alanlar olmasına özen gösterilmiştir.

Çalışma kapsamında insan gücü ile toprak ve kar zemin üzerinde sürütme faaliyetleri sırasında ladin odununda meydana gelen miktar kaybını tahmin etmek için bir zarar tahmin modeli geliştirilmiştir. Zarar tahmin modeli, sürütülen odunda meydana gelen miktar kayıplarını içermekte olup kalite kayıplarını ise içermemektedir. Model, sürütülen odunda meydana gelen parçalanma ve kırılmalar sonucu oluşan miktar kayıpları baz alınarak kurulmuştur. Saçaklanma ve soyulma gibi zararların oluşturduğu miktar kaybının çok az olması nedeniyle bu zararlar dikkate alınmamıştır.

Çalışma alanlarında üretimi yapılan odun hammaddesinin sadece ladin odunu olmasından dolayı modelde ağaç türünü gösteren, özgül ağırlık parametresi ladin odunu için dikkate alınmıştır. Modelde sürütmenin yapıldığı zeminin özellikleri toprak ve kar zemin olarak iki sınıfta değerlendirilmiştir. Her iki zemin için zeminin yapısından kaynaklanan sürtünme katsayıları ve zeminle temas oranları ayrı ayrı dikkate alınmıştır. Yaz üretimi yapılan alanlarda güzergahların taşlılık oranları benzer olduğu için taşlılık bakımından ayrı bir sınıflandırma yapılmamıştır.

2.2. Araştırmanın Planlanması

Kış ve yaz mevsimlerinde insan gücüyle zemin üzerinde sürüterek bölmeden çıkarma çalışmalarının sürütülen oduna, kalan ağaçlara, fidanlara, orman toprağına olan etkileri araştırılmış ve sürütülen ladin odununda oluşan miktar kaybı ile ilgili bir zarar tahmin modeli geliştirilmiştir. Çalışma alanı, Trabzon ili, Maçka ilçesinde, Maçka OİM bünyesinde bulunan beş adet Orman İşletme Şefliğine ait ormanlardan seçilmiştir. Çalışma, 2004-2007 yılları arasındaki dört yıllık sürede odun hammaddesi üretimi yapılan 8 adet yaz ve 8 adet kış mevsiminde olmak üzere toplam 16 adet üretim bölmesinde yapılmıştır.

Araştırma bölmelerine sürütme faaliyetlerinden önce ve sonra olmak üzere iki kez gidilerek gerekli deneme alanları alınmış, deneme alanlarının büyüklükleri (m²), deneme alanları içerisine düşen ağaç sayıları belirlenmiş ve her bir ağacın göğüs yüzeyi çapları ölçülmüştür.

Meşcerede kalan ağaçlarda ve fidanlarda oluşan zararlar sürütme faaliyetlerinden sonra tam alan değerlendirme yöntemiyle belirlenmiştir. Meşcerede kalan ağaçlarda sürütme faaliyetleri sırasında oluşmuş taze yaraların en, boy ve yerden yükseklikleri ölçülmüş, yerleri ve tipleri değerlendirilmiştir. Fidanlarda meydana gelen za den önce damgalı ağaçların etrafından sürütme faaliyetlerinden sonra ise devirme alanlarının etrafındaki sürütme güzergahlarından 0-10 cm ve 10-30 cm derinlik kademelerinden toprak ve silindir örnekleri alınmıştır. Aynı zamanda toprak örnekleri alınan yerlerde toprak sıkışması da ölçülmüştür. Arazide yapılan incelemeler kış üretim alanlarında Mart sonu-Nisan aylarında, yaz üretimi alanlarında ise Kasım sonu-Aralık aylarında yapılmıştır.

Araziden alınan toprak ve silindir örnekleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü Havza Amenajmanı Laboratuvarı'nda analiz edilmiştir. Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucu elde edilen verilere istatistik analizler uygulanarak gerekli ilişkiler ortaya konulmuştur. Ortaya çıkan ilişkilere bağlı olarak da ilgili grafikler çizilmiştir.

Zemin üzerinde sürütülerek bölmeden çıkarılan ladin odununda tespit edilen kırılma ve parçalanma gibi miktar kayıplarına neden olan zarar verileri baz alınarak odundaki miktar kaybı ile ilgili yaz ve kış mevsimi için bir zarar tahmin modeli geliştirilmiştir.

2.3. Materyal

Çalışma alanları hakkında veri sağlamak için; amenajman planından, Maçka OİM'ne ait yıllık iş planlarından, orman işletme şefliklerine ait üretim dosyalarından, dikili ağaç ölçüm tutanaklarından ve sevk pusulalarından yararlanılmıştır.

Araştırma bölmelerinde deneme alanlarının sınırlarının belirlenmesinde ip, ağaçlarda meydana gelen yaraların en, boy ve yerden yüksekliklerinin ölçümünde şerit metre, ağaç çaplarının ölçümünde çap ölçer ve arazi eğimini ölçmek için eğimölçer kullanılmıştır. Odun hammaddesinin orman zemini üzerinde sürütülmesi sırasında orman toprağında oluşan sıkışmayı ölçmek için Troxler 3430 cihazı kullanılmıştır. Üretim faaliyetleri öncesi ve sonrasında deneme alanlarında toprak profillerinin açılmasında kazma ve kürek, silindir örneklerinin alınmasında ahşap balyoz ve demir silindirler kullanılmıştır. Alınan toprak ve silindir örnekleri laboratuvar koşullarında analiz edilmiştir. Arazide meşcere özellikleri ve kalan ağaçlarda yapılan ölçüm ve tespitler, Tablo 1 ve Tablo 2'de verilen arazi envanter karnelerine, laboratuvarda yapılan ölçümler ise mevcut laboratuvar formlarına kayıt edilmiştir.

Tablo 1. Üretim bölmelerinin değerlendirilmesinde kullanılan arazi envanter karnesi

	I. Alan	II. Alan	III. Alan	IV. Alan
Bölge				
Bölme No				
Kullanım Şekli				
Sürütme Mesafesi				
Sabit Sürütme Güzergahı Varlığı				
Rampa Sayısı				
TOPOĞRAFİK KOŞULLAR				
Bakı				
Arazi Eğimi				
Yükselti				
Engebelilik				
Taşlılık Durumu				
Güzergah Eğimi				
Güzergah Kot Farkı				
MEŞCERE ÖZELLİKLERİ				
İşletme Şekli				
Ağaç Türü				
Kapalılık				

Tablo 2. Meşcerede kalan ağaçların değerlendirilmesinde kullanılan arazi envanter karnesi

Ağaç No	Ağaç Çapı (cm)	Yara No	Yara Yeri	Yara Tipi	Yara Eni (cm)	Yara Boyu (cm)	Yara Yüksekliği (cm)

Arazide yapılan ölçümler sonucu elde edilen veriler arasındaki istatistiksel ilişkileri değerlendirmek için SPSS 13.0 (SPSS Inc. Chicago, IL, ABD) paket programı, bazı verilerin normal dağılıma uygun hale getirilmesinde Minitab programı ve nonparametrik istatistik testlerin grafiklerinin çiziminde Statistica 6.0 (Statsoft Inc., Cary, NC, ABD) programı kullanılmıştır.

2.3.1. Araştırma Alanının Tanıtımı

Araştırma alanları, Trabzon iline yaklaşık 26 km uzaklıkta olan Maçka ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Tamamen dağlık ve engebeli olan Maçka ilçesinin yüzölçümü 1000 km²'dir. Sahip olduğu zengin orman örtüsü 2000 m yükseltiye kadar yayılmakta olup daha yükseklerde otlaklar (yaylalar) ve dağ vejetasyonu bulunmaktadır. Araştırma alanı olarak seçilen üretim bölmelerinin yükselteleri 900 m ile 1600 m arasında değişmektedir.

2.3.1.1. Araştırma Alanının Orman Varlığı

Üretim bölmelerinin bulunduğu araştırma alanı, Trabzon ili, Maçka ilçesi sınırları içerisinde Maçka OİM'ne bağlı ormanlardır. İlçe ormanlarda ladin, kayın, göknar ve çam türleri bulunmakta olup toplam ormanlık alan 38554 ha'dır. Bu işletmeye ait Maçka-Merkez, Yeşiltepe, Hamsiköy, Çatak, Esiroğlu ve KTÜ Araştırma Şefliği olmak üzere altı adet orman işletme şefliği, bir adet Araştırma Ormanı ve bir adet Milli Park (Altındere Milli Parkı) bulunmaktadır. Maçka yöresi ormanlarındaki baskın ağaç türleri doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) ve doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.)'dir. Alt vejetasyon olarak kuzey bakılarda kısmen orman gülü (*Rhododendron ponticum* L. ve *Rhododendron luteum* Sviet) bulunmaktadır.

Maçka OİM bünyesindeki arazi kullanım durumu; ormanlık alanlar, ormansız alan ve genel alan olarak Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Maçka orman işletme müdürlüğü orman varlığı (OGM, 2007b).

Şeflik	Ormanlık Alanlar (ha)					Ormansız Alan (ha)	Genel Alan (ha)
	Normal Koru	Bozuk Koru	Çok Bozuk Koru	Ağaçsız Alan	Toplam		
Merkez	5229,6	726,9	865,6	247,5	7069,6	11004,9	18074,5
Çatak	3932,8	759,4	-	492,5	5184,7	8345	13529,7
Yeşiltepe	4688,0	1195,7	-	73,0	5956,7	4568,1	10524,8
Hamsiköy	5248,5	197,2	226,9	-	5672,6	12512,3	18184,9
Esiroğlu	8112,0	1232,6	108,7	8836,0	18289,3	6023	24312,3
KTÜ Araştırma	3054,4	823,7	-	402,6	4280,7	1709,7	5990,4
Araştırma Ormanı	1070,3	52,4	76,0	41,4	1240,1	236,5	1476,6
Milli Park	630,0	131,0	141,0	-	902,0	8258,5	9160,5
Toplam	31965,6	5118,9	1418,2	10093,0	48595,7	52658	101253,7

Araştırmanın yürütüldüğü üretim bölmelerinin bulunduğu Trabzon ili Maçka ilçesi sınırları içerisindeki Maçka OİM bağlı Maçka-Merkez, Çatak, Yeşiltepe, Hamsiköy ve Esiroğlu Orman işletme şeflikleri sınırlarında bulunan ormanlardan genel görünüm Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Araştırma alanlarının bulunduğu işletme şefliklerine ait ormanlardan görünüm

Maçka OİM’de son beş yılda üretilen yıllık odun hammaddesi cinslerine göre (tomruk, sanayi odunu, maden direk, kağıtlık odun gibi) miktarları (m³) Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Maçka orman işletme müdürlüğü'nün yıllık odun üretimi (OGM, 2007b).

Kod	Odun Cinsi	Zaman Serisi-Yılı				
		2003	2004	2005	2006	2007 (Tahmini)
42. T11	Tomruk	10574	11426	10725	8000	12500
42. T12	Maden Direk	1497	1612	964	900	1000
42. T14	Sanayi Odunu	244	260	535	300	400
42. T16	Kağıtlık Odun	2957	3662	5226	2800	3600
42.A3	Yakacak Odun	376	326	919	300	500
42. T1	Top. Endüstriyel Odun	15272	16960	17450	12000	17500

Üretilen odun üretiminin 1998–2000 yılları arasındaki toplam değeri ortalama 968878 YTL, 2003 yılında 1344772 YTL, 2004 yılında 1907237 YTL, 2005 yılında 2111654 YTL ve 2006 yılında 2852205 YTL'dir (OGM, 2007b).

2.3.1.2. Araştırma Alanının Coğrafi, Jeolojik ve İklimsel Özellikleri

Üretim bölmelerinin bulunduğu Trabzon ili Maçka ilçesi, Greenwich'e göre 39° 37' 0,6''-39° 45' 00'' doğu boylamları, Ekvatora göre 40° 48' 42''- 40° 52' 00'' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Çalışma alanlarının bulunduğu Maçka yöresinde gözlenen en yaşlı jeolojik birim olan Üst Kretase yaşlı volkanik kayalar, mostra vermeyen daha yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak bulunurlar. Bu volkanik birimler, Oligosen-miosen yaşlı granit batoliti tarafından kesilmişlerdir. (Anonim, 2002).

Araştırma alanı, Doğu Karadeniz Bölgesi iklim özelliklerini tamamen yansıtmakta olup dağların denize bakan kısımlarında yazlar sıcak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Yağışlar genellikle her mevsim düzgün bir dağılım göstermekte olup son 15 yıl için ortalama yıllık yağış miktarı 875,5 mm'dir. Yörede nem oranı fazla olup yaz-kış ve gece-gündüz arasındaki sıcaklık farkları azdır. Yıllık ortalama sıcaklık 14 °C, en yüksek sıcaklık 38,2 °C ve en düşük sıcaklık -7 °C olarak gözlemlenmiştir. Bölgede, kar yağışlı gün sayısı 2,9 gün; karla örtülü gün sayısı 7,6 gün ve en yüksek kar kalınlığı 115 cm'dir (Anonim, 2002). Arazi çalışmalarının yapıldığı 2004-2007 yılları arasındaki aylık iklim verilerine göre bölgede, en fazla yağış Ekim, Kasım ve Aralık aylarında, en az yağış ise Temmuz ve Ağustos aylarında görülmüştür. En yüksek sıcaklık Temmuz ve Ağustos aylarında gerçekleşirken en yüksek nem Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında meydana gelmiştir. Ortalama sıcaklık ve nem ise en düşük Ocak ve Şubat aylarında gözlenmiştir (DMİ, 2008).

2.3.1.3. Araştırmanın Yapılacağı Üretim Bölmelerinin Seçimi

Araştırma alanları; 2004-2007 yılları arasında, araştırma bölgesinde odun hammaddesi üretimi yapılan bölmelerden uygun olanları arasından seçilmiştir. Üretim bölmelerinin seçiminde;

- Meşcerede kalan ağaçlar üzerine bölmeden çıkarmanın etkilerini belirleyebilmek için aralama ve bakım kesimleri yapılan alanlar olmasına,
- Arazi eğiminin IUFRO sınıflamasına göre dik arazi (%36-50) ve çok dik arazi (%51<) sınıflarına giren alanlar olmasına,
- Tamamen insan gücüyle zemin üzerinde sürütme tekniğinin kullanılmış olmasına,
- Kış ve yaz üretim bölmesi sayısının eşit olmasına dikkat edilmiştir.

Genelinde normal üretim (12 adet), çok az kısmında da böcek zararı nedeniyle olağanüstü üretim (4 adet) yapılan alanlar üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Maçka OİM'ne bağlı orman işletme şefliklerinden Maçka-Merkez'de 5, Çatak'da 2, Yeşiltepe'de 4, Hamsiköy'de 3 ve Esiroğlu'nda 2 olmak üzere toplam 16 üretim bölmesi seçilmiştir. Bu bölmelerin 8 adedinde kış üretimi ve 8 adedinde de yaz üretimi yapılmıştır (Tablo 3).

Araştırma alanlarının bağlı oldukları Orman İşletme Şeflikleri, bölme numaraları, büyüklükleri (ha), taşınan ürün miktarı (Eta), arazi eğimi (%), meşcere yaşı (yıl), meşcere kapalılığı, üretim şekli (olağan/olağanüstü), üretim mevsimi (kış/yaz) ve damga miktarı (m³) özelliklerini içeren arazi envanter karnesi Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Araştırma bölmelerinin genel özellikleri

Şeflik	Bölme	Alan (ha)	Eta (m ³)	Eğim (%)	Kapalılık	Yaş	Üretim Şekli	Üretim Mevsimi	Damga (m ³)
Yeşiltepe	44a	24,9	174,3	60	3	48-65	Olağan üstü	Yaz	174
	60a	26,8	580,0	70	3	50-70	Olağan üstü	Yaz	268
	61a	27,3	456,0	45	3	50-70	Olağan üstü	Yaz	273
	171a	44,5	174,0	45	2	65-85	Olağan üstü	Yaz	516
Merkez	42b	12,6	1963,0	70	3	100	Olağan	Kış	1246
	60a	6,7	347,0	65	3	90	Olağan	Kış	201
	61a	21,2	403,0	65	3	90	Olağan	Kış	636
	142b	15,9	556,5	70	3	110	Olağan	Kış	550
	182a	7,5	112,5	72	2	80	Olağan	Kış	128
Çatak	119b	14,6	227,0	70	3	85-95	Olağan	Kış	227
	120a	17,0	233,0	65	3	85-95	Olağan	Kış	233
Hamsiköy	152a	23,2	464,0	80	3	80	Olağan	Yaz	536
	155a	15,5	542,5	80	3	95	Olağan	Yaz	532
	184a	12,5	375,0	80	2	54	Olağan	Kış	255
Esiroğlu	178a	3,8	46,0	65	3	90-110	Olağan	Yaz	208
	206a	14,1	225,6	75	3	90-110	Olağan	Yaz	269

2.4. Yöntem

Çalışmada, insan gücüyle zemin üzerinde sürütme faaliyetlerinin taşınan odun hammaddesi, meşcerede kalan ağaçlar, fidanlar ve orman toprağı olmak üzere dört farklı materyale olan zararları araştırılmıştır. Bu dört materyale olan zararları belirlemek için arazi yöntemleri, orman toprağına zararı belirlemek için laboratuvar analizleri ve yapılan her türlü veri ve gözlemler arasındaki ilişkileri ortaya koymak için istatistik yöntemler ve sürütülen ladin odununda meydana gelen miktar zararını tahmin etmek için modelleme yöntemleri kullanılmıştır. Arazi yöntemlerinin bir kısmı sürütme faaliyetlerinden önce, bir kısmı sürütme faaliyetlerinden sonra ve bir kısmı da hem sürütme faaliyetlerinden önce hem de sonra gerçekleştirilmiştir.

2.4.1. Arazi Yöntemleri

Çalışmada, insan gücüyle zemin üzerinde sürüterek bölmeden çıkarma faaliyetlerinin taşınan ürüne, meşcerede kalan ağaçlara, fidanlara ve orman toprağına olan zararlarının belirlenmesi için arazi çalışmalarında farklı yöntemler kullanılmıştır.

- Taşınan ürüne olan zarar, sürütülmüş ürünlerin incelenmesi yöntemi ile,
- Meşcerede kalan ağaç ve fidanlara olan zarar, tam alan değerlendirme yöntemi ile,
- Orman toprağına verilen zarar, örnek alanı alma yöntemi ile belirlenmiştir.

- Tam Alan Değerlendirme Yöntemi;

Müdahale gören alanların tamamının incelenmesi temeline dayanan tam alan değerlendirme yöntemi ile meşcerede kalan ağaç ve fidanlarda meydana gelen zararlar belirlenmiştir. Kesilen ağaçların etrafında ve ürünlerin sürütme güzergahlarının çevresinde bulunan tüm ağaç ve fidanlar değerlendirilmiştir.

- Örnek Alan Alma Yöntemi;

İnsan gücüyle zemin üzerinde sürütme faaliyetlerinin orman toprağına yaptığı zararın belirlenmesinde, örnekleme birimleri temeline dayanan deneme alanı alma yönteminin kullanılması uygun bulunmuştur. Bu çalışmada deneme alanı almadaki ana amaç, bazı meşcere özelliklerini (eğim, ortalama çap, hektardaki ağaç sayısı, göğüs yüzeyi alan) ve o yıl yapılan zemin üzerinde sürütmenin toprağına olan etkilerini belirlemektir. Bunun için kesilecek olan damgalı bireylerin etrafındaki sürütme güzergahlarından rasgele olarak seçilmiş örnekleme alanları alınmıştır.

Deneme alanları alınırken dikkat edilen en önemli ölçütlerden birisi, istatistiksel olarak savunulabilir olmasıdır. Bunun sağlanabilmesi için arazi yapısına bağlı olarak içine en az 30 adet ağaç düşecek şekilde 30x30m, 30x20m, 20x20m, 25x25m gibi değişik boyutlarda örnekleme alanları alınmıştır.

2.4.1.1. Meşcere Özellikleri Üzerinde Yapılan Ölçümler

Üretim faaliyetlerinden önce ve sonra hektardaki ağaç sayısını, hektardaki göğüs yüzeyi alanını, meşcerenin ortalama çapını ve aralama oranını belirlemek için rastgele olarak deneme alanları alınmıştır. Alınan deneme alanlarının boyutları, deneme alanı

içerisine düşen tüm ağaçların göğüs yüzeyi çapları ve arazi eğimleri ölçülmüş, deneme alanı içerisine düşen ağaç sayısı tespit edilmiştir. Kare ya da dikdörtgen şeklinde alınan deneme alanlarının geometrik alanları (m^2) bulunmuştur. Daha sonra arazi eğimi (%) dikkate alınarak deneme alanlarının yatay haldeki gerçek alanları (S_g) (m^2) (1) eşitliği ile hesaplanmıştır (URL-1, 2008).

$$S_g = S_d [\cos(\cot(\beta))] \quad (1)$$

Burada; S_d , deneme alanlarının eğimli durumdaki mevcut büyüklüğünü (m^2) ve β , eğim açısını (%) göstermektedir. Deneme alanlarının mevcut büyüklükleri, gerçek büyüklükleri ve deneme alanı içerisindeki mevcut ağaç sayısı değerleri arasındaki doğru orantı yardımıyla deneme alanına düşen gerçek ağaç sayısı belirlenmiştir. Gerçek alan ve gerçek ağaç sayısı (n) değerleri ile hektara düşen ağaç sayısı (N), (2) eşitliği ile hesaplanmıştır (Seng, 2004; Carus ve Çatal, 2007).

$$N = \left(\frac{n}{S_g} \right) 10000 \quad (2)$$

Burada; n , deneme alanındaki ağaç sayısı (adet) göstermektedir. Deneme alanlarına düşen bütün ağaçların göğüs yüzeyi çapları ölçülerek, hektardaki göğüs yüzeyi alanı (GY) ($m^2 ha^{-1}$) (3) eşitliği ile hesaplanmıştır (Seng, 2004; Narayanan ve Swarupanandan, 1996).

$$GY = \left[\left(\frac{10000}{S_d} \right) \left(\frac{\pi}{4} \right) \sum d_{1.30}^2 \right] \quad (3)$$

Burada; $d_{1.30}$, ağacın göğüs yüzeyi çapını (m) ifade etmektedir.

Üretim bölmelerinde alınan deneme alanları içerisinde bulunan tüm ağaçların göğüs yüzeyi çapları ölçülmüştür. Üretim faaliyetleri öncesinde ve sonrasında alınan deneme alanları içerisine düşen ağaçların göğüs yüzeyi çaplarından yararlanarak üretimden önceki ve sonraki ortalama çap değerleri ile kesilen ağaçların ortalama çap değerleri hesaplanmıştır. Kesilen ağaçların ortalama çap (d_k) değerleri ile üretim faaliyetlerinden sonra kalan ağaçların ortalama çap (d_r) değerleri kullanılarak (4) eşitliği yardımıyla aralama oranı (T_r) hesaplanmıştır (Mederski, 2006).

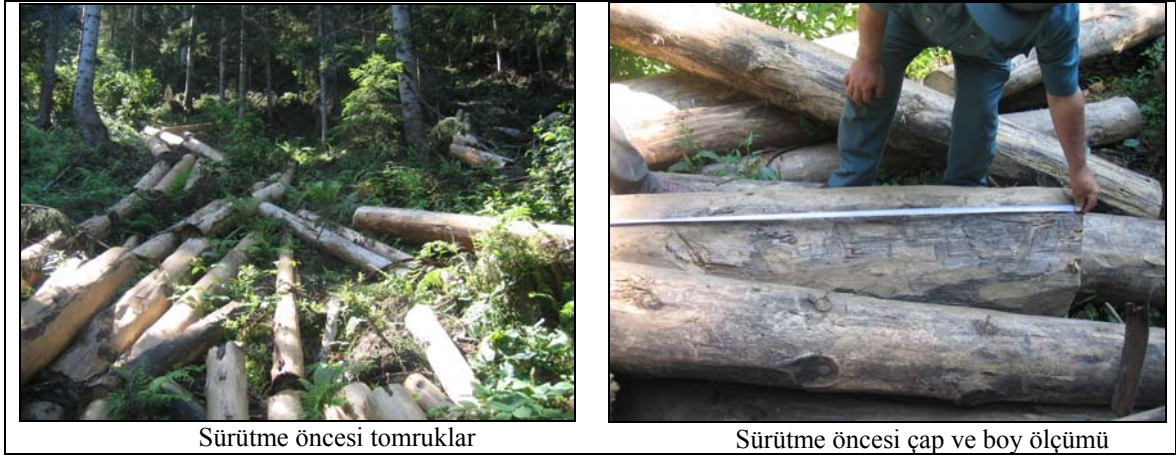
$$T_r = \left(\frac{d_k}{d_r} \right) \quad (4)$$

2.4.1.2. Sürütülen Odun Hammaddesinde Oluşan Zararların Tespiti

Üretilen odun hammaddesinde sürütme sonucu oluşan zararı belirlemek için hem sürütme faaliyetlerinden önce hem de sürütme faaliyetlerinden sonra çeşitli ölçüm ve tespitler yapılmıştır.

2.4.1.2.1. Sürütme Faaliyetinden Önce Yapılan Ölçümler

Odun hammaddesi üretiminin ilk aşaması olan hasat aşamasında damgalanmış ağaçlar kesilir, budanır, kabukları soyulur ve boylanarak bölmeden çıkarılmaya hazır hale getirilir. Bu çalışmada, sürütmeye hazır hale getirilen odunların orta çap ve boyları ölçülmüş, odunların kalite sınıfları (I., II. ve III. Sınıf) ve cinsleri belirlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Sürütme faaliyetlerinden önce odunların çap ve boy ölçümü

Odunların cinsleri (tomruk, direklik, sanayi, vd.), OGM İşletme Pazarlama Şube Müdürlüğü'nün odun cinsi sınıflaması standartlarına göre belirlenmiştir. Odun cinslerinin standart boyut değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Odun cinslerinin standart boyut değerleri (URL-2, 2008).

Odun Cinsi	Boy (m)	En Küçük Çap (cm)
Tomruk	1,5	21
Maden Direk	1,5	8–20
Tel Direk	6,5	11
Yuvarlak Sanayi	1,40	5

Odun hammaddesi kalite sınıfları, sadece boyut bakımından değil aynı zamanda fiyat bakımından da önemli oranda birbirlerinden farklıdır. Bu nedenle odun hammaddesinin kalite sınıfları arasında meydana gelen düşüşler üreticinin önemli derecede ekonomik kayıplara uğramasına neden olmaktadır. Odunların kalite sınıfları çapları, boyları ve üzerindeki kusurlar baz alınarak Günay (1982)'in iğne yapraklı türlerde odun kalite sınıfı standartlarına göre belirlenmiştir (Tablo 7).

Tablo 7. İğne yapraklı türlerde odun kalite sınıfı standartları (Günay, 1982).

Kusurlar	Sınıflar		
	I	II	III
Çürük ve Kovuk (Baş kısım alanının)	< %5	< %10	< %20
Çatlaklar			
-Çatlak boyunun tomruk boyuna oranı	< % 20	< % 25	%50'yi
-Çatlak derinliğinin tomruk çapına oranı	< % 20	< % 50	çap kadar
Yaralar			
a)Yara İzi –			
-Derinlik; tomruk çapının	< %5	< %10	< %20
-Uzunluk; tomruk boyunun	< %10	< %20	< %50
b) Kapalı Yara	Bulunmaz	Bulunabilir	Bulunabilir

Tablo 7'de görüldüğü üzere sürütme faaliyetleri sırasında sürütülen odunlarda çeşitli kusurların oluşması ve bu kusurların boyutları, odunların kalite sınıflarında düşüşler olmasına neden olmaktadır.

2.4.1.2.2. Sürütme Faaliyetinden Sonra Yapılan Ölçümler

İnsan gücüyle zemin üzerinde sürütme yöntemiyle orman içerisinden orman yolu kenarına indirilen her bir odun değerlendirilerek zarar görüp görmedikleri gözlemlenmiştir. Zarar görmüş olan odunların orta çapları ve boyları ölçülmüş, odunda oluşan zararın tipi ve

yeri, kalite sınıfları ve cinsleri tespit edilmiştir. Odunlarda oluşan kırıklık ve saçaklanmaların uzunlukları (cm), parçalanmış odunların hacimleri (m^3), gövde kısımlarında oluşan yaraların en (cm), boy (m) ve derinlikleri (cm) ölçülmüştür (Şekil 6).



Şekil 6. Sürütme faaliyetleri sırasında odunda meydana gelen zarar tipleri

Zararın yeri, odunun uç ya da gövde kısmı üzerinde meydana geldiği yer olarak tanımlanmıştır. Zarar tipleri ise kırılma, saçaklanma, parçalanma ve yaralanma olarak sınıflandırılmıştır. Bu sınıflar;

- Kırık sınıfında, odunların uç kısımlarından parça kopması,
- Saçaklanma sınıfında, daha çok odunun uç kısımlarında çarpma ve sürtünme sonucu meydana gelmiş olan yıpranmalar,
- Yaralanma sınıfında, odunun gövdesi üzerinde meydana gelen parça kopması ya da zedelenmeler,

- Parçalanma sınıfında ise sürütme sırasında gördüğü darbeler sonucu tamamen parçalanarak yakacak odun haline gelmeler olarak değerlendirilmiştir.

Orman içerisinden sürütülerek yol kenarına indirilen odunlarda oluşan kırıklık ve bozukluklar kesilerek istiflenmeden önce odun düzgün şekle getirilirler. Bu durum odunlarda meydana gelen kırıklıkların boyutunun, odunun kalite sınıfının ve cinsinin değişmesinde önemli olduğunu göstermektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Sürütme faaliyeti sırasında odunlardan oluşan kırılma ve parçalanmalar

Odunların uç kısımlarında meydana gelen saçaklanmalar, şiddet ve yoğunluğunun fazla olması durumunda uç kısımlarının kesilmesini gerektirebilir. Şiddetinin az olduğu durumlarda ise balta ya da motorlu testere ile pörsümüş kısımlar tıraşlanmaktadır. Odunda meydana gelen diğer bir zarar tipi de odunun gövde kısımlarında meydana gelen yaralanmalardır. Oluşan yaraların en önemlileri, çok derin ve şiddetli olan yaralardır. Çok derin yaralar, odunun yaranın olduğu yükseklikten kesilmesine ya da cins ve kalitesinin düşmesine neden olur.

Sürütme işlerinden sonra zarar gören odunların cins olarak değişime uğrayıp uğramadıkları incelenmiştir. Sürütme öncesindeki cins sınıflamasından farklı sınıfa kayanlar tespit edilmiştir.

Taşınan ürünlerin cinslerine göre sürütme öncesinde ve sonrasındaki hacimleri üretim bölmelerinin dosyalarından yararlanılarak elde edilmiştir. Sürütme öncesi ve sonrası

hacim miktarları karşılaştırılarak odunlarda meydana gelen kayıplar (%) hesaplanmıştır. Ayrıca üretim faaliyetleri sırasında meydana gelen miktar kaybını ortaya koymak için bazı üretim bölmelerinde kesimden sonra ormanda kalan kütüklerin boyları ve çapları ölçülmüştür (Şekil 8).



Şekil 8. Kesim faaliyetleri sonrası ormanda kalan kütükler

Uygulamada üretime tabi olan ve damgalanan ağaçların zeminden en fazla 30 cm yükseklikten kesilmesi uygun görülmektedir. Ağaçların bu sınır değerini üzerinde kesilmesi ağaçların en değerli yeri olan kalın uç kısımlarında kayıplar oluşmasına neden olmaktadır.

2.4.1.3. Meşcerede Kalan Ağaçlarda Oluşan Zararın Tespiti

Sürütme faaliyetleri sırasında meşcerede kalan ağaçlarda meydana gelen yaraların ağaçlara zararı; ağaç türü, yaranın yeri, yerden yüksekliği, boyutları ve yaranın mevsimi gibi pek çok faktörlere bağlıdır. Çapı 10 cm ve üzerinde olan yaralanmış ağaçların her birinin çapları, yaranın ağaç üzerindeki yeri (kök, gövde), yara tipi (kabuk ya da diri odun), yara sonucunda açılan dokunun içinde bulunan en geniş noktadaki enleri, boyları ve yaraların yerden yükseklikleri (dip, orta ve üst) ölçülmüştür.

Yaralar, ağaç üzerindeki yerleri, tipleri ve şiddetlerine göre değişik sınıflamalar kapsamında değerlendirilmiştir: Yaralar yerlerine göre; ağaçların kök ve gövde kısımları üzerinde bulunmaları, Yaralar tiplerine göre; kabuk soyulması ve diri odunda oluşan yaralar şeklinde sınıflandırılmıştır. Yaranın şiddeti ise gövde üzerinde oluşan yaraların

alansal değeri olarak belirlenmiştir. Yaraların alanları, yaranın en orta kısmındaki genişliğinin ve uzunluğunun çarpılması ile hesaplanmıştır (Fajvan, 2002; Aho vd., 1989). Yara alanı değerlerine göre zarar şiddeti Meng (1978)'in yara şiddeti sınıflamasına göre değerlendirilmiştir (Tablo 8).

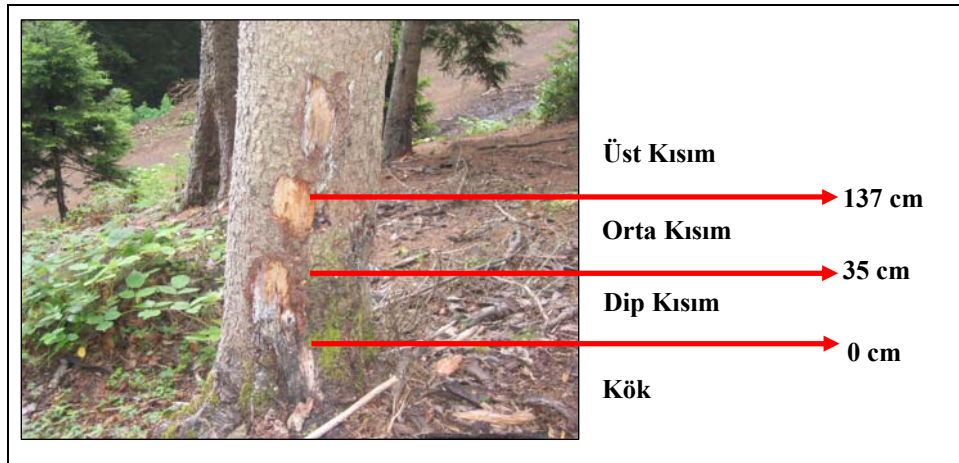
Tablo 8. Yara şiddeti sınıflaması (Meng, 1978).

Yara Şiddeti Sınıfları	Yara Alanı (cm ²)
I. Sınıf	< 10
II. Sınıf	11 - 50
III. Sınıf	51 - 200
IV. Sınıf	201 - 500
V. Sınıf	> 500

Yaraların yerden yükseklikleri; gövde üzerinde bulunduğu yükseklik olarak dip kısım, orta kısım ve üst kısım olmak üzere üç sınıfta değerlendirilmiştir (Youngblood, 1990). Bu sınıflamada;

- Dip kısım; 0 ile 35 cm arasındaki yüksekliği,
- Orta kısım; 36 cm ile 137 cm arasındaki yüksekliği,
- Üst kısım; 137 cm'nin üzerinde olan bölümü

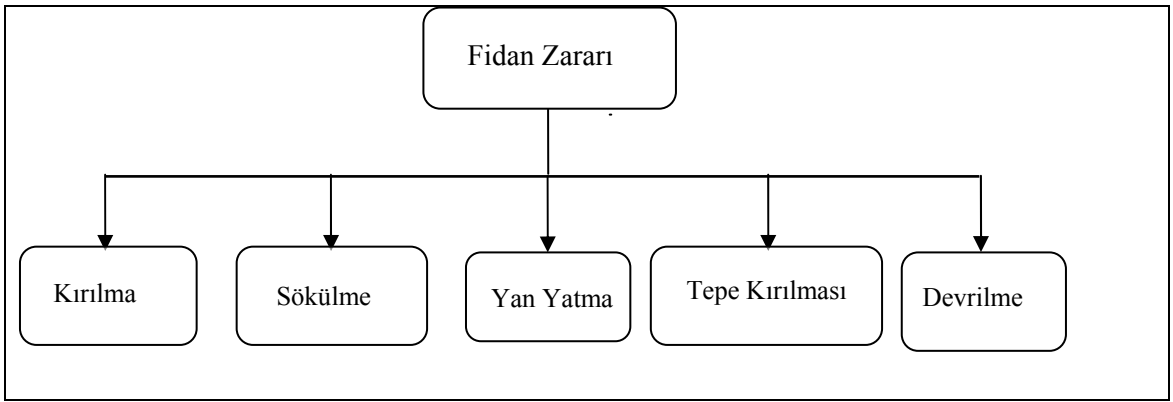
ifade etmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Gövde üzerindeki yaraların yerden yükseklik sınıflaması

2.4.1.4. Fidanlarda Oluşan Zararın Tespiti

Üretim alanlarında bulunan ve çapı 10 cm'den küçük olan ladin ağaçlarının tamamı fidan olarak kabul edilmiştir. Hasat ve bölmeden çıkarma gibi müdahaleler, devirme alanında bulunan gençlik üzerinde çeşitli zararlar oluşturabilmektedir. Bu fidanlardaki zararları değerlendirmek için devirme alanı ve sürütme güzergahı çevresinde bulunan tüm fidanlar incelenmiştir. Meşcerede sürütme faaliyetleri sırasında fidanlarda oluşan zararlar Şekil 10'da gösterildiği şekilde sınıflandırılmıştır.



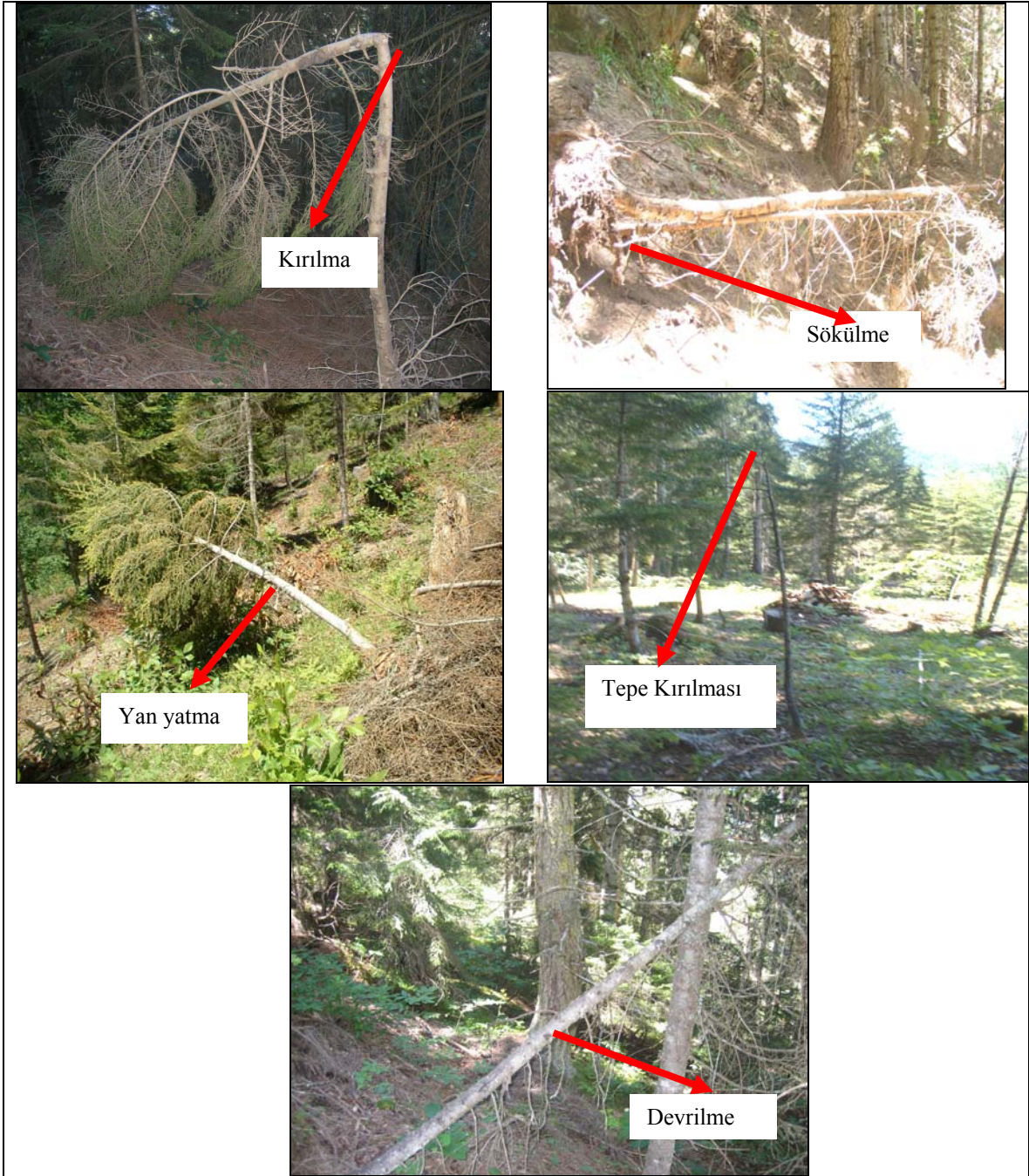
Şekil 10. Fidanlarda oluşan zarar tipleri sınıflaması

Bu sınıflamada; gövde kırılması, kökünden sökülme, yan yatma, devrilme ve tepe kırılması şeklinde beş sınıf değerlendirilmiştir. Fidanlarda meydana gelen zararlarla ilgili oluşturulan sınıflar;

- Kırılma sınıfında, gövdenin orta kısmına yakın yerden kırılan fidanlar,
- Sökülme sınıfında, kökün toprakla teması kesilmiş ve hayatini devam ettirme ihtimali olmayan fidanlar,
- Yan yatma sınıfında, üzerinden tomrukların geçmesi sonucu toprakla teması kesilmeden zemin üzerine yatmış fidanlar,
- Tepe kopması sınıfında, fidanların tepe kısmı tamamen kırılan fidanlar,
- Devrilme sınıfında, toprakla teması kesilmemiş ve etrafındaki ağaçlara yaslanmış fidanlar

şeklinde tanımlanmıştır (Şekil 11).

Kırılma zararının etkisi, fidanlarda olduğu yere bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Fidanlarda oluşan kırılma zararları; fidan gövdesinde kırılma, dal kırılması ve tepe kırılması şeklinde gerçekleşir. Fidan boyunun yaklaşık yarısına kadar olan gövde kırılmaları, fidanın hayatiyetini kaybetmesine neden olur. Dal kırılması gibi küçük kırıklıklar, fidanın gelişiminde önemli bir olumsuzluğa neden olmaz. Fidanın tepe tomurcuğunun kırılması ise fidanın gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir.



Şekil 11. Araştırma alanlarında fidanlarda tespit edilen zarar tipleri

2.4.1.5. Orman Toprağında Oluşan Zararın Tespiti

Zemin üzerinde sürütme faaliyetlerinin orman toprağına etkilerini belirlemek için hem sürütme öncesinde hem de sürütme sonrasında toprak ve silindir örnekleri alınmış, toprak sıkışması ölçülmüştür.

2.4.1.5.1. Sürütme Faaliyetlerinden Önce Yapılan Ölçümler

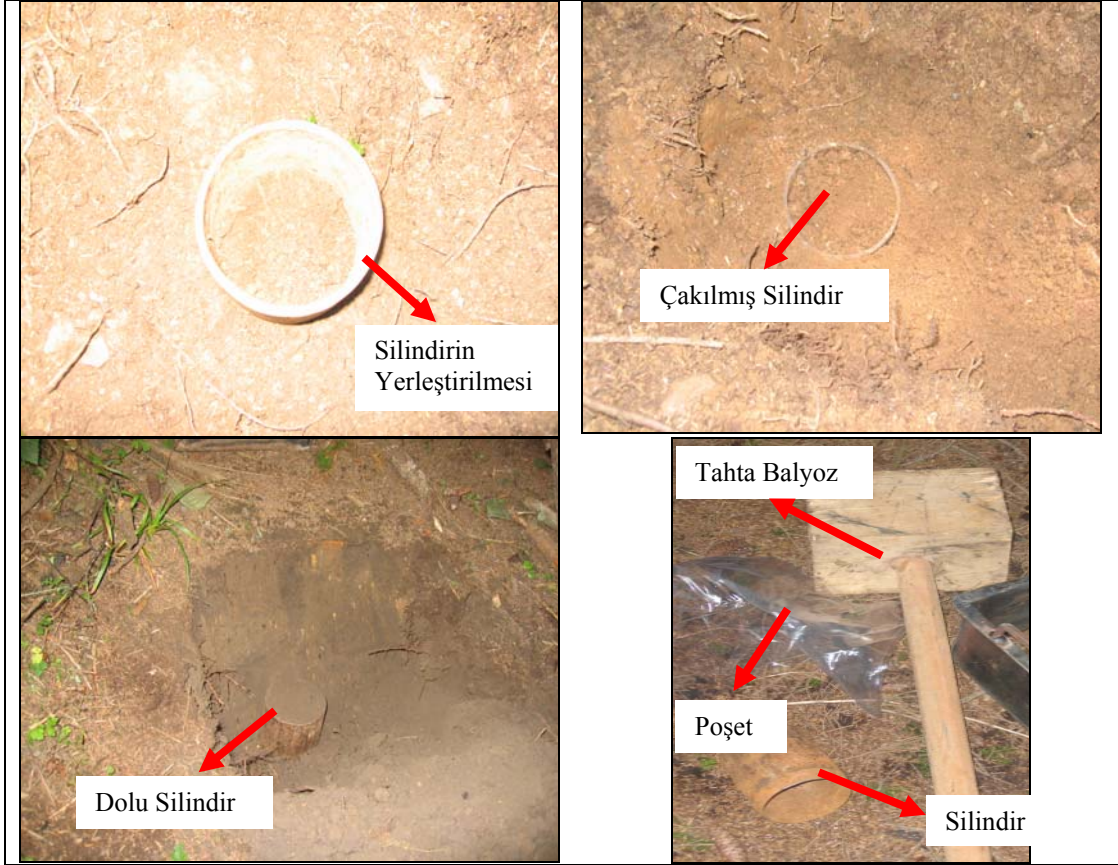
Üretim faaliyetlerinden önce, orman topraklarına ilişkin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ortaya koymak amacıyla damgalı ağaçların yoğun olarak bulunduğu alanlardan 0-10 cm ve 10-30 cm derinlik kademelerinden toprak ve silindir örnekleri alınmış, toprak sıkışıklıkları ölçülmüştür.

- Toprak Örneklerinin Alınması;

Çalışma alanlarında belirlenen deneme alanlarından 0-10 cm ve 10-30 cm derinlik kademelerinden yaklaşık olarak 1-1,5 kg toprak örnekleri alınmıştır. Alınan örnekler polietilen poşetler içerisine konularak bölme numarası, deneme alanı numarası, sürütme öncesi ya da sonrası olduğunu gösteren durum belirteci ve toprak derinliğinin yazılı olduğu etiketler yapıştırılmıştır.

- Silindir Örneklerinin Alınması;

Silindir örneklerinin alınması, 10 cm çapında ve 10 cm yüksekliğinde bir ucu keskin olan demir silindirlerin tahta balyozla istenilen derinliklere düşey yönde çakılması yoluyla gerçekleştirilmiştir. Silindirler örselenmemiş toprak örnekleri ile dolduktan sonra hareket ettirilmeden yan tarafları kazılmak suretiyle yavaşça çıkarılıp polietilen poşetlere konulmuş, hareket etmeyecek şekilde ağızları bağlanmış ve etiketlenmiştir (Şekil 12).

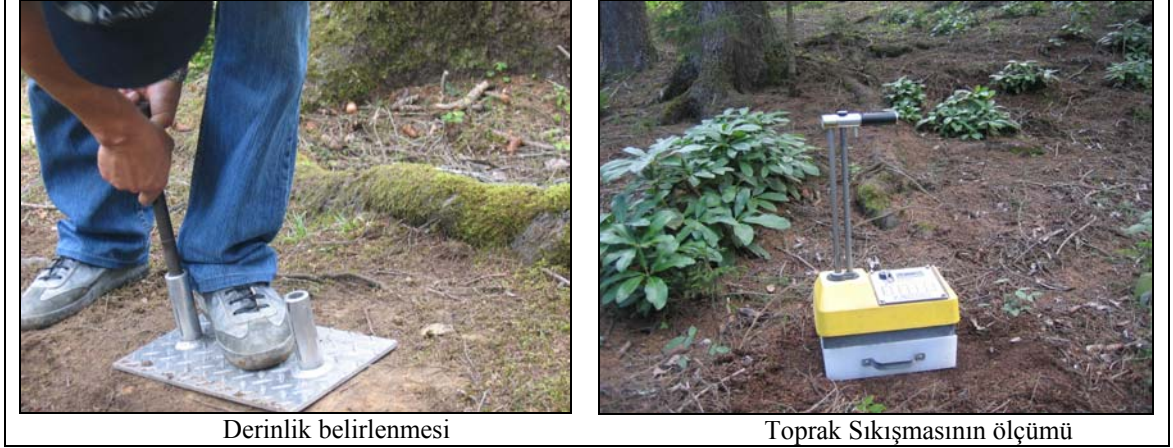


Şekil 12. Örselenmemiş toprak örneklerinin alınması

- Toprak Sıkışıklığının Ölçülmesi;

Araştırma alanlarında toprak sıkışıklığının ölçülmesi, Doğu İnşaat Limited Şirketine ait Troxler 3430 cihazı ile yapılmıştır. Aletin her bir bölme için kalibrasyonu ve ölçüm işlemleri aleti kullanma konusunda uzman olan bir kişinin yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Cihazın arazide kullanımından önce kalibrasyonunun yapılabilmesi için üretim bölmelerinden yaklaşık 10 kg'lık toprak örnekleri alınmıştır. Her bir üretim bölgesinden alınan toprak örneği üretim bölgesi gezilerek değişik yerlerden karışık olarak alınmıştır. Bu toprak örneklerinde cihazın kalibrasyonu için gereken kuru yoğunluk ve optimum rutubet parametreleri analizleri Doğu İnşaat Limited Şirketi Araklı İyidere Şantiyesine ait toprak analiz laboratuvarında yapılmıştır. Her bir üretim bölgesinde ölçüme başlamadan önce o üretim bölgesi için belirlenen kuru yoğunluk ve optimum rutubet değerleri girilerek cihaz kalibre edilmiştir. Ölçüm yapılan yerlerde cihazın zeminle tam olarak temasının sağlanabilmesi için önce toprak üzerindeki kalıntılar temizlenip toprak açığa çıkarılmıştır. Daha sonra aletin alt kısmını oluşturan iki uç kısmında silindir delikleri bulunan metal

plaka toprak üzerine tamamen temas edecek şekilde yerleştirilmiştir. Yerleştirme işleminden sonra yaklaşık 100 cm boyundaki demir çubuk silindir deliklerinden geçirilerek ölçülmek istenen en uzun derinliğe kadar toprağa çakılmıştır. Derinlik belirlenmesinden sonra çubuk ve metal plaka alınarak alet toprakta oluşan deliklere denk gelecek şekilde yerleştirilerek çalıştırılmış ve ölçüm yapılmıştır (Şekil 13).



Şekil 13. Troxler 3430 cihazı ile toprak sıkışmasının ölçülmesi

2.4.1.5.2. Sürütme Faaliyetlerinden Sonra Yapılan Ölçümler

Odun hammaddesinin bölmeden çıkarılması sırasında orman toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinde oluşan değişimleri ortaya koymak için devirme alanlarının etrafındaki sürütme güzergahlarından 0-10 cm ve 10-30 cm derinlik kademelerinden toprak ve silindir örnekleri alınmıştır. Ayrıca aynı noktalarda toprak sıkışması da ölçülmüştür.

2.4.2. Laboratuvar Yöntemleri

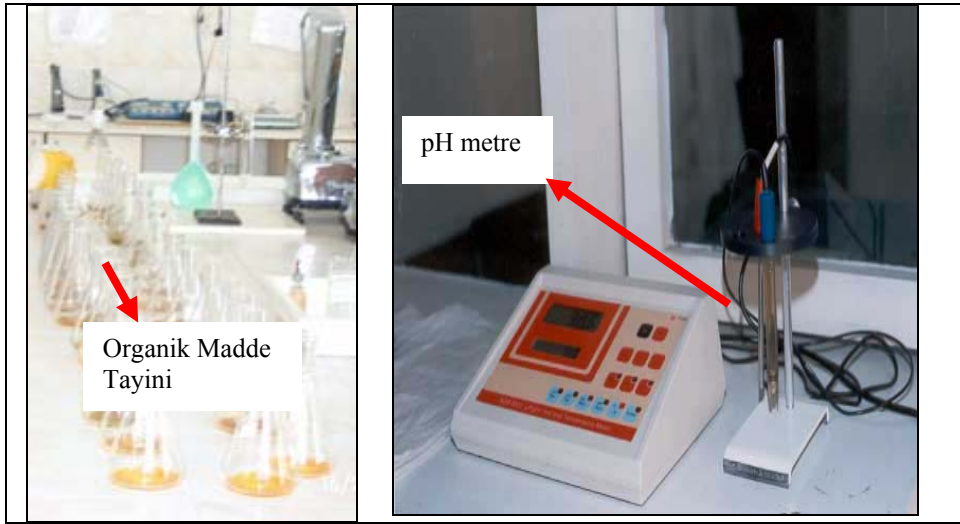
Sürütme faaliyetlerinden önce ve sonra üretim bölmelerinden iki derinlik kademesinden alınan toprak ve silindir örneklerinde, tekstür (%kum, %toz ve %kil oranları), % organik madde, hacim ağırlığı, toprak görünür porozitesi, permeabilite ve pH analizleri yapılmıştır. Analizler, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Havza Amenajmanı Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

2.4.2.1. Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması

Çalışma alanlarına ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlemek amacıyla alınan toprak örnekleri karton kağıtlar üzerine serilerek hava kurusu hale getirilinceye kadar birkaç gün süre ile bekletilmiştir. Hava kurusu hale gelen toprak örnekleri porselen havan içerisinde öğütülmüş ve 2 mm'lik eleklerden geçirilmiştir. Böylece analize hazır hale gelen toprak örnekleri etiketlenerek polietilen torbalara konulmuştur.

2.4.2.2. pH Analizi

Toprak örneklerinin hidrojen iyonları konsantrasyonu (pH), (1:2,5 sulandırılmış örnekte) Orion 420 dijital pH metre cihazı kullanılarak ölçülmüştür (Gülçur, 1974; Culley, 1993). Bu yöntemde, 2 mm'lik elekten elenmiş hava kurusu toprak örneklerinden 10'ar g tartılmış ve üzerlerine 25'er mL saf su ilave edilerek bir gece bekletilmiştir. Daha sonra solüsyon cam kaşıklar ile karıştırılmış ve pH metre ile ölçüm yapılmıştır (Smith, 1997) (Şekil 14).



Şekil 14. Toprak laboratuvar analizlerinden organik madde analizi ve pH ölçüm cihazı

2.4.2.3. Toprak Organik Madde Analizi

Topraktaki organik madde analizi, Walkley-Black ıslak yakma yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Analizde, 0,5 mm'lik elekten elenmiş ve 105 °C de fırın kurusu hale getirilmiş toprak örneklerinden 0,6 g tartılmıştır. Cam beher içerisine konan toprak örnekleri 10 mL potasyum dikromat (1 N $K_2Cr_2O_7$) ve 20 mL sülfürik asit (H_2SO_4) ile yakılmıştır. Yanmanın tamamlanması için yarım saat kadar beklenerek üzerlerine 150 mL saf su, 10 mL fosforik asit (H_3PO_4) ve 8-10 damla difenilamin indikatörü damlatılmıştır (Şekil 14). Daha sonra hazırlanan karışım Mohr tuzu $[(NH_4)_2 Fe (SO_4)_2 \cdot 6(H_2O)]$ çözeltisi ile titre edilmiş ve renk dönüşümünün gerçekleştiği noktadaki Mohr tuzu sarfiyatı belirlenmiştir (Gülçur, 1974). Mohr tuzu sarfiyat değerlerinden yararlanarak % organik madde (OM) (5) eşitliği ile hesaplanmıştır.

$$\%OM = s \left(1 - \frac{T_m}{S_k} \right) 1,34 \quad (5)$$

Burada; s, toprak örneğinin ağırlığı (g); T, Mohr tuzu sarfiyatı (mL); S_k , Kör numune standardını göstermektedir.

2.4.2.4. Toprak Tekstür Analizi

Toprak tekstür analizi; Bouyoucos hidrometre yöntemi ile yapılmıştır. Bu analiz ile toprak içerisindeki tanecikler teksele hale getirilerek kum, toz ve kil tanelerinin oranları % olarak bulunmuştur (Kalra ve Maynard, 1991). Analiz, 2 mm'lik elekten elenmiş hava kurusu toprak örnekleri üzerinde yapılmıştır. Bu işlem için ağır topraklardan 50 g ve hafif topraklardan 100 g'lık örnekler alınmıştır. Toprak örnekleri üzerine 10 mL %5'lik kalgon çözeltisi eklenen örnekler iyice karıştırılarak 24 saat süre ile dispersleşmeye bırakılmıştır. Ayrişan örnekler karıştırıcı (mikser) ile partiküller serbest hale gelene kadar yaklaşık 5 dakika süre ile çalkalanmış, hidrometre silindirlerine aktarılmış ve karışım üzerine saf su ilave edilerek 1000 mL'ye tamamlanmıştır. Daha sonra Bouyoucos hidrometresi ve termometre ile 4 dakika 48 saniye sonrasında birinci ve 120 dakika sonrasında ikinci hidrometre okumaları ve sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Okunan hidrometre değerleri

üzerinde gerekli sıcaklık düzeltmeleri yapılarak kum, toz ve kil oranları (%) olarak (6), (7), (8) ve (9) eşitlikleri yardımıyla hesaplanmıştır (OB, 1994).

$$\%(\text{Kum}+\text{Kil}) = \frac{4'48'' \text{ düzeltilmiş hidrometre okuması} * 100}{\text{fırınkurusu toprak ağırlığı (g)}} \quad (6)$$

$$\% \text{Kil} = \frac{2 \text{ saat düzeltilmiş hidrometre okuması (g/L)} * 100}{\text{fırınkurusu toprak ağırlığı (g)}} \quad (7)$$

$$\% \text{Toz} = 100 - \%(\text{Kum} + \text{Kil}) \quad (8)$$

$$\% \text{Kum} = \%(\text{Kum} + \text{Kil}) - \% \text{Kil} \quad (9)$$

Hesaplanan %kum, %kil ve %toz değerleri Tommeurop toprak tekstür üçgenine yerleştirilerek toprak türü tayini yapılmıştır (Atalay, 2006).

2.4.2.5. Toprak Su Tutma Kapasitesi Analizi

Toprağın su tutma kapasitesi silindir örnekleri yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Su ile doymuş hale getirilen silindir örnekleri eğimli bir yüzey üzerinde serbest drenaja tabi tutulmuş ve doymuş haldeki ağırlıklarını belirlemek için tartılmıştır. Daha sonra 24 saat süre ile 105 °C de fırında bekletilerek tartılmış ve fırın kuru ağırlıkları bulunmuştur. Bu iki ağırlık arasındaki farktan ağırlık yüzdesi olarak su tutma kapasitesi (Stk), (10) eşitliği ile hesaplanmıştır.

$$\text{Stk} = \frac{W_s - W_d}{W_d} 100 \quad (10)$$

Burada; W_s , suya doymuş haldeki toprak ağırlığını (g); W_d , fırın kuru toprak ağırlığını (g) göstermektedir.

2.4.2.6. Permeabilite Analizi

Orman toprağının permeabilitesi, sabit seviyeli permeabilite deneyi ile belirlenmiştir. Analizde silindir örnekleri içerlerinde hava kalmaması için derin bir kap (küvet) içerisinde alttan ıslanacak şekilde 24 saat bekletilerek su ile doymun hale getirilmiştir. Doymun hale gelen örnekler ölçüm düzeneğine yerleştirilmiş ve belli bir su sütunu basıncı altında içerilerinden su geçirilmiştir. Örnekten geçerek akan su miktarı sabitlenince kabın alt ucundan çıkan su bir ölçüğe toplanarak 100 mL'nin ne kadar zamanda aktığı kronometre ile ölçülmüştür. Sağlıklı bir sonuç elde edebilmek için ölçümler n=2 olarak yapılmış ve ortalamaları alınmıştır. Bu değerlerden yararlanarak Darcy kanununa dayanan formülle permeabilite değeri (k_f) (cm s^{-1}), (11) eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır (Özyuvacı, 1979).

$$k_f = \left(\frac{Q}{A_k} \right) \left(\frac{H_s}{H_s + H_v} \right) \quad (11)$$

Burada; Q, belirli bir zamanda geçen suyun miktarını ($\text{cm}^3 \text{s}^{-1}$); A_k , toprak örneğinin enkesit alanını (cm^2); H_s , toprak örneğinin yüksekliğini (cm); H_w , hidrostatik basıncı yapan su sütunu yüksekliğini (cm) göstermektedir.

2.4.2.7. Toprak Hacim Ağırlığı Analizi

Toprak hacim ağırlığı, toprak silindirlerinin hacmi ve fırın kurusu toprak kütlesine göre belirlenmiştir. Demir silindirlerle 0-10 cm ve 10-30 cm derinlik kademelerinden alınan örselenmemiş toprak örnekleri silindirlerin içerisinden boşaltılarak 105°C sıcaklıkta etüvde 24 saat kurutulup tartılmıştır. Bu tartım değerlerinden yararlanarak hacim ağırlığı (D) (g cm^{-3}) değerleri (12) eşitliği ile hesaplanmıştır (Gülçur, 1974).

$$D = \frac{W_d}{V} \quad (12)$$

Burada; W_d , V hacmindeki toprak örneğinin fırın kurusu ağırlığı (g); V, toprak örneğinin alındığı silindirin hacmidir (cm^3).

2.4.2.8. Toprak Görünür Porozite Analizi

Toprağın hacim ağırlığı arttıkça topraktaki boşluk oranı ve hava miktarı azalır. Bu durum katı tanelerin birbirine daha sıkı şekilde temas etmesini sağlar. Topraktaki boşluk miktarını gösteren porozite değeri (n_p), (13) ve (14) eşitlikleri yardımıyla hesaplanmıştır (Ulusay vd., 2005):

$$V_v = \frac{W_s - W_d}{P_w} \quad (13)$$

Burada; V_v , boşluk hacmi (cm^3); W_s , suya doymun toprak ağırlığı (g); W_d , fırın kurusu toprak ağırlığı (g); P_w , suyun yoğunluğunu ifade etmektedir.

$$n_p = \frac{V_v}{V_s} 100 \quad (14)$$

Burada; V_s , silindirin hacmini (cm^3) ifade etmektedir.

2.4.3. İstatistik Yöntemler

Bu araştırmada, arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi SPSS (13.0, SPSS Inc. Chicago, IL, ABD) paket programı ile gerçekleştirilmiştir.

Verilerin normal dağılıp dağılmadıkları Kolmogorov Simirnow normal dağılım testi ile araştırılmıştır. Normal dağılmadığı tespit edilen sürütülen odundaki zarar miktarı verilerine, SPSS paket program içerisindeki ln dönüşümü uygulanarak verilerin normal dağılıma uygun hale getirilmesi sağlanmıştır. Sürütülen odunun çapı verilerinin normal dağılıma uygunluğu ise Minitab programı ile belirlenen $[0,55+1,77*\text{Log}((x+0,337)/(77,7995-x))]$ fonksiyonunun kullanılmasıyla sağlanmıştır. Transform yöntemleri uygulanmasına rağmen normal dağılıma uygun hale getirilemeyen; meşcerede kalan yaralanmış ağaçların çapı, ağaçlarda oluşan yaraların eni, boyu, yerden yüksekliği, alanı ile fidan çapı değişkenlerine nonparametrik analizler uygulanmıştır.

Sürütülen odunların boyu ve taşınan odun hammaddesindeki zararın yeri arasındaki farkları ortaya koymak için bağımsız t testi uygulanmıştır.

Sürütülen odunların çapı, boyu ve oluşan zarar miktarı; sürütme faaliyetlerinden önce ve sonra 0-10 cm ve 10-30 cm derinlik kademelerindeki toprak özellikleri arasındaki ilişkileri belirlemek için Pearson korelasyon testi kullanılmıştır.

Sürütülen odunda oluşan zararın yeri ile tipi; üretim mevsimi ile fidanlarda oluşan zarar tipleri arasında ilişki olup olmadığını belirlemek için χ^2 testi uygulanmıştır.

Sürütme öncesi ve sonrası farklı derinlik kademelerindeki toprak özelliklerini karşılaştırmak için Paired-t testi yapılmıştır.

Nonparametrik testlerin uygulandığı meşcerede kalan ağaçların çapı, yaranın eni, boyu, yerden yüksekliği ve alanı arasındaki ilişkileri ortaya koymak için Spermans rho korelasyonu kullanılmıştır.

Üretim mevsimi ile yaralanan ağacın çapı, oluşan yaranın eni, boyu, yerden yüksekliği ve alanı; yaraların yeri ile yaralanan ağacın çapı, oluşan yaranın eni, boyu, yerden yüksekliği ve alanı; yara tipi ile yaralanan ağacın çapı, oluşan yaranın eni, boyu, yerden yüksekliği ve alanı; üretim mevsimi ile zarar gören fidanların çapları arasında fark olup olmadığı Mann Whitney U testi ile araştırılmıştır.

Yara şiddeti sınıfları ile ağaç çapı, yara eni, boyu, yerden yüksekliği, üretim mevsimi, yara tipi ve yara yeri; fidan çapı ile fidanlarda oluşan zarar tipleri arasında fark olup olmadığını tespit etmek için ise Kruskal Wallis testi yapılmıştır. Bütün testlerde $P < 0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

2.4.4. Sürütülen Odunda Zarar Tahmininin Modellenmesi

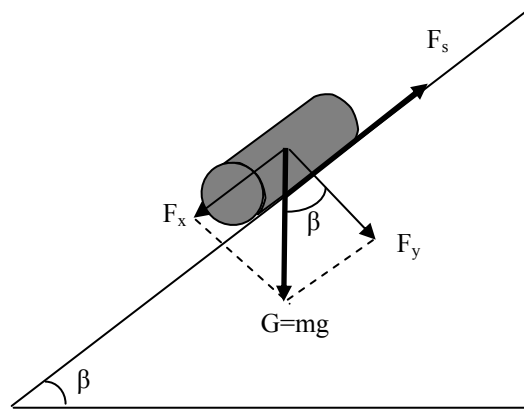
Zemin üzerinde sürütülerek bölmeden çıkarılacak ladin odununda oluşabilecek zararın sürütme faaliyetlerinden önce tahmin edilmesi, odundaki olası miktar kaybının azaltılması için önemlidir. Bu amaçla, sürütülen oduna etkiyen kuvvetleri dikkate alarak bir zarar tahmin modeli geliştirilmiştir. Bu zarar tahmin modeli, uygulayıcılara sürütme faaliyeti sonucunda odunda oluşabilecek miktar kaybını, sürütme işleminden önce belirleme imkanını sunacaktır.

- Modelin Oluşturulması;

Sürütme sırasında odunda miktar kaybına neden olan başlıca zarar tipleri uç kısımlarında kırılmalar ve odunun tamamen parçalanmasıdır. Sürütme sonucu odunda meydana gelen miktar kaybı (Z), tamamen parçalanmış odunların hacmi ve kesilen kırık kısımların hacmi kadardır. Geliştirilen modelde, sürütülen oduna etki eden Sürtünme Kuvveti (F_s), Sürtünen Yüzey Alanı (S) ve Sürütme Mesafesi (S_m) parametreleri dikkate alınmıştır.

$$Z = f\{F_s, S, S_m\} \quad (15)$$

Eğimli zemin üzerinde sürütülen oduna etki eden en önemli kuvvetler Şekil 15'te görüldüğü gibi sürtünme kuvveti (F_s) ve odunun ağırlığı (G)'dir.



Şekil 15. Eğimli zemin üzerinde sürütülen oduna etki eden kuvvetler

Şekil 15'te görüldüğü üzere sürütülen oduna etki eden Sürtünme Kuvveti (F_s), arazinin eğimine (β), yerçekimi ivmesine (g), sürtünme katsayısına (k) ve odunun kütlesine (m) bağlı olarak,

$$F_s = k F_y = k m g \cos \beta \quad (16)$$

formülünden elde edilir (Serway ve Beichner, 2002; Bueche ve Jerde, 1995). Odunun kütlesini (m) hesaplamak için önce odunun hacmi (V), Huber formülünden

$$V = \frac{\pi}{4} r^2 h \quad (17)$$

hesaplanır. Burada, r , odunun çapını; h , odunun boyunu göstermektedir. Daha sonra odunun özgül ağırlığı (d) da dikkate alınarak odunun kütlesi (m),

$$m = V d \quad (18)$$

eşitliğinden hesaplanır.

Sürtünen Yüzey Alanı (S), odunun yanal yüzey alanı (S_y),

$$S_y = \pi r h \quad (19)$$

ve zeminle temas oranına (t) bağlı olarak

$$S = S_y t \quad (20)$$

eşitliğinden hesaplanır (Jurgensen vd., 2000). Odunun zemin ile temas oranı (t), farklı özellikteki zeminlerde sürütme faaliyetleri sırasında yapılan gözlemler sonucu belirlenebilir.

Sürütülen oduna etki eden bir diğer etken de Sürütme Mesafesi (S_m)'dir. Sürütme mesafesi ölçülerek belirlenir ve modele parametre olarak eklenir.

Sürütülen odunlarda miktar kaybına neden olan zararların boyutları ölçülerek sürütme sonucu odunda kaybedilen kısmın hacmi (Z_k), (21) eşitliğinden hesaplanır. Böylece belirlenen sürütme kuvveti (F_s), sürtünen yüzey alanı (S), sürütme mesafesi (S_m) ve zarar hacim (Z_k) değerleri arasındaki fonksiyonel ilişkiyi gösteren "Bir Zarar Tahmin Modeli",

$$Z_{ki} = a F_{s_i} + b S_i + c S_{m_i} \quad (21)$$

biçiminde oluşturulur. Burada a , b ve c bilinmeyen parametreler olan katsayıları; ($i=1, 2, 3, \dots, n$) n , zarar gören odun sayısını göstermektedir.

- Modelin Çözümü;

Geliştirilen modelde bulunan bilinmeyen katsayıları, en küçük kareler yöntemi ile hesaplanabilir (Koch, 1999). Modeli oluşturan, sürtünme kuvveti (F_s), sürtünen yüzey alanı (S), sürütme mesafesi (S_m) ve hacim olarak miktar kaybı (Z_k) şeklindeki veri grupları farklı birimlere sahiptir. Bu nedenle modelin çözümünden önce verilerin boyutsuzlaştırılması gerekir. Boyutsuzlaştırma işlemi, her veri grubu elemanlarının kendi veri gruplarının ortalama değerlerine bölünmesi yoluyla yapılmıştır.

Zarar miktarlarına getirilecek düzeltme değerleri v_i olmak üzere (21) eşitliğindeki model

$$Z_{ki} + v_i = a F_{s_i} + b S_i + c S_{m_i} \quad (22)$$

biçiminde oluşturulur. Bu eşitlikten düzeltme denklemi,

$$v_i = a F_{s_i} + b S_i + c S_{m_i} - Z_{ki} \quad (23)$$

olarak elde edilir. (23) eşitliği n adet veri için açık yazılırsa,

$$\begin{aligned} v_1 &= a F_{s_1} + b S_1 + c S_{m_1} - Z_{k1} \\ v_2 &= a F_{s_2} + b S_2 + c S_{m_2} - Z_{k2} \\ &\cdot \\ &\cdot \\ v_n &= a F_{s_n} + b S_n + c S_{m_n} - Z_{kn} \end{aligned} \quad (24)$$

eşitlikleri elde edilir. Bu eşitlikler matris gösterimi ile

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ v_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{s_1} & S_1 & S_{m_1} \\ F_{s_2} & S_2 & S_{m_2} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ F_{s_n} & S_n & S_{m_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_{k1} \\ Z_{k2} \\ \cdot \\ \cdot \\ Z_{kn} \end{bmatrix} \quad (25)$$

biçiminde yazılan düzeltme denklemlerinin

$$v = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ v_n \end{bmatrix} ; \quad A = \begin{bmatrix} F_{s_1} & S_1 & S_{m_1} \\ F_{s_2} & S_2 & S_{m_2} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ F_{s_n} & S_n & S_{m_n} \end{bmatrix} ; \quad x = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} ; \quad Z = \begin{bmatrix} Z_{k_1} \\ Z_{k_2} \\ \cdot \\ \cdot \\ Z_{k_n} \end{bmatrix} \quad (26)$$

kısa gösterimleri ile

$$v = A x - Z \quad (27)$$

eşitliği elde edilir. Burada; v , düzeltme vektörünü; A , katsayılar matrisini; x , bilinmeyen katsayılar vektörünü; Z , zarar vektörünü göstermektedir. (24) eşitliği En Küçük Kareler Yönteminin $v^T v = \min.$ koşuluna göre çözümlenerek bilinmeyen katsayılar (x),

$$x = (A^T A)^{-1} A^T Z \quad (28)$$

ve bilinmeyen katsayıların ters ağırlık matrisi (Q_{xx}),

$$Q_{xx} = (A^T A)^{-1} \quad (29)$$

eşitliklerinden hesaplanır. Burada; v^T , v düzeltme vektörünün transpozisini (evriği); A^T , A matrisinin transpozisini; $()^{-1}$, matrisin tersini göstermektedir.

Bilinmeyen katsayıların ortalama hatasını belirlemek için (15) eşitliğinden hesaplanan bilinmeyen katsayılar vektörü (x), (15) eşitliğinde yerine koyularak düzeltmeler vektörü (v) hesaplanır. n_z , zarar gören odun sayısı; u , bilinmeyen katsayıların sayısı olmak üzere, düzeltme değerlerinden yararlanarak birim ölçünün ortalama hatası (m_0) (30) eşitliği ile,

$$m_0 = \sqrt{\frac{[v^T v]}{n_z - u}} \quad (30)$$

ve bilinmeyen katsayıların ortalama hataları (m_x),

$$m_x = m_0 \sqrt{q_{x_i, x_i}} \quad (31)$$

eşitliklerinden yararlanılarak hesaplanır. Burada Q_{x_i, x_i} , bilinmeyenlerin ters ağırlık matrisinin (Q_{xx}) ilgili parametreye ait köşegen elemanıdır. Bilinmeyen a, b ve c parametrelerinin ortalama hataları (31) eşitliğine göre,

$$m_a = m_0 \sqrt{q_{aa}} \quad ; \quad m_b = m_0 \sqrt{q_{bb}} \quad ; \quad m_c = m_0 \sqrt{q_{cc}} \quad (32)$$

şeklinde hesaplanır. Burada q_{aa} , q_{bb} , q_{cc} değerleri, Q_{xx} matrisinin sırasıyla birinci, ikinci ve üçüncü köşegen elemanlarını göstermektedir.

- Parametrelerin Anlamlılık Testi;

Bilinmeyen parametre katsayılarının istatistik olarak anlamlılığını belirlemek amacıyla her katsayı için test büyüklükleri (T_a , T_b ve T_c) (33) eşitliği yardımıyla,

$$T_a = \frac{|a|}{m_a} \quad ; \quad T_b = \frac{|b|}{m_b} \quad , \quad T_c = \frac{|c|}{m_c} \quad (33)$$

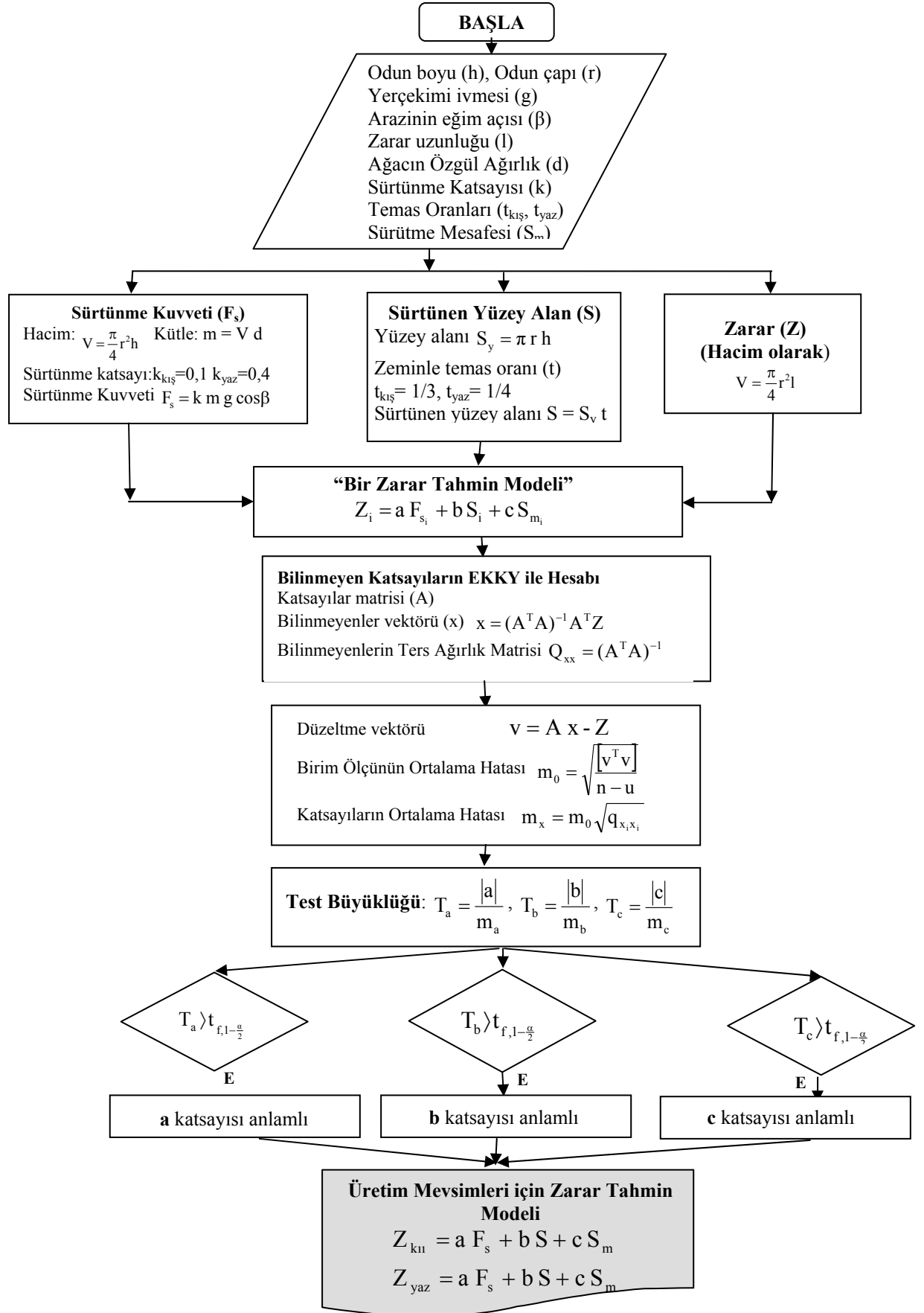
hesaplanır. Bu test büyüklükleri, serbestlik derecesi $f=n_z-u$ ve yanılma olasılığı α olan t-tablo değerleri, $t_{f, 1-\frac{\alpha}{2}}$ ile ayrı ayrı karşılaştırılmıştır.

$T_a > t_{f, 1-\frac{\alpha}{2}}$ ise a parametresi istatistik olarak anlamlıdır.

$T_b > t_{f, 1-\frac{\alpha}{2}}$ ise b parametresi istatistik olarak anlamlıdır. (34)

$T_c > t_{f, 1-\frac{\alpha}{2}}$ ise c parametresi istatistik olarak anlamlıdır.

Test büyüklükleri t-tablo değerlerinden büyük olan parametreler istatistik olarak anlamlı olarak kabul edilir. “Zarar Tahmin Modeli” anlamlı bulunan parametreler baz alınarak oluşturulmuştur. Zarar tahmin modelinin iş akış şeması Şekil 16’da verilmiştir.



Şekil 16. Odunda zarar tahmin modelinin akış şeması

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada, meşcerede kalan ağaç, fidan ve orman toprağına zararlar, 8 adedi kış ve 8 adedi yaz üretimi olmak üzere toplam 16 adet üretim bölmesinde belirlenmiştir. Sürütülen odunda oluşan zarar tahmin modelinin oluşturulmasında ise 3 adedi kış ve 3 adedi yaz üretimi olmak üzere toplam 6 adet üretim bölmesinde tespit edilmiş zarar verileri kullanılmıştır.

3.1. Meşcere Özelliklerine Ait Bulgular ve Tartışma

Araştırma alanı olarak seçilen üretim bölmelerinin 14 adedi saf doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) ve 2 adedi baskın ağaç türü ladin olan kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.), kızılbaş (*Alnus glutinosa* Mill.) ve gürgen (*Carpinus betulus* L.) karışık meşcereleridir. Bölmelerde alt flora olarak çoğunlukla kuzey bakılarda yoğun orman gülleri (*Rhododendron ponticum* L. ve *R. Luteum* Sviet) bulunmaktadır. Araştırmaya konu olarak seçilen üretim bölmelerinden toplam 5440 adet ladin ağacı kesilmiş olup ürünün tamamı insan gücüyle zemin üzerinde sürütülerek bölmeden çıkarılmıştır.

Zemin üzerinde sürütme faaliyetlerinin meşcere yapısına etkilerini gösteren hektardaki göğüs yüzeyi alanı, hektardaki ağaç sayısı, çap kademeleri ve aralama oranları tüm kış ve yaz üretim bölmeleri için ayrı ayrı belirlenmiştir. Her bölmede sürütmeden önceki, kesilip çıkarılan, sürütmeden sonraki ve zarar gören ağaçların göğüs yüzeyi alanı ve hektardaki ağaç sayıları hesaplanmıştır. Burada hektardaki ağaç sayıları (N), (2) eşitliğinden ve hektardaki göğüs yüzeyi alanı (GY), (3) eşitliğinden yararlanarak hesaplanmıştır. Ortalama göğüs yüzeyi çapı ($d_{1,30}$) değerleri ise sürütme öncesi ve sonrası deneme alanlarına düşen ağaçların, kesilen ağaçların ve sürütmeden sonra belirlenen zarar görmüş ağaçların çapları ölçülerek ortalamalarının alınmasıyla belirlenmiştir. (Tablo 9).

Tablo 9. Üretim mevsimine göre üretim faaliyetlerinin meşcere yapısına etkileri

	Kış Üretim Alanları			Yaz Üretim Alanları		
	Ort. GY (m ² ha ⁻¹)	Ort. N (n ha ⁻¹)	Ort.d _{1,30} (cm)	Ort. GY (m ² ha ⁻¹)	Ort. N (n ha ⁻¹)	Ort.d _{1,30} (cm)
Sürütme Öncesi	48,82	1025	24	59,14	1024	26
Çıkarılan	17,41	188	20	23,07	231	17
Sürütme Sonrası	31,41	837	23	36,07	803	22
Zarar Gören	4,32	45	21	7,21	68	19

Tablo 9’da görüldüğü gibi odun hammaddesi üretim faaliyetleri sonucu kış üretim alanlarında hektardaki ağaçların %18’i çıkarıldığında kalan ağaçların %5’i zarar görürken yaz üretim alanlarında %23’ü çıkarılırken %9’unun zarar gördüğü tespit edilmiştir. Kış üretim alanlarında hektardaki göğüs yüzeyi alanının %36’sı çıkarılırken kalan göğüs yüzeyi alanının %14’ü zarar gördüğü, yaz üretim alanlarında ise %40’ı çıkarılırken %20’sinin zarar gördüğü belirlenmiştir.

Araştırmaya konu olan odun hammaddesi üretim bölmelerinin her birinin aralama oranları (4) eşitliğinden yararlanarak hesaplanmıştır. Üretim mevsimlerine göre aralama oranlarının ortalamaları alınmıştır. Kış üretim alanlarında ortalama aralama oranı 0,9 iken yaz üretimi alanlarında 0,7 olarak belirlenmiştir.

3.2. Odundaki Zararlara İlişkin Bulgular ve Tartışma

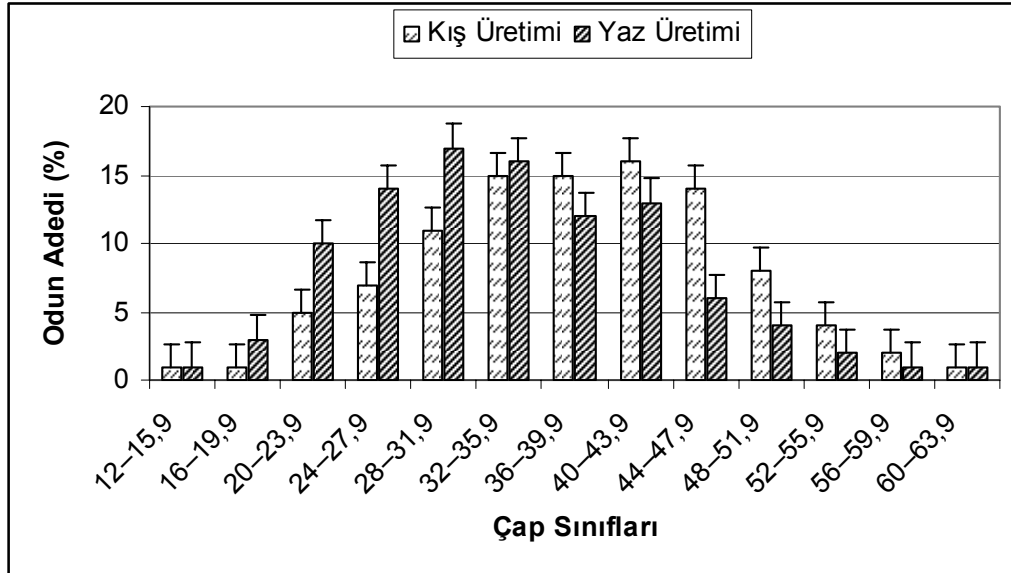
Araştırmaya konu olan 16 adet üretim bölmesinde tomruk, maden direk, sanayi odunu ve kağıtlık odun olmak üzere dört cins endüstriyel odun hammaddesi üretilmiştir. Bu odun cinslerinin hacimleri ve yüzdeleri üretim mevsimlerine göre Tablo 10’da gösterilmiştir.

Tablo 10. Üretim mevsimine göre üretilen endüstriyel odun cinslerinin miktarları

Ürün Tipi	Kış Üretimi		Yaz Üretimi	
	Hacim (m ³)	(%)	Hacim (m ³)	(%)
Tomruk	1071,693	70	990,332	58
Maden Direk	222,093	14	69,698	4
Sanayi Odunu	78,236	5	13,685	2
Kağıtlık Odun	163,573	11	631,034	36
Toplam	1535,595	100	1704,749	100

Tablo 10’da görüldüğü gibi üretilen odun hammaddesi miktarı, kış üretim bölmelerinde 1535,595 m³, yaz üretim bölmelerinde ise 1704,749 m³ olarak gerçekleştirilmiştir. Üretilen odun hammaddesinin cinsi, kış üretim bölmelerinde daha çok tomruk (%70) ve maden direk (%14); yaz üretim bölmelerinde ise tomruk (%58) ve kağıtlık odun (%36) üretilmiştir. Yapılan gözlemler sonucunda yaz üretim alanlarında sürütmeden önce cinsi tomruk ya da maden direk olan ürünlerin uğradıkları zararlar ve parçalanmalar sonucu kağıtlık odun ya da yakacak odun haline dönüştüğü görülmüştür. Bu durum, kış üretim alanlarında kar zeminle odun arasında fazla sürtünme olmadığından dolayı sürütülen odunun az zarar görmesinden, yaz üretim alanlarında ise toprak zeminle odun arasındaki sürtünmenin etkisiyle zararın daha fazla olmasından kaynaklanmış olabilir.

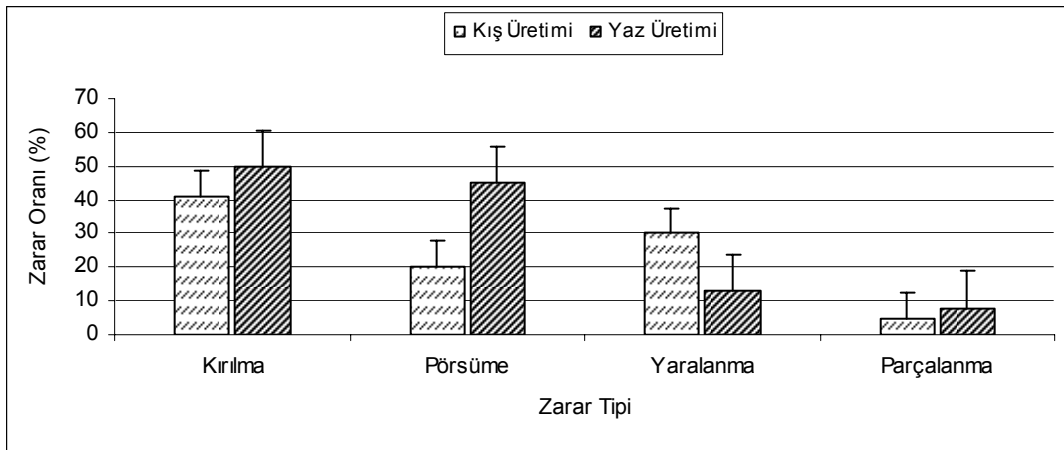
Her bir üretim bölgesinde taşınan ürünlerin orta çapları ve boyları ölçülmüştür. Sürütülen odunların boylarının, yaz üretim alanlarında ortalama 3,2 m iken kış üretim alanlarında ortalama 3,4 m olduğu tespit edilmiştir. Ölçülen odunların çaplarının en küçüğü olan 12 cm’den başlayarak 4 cm aralıkla çap sınıfları oluşturulmuştur. Bu çap sınıflarına düşen odunların yüzde olarak adetleri üretim mevsimine göre Şekil 17’de gösterilmiştir.



Şekil 17. Sürütülen odunların adet olarak çap sınıflarına dağılımı

Şekil 17’de görüldüğü gibi doğu ladininin idari yaşını doldurduğu kalın ağaçlık çağındaki çapı olan 36 cm’nin üzerindeki odun sayısı, kış üretim alanlarında %61 iken yaz üretim alanlarında %39 olmuştur. İnsan gücüyle zemin üzerinde sürütme faaliyetlerini zorlaştıran en önemli etmenlerden birisi zemin pürüzlülüğüdür. Kış üretim alanlarında kalın çaplı ürünlerin daha fazla üretilmesi kış mevsiminde sürütme faaliyetlerinin zeminin pürüzlülüğünü kamufle eden kar tabakası üzerinde yapılması, ürünün toprak zemin üzerinde kaymaya oranla daha hızlı olmasından ya da uygulamacıların aralama oranının fazla olduğu alanlarda kış üretimini tercih etmelerinden kaynaklanmış olabilir.

Sürütme faaliyetlerinden sonra yapılan incelemelerde sürütme sonucunda odunlarda kırılma, saçaklanma, yaralanma ve tamamen parçalanma olmak üzere dört tip zarar belirlenmiştir. Üretim mevsimlerine göre bu zararlara uğramış odunların sayıları yüzde olarak hesaplanmıştır. Ayrıca odunların kırılmış ya da pörsümüş kısımlarının uzunlukları ve yaraların boyutları ölçülerek ortalamaları hesaplanmıştır. İnsan gücüyle zemin üzerinde sürütme yöntemiyle bölmeden çıkarılan odun hammaddesinde meydana gelen zarar miktarlarının zarar tiplerine göre dağılımları her iki üretim mevsimi için Şekil 18’de gösterilmiştir.

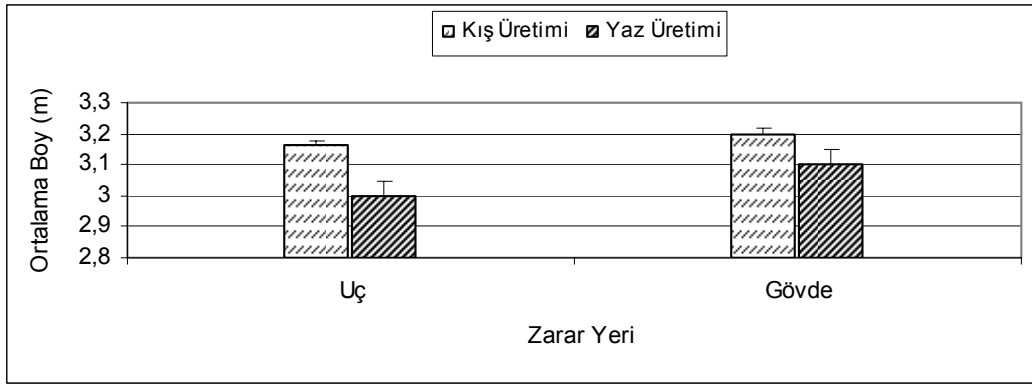


Şekil 18. Üretim mevsimine göre taşınan odunda oluşan zarar tipleri ve oranları

Şekil 18’de görüldüğü gibi zemin üzerinde sürütülerek taşınan odunlarda en yaygın olarak görülen zararlar kış üretim alanlarında uç kısımlarda kırılma (%41), yaz üretim alanlarında ise uç kısımlarda kırılma (%50) ve saçaklanma (%45) şeklinde gerçekleşmiştir. Yaralanma zararı ise kış üretim alanlarında (%30) yaz üretim alanlarındakilere (%13) oranla yaklaşık iki kat daha fazla olmuştur. Odunlarda kırılmış ve pörsümüş kısımların

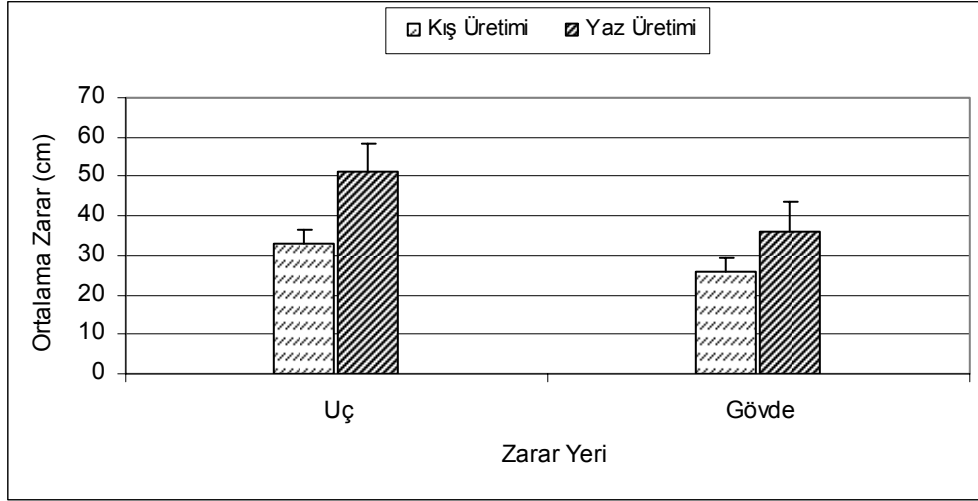
ortalama uzunlukları, yaz üretim alanlarında sırasıyla 40 cm ve 28 cm, kış üretim alanlarında ise 36 cm ve 18 cm olarak belirlenmiştir. Sürütülen odunun gövde kısmında oluşan yaralanmalar kış üretim alanlarında, yaz üretim alanlarına oranla %17 daha fazla olmuştur.

Yapılan istatistik analizler sonucunda, taşınan odun hammaddesinde meydana gelen zararın yeri (uç/gövde) ile sürütülen odunun boyu arasında %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$). Yaz ve kış üretim mevsimleri için sürütülen odunun boyuna göre oluşan zararın yeri arasındaki değişim grafiği Şekil 19'da gösterilmiştir.



Şekil 19. Sürütülen odunların ortalama boyları ve zararın yeri değişimi

Şekil 19 incelendiğinde, boyları uzun olan odunların hem uç hem de gövde kısmının kış üretim alanlarında (3,16 m ve 3,2 m) yaz üretim alanlarına (3,0 m ve 3,1 m) oranla daha fazla zarara uğradığı görülmektedir. Yaz ve kış üretim alanları için odunda oluşan zararın yerine göre ortalama zarar miktarlarının dağılımı grafiği Şekil 20'de gösterilmiştir.

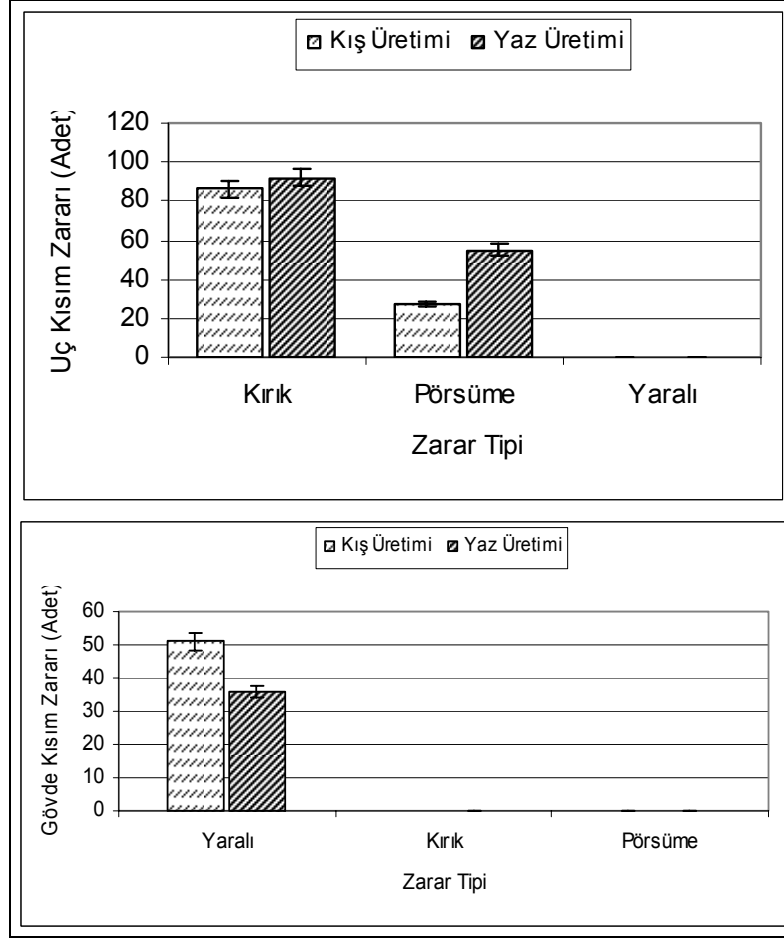


Şekil 20. Sürütülen odunlarda zararın yerine göre ortalama zarar miktarları

Şekil 20’de görüldüğü gibi kış üretim alanlarında odunun uç ve gövde kısımlarında zarar görmüş ortalama uzunluklar sırasıyla 33 cm ve 26 cm iken yaz üretim alanlarında sırasıyla 51 cm ve 36 cm olarak gerçekleşmiştir. Her iki üretim mevsiminde de sürütülen odunların uç kısımlarında gövde kısımlarına oranla daha fazla zarar oluşması odunlarda darbe ve sürtünmeye en fazla uç kısımlarının maruz kalmasından kaynaklanmıştır. Ayrıca, yaz üretim alanlarında odunun hem uç hem de gövde kısımlarında oluşan zararlar, kış üretim alanlarına oranla daha fazla gerçekleşmiştir. Bunun nedeni de yaz üretim alanlarında odunların daha fazla sürtünmeye ve darbelere maruz kalmış olmalarıdır.

Yapılan Pearson korelasyon testi sonucunda sürütülen odunun çapı, boyu ve odunda oluşan zarar miktarı arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$).

χ^2 -testi sonucunda, zarar yeri ile zarar tipi arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Her iki üretim mevsimi için zarar tipleri ile zararın yerleri (uç/gövde) arasındaki ilişkiler Şekil 21’de gösterilmiştir.



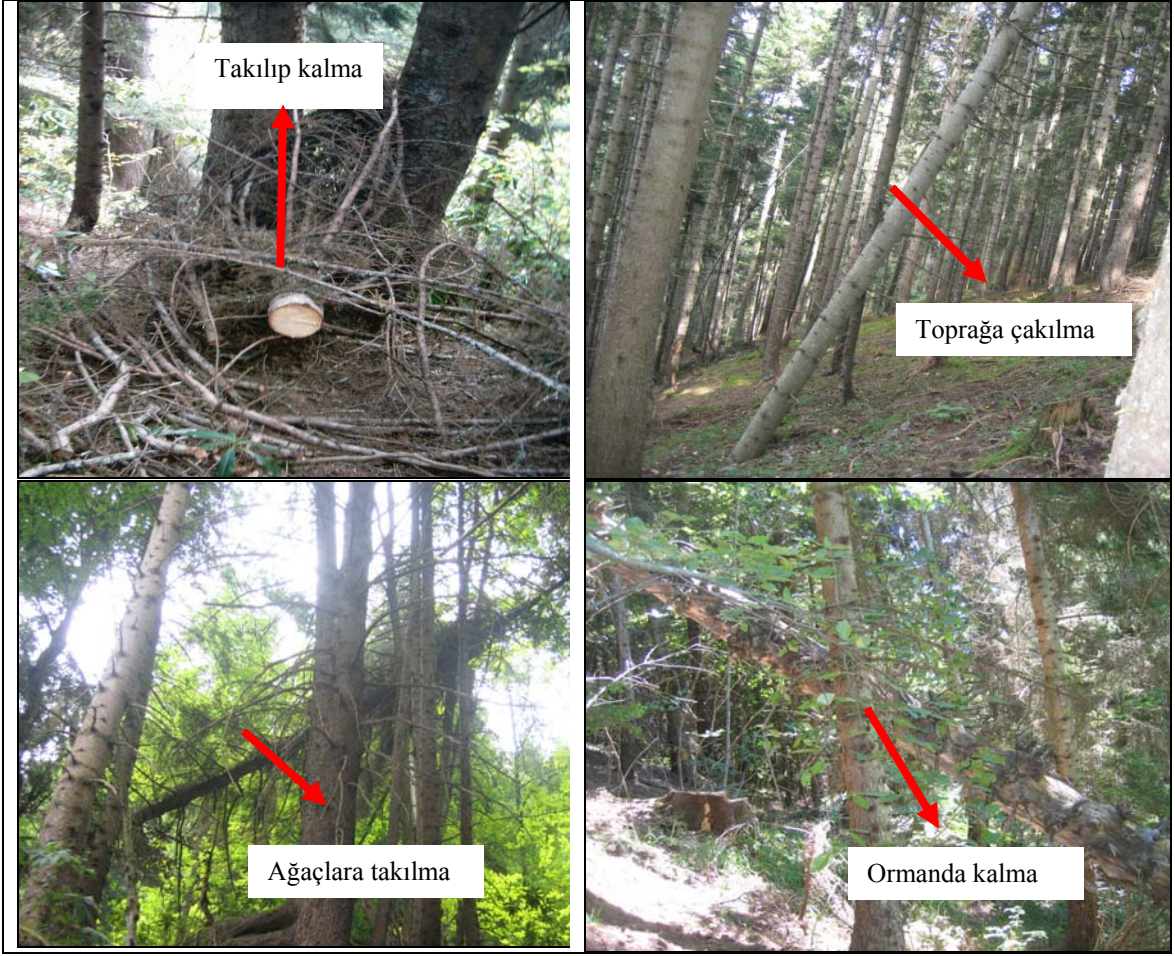
Şekil 21. Sürütülen odunlarda oluşan zararın yerine göre zarar tipleri

Şekil 21’de görüldüğü gibi sürütülen odunda her iki mevsiminde en fazla oluşan zarar tipi FAO (1998a) raporunda da belirtildiği gibi uç kısımlarda kırılma olarak meydana gelmiştir. Bu zararın dışında uç kısımlarda saçaklanma ve gövde kısımlarında ise yaralanma şeklinde zararlar tespit edilmiştir. Yaz üretim alanlarında kırılma (%92) ve saçaklanma (%55), kış üretim alanlarına oranla daha fazla, kış üretim alanlarında ise gövde yaralanmaları (%51) yaz üretim alanlarına (%36) göre daha fazla gerçekleşmiştir. Odunlarda oluşan kırılma zararı sayısı, yaz üretim alanlarında kış üretim alanlarından %9 daha fazla gerçekleşmesine rağmen oluşan kırıklıkların ortalama uzunlukları her iki üretimde de yaklaşık aynı uzunlukta gerçekleşmiştir. Kış üretim alanlarında, odunlar kar üzerinde yüksek eğim ve düşük sürtünme kuvveti etkisiyle hızlı kaydığından önüne çıkan engellere sert şekilde çarparak uzun kırılmalar ve yaralanmalara maruz kalmaktadır. Yaz üretim alanlarında odunlarda oluşan saçaklanma miktarı kış üretim alanlarında oluşanın yaklaşık 2 katı olmasına rağmen ortalama saçaklanma uzunlukları yaklaşık 1,5 katı fazla

gerçekleşmiştir. Bu durum, kışın ürünlerin kar tabakası üzerinde sürütülmesi nedeniyle zemin ile odun arasındaki sürtünmenin az olmasından kaynaklanmıştır. Yaz mevsiminde yapılan sürütme faaliyetlerinde ise odundaki zararlar, kayma hızının düşük, sürtünme kuvveti ve zemin pürüzlüğünün ise yüksek olması nedeniyle meydana gelmiş olabilir.

Çalışma alanlarında sürütmeden önce yapılan incelemelerde, Tablo 7’de verilen iğne yapraklı türlerde kalite sınıfı standartlarına göre, ürünlerin yaklaşık %5’i 2. sınıf ve %95’i 3. sınıf olduğu tespit edilmiştir. Sürütme faaliyetinden sonra yapılan incelemelerde ise 2. sınıf ürünlerin tamamına yakınının sürütme sırasında uğradıkları zararlar sonucu 3. sınıf ürün sınıfına düştükleri belirlenmiştir. Carmean ve Boyce (1974)’nin belirttiği gibi iğne yapraklı odunların kalitesi, odunun çapına ve boyuna, üzerindeki bozuklukların boyutuna, yerine ve şekline bağlı olarak değişmektedir. Odunların uçlarında oluşan kırıklıklar yüklenme öncesinde kesilerek düzgün hale getirildiğinden odunlarda boyut değişimi oluşmaktadır. Ayrıca sürütme sonucu odun üzerinde oluşan küçük kırıklıklar, yaralar ve aşınmalar odunda çeşitli kusurlar oluşturmuştur. Bunların sonucunda üretim alanlarında sürütmeden önce 2. kalite sınıfında olan ürünler 3. kalite sınıfına düşmüştür.

Odun hammaddesi üretiminde meydana gelen başka bir miktar kaybı şekli de odunun meşcerede kalan ağaçlara takılması, orman içerisinde taşınamayacağı yerlere ya da yüklenme yerinin bulunduğu yolun aşağısındaki ormanlık alana yuvarlanması sonucu ormanda kalmasıdır (Şekil 22). Çalışma alanlarında, bu miktar kaybı, kış üretim alanlarında %0,6 iken yaz üretim alanlarında %1,5 olarak gerçekleşmiştir. Bu durumun, zor arazi koşulları, meşcerenin sıklığı, diri örtü miktarı, yanlış sürütme güzergahının kullanımı, kontrolün kaybedilmesi ya da işçi hataları sonucu meydana gelmiş olabilir.

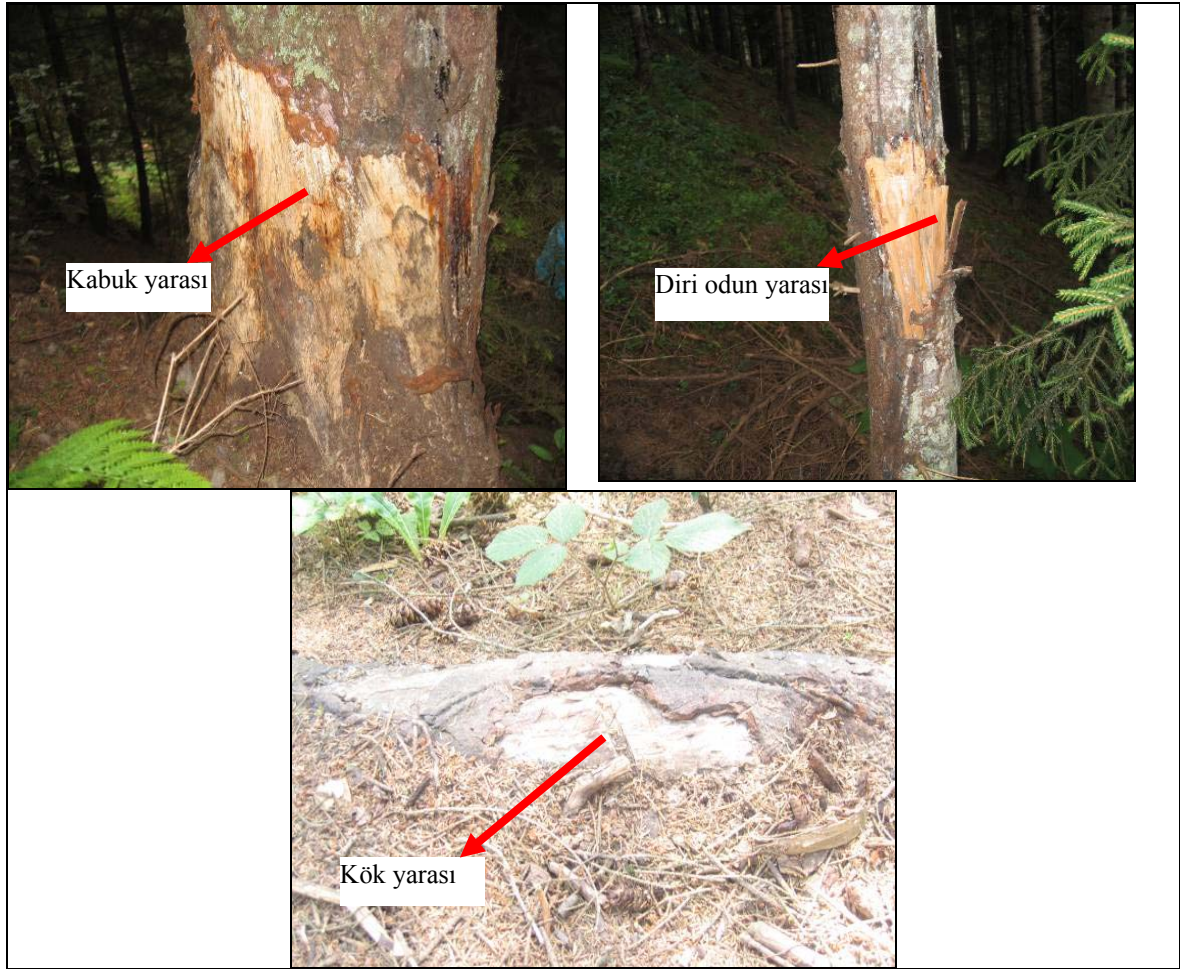


Şekil 22. Kesilmiş halde ormanda kalan ağaçlar

Uygulamada damgalanan ağaçların, zemine en yakın yerden ya da zeminden en fazla 30 cm yükseklikten kesilmeleri uygun görülmektedir. Çalışma kapsamında, dört üretim bölgesinde kesimden sonra ormanda kalan kütüklerin çap ve boyları ölçülmüştür. Kütüklerin 30 cm'den daha uzun olan kısımlarının hacmi hesaplanmıştır. Zemin üzerinde kalan kütüklerden yaklaşık %1'lik bir hacim kaybı meydana geldiği hesaplanmıştır. Bu kayıpların %72'lik kısmı kış üretim alanlarında gerçekleşirken %28'lik kısmı yaz üretim alanlarında gerçekleşmiştir. Bunun nedeni, kesim yapan işçilerin ağacın dip kısmındaki kar örtüsünü temizleyerek yeterli alan açmamasıdır.

3.3. Meşceredeki Ağaçlarda Meydana Gelen Zararlara İlişkin Bulgular ve Tartışma

Sürütme faaliyetinden sonra kesim alanlarının çevresinde ve taşıma güzergahlarında bulunan ve çapı 10 cm'den büyük olan tüm ağaçlar incelenmiştir. Bu incelemelerde araştırma alanlarında belirlenen yaralardan yara yerlerine (kök ve gövde) ve yara tiplerine (kabuk ve diri odun) ait bazı örnekler Şekil 23'te verilmiştir.



Şekil 23. Sürütme sırasında meşcerede kalan ağaçlarda oluşan yaraların yeri ve tipleri

Yaz ve kış üretimi yapılan incelemelerde tespit edilen yaralanmış ağaçların sayısı ile yaraların ağaç üzerindeki yerleri ve tiplerine göre sayıları Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Üretim mevsimine göre meşcerede kalan ağaçlardaki yaraların değerlendirilmesi

Parametreler	Üretim Mevsimi				Toplam	
	Kış Üretimi		Yaz Üretimi			
	Adet	(%)	Adet	(%)	Adet	(%)
Yaralı ağaç sayısı	513	-	1032	-	1545	100
Toplam yara sayısı	714	-	1547	-	2261	100
Gövde yarası	679	95	1397	90	2076	92
Diri odun zararı	349	49	592	38	941	42
Kabuk soyulması	330	46	805	52	1135	50
Kök yarası	35	5	150	10	185	8
Diri odun zararı	9	1	87	6	96	4
Kök soyulması	26	4	63	4	89	4

Tablo 11’de görüldüğü gibi kış ve yaz üretim alanlarında yaralanan toplam 1545 ağaç üzerinde 2261 adet yara tespit edilmiştir. Her iki üretim mevsiminde de sürütme güzergahlarının ortalama uzunlukları yaklaşık eşit olmasına rağmen Yılmaz ve Akay (2008)’inde belirttiği şekilde Türkiye’nin diğer yörelerinde olduğu gibi yaz üretim alanlarında kış üretim alanlarındakinden daha fazla gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar Wallis ve Morrison (1975)’inde vurguladığı kış üretim mevsiminde bölmeden çıkarma operasyonlarının meşcerede kalan ağaçlardaki zararları belirgin biçimde azalttığı yargısının doğruluğunu göstermiştir.

Kış üretim alanlarında meşcerede kalan ağaçlarda belirlenen yaraların %95’i (679 adet) gövde ve %5’i (35 adet) kök yarası iken yaz üretiminde %90’ı (1397 adet) gövde yarası ve %10’u (150 adet) kök yarası olarak belirlenmiştir. Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) ormanlarında yapılan bu çalışmada, Fjeld ve Granhus (1998)’un Avrupa ladini (*Picea abies* (L.) H.Karst.) ormanlarında yaptıkları çalışmayla benzer olarak yaz üretim alanlarında meşcerede kalan ağaçlarda %10 oranında kök yarası meydana geldiği bulunmuştur. Bu durum, kışın ağaçların kök kısımlarının büyük çoğunluğunun kar tabakasının altında kalmasından kaynaklanmış olabilir.

Çalışmanın yapıldığı odun hammaddesi üretim bölmelerinde yapılan incelemeler sonucunda, en yaygın olarak görülen yara tiplerinin, kış üretim alanlarında gövde üzerinde diri odun yarası (%49) olup yaz üretim alanlarında ise gövde üzerinde kabuk soyulması (%52) biçiminde oluştuğu belirlenmiştir. Bu durum, kış üretim alanlarında sürütülen odunun kontrolünün zor olması ve yaz üretim alanlarına oranla daha hızlı kayan odunun daha sert olarak meşcerede kalan ağaçlara çarpmasının bir sonucu olabilir. Ayrıca, kış üretim alanlarında gövdelerde oluşan diri odun ve kabuk soyulması zararlarının sayıları

birbirine yakinken, yaz üretim alanlarında kabuk yaralarının miktarı diri odun yaralarına göre daha fazla gerçekleşmiştir. Bunun nedeni, Nevill (1997)'in de belirttiği gibi bahar ve yaz aylarında vejetasyonun başlaması ve bitkiye suyun yürümesinin gerçekleşmesi sonucu ağaç kabuklarının hassas olmaları şeklinde açıklanabilir.

Ağaç çapı, yaranın eni, boyu, yerden yüksekliği ve alanı arasındaki ilişkileri ortaya koymak için Spearman's rho korelasyonu uygulanmıştır. Korelasyon sonucunda elde edilen ilişkiler tablosu Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Ağaç çapı, yara eni, boyu, yerden yüksekliği ve alanı arasındaki ilişkiler

Özellikler		Ağaç Çapı	Yara Eni	Yara Boyu	Yara Yüksekliği	Yara Alanı
Ağaç Çapı	Korelasyon katsayısı	1,000	,314(**)	,118(**)	,037	,232(**)
	P	.	,000	,000	,079	,000
	N	2261	2261	2261	2261	2261
Yara Eni	Korelasyon katsayısı	,314(**)	1,000	,400(**)	-,150(**)	,783(**)
	P	,000	.	,000	,000	,000
	N	2261	2261	2261	2261	2261
Yara Boyu	Korelasyon katsayısı	,118(**)	,400(**)	1,000	-,142(**)	,864(**)
	P	,000	,000	.	,000	,000
	N	2261	2261	2261	2261	2261
Yara Yüksekliği	Korelasyon katsayısı	,037	-,150(**)	-,142(**)	1,000	-,170(**)
	P	,079	,000	,000	.	,000
	N	2261	2261	2261	2261	2261
Yara Alanı	Korelasyon katsayısı	,232(**)	,783(**)	,864(**)	-,170(**)	1,000
	P	,000	,000	,000	,000	.
	N	2261	2261	2261	2261	2261

** Korelasyon 0.01 düzeyinde önemlidir (2-yönlü).

Tablo 12'de görüldüğü gibi ağaç çapı ile yaraların yerden yükseklikleri arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olmadığı, diğer tüm değişkenler arasında karşılıklı olarak anlamlı ilişkiler olduğu tespit edilmiştir ($P > 0.05$). Bunun nedeni, odunların kış üretiminde kar tabakası üzerinde, yaz üretiminde ise toprak zemin üzerinde sürütülmesi olarak gösterilebilir. Sürütülen zeminin farklı yapıda olması, taşınan odunun hızını ve kontrolünü etkileyerek oluşacak zararların özelliklerinin de farklı olmasına neden olmuştur.

Üretim mevsimi, yara yeri ve yara tipi değişkenlerinin her biri ile yaralanan ağacın çapı, oluşan yaranın eni, boyu, yerden yüksekliği ve alanı değişkenleri arasında fark olup

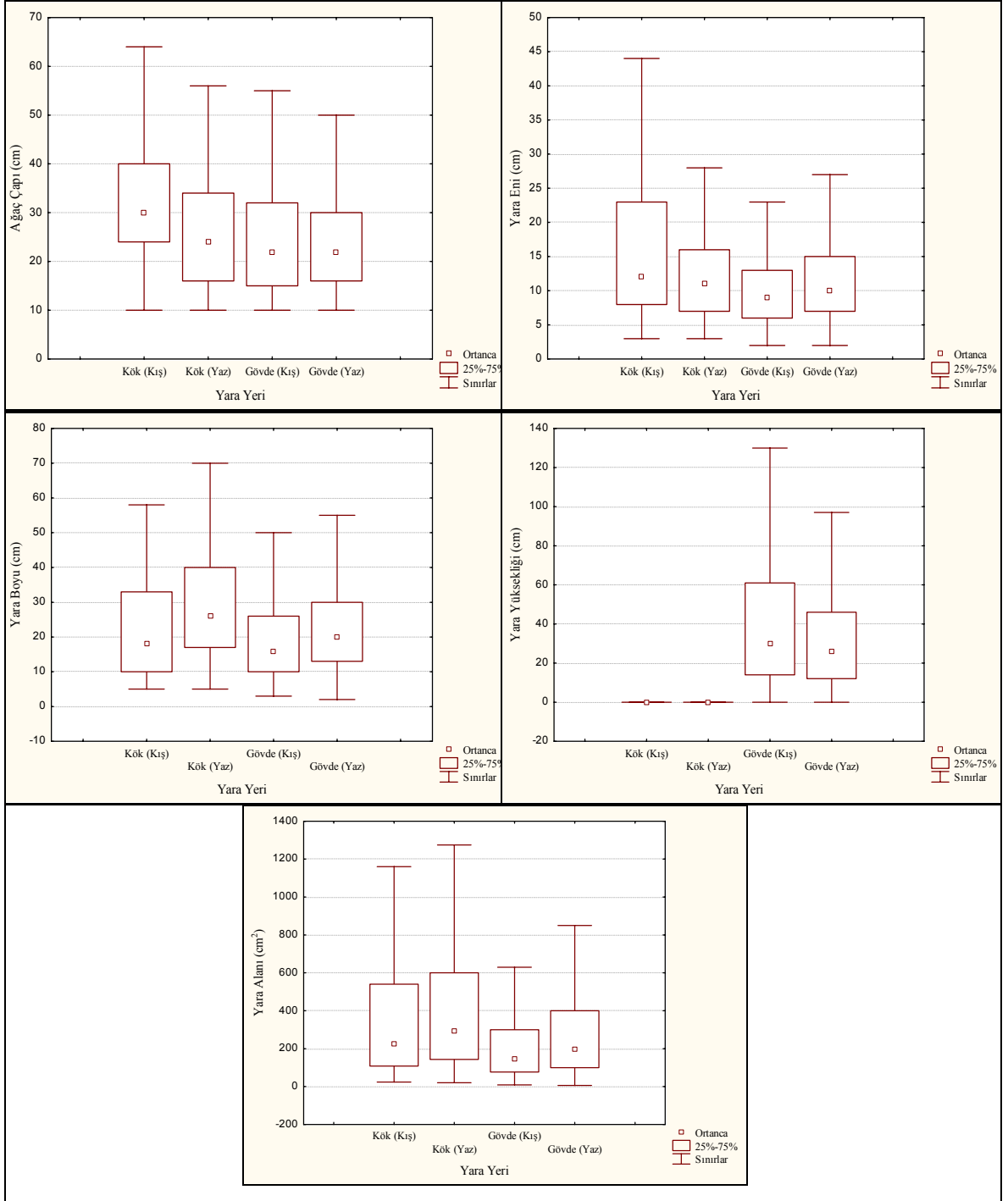
olmadığını tespit etmek için Mann Whitney U testi uygulanmıştır. Testlerin sonucunda ortaya çıkan tablolar birleştirilerek Tablo 13'te sunulmuştur.

Tablo13. Üretim mevsimi, yara tipi ve yara yerine göre Mann Whitney U analizi

		Ağaç Çapı	Yara Eni	Yara Boyu	Yara Yüksekliği	Yara Alanı
Üretim Mevsimi	Mann-Whitney U	516790,5	499943,5	462583,0	502180,5	470790,0
	Wilcoxon W	1714168,5	755198,5	717838,0	1699558,0	726045,0
	Z	-2,465	-3,634	-6,219	-3,474	-5,648
	P	,014	,000	,000	,000	,000
Yara Yeri	Mann-Whitney U	172106,5	187637,5	176779,0	67758,0	176447,0
	Wilcoxon W	2296997,5	2312528,5	2301670,0	87858,0	2301338,0
	Z	-3,865	-2,099	-3,328	-15,702	-3,364
	P	,000	,036	,000	,000	,000
Yara Tipi	Mann-Whitney U	556615,5	563578,0	550308,0	625789,5	542873,0
	Wilcoxon W	1307540,5	1314503,0	1301233,0	1162955,5	1293798,0
	Z	-5,05	-4,598	-5,449	-,567	-5,927
	P	,000	,000	,000	,571	,000

Tablo 13'te görüldüğü gibi üretim mevsimi ile yaralanan ağaçların çapı, yara eni, boyu, yerden yüksekliği ve yara alanı arasında; yara yeri ile yaralanan ağaçların çapı, yara eni, boyu, yerden yüksekliği ve yara alanı arasında; yara tipi ile yaralanan ağaçların çapı, yara eni, boyu ve yara alanı arasında %95 güven düzeyinde anlamlı farklar tespit edilmiştir ($P < 0.05$). Sadece yara tipi ile yaraların yerden yükseklikleri arasında %95 güven düzeyinde anlamlı farklılık olmadığı belirlenmiştir ($P > 0.05$).

Üretim mevsimine göre yara yeri ile ağaç çapı, yara eni, boyu, yerden yüksekliği ve alanı arasındaki ilişkilerin grafikleri Şekil 24'te gösterilmiştir.



Şekil 24. Üretim mevsimine göre yara yeri ile ağaç çapı, yara eni, boyu, yüksekliği ve alanı arasındaki ilişki

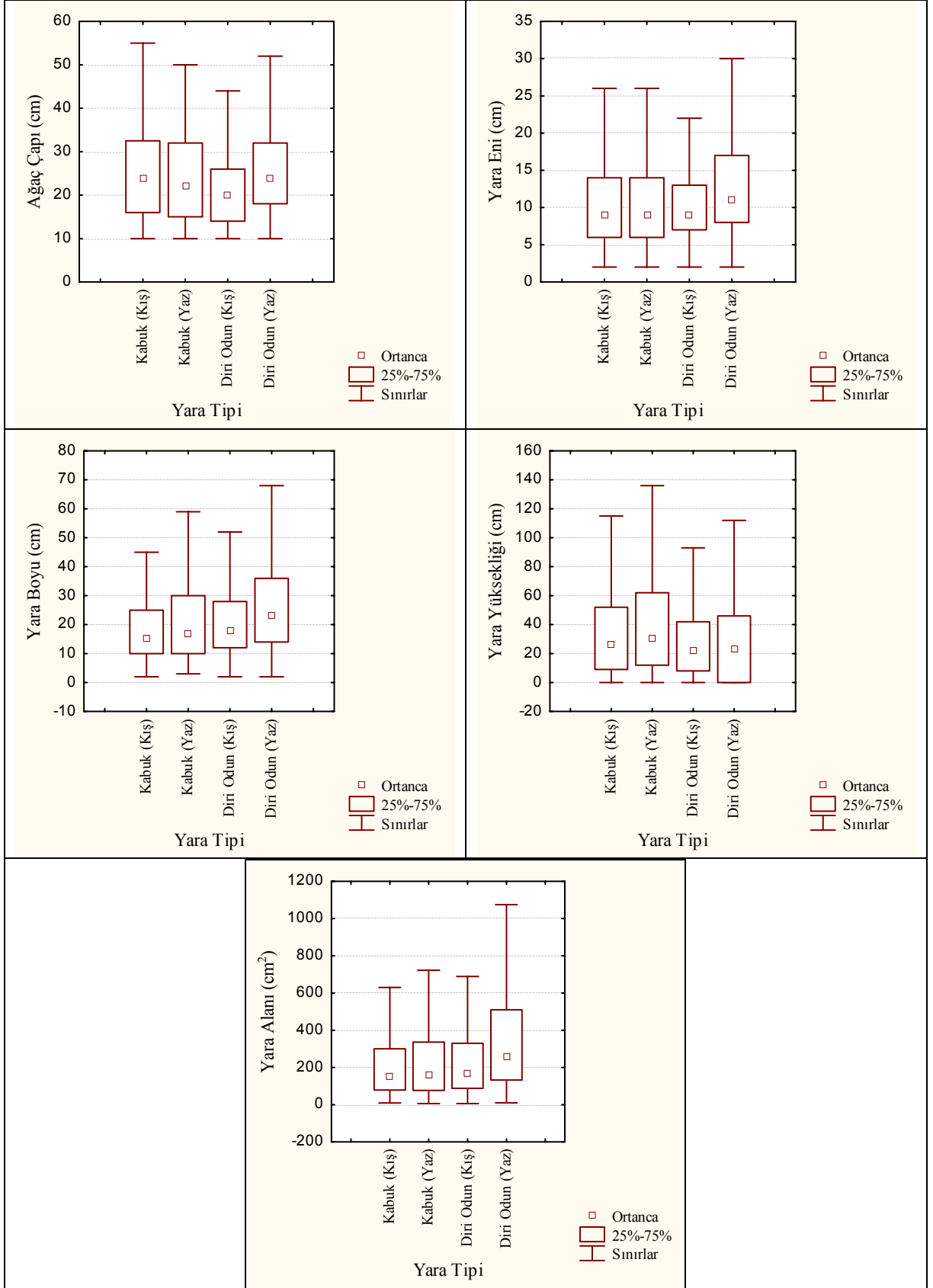
Şekil 24'te görüldüğü gibi,

- Her iki üretim mevsiminde de kalın çaplı ağaçların köklerinde, ince çaplı ağaçların ise gövdelerinde yaralanmalar daha çok görülmüştür. Kış üretim alanlarında oluşan kök yaraları yaz üretim alanlarında oluşanlara oranla kalın çaplı ağaçlarda daha çok

meydana gelmiştir. Bu durum, kalın çaplı ağaçların köklerinin de kalın olması ve ince çaplı ağaçlara göre kar tabakasının altında daha az kalmasından kaynaklanmış olabilir.

- Her iki üretim mevsiminde de yaraların eni, ağacın kök kısmında gövde kısmına oranla daha büyük oluşmuştur. Ağacın kök kısmında yaranın eni, kış üretim alanlarında yaz üretim alanlarına oranla daha büyük oluşmuştur.
- Yaraların boyu, yaz üretim alanlarında ağaçların kök kısmında gövde kısmına oranla daha büyük olmuştur. Kış üretim alanlarında ise kök ve gövde kısımlarında birbirine yakın büyüklüklerde belirlenmiştir.
- Ağaçların kök kısımlarında oluşan yaraların yerden yükseklikleri sıfırdır. Gövde yaralarının yerden yükseklikleri ise kış üretim alanlarında yaz üretim alanlarına göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, kış üretim alanlarında ürünün belirli yükseklikteki kar tabakası üzerinde kaydırılmasından kaynaklanmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen bu bulgular, Howard (1996) ve Porsinsky (2003)'nin yaptıkları çalışmaların sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Çalışmada, kış üretim alanlarında en fazla ağacın orta kısımlarında, yaz üretim alanlarında ise dip kısımlarında meydana gelmiştir. Kalan ağaçlarda oluşan yaraların gövde üzerindeki yüksekliğinin artması ağaçtaki çürümeyi ve enfeksiyon sıklığını azaltır (Han vd., 2003). Çalışmada, Maloy (1979)'a göre tehlikeli yaralar olarak görülen kök ve dip kısım yaraları, yaz üretim alanlarında sırasıyla %9 ve %56 olarak gerçekleşirken kış üretim alanlarında %8 ve %42 olarak gerçekleşmiştir. Bu durum, Eroğlu vd. (2004)'ninde belirttiği gibi yoğun şekilde *Dendroctonus micans* (Kugelann) (Coleoptera: Scolytidae) ve *Ips sexdentatus* (L.) (Coleoptera: Scolytidae) kabuk böceklerinin saldırısı altında olan çalışma alanlarından özellikle yaz üretim alanlarının çok büyük bir risk altında olduğunu göstermektedir.
- Çalışmada, yaz üretim alanlarında oluşan yaraların ortalama alanları Reisinger ve Pope (1991) ile benzer değerde hesaplanmıştır. Hem kök hem de gövde yaralarında yaraların ortalama alanları, yaz üretim alanlarında kış üretim alanlarına oranla daha fazla belirlenmiştir. Bunun nedeninin, yazın odunların direk zemin üzerinde sürütülmesi ve ağaç köklerinin açıkta bulunması olduğu söylenebilir.

Üretim mevsimine göre yara tipi ile ağaç çapı, yara eni, boyu, yerden yüksekliği ve alanı arasındaki ilişki grafikleri Şekil 25'te verilmiştir.



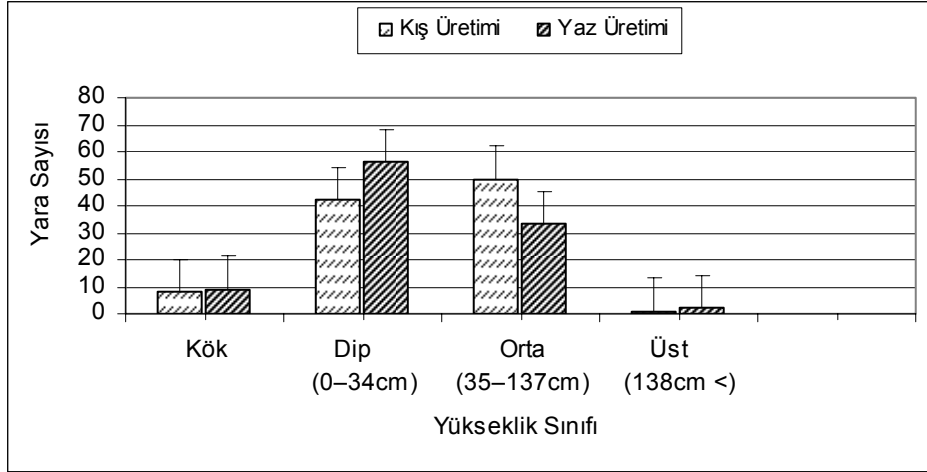
Şekil 25. Üretim mevsimine göre yara tipi ile ağaç çapı, yara eni, boyu, yerden yüksekliği ve alanı arasındaki ilişki

Meşcerede kalan ağaçlarda oluşan yaraların tiplerine göre yerden yükseklikleri arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$). Bunun yanında, yara tipi ile ağaç çapı, yara eni, boyu ve yara alanı arasında %95 güven düzeyinde anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$) (Şekil 25).

Şekil 25'te görüldüğü gibi,

- Her iki üretim mevsiminde de kalın çaplı ağaçlarda kabuk, ince çaplı ağaçlarda ise diri odun yaraları daha fazla gerçekleşmiştir. Bunun nedeni, kalın çaplı ağaçların kabuğunun da kalın olmasından dolayı diri odunun darbelere daha az maruz kalmış olmasıdır.
- Yaraların eni, yaz üretim alanlarında diri odun yaralarında, kış üretim alanlarında ise kabuk yaralarında daha büyük oluşmuştur.
- Yaraların boyu, yaz mevsiminde hem kabuk hem de diri odun yaralarında kış üretim alanlarına göre daha büyük oluşmuştur.
- Her iki üretim mevsiminde de kabuk yaralarının yerden yüksekliği diri odun yaralarına oranla daha fazla olmuştur. Ayrıca, kabuk yaralarının yerden yüksekliğinin, yaz üretim alanlarında kış üretim alanlarına göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Meşcerede kalan ağaçlarda diri odun yaraları genelde şiddetli çarpmalar sonucu gerçekleşirken, kabuk yaraları taşınan odunun az bir kuvvetle çarpması ya da ağaca sürtünmesinin etkisiyle de oluşabilmektedir. Bu nedenle, diri odun yarası, sürütülen odunun ağaçlara şiddetli şekilde çarpabildiği yüksekliklerde daha fazla oluşmuştur. Ağacın daha yüksek kısımlarında ise diri odun yarası yoğunluğunun azaldığı ve kabuk yarasının daha fazla olduğu görülmüştür.
- Kış üretim alanlarında kabuk ve diri odun yaralarının alanlarının birbirine yakın oldukları belirlenmiştir. Yaz üretim alanlarında ise diri odun yaralarının alanı kabuk yaralarının alanlarına göre daha büyük bulunmuştur.

Meşcerede kalan ağaçlarda belirlenen yaraların yerden yükseklikleri kış üretim alanlarında ortalama 44 cm ve yaz üretim alanlarında ortalama 30 cm olarak tespit edilmiştir. Meşcerede kalan ağaçlarda tespit edilen yaralar, Şekil 9'da gösterilen gövde yaralarının yerden yükseklik sınıflamasına göre değerlendirilmiş ve üretim mevsimine göre yükseklik sınıflarına dağılımları Şekil 26'da verilmiştir.

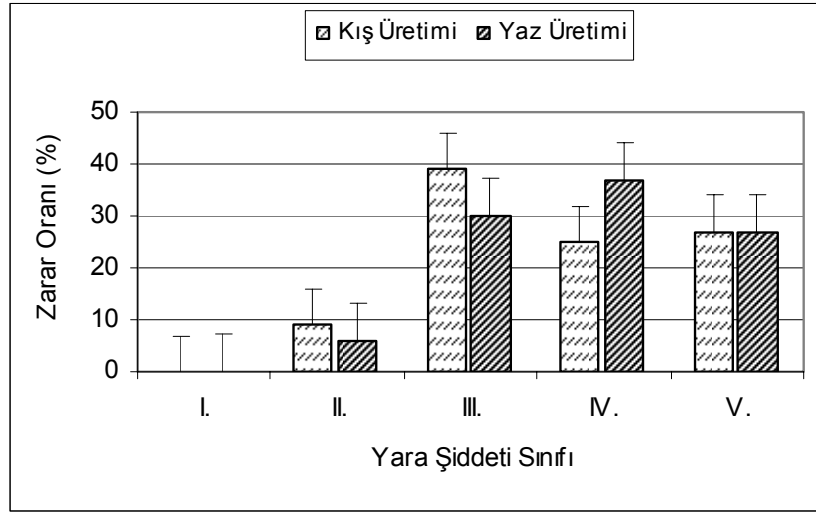


Şekil 26. Üretim mevsimine göre yaraların yerden yüksekliklerinin dağılımı

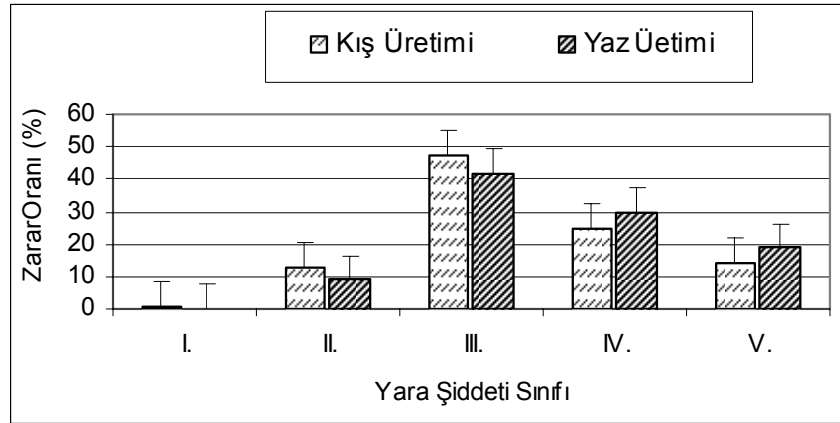
Şekil 26 incelendiğinde, her iki üretim mevsiminde de ağaçların en fazla dip kısımlarında yaralar meydana gelmiştir. Meşcerede kalan ağaçlarda meydana gelen yaraların kış üretim alanlarında en fazla orta kısımlarda (%50), yaz üretim alanlarında ise dip kısımlarda (%56) meydana geldiği görülmektedir. Ayrıca ağaçların kök ve üst kısımlarında benzer oranlarda yaralanmalar gerçekleşmiştir.

Üretim mevsimine göre meşcerede kalan ağaçlarda meydana gelen yaralar ağaç üzerindeki yerlerine göre kök ve gövde yaraları olarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Gövde yaralarının alanları kış üretim alanlarında 9 cm^2 ile 6450 cm^2 arasında değişirken, yaz üretim alanlarında 6 cm^2 ile 4774 cm^2 arasında değişmiştir. Kök yaralarının alanları ise kış üretim alanlarında 33 cm^2 ile 1944 cm^2 arasında değişirken yaz üretim alanlarında 20 cm^2 ile 2288 cm^2 arasında değişmiştir.

Meşcerede kalan ağaçların kök ve gövde kısımlarında tespit edilen yaralar, Meng (1978)'in yara şiddeti sınıflarına göre değerlendirilmiş ve zarar sınıflarına dağılımları belirlenmiştir. Yaz ve kış üretim alanlarında meşcerede kalan ağaçlarda meydana gelen kök ve gövde yaralarının zarar şiddet sınıflarına dağılımları grafikleri Şekil 27 ve 28'de verilmiştir.



Şekil 27. Üretim mevsimine göre kök yaralarının yara şiddeti sınıflarına dağılımı

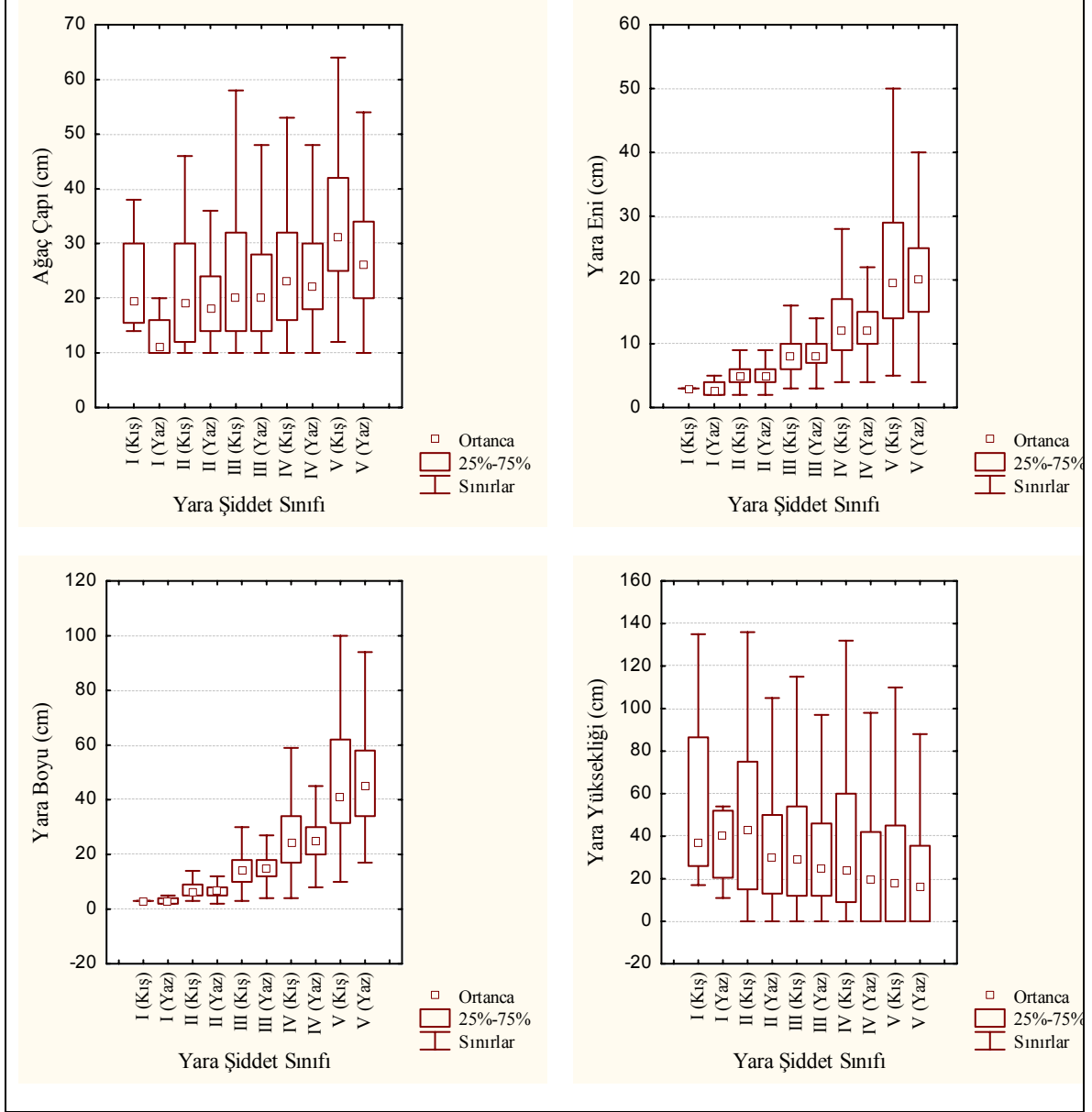


Şekil 28. Üretim mevsimine göre gövde yaralarının yara şiddeti sınıflarına dağılımı

Şekil 27 ve Şekil 28’de görüldüğü gibi kök yaraları, kış üretim alanlarında en fazla III. yara şiddeti sınıfında (%39), yaz üretim alanlarında ise IV. yara şiddeti sınıfında (%37) meydana gelmiştir. Gövde yaraları ise hem kış (%47) hem de yaz üretim alanlarında (%42) en fazla III. yara şiddeti sınıfında tespit edilmiştir.

Ağaç çapı, yara eni, boyu, yerden yüksekliği, üretim mevsimi, yara tipi ve yara yeri parametrelerinin yara şiddeti sınıfları açısından farklılık gösterip göstermediğini tespit etmek için Kruskal Wallis analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda yara şiddeti sınıfları ile ağaç çapı, yara eni, boyu, yerden yüksekliği, üretim mevsimi ve yara tipi; yara şiddeti ile yara yeri arasında %95 güven düzeyinde farklılık gösterdiği tespit edilmiştir

($P < 0.05$). Üretim mevsimine göre yara şiddeti sınıfı ile ağaç çapı, yaranın eni, boyu ve yerden yüksekliği arasındaki ilişki grafikleri Şekil 29’da verilmiştir.



Şekil 29. Üretim mevsimine göre yara şiddeti sınıfı ile ağaç çapı, yara eni, boyu ve yüksekliği arasındaki ilişki

Şekil 29’da görüldüğü gibi,

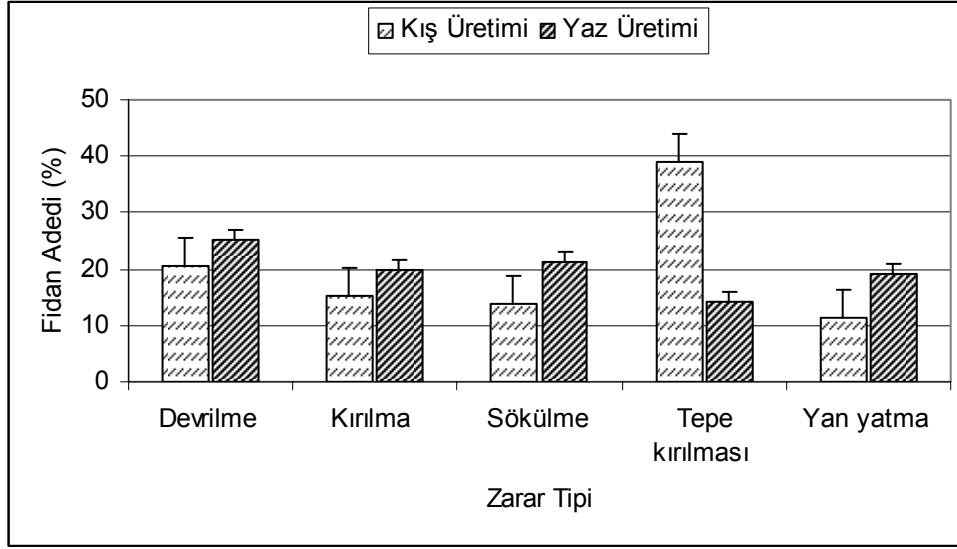
- Her iki üretim mevsiminde de kalın çaplı ağaçlarda meydana gelen yaraların şiddetinin ince çaplılara oranla daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Bu durum kalın çaplı ağaçlarda sürütülen odunun çarptığı yüzeyin geniş olmasından kaynaklanmıştır.

olabilir. Her iki üretim mevsiminde de III. yara şiddeti sınıfındaki yaralar genelde çap büyüklükleri aynı olan ağaçlarda meydana gelmiştir. Diğer yara şiddeti sınıflarında ise kış üretim alanlarında oluşan yaralar, yaz üretim alanlarına göre daha kalın çaplı ağaçlarda meydana gelmiştir.

- Her iki üretim mevsiminde de meşcerede kalan ağaçlarda oluşan yaraların enleri, tüm yara şiddeti sınıfları için birbirine yakın olarak gerçekleşmiştir.
- Her iki üretim mevsiminde yara boyları I., II., III. ve IV. yara şiddeti sınıflarında birbirine yakın gerçekleşirken, en şiddetli yara sınıfı olan V. Yara şiddeti sınıfında kış üretim alanlarında yaz üretim alanlarına göre daha fazla oluşmuştur.
- Yaraların yerden yükseklikleri, I. yara şiddeti sınıfında yaz üretim alanlarında kış üretim alanlarına oranla daha fazla gerçekleşmiştir. Diğer tüm yara şiddeti sınıfları için birbirine yakın olarak gerçekleşmiştir. Yaraların yerden yükseklikleri arttıkça yara şiddeti azalmıştır. Bunun nedeni, sürütülen odunun şiddetli yara oluşturabilecek güçte ağaca çarpabileceği yüksekliğin sınırlı olması şeklinde açıklanabilir.

3.4. Fidanlarda Oluşan Zararlara İlişkin Bulgular ve Tartışma

Çalışmada sürütme faaliyetinden sonra, kesim alanlarının etrafında ve sürütme güzergahları boyunca bulunan tüm fidanlar incelenmiştir. Tüm üretim alanlarında toplam 682 adet zarar görmüş fidan tespit edilmiştir. Fidanlarda meydana gelen zararlar Şekil 10'da verilen zarar tipleri sınıflarına göre değerlendirilmiştir. Üretim mevsimine göre fidanlarda belirlenen zarar tiplerinin sayısal olarak dağılım grafiği Şekil 30'da verilmiştir.



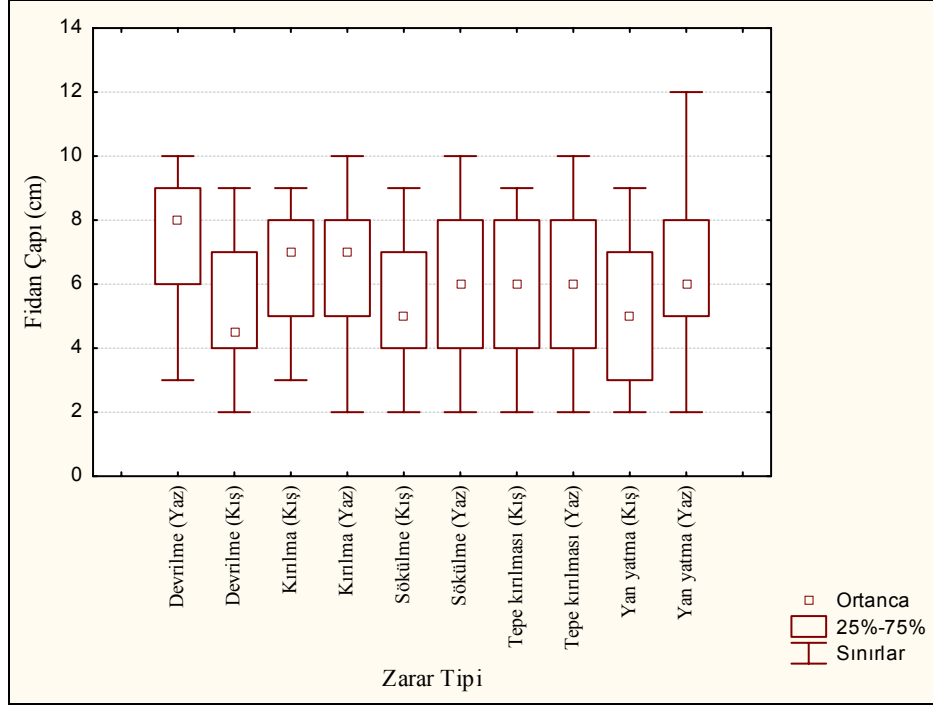
Şekil 30. Üretim mevsimine göre fidanlarda oluşan zararların değerlendirilmesi

Şekil 30'da görüldüğü gibi zarar gören fidanların %35'i kış üretim alanlarında iken %65'i yaz üretim alanlarında gözlemlenmiştir. Yaz üretim alanlarında fidanlarda en yaygın olarak rastlanan zarar tipi devrilme (%25) ve sökülme (%21) gibi ölüme neden olan zararlar iken kış üretim alanlarında tepe kırılması (%38) gibi ölüme neden olmayan fakat fidanın gelişimini olumsuz yönde etkileyen ve kalite kaybına neden olan zararlardır. Bu durum, kış üretim alanlarında fidan boylarının büyük kısmının kar tabakası altında kalmasından kaynaklanmıştır.

Üretim mevsimi ile fidanlarda oluşan zarar tipleri arasında ilişki olup olmadığını belirlemek için yapılan χ^2 -testi sonucunda, %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$).

Üretim mevsimi açısından zarar gören fidanların çapları arasında fark olup olmadığını tespit etmek için yapılan Mann Whitney U analizi sonucu, üretim mevsimine göre zarar gören fidanların çaplarının %95 güven düzeyinde birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir ($P < 0.05$). Bu durum, kış üretim alanlarında ince çaplı fidanların büyük kısmının kar tabakasının altında kalmasından kaynaklanmış olabilir.

Fidanlarda belirlenen zarar tipleri ile fidan çapı arasında fark olup olmadığını tespit etmek için yapılan Kruskal Wallis testi sonucunda ise fidanlarda meydana gelen zarar tipleri bakımından fidanların çaplarının %95 güven düzeyinde farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ($P < 0.05$). Üretim mevsimine göre fidanlardaki yara tipi ile fidan çapı arasındaki ilişki grafiği Şekil 31'de verilmiştir.



Şekil 31. Üretim mevsimine göre fidanlardaki yara tipi ve fidan çapı ilişkisi

Şekil 31’de görüldüğü gibi kalın çaplı fidanlarda yaz üretim alanlarında kırılma, tepe kırılması ve yan yatma zararı oluşurken kış üretim alanlarında devrilme ve sökülme zararları meydana gelmiştir. Kış üretim alanlarında kalın çaplı fidanlarda en fazla oluşan zarar tipi tepe kırılması olup yaz üretim alanlarında devrilmedir. İnce çaplı fidanlar esnek olduğu için kırılmadan zemine yan yatmışlardır.

3.5. Orman Toprağındaki Zarara İlişkin Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, yaz ve kış üretim alanlarında zemin üzerinde sürütme faaliyetlerinin, iki farklı derinlik (0-10 cm ve 10-30 cm) kademesindeki toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Sürütme faaliyeti öncesinde (SÖ) ve sonrasında (SS), 0-10 cm ve 10-30 cm derinlik kademelerinden toprak ve silindir örnekleri alınarak bu örneklerde pH, organik madde, kum, kil, toz, su tutma kapasitesi, permeabilite, hacim ağırlığı ve porozite analizleri yapılmış ve toprak sıkışması ölçülmüştür. Üretim mevsimlerine göre analiz ve ölçüm sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 14’te verilmiştir.

Tablo 14. Üretim mevsimlerine göre toprak analizi sonuçları (ortalama değerler)

Parametre	Kış Üretimi				Yaz Üretimi			
	Sürütmeden Önce		Sürütmeden Sonra		Sürütmeden Önce		Sürütmeden Sonra	
	0-10cm	10-30cm	0-10cm	10-30cm	0-10cm	10-30cm	0-10cm	10-30cm
pH	5,04	5,06	5,62	5,55	4,74	5,04	5,30	5,35
Organik Madde (%)	13,72	7,82	8,58	4,34	12,01	7,17	6,14	3,90
Kum (%)	76,91	69,84	71,44	75,62	79,57	78,10	76,97	76,36
Kil (%)	9,36	12,88	13,94	10,94	8,87	11,36	11,04	11,52
Toz (%)	13,22	18,94	18,05	15,51	11,55	10,86	12,00	12,12
Su Tutma Kapasitesi (%)	41,64	37,72	36,50	31,75	42,11	38,45	34,59	31,93
Permeabilite (cm s ⁻¹)	41,61	23,40	18,67	10,77	27,66	9,64	4,96	3,08
Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	0,69	0,73	0,78	0,80	0,67	0,70	0,80	0,83
Porozite (%)	36,55	30,93	31,01	26,48	25,02	19,90	14,17	13,79
Toprak Sıkışması (%)	87,16	92,82	97,12	98,7	89,62	96,97	101,83	104,55

Tablo 14’te görüldüğü gibi her iki üretim mevsiminde de sürütme faaliyetleri sonucunda hem 0-10 cm hem de 10-30 cm derinlik kademelerinde organik madde, su tutma kapasitesi, permeabilite ve porozite ortalama değerlerinde azalma; pH, hacim ağırlığı ve toprak sıkışması ortalama değerlerinde ise artış meydana gelmiştir. Zemin üzerinde sürütme faaliyetlerinin kış ve yaz üretim alanlarında 0-10 cm ve 10-30 cm derinlik kademelerindeki toprakların özelliklerinde oluşan değişim oranları Tablo 15’te verilmiştir

Tablo 15. Sürütme faaliyetlerinden sonra toprak özelliklerinde oluşan değişim oranları

Toprak Özellikleri	Kış Üretimi Değişim Oranları (%)		Yaz Üretimi Değişim Oranları (%)	
	0-10 cm	10-30 cm	0-10 cm	10-30 cm
pH (%)	10,0	7,8	12,0	6,1
Organik Madde (%)	-37,5	-44,5	-38,9	-45,6
Kum (%)	-7,1	8,3	-3,3	-2,2
Kil (%)	48,9	-15,1	24,5	1,4
Toz (%)	36,5	-18,1	3,9	11,6
Su Tutma Kapasitesi (%)	-12,3	-15,8	-18,1	-17,0
Permeabilite (%)	-55,1	-53,0	-82,1	-68,0
Hacim Ağırlığı (%)	13,0	10,0	19,4	18,6
Porozite (%)	-15,2	-14,4	-43,4	-30,7
Toprak Sıkışması (%)	10,4	5,3	14,6	7,8

(-) Değişim yönünün azalma olduğunu göstermektedir.

Tablo 15'te görüldüğü üzere, sürütme faaliyetlerinden sonra pH, organik madde, hacim ağırlığı, permeabilite, porozite, su tutma kapasitesi ve toprak sıkışması parametrelerinde her iki derinlik kademesinde de yaz üretim alanlarında kış üretim alanlarına oranla daha fazla değişim gerçekleşmiştir. Bu durum, kış üretim alanlarında sürütme faaliyetinin ortalama 52 cm derinlikteki kar tabakası üzerinde gerçekleşmesinden kaynaklanmış olabilir.

Bitkilerin topraktan besin maddelerini alabildikleri en uygun pH değeri 6,0-7,0 arasında olup her bir ağaç türünün iyi gelişebilmek için ihtiyaç duyduğu pH değeri farklılık gösterir (Mercker, 2007). Sürütme faaliyetlerinden sonra 0-10 cm derinlik kademesindeki pH değerlerinde Mercker (2007)'inkine benzer olarak kış üretim alanlarında %10, yaz üretim alanlarında ise %12'lik bir artış meydana geldiği belirlenmiştir. Toprak pH'sındaki bu artış, sürütme faaliyetleri nedeniyle zemin üzerindeki ölü örtü ve kalıntıların taşınması nedeniyle açığa çıkan toprak zeminden buharlaşmanın artmasının bir sonucu olarak meydana gelmiş olabilir.

Çalışmada, sürütme faaliyetleri sonucunda 0-10 cm derinlik kademesindeki hacim ağırlığının Block vd. (2002) ile benzer olarak kış üretim alanlarında %13, yaz üretim alanlarında %19 oranında arttığı belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, permeabilitedeki azalma oranı, kış üretim alanlarında her iki derinlik kademesinde de birbirine yakın gerçekleşirken yaz üretim alanlarında 0-10 cm derinlik kademesinde (%82) 10-30 cm derinlik kademesine (%68) oranla daha fazla gerçekleşmiştir. Permeabilite

değerindeki azalma, yaz üretim alanlarında sürütmenin direk toprak zemin üzerinde yapılması ve 0-10 cm derinlik kademesinin sürütme müdahalesine daha fazla maruz kalması nedeniyle toprağın daha fazla sıkışması sonucu meydana gelmiş olabilir.

Çalışmada yaz üretim alanlarında toprak porozitesinin, kış üretim alanlarına oranla yaklaşık üç katı daha fazla azaldığı belirlenmiştir. Yaz üretim alanlarında 0-10 cm derinlik kademesinde %43 olarak belirlenen porozitedeki azalma Tan vd. (2005) tarafından belirlenen yaklaşık %50'lik azalmayla yakın olarak gerçekleşmiştir.

Sürütme faaliyetlerinden sonra toprak tekstürü açısından her iki üretim alanlarında da 0-10 cm derinlik kademesinde temas yüzeyi büyük olan kum tanelerinin miktarının azaldığı küçük partiküller olan toz ve kil miktarının arttığı tespit edilmiştir. Bu durum, sürütme faaliyetlerinden büyük taneli partiküllerin daha fazla etkilenmesi sonucu ortamdan taşınmasından ve toprakta oluşan sıkışma sonucu kil tanelerinin miktarının artmasından kaynaklanmış olabilir.

Zemin üzerinde sürütme faaliyetleri sırasında meydana gelen toprak sıkışmasının, yaz üretim alanlarında kış üretim alanlarına oranla 0-10 cm derinlik kademesinde %5'lik, 10-30 cm derinlik kademesinde ise %3'lük daha fazla artış oluşmuştur. Landsberg vd. (2003), toprağın kuru olduğu dönemlerde yani yaz ve bahar mevsimlerinde yapılan sürütme faaliyetleri sonucunda meydana gelen toprak sıkışmasının ortalama %3-14 daha fazla olduğunu belirlemiştir. Bu durum, kış üretim alanlarında kar tabakasının koruyucu bir katman görevi yaparak toprakta oluşacak sıkışmayı azaltmasından ileri gelmiş olabilir.

Kış ve yaz üretim alanlarında sürütme öncesi ve sonrası farklı derinlik kademelerindeki toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini karşılaştırmak için Paired-t testi yapılmıştır. Test sonuçları kış üretim alanları için Tablo 16'da ve yaz üretim alanları için Tablo 17'de verilmiştir.

Tablo 16. Kış üretimi alanlarında sürütme öncesi ve sonrası farklı derinliklerde (0-10 cm ve 10-30 cm) toprak özellikleri arasındaki ilişki

Toprak Özellikleri	Derinlik Kademeleri (cm)	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Düzeyinde Fark Aralığı		t	P
					En Alt	En Üst		
SÖ-Permeabilite-SS-Permeabilite	0-10	22,938	16,654	4,164	14,064	31,813	5,509	,000
SÖ-Hacim Ağırlığı-SS-Hacim Ağırlığı		-,039	,109	,027	-,097	,020	-1,415	,177
SÖ-Porozite-SS-Porozite		5,547	3,720	,930	3,565	7,529	5,965	,000
SÖ-pH -SS-pH		-,550	,445	,111	-,787	-,313	-4,944	,000
SÖ-Organik Madde-SS-Organik Madde		6,897	5,365	1,341	4,038	9,755	5,143	,000
SÖ-Su Tutma-SS-Su Tutma		4,142	3,023	,756	2,531	5,752	5,481	,000
SÖ-Kum-SS-Kum		-,036	5,264	1,316	-2,841	2,770	-,027	,979
SÖ-Kil-SS-Kil		,185	3,368	,842	-1,610	1,980	,220	,829
SÖ-Toz-SS-Toz		-,151	3,850	,963	-2,202	1,901	-,156	,878
SÖ-Sıkışma-SS- Sıkışma		-8,965	8,498	2,125	13,494	-4,437	-4,220	,001
SÖ-Permeabilite-SS-Permeabilite		10-30	12,519	12,774	3,194	5,712	19,325	3,920
SÖ-Hacim Ağırlığı-SS-Hacim Ağırlığı	-,114		,058	,0146	-,1454	-,083	-7,847	,000
SÖ-Porozite-SS-Porozite	4,456		3,016	,754	2,848	6,063	5,909	,000
SÖ-pH-SS-pH	-,624		,486	,121	-,883	-,365	-5,136	,000
SÖ-Organik Madde-SS-Organik Madde	4,244		2,298	,575	3,019	5,468	7,387	,000
SÖ-Su Tutma-SS-Su Tutma	6,963		4,129	1,032	4,763	9,163	6,746	,000
SÖ-Kum-SS-Kum	1,854		6,175	1,543	-1,436	5,145	1,201	,248
SÖ-Kil-SS-Kil	,618		3,615	,904	-1,308	2,544	,684	,504
SÖ-Toz-SS-Toz	-2,47		5,142	1,285	-5,212	,268	-1,923	,074
SÖ-Sıkışma-SS- Sıkışma	-5,344		5,813	1,453	-8,441	-2,247	-3,677	,002

* SÖ: Sürütme öncesi

SS: Sürütme sonrası

Tablo 17. Yaz Üretim alanlarında sürütme öncesi ve sonrası farklı derinliklerde (0-10 cm ve 10-30 cm) toprak özellikleri arasındaki ilişki

Toprak Özellikleri	Derinlik Kademesi (cm)	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Düzeyinde Fark Aralığı		t	P
					En Alt	En Üst		
SÖ-Permeabilite-SS-Permeabilite	0-10	22,703	19,608	4,902	12,255	33,152	4,631	,000
SÖ-Hacim Ağırlığı-SS-Hacim Ağırlığı		-,150	,073	,018	-,189	-,111	-8,206	,000
SÖ-Porozite-SS-Porozite		10,852	5,762	1,441	7,782	13,923	7,533	,000
SÖ-pH-SS-pH		-,522	,375	,094	-,722	-,322	-5,563	,000
SÖ-Organik Madde-SS-Organik Madde		4,874	1,431	,358	4,112	5,637	13,625	,000
SÖ-Su Tutma-SS-Su Tutma		2,298	12,535	3,134	-4,38	8,978	,733	,047
SÖ-Kum-SS-Kum		2,607	4,717	1,179	,094	5,121	2,211	,043
SÖ-Kil-SS-Kil		-2,162	3,787	,947	-4,181	-,144	-2,284	,037
SÖ-Toz-SS-Toz		-,445	4,141	1,036	-2,651	1,761	-,430	,673
SÖ-Sıkışma-SS- Sıkışma		-11,426	9,621	2,4075	-16,552	-6,299	-4,750	,000
SÖ-Permeabilite-SS-Permeabilite		10-30	6,553	7,641	1,910	2,481	10,625	3,430
SÖ-Hacim Ağırlığı-SS-Hacim Ağırlığı	-,149		,082	,020	-,193	-,105	-7,238	,000
SÖ-Porozite-SS-Porozite	6,111		5,123	1,281	3,381	8,841	4,772	,000
SÖ-pH-SS-pH	-,310		,252	,063	-,444	-,175	-4,911	,000
SÖ-Organik Madde-SS-Organik Madde	3,259		1,012	,253	2,719	3,798	12,875	,000
SÖ-Su Tutma-SS-Su Tutma	6,524		2,827	,707	5,018	8,031	9,230	,000
SÖ-Kum-SS-Kum	1,732		5,717	1,429	-1,314	4,779	1,212	,244
SÖ-Kil-SS-Kil	-,476		5,313	1,328	-3,308	2,355	-,359	,725
SÖ-Toz-SS-Toz	-1,256		5,480	1,370	-4,177	1,664	-,917	,374
SÖ-Sıkışma-SS- Sıkışma	-6,964		6,293	1,573	-10,318	-3,611	-4,427	,000

* SÖ: Sürütme öncesi SS: Sürütme sonrası

Tablo 16’da görüldüğü gibi kış üretim alanlarında sürütme faaliyetlerinden önce ve sonra 0-10 cm derinlik kademesindeki topraklarda permeabilite, porozite, pH, organik

madde, su tutma kapasitesi ve toprak sıkışması parametreleri %95 güven düzeyinde farklılık göstermiştir ($P<0.05$). Bunun yanında kum, kil, toz ve hacim ağırlığı parametreleri arasında anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir. 10-30 cm derinlik kademesinde ise permeabilite, hacim ağırlığı, porozite, pH, organik madde, su tutma kapasitesi ve toprak sıkışması parametreleri %95 güven düzeyinde farklılık göstermiştir ($P<0.05$).

Tablo 17’de görüldüğü üzere yaz üretim alanlarında sürütme faaliyetlerinden önce ve sonra her iki derinlik kademesindeki topraklarda permeabilite, hacim ağırlığı, porozite, pH, organik madde, su tutma kapasitesi ve toprak sıkışması parametreleri %95 güven düzeyinde farklılık göstermiştir ($P<0.05$). Bunun yanında kum, kil ve toz parametreleri arasında anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir.

Kış ve yaz üretim alanları için sürütme faaliyetlerinden önce ve sonra 0-10 cm ve 10-30 cm derinlik kademelerindeki toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymak amacıyla Pearson korelasyon analizi yapılmış ve 0-10 cm derinlik kademesi için korelasyon değerleri Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18. Kış üretim alanlarında 0-10 cm derinlik kademesi için sürütme öncesi ile sonrası toprak özellikleri arasındaki korelasyon değerleri (R)

Toprak Özellikleri		Sürütme Sonrası					
		Permeabilite	Porozite	Hacim Ağırlığı	pH	Su Tutma Kapasite	Toprak Sıkışma
Sürütme Öncesi	Permeabilite	,000	,000	,010	,027	,000	-
	Porozite	,004	,000	-	-	,012	-
	Hacim Ağırlığı	-	-	0,05	,022	-	-
	pH	,000	,002	,000	,016	,000	-
	Toprak Sıkışma	,005	,000	,001	-	-	0,002

Tablo 18’de görüldüğü gibi kış üretim alanlarında 0-10 cm derinlikteki toprakların, sürütme faaliyetleri sonucunda sürütme öncesindeki permeabilite ile sürütme sonrasındaki permeabilite, porozite, hacim ağırlığı, pH ve su tutma kapasitesi arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuştur. Permeabilite, porozite ve su tutma kapasitesi arasında doğru orantılı, hacim ağırlığı ile ise ters orantılı bir ilişki vardır. Bu parametreler arasındaki ilişkiyi etkileyen en önemli etmen toprak sıkışmasıdır. Sürütme faaliyetlerinden önceki toprak sıkışması ile sürütme sonrasındaki porozite, permeabilite, hacim ağırlığı ve toprak sıkışması arasında %95 güven düzeyinde anlamlı ilişkiler bulunmuştur ($P<0.05$). Sürütme faaliyetleri sırasında orman toprağında oluşan sıkışma,

toprak taneciklerinin birbirine yaklaşmasına ve dolayısıyla tanecikler arasındaki permeabilite ile porozitenin azalmasına neden olmuş olabilir. Toprak taneciklerinin sıkışma sonucu birbirine yaklaşması birim hacimdeki toprak ağırlığının yani hacim ağırlığının artmasına neden olmuştur. Bunlara bağlı olarak sıkışan toprağa yağmur sularının girişinin zorlaşması ve topraktaki boşlukların azalması sonucu toprağın su tutma kapasitesi azalmış olabilir. Ayrıca Tablo 15’te görüldüğü gibi sürütme faaliyetleri sonucu 0-10 cm derinlik kademesindeki kum miktarında %7,1 oranında azalma, kil miktarında %48,9 ve toz miktarında %36,5 oranlarında artış meydana gelmiştir. Toprak permeabilitesindeki azalma, toprağın kil miktarında meydana gelen artışa bağlı olarak gerçekleşmiş olabilir.

Kış üretim alanlarında 10-30 cm derinlik kademesinde sürütme öncesi ve sonrası toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon değerleri Tablo 19’da verilmiştir.

Tablo 19. Kış üretim alanlarında 10-30 cm derinlik kademesi için sürütme öncesi ve sonrası toprak özellikleri arasındaki korelasyon değerleri (R)

Toprak Özellikleri		Sürütme Sonrası						
		Permeabilite	Porozite	Hacim Ağırlığı	pH	Su Tutma Kapasite	Organik Madde	Toprak Sıkışma
Sürütme Öncesi	Permeabilite	,000	,002	-	,004	,006	-	-
	Porozite	,003	,000	-	,001	,000	-	-
	Hacim Ağırlığı	-	,027	,000	-	,028	-	-
	pH	,017	-	-	,000	-	-	-
	Su Tutma Kapasite	-	,038	-	-	,008	-	-
	Organik Madde	-	-	-	-	-	,000	-
	Toprak Sıkışma	,025	-	,005	-	,005	-	,040

Tablo 19’da görüldüğü gibi kış üretim alanlarında 10-30 cm derinlik kademesinde sürütme öncesindeki permeabilite ile sürütme sonrasındaki permeabilite, porozite ve pH arasında; sürütme öncesindeki hacim ağırlığı ile sürütme sonrasındaki hacim ağırlığı, su tutma kapasitesi ve porozite arasında; sürütme öncesindeki porozite ile sürütme sonrasındaki porozite, su tutma kapasitesi, permeabilite ve pH arasında; sürütme öncesindeki pH ile sürütme sonrasındaki pH ve permeabilite arasında; sürütme öncesindeki organik madde ile sürütme sonrasındaki organik madde arasında; sürütme öncesindeki su tutma kapasitesi ile sürütme sonrasındaki su tutma kapasitesi ve porozite arasında; sürütme öncesindeki toprak sıkışması ile sürütme sonrasındaki permeabilite, hacim ağırlığı ve su tutma kapasitesi arasında %95 güvenle anlamlı ilişkiler bulunmuştur ($P < 0.05$).

Kış üretim alanlarında 10-30 cm derinlik kademesindeki durum ile Tablo 18’de verilen 0-10 cm derinlik kademesindeki durum arasında permeabilite, porozite, hacim ağırlığı ve su tutma kapasitesi açısından benzerlikler vardır. Sürütmeden sonra 0-10 cm derinlikte, 10-30 cm derinlikten farklı olarak hacim ağırlığının permeabilite ve pH’ya bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Bu durum, kar tabakası altında bulunan toprakta 0-10 cm’nin 10-30 cm’ye oranla daha fazla müdahale görmesinden kaynaklanmış olabilir. Benzer şekilde literatürde de çeşitli çalışmalarda zemin üzerinde sürütme faaliyetleri sonucu, 0-10 cm derinlikte hacim ağırlığının arttığı, toprak porozitesinin ve permeabilitenin azaldığı ortaya konulmuştur (Shetron vd., 1988; Jurgensen vd., 1997; Laffan, 2001; Demir vd., 2005). Ayrıca çalışmada, porozite ile su tutma kapasitesi arasında 0-10 cm’de ilişki belirlenmemişken 10-30 cm derinlikte belirlenmiştir. Bunun nedeninin, Ares vd. (2005) de belirttiği gibi toprak derinliği ile doğru orantılı olarak artan toprak sıkışmasının olduğu söylenebilir. 0-10 cm derinlik kademesindeki durumdan farklı olarak sürütme öncesindeki hacim ağırlığı ile sürütme sonrasındaki porozite ve su tutma kapasitesi arasında; sürütmeden önceki su tutma kapasitesi ile ilişkili olduğu bulunmuştur.

Yaz üretim alanlarında 0-10 cm derinlik kademesinde sürütme öncesi ve sürütme sonrası toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon değerleri Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 20. Yaz üretim alanlarında 0-10 cm derinlik kademesi için sürütme öncesi ve sonrası toprak özellikleri arasındaki korelasyon değerleri (R)

Toprak Özellikleri		Sürütme Sonrası						
		Permeabilite	Porozite	Hacim Ağırlığı	pH	Su Tutma Kapasite	Organik Madde	Toprak Sıkışma
Sürütme Öncesi	Permeabilite	,001	-	-	-	-	-	-
	Porozite	-	,001	-	-	-	-	-
	Hacim Ağırlığı	-	-	,000	,036	,005	,013	0,02
	pH	-	-	,016	,007	-	-	-
	Organik Madde	-	-	,007	-	,000	-	-
	Toprak Sıkışma	,036	,007	,050	-	-	-	0,005

Tablo 20’de görüldüğü gibi, sürütme faaliyetlerinin öncesi ile sonrası 0-10 cm derinlik kademesinde, sürütme öncesindeki permeabilite ile sürütme sonrasındaki permeabilite arasında; sürütme öncesindeki porozite ile sürütme sonrasındaki porozite arasında; sürütme öncesindeki hacim ağırlığı ile sürütme sonrasındaki hacim ağırlığı, su tutma kapasitesi, organik madde miktarı, pH ve toprak sıkışması arasında; sürütme

öncesindeki pH ile sürütme sonrasındaki pH ve hacim ağırlığı arasında; sürütme öncesindeki organik madde ile sürütme sonrasındaki hacim ağırlığı ve su tutma kapasitesi arasında; sürütme öncesindeki toprak sıkışması ile sürütme sonrasındaki permeabilite, porozite, hacim ağırlığı ve toprak sıkışması arasında %95 güven düzeyinde anlamlı ilişkiler olduğu bulunmuştur ($P<0.05$). Yaz üretim alanlarında kış üretim alanlarındaki 0-10 cm derinlik kademesinden farklı olarak sürütmeden önceki organik madde ile sonrasındaki hacim ağırlığı ve su tutma kapasitesi arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.

Yaz üretim alanlarında 10-30 cm derinlik kademesinde sürütme öncesi ve sonrası toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon değerleri Tablo 21’de verilmiştir.

Tablo 21. Yaz üretim alanlarında 10-30 cm derinlik kademesi için sürütme öncesi ve sonrası toprak özellikleri arasındaki korelasyon değerleri (R)

Toprak Özellikleri		Sürütme Sonrası						
		Permeabilite	Porozite	Hacim Ağırlığı	pH	Su Tutma Kapasite	Organik Madde	Toprak Sıkışma
Sürütme Öncesi	Permeabilite	,001	-	-	-	-	-	-
	Porozite	-	,002	,035	-	-	-	-
	Hacim Ağırlığı	-	-	,001	,045	,040	,004	-
	pH	-	-	,014	,000	-	-	-
	Su Tutma Kapasite	-	,043	-	-	,000	-	-
	Organik Madde	-	-	,045	-	-	,000	-
	Toprak Sıkışma	,038	-	-	-	,040	-	,001

Tablo 21’de görüldüğü gibi, sürütme faaliyetleri öncesi ve sonrası 10-30 cm derinlik kademesindeki toprak analizi sonucu, sürütme öncesindeki permeabilite ile sürütme sonrasındaki permeabilite arasında; sürütme öncesindeki porozite ile sürütme sonrasındaki porozite ve hacim ağırlığı arasında; sürütme öncesindeki hacim ağırlığı ile sürütme sonrasındaki hacim ağırlığı, pH, su tutma kapasitesi ve organik madde arasında; sürütme öncesindeki pH ile sürütme sonrasındaki pH ve hacim ağırlığı arasında; sürütme öncesindeki organik madde ile sürütme sonrasındaki organik madde ve hacim ağırlığı arasında; sürütme öncesindeki su tutma kapasitesi ile sürütme sonrasındaki su tutma kapasitesi ve porozite arasında, sürütme öncesindeki toprak sıkışması ile sürütme sonrasındaki permeabilite ve su tutma kapasitesi arasında %95 oranında anlamlı ilişkiler bulunmuştur ($P<0.05$).

0-10 cm derinlik kademesinde sürütme öncesindeki hacim ağırlığı ile sürütme sonrasındaki pH arasında yaz üretim alanlarında, anlamlı ilişki olduğu kış üretim alanlarında ise ilişki olmadığı belirlenmiştir. Bu durum, yaz mevsiminde üst toprak

tabakasının sürütme faaliyetlerinden fiziksel olarak daha fazla etkilenmesinden, toprak üzerindeki kalıntıların taşınması, mineral toprağın açığa çıkması ile toprağın güneş ışınları ve yağıştan direkt etkilenmesinden ileri gelmiş olabilir.

3.5. Odundaki Zarar Tahmin Modeline İlişkin Bulgular ve Tartışma

Zarar tahmin modeli, 3 adet yaz üretim alanında zarar görmüş 186 adet ve 3 adet kış üretim alanında zarar görmüş 132 adet odundaki miktar kaybı verileri kullanılarak ayrı ayrı oluşturulmuştur. Model katsayıları aşağıdaki işlem sırasına göre hesaplanmıştır.

Sürtünme kuvveti (F_s);

- Zarar gören her odunun hacmi (V), (16) eşitliğinden hesaplanmıştır,
- Üretim alanlarında taşınan Ladin ağacı için özgül ağırlık (d) $0,4 \text{ g cm}^{-3}$ alınarak (Bozkurt, 1992), her odunun kütlesi (m) (18) eşitliğinden hesaplanmıştır.
- Zarar gören her odun için sürtünme kuvveti; kütle (m), arazinin eğim açısı (β), yerçekimi ivmesi (g) ve sürtünme katsayısı (k) dikkate alınarak (15) eşitliğinden hesaplanmıştır. Sürtünme katsayısı, yaz mevsiminde toprak zemin için 0,4 ve kış mevsiminde karlı zemin için 0,1 olarak alınmıştır.

Sürtünen yüzey alanı (S);

- Zarar gören her odunun yüzey alanı (S_y), (19) eşitliğinden hesaplanmıştır.
- Odunun zeminle temas oranı (t), araştırma alanlarında yapılan gözlemlere dayalı olarak yaz mevsimindeki toprak zeminler için 1/3; kış mevsimindeki karlı zeminler için 1/4 olarak alınarak sürtünen yüzey alanı (S) (20) eşitliğinden hesaplanmıştır.

Sürütme mesafesi (S_m), kış ve yaz üretimi yapılan alanların her biri için ölçülmüş ve üretim mevsimlerine göre ortalamaları hesaplanmıştır.

Zarar miktarı (Z), zarar gören her bir odun için tamamen parçalanan odunlar ile deforme olan kısımları kesilmesi gereken odunlardaki kaybolan hacim değerleri (17) eşitliğinden hesaplanarak belirlenmiştir.

Yaz ve kış mevsimi için belirlenen Z , F_s , S ve S_m verileriyle ayrı ayrı oluşturulan modeller en küçük kareler yöntemine göre çözülmüştür. Model çözülmeyen önce, yaz ve kış üretim mevsimi için her bir veri grubu kendi ortalama değerlerine bölünerek boyutsuzlaştırılmıştır (Tablo 22).

Tablo 24 incelendiğinde, her iki üretim mevsiminde de model katsayılarının test büyüklüğü değerlerinin, t-tablo değerinden büyük olduğu görülmektedir. Böylece, Tablo 23’de verilen katsayıların istatistik olarak anlamlı olduğuna karar verilmiştir. Anlamlı bulunan katsayılarla yaz ve kış üretim mevsimleri için zarar tahmin modelleri,

$$Z_{kış} = 3,094377 F_s - 0,027386 S + 2,2035013 S_m$$

$$Z_{yaz} = 1,8850073 F_s + 0,0585444 S + 2,7734749 S_m$$

olarak belirlenmiştir.

Üreticiler, sürütmeden önce, sürütecekleri odunun çapını ve boyunu ölçerek (17) eşitliğinden hacmini, ağacın özgül ağırlığına göre (18) eşitliğinden kütesini ve sürütmenin yapılacağı arazinin eğimine ve üretim mevsimine göre sürtünme katsayısı dikkate alarak (16) eşitliğinden sürtünme kuvvetini (F_s) hesaplarlar. Sonra (19) eşitliğinden odunun yüzey alanını ve üretim mevsimine göre belirlenen zeminle temas oranını dikkate alarak (20) eşitliğinden sürtünen yüzey alanını (S_m) hesaplarlar. Odunların sürütme mesafesini (S) arazide ölçerler. Her bir veri grubunu, üretim mevsimine göre Tablo 22’de verilen ortalama değerlerine bölerek boyutsuzlaştırırlar. Bu değerleri üretim mevsimine göre yukarıdaki ilgili eşitliklerde yerine koyarak zararı boyutsuz olarak hesaplarlar. Buldukları değeri, Z değerinin ortalama değeriyle çarparak, sürütmeden sonra odunda oluşacak miktar kaybını m^3 olarak sürütmeden önce elde edebilirler.

Sürütülen odun hammaddesinde oluşan zararın, sürütme faaliyetlerinden önce tahmin edilmesi, odundaki olası miktar kaybının azaltılması için önemli olacaktır. Bu durum, odundaki zarardan kaynaklanan ekonomik kayıpları engelleyecek önlemlerin sürütme faaliyetinden önce alınmasına fırsat sağlayacaktır. Bu amaçla çalışmada, ladin odunu için zemin üzerinde sürütme faaliyetleri sonucunda odunda meydana gelebilecek miktar kayıplarının önceden tahmin edilmesi için “bir zarar tahmin modeli” geliştirilmiştir. Modelde, sürütülen odunu etkileyen, taşınan odunun kütesi, sürtünme kuvveti, sürtünene yüzey alanı ve sürütme mesafesi parametreleri dikkate alınmıştır. Yaz ve kış mevsimlerinde yapılan sürütme faaliyetlerinde zarar görmüş odunlardan elde edilen

verilerle model ayrı ayrı çözümlenerek iki denklem elde edilmiş ve her iki mevsim için bilinmeyen katsayılar hesaplanmıştır.

Yaz ve kış mevsimleri için sürtünme kuvveti parametresi ile sürütme mesafesi parametresi katsayılarının aynı işaretli, sürtünen yüzey alanı parametresi katsayısının ise ters işaretli olduğu bulunmuştur. Bu durum, kar zemin üzerinde odunun sürtünen yüzey alanının, toprak zemine göre daha az olmasından ileri gelmiş olabilir. Ayrıca her iki üretim mevsimi için sürtünen yüzey alanı parametresi ve sürütme mesafesi parametresi katsayılarının yaklaşık aynı, sürtünme kuvveti parametresi katsayısının ise farklı olduğu bulunmuştur. Kış mevsiminde sürtünme kuvveti parametresinin katsayı değeri, yaz mevsimine göre daha büyük bulunmuştur. Bunun nedeni, kar zeminde sürtünme katsayısının toprak zemine göre daha küçük olmasından kaynaklanmış olabilir.

Her iki mevsim için hesaplanan katsayılar istatistik olarak anlamlı bulunmuştur. Anlamlı bulunan katsayılarla yaz ve kış üretim mevsimleri için zarar tahmin modelleri belirlenmiştir. Böylece, uygulayıcılara sürütmeden sonra odunda meydana gelebilecek miktar kaybını, sürütmeden önce tahmin edebilme ve gerekli önlemleri önceden alma fırsatı sağlanmıştır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, yaz ve kış mevsimlerinde insan gücüyle zemin üzerinde sürütme yapılan alanlarda sürütülen odunlar, kalan ağaçlar, fidanlar ve orman toprağında oluşan zararlar belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır. Ayrıca sürütülen ladin odununda oluşacak miktar zararlarının sürütme öncesinde belirlenebilmesi için “bir zarar tahmin modeli” geliştirilmiştir.

4.1. Sürütülen Odundaki Zararlara İlişkin Sonuçlar

Zemin üzerinde sürütme faaliyetleri sırasında odunlarda meydana gelen miktar kayıplarının yaz üretim alanlarında kış üretim alanlarındakilerden %20 daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca sürütülen odunda oluşan zararların tipleri ve yerlerinin, üretim mevsimlerine göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Kış üretim alanlarında genelde sürütülen odunun uç kısımlarda kırılma (%45) ve orta kısımlarında yaralanma (%30), yaz üretim alanlarında ise uç kısımlarda kırılma (%50) ve saçaklanma (%45) şeklinde zararlar meydana geldiği görülmüştür.

Araştırma alanlarında sürütme faaliyetleri sonucu odunda üç tip miktar kaybı olduğu belirlenmiştir. Bu kayıpların birincisi, odunda oluşan kırılmalar ve odunun tamamen parçalanması; ikincisi, çeşitli nedenlerden dolayı odunların çıkarılmayarak ormanda kalması; üçüncüsü ise ağaçların zeminden fazla yüksekte kesilmesi sonucu ormanda kalan kütükler biçiminde meydana gelmiştir. Yapılan çalışmada miktar kaybının, ilk iki tipinin yaz üretim alanlarında kış üretim alanlarındakinin yaklaşık 2 katı, üçüncü tipinin ise kış üretim alanlarında yaz üretim alanlarındakilerin yaklaşık 2,5 katı daha fazla olduğu belirlenmiştir.

4.2. Meşcerede Kalan Ağaçlardaki Zararlara İlişkin Sonuçlar

Çalışmada, sürütme faaliyetleri sırasında meşcerede kalan ağaçlardaki yaraların yaz üretim alanlarında (1547 adet) kış üretim alanlarına (714 adet) göre iki katından daha fazla

olduğu belirlenmiştir. Kışın ağaçların kök kısımları kar tabakasının altında kaldığından meşcerede kalan ağaçlarda kök yaralanması, yaz üretim alanlarında (150 adet) kış üretim alanlarına (35 adet) göre yaklaşık 4,5 kat daha fazla olmuştur.

Araştırmada, her iki üretim mevsiminde de kalın çaplı ağaçların köklerinde, ince çaplı ağaçların ise gövdelerinde yaralanmaların daha çok olduğu gözlenmiştir. Yara tiplerine göre değerlendirildiğinde ise kalın çaplı ağaçların kabuğunun kalın olmasından dolayı kabuk soyulması, ince çaplı ağaçlarda ise diri odun yaraları daha fazla belirlenmiştir. Her iki üretim mevsiminde de kabuk yaralarının yerden yüksekliği diri odun yaralarına oranla daha fazla bulunmuştur. Tüm yara şiddeti sınıflarında, yaraların yerden yüksekliklerinin, kış üretim alanlarında yaz üretim alanlarına oranla daha fazla olduğu ve yaraların yerden yükseklikleri arttıkça şiddetlerinin azaldığı belirlenmiştir.

4.3. Fidanlarda Oluşan Zararlara İlişkin Sonuçlar

Araştırmada, sürütme faaliyetlerinden sonra fidanlarda tespit edilen zararların, yaz üretim alanlarında kış üretim alanlarının iki katından fazla olduğu belirlenmiştir. Fidanlarda yaz üretim alanlarında genelde devrilme (%25) ve sökülme (%21) zararları meydana gelirken kış üretim alanlarında daha çok tepe kırılması (%39) zararlarının meydana geldiği belirlenmiştir. Ayrıca fidanların çaplarına bağlı olarak gördükleri zarar tiplerinin de farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

4.4. Orman Toprağındaki Zararlara İlişkin Sonuçlar

Çalışmada, sürütme faaliyetlerinden 0-10 cm ve 10-30 cm derinlik kademesindeki toprak özelliklerinin yaz üretim alanlarında kış üretim alanlarına oranla daha fazla etkilendiği tespit edilmiştir.

Sürütme faaliyetlerinden sonra 0-10 cm derinlik kademesindeki pH değerinde kış üretim alanlarında %10 ve yaz üretim alanlarında %12 oranında artış belirlenmiştir. Sürütmeden sonra topraktaki hacim ağırlığı değerlerinin her iki derinlikte kademesinde de arttığı belirlenmiştir. Bu değerler yaz üretim alanlarında %19,4 ve %18,6 iken kış üretim alanlarında %13 ve %11 olarak bulunmuştur.

Kış üretim alanlarında, sürütme faaliyetlerinden sonra 0-10 cm derinlik kademesinde, 10-30 cm derinlik kademesinde farklı olarak hacim ağırlığının, permeabilite ve pH'ya bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir. Porozite ile su tutma kapasitesi arasında 0-10 cm'de istatistik olarak anlamlı ilişki olmadığı, 10-30 cm derinlikte ise doğru orantılı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Yaz üretim alanlarında 0-10 cm derinlik kademesinde 10-30 cm derinlik kademesinden farklı olarak hacim ağırlığı ile pH arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Sürütme faaliyetlerinden önce ve sonra 0-10 cm derinlikteki topraklarda yaz üretim alanlarında kış üretim alanlarından farklı olarak sürütmeden sonraki organik maddenin, sürütmeden önceki organik madde ve hacim ağırlığı arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Sürütme faaliyetlerinden sonra 10-30 cm derinlikteki yaz üretim alanlarında hacim ağırlığı, kış üretim alanlarından daha fazla toprak özelliklerinden etkilendiği belirlenmiştir. Sürütme faaliyetleri sonrasında yaz ve kış üretim alanlarında toprak sıkışması değerinin arttığı belirlenmiştir. Her iki derinlik kademesinde toprak sıkışmasındaki artış, yaz üretim alanlarında (%14,6 ve %7,8) kış üretim alanlarından (%10,4 ve %5,3) daha fazla olmuştur.

4.5. Zarar Tahmin Modeline İlişkin Sonuçlar

Odun hammaddesinin zemin üzerinde sürütülerek bölmeden çıkarılması sonucu, taşınan odunlarda oluşan miktar kayıplarının önceden kestirimi için "bir zarar tahmin modeli" geliştirilmiştir. Modelde, sürütülen odunu etkileyen, sürütme kuvveti, sürütülen yüzey alanı ve sürütme mesafesi parametreleri dikkate alınmıştır. Yaz ve kış mevsimlerinde yapılan sürütme faaliyetlerinde zarar görmüş odunlardan elde edilen verilerle model çözülerek her iki mevsim için model katsayıları hesaplanmıştır. Kış ve yaz üretim için belirlenen zarar tahmin modeli denklemleri aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$Z_{kış} = 3,094377 F_s - 0,027386 S + 2,2035013 S_m$$

$$Z_{yaz} = 1,8850073 F_s + 0,0585444 S + 2,7734749 S_m$$

Yaz ve kış mevsimi modellerinin sürütme kuvveti parametresi katsayılarının ve sürütme mesafesi parametresi katsayılarının aynı işaretli, sürütülen yüzey alanı parametresi

katsayılarının ise ters işaretli olduğu belirlenmiştir. Her iki mevsim için sürtünen yüzey alanı parametresi katsayısı ve sürütme mesafesi parametresi katsayı değerleri yaklaşık aynı, sürtünme kuvveti parametresi katsayı değerleri ise farklı bulunmuştur. Kış mevsiminde sürtünme kuvveti parametresinin katsayı değerleri, yaz mevsimine göre daha büyük bulunmuştur.

Her iki mevsim için hesaplanan katsayılar %95 güven düzeyinde istatistik olarak anlamlı bulunmuştur ($P < 0.05$). Anlamlı bulunan katsayılarla yaz ve kış üretim mevsimleri için zarar tahmin modelleri oluşturulmuştur.

5. ÖNERİLER

Çalışma sonucunda dağlık alanlarda insan gücüyle zemin üzerinde sürüterek bölmeden çıkarma faaliyetleri sırasında hem taşınan odunda hem de meşcerede önemli zararlar meydana geldiği tespit edilmiştir. Sürütülen odunda meydana gelen miktar zararları önemli ekonomik kayıplara, meşcerede oluşan zararlar ise orman ekosisteminin sürdürülebilirliği ve verimliliğini olumsuz yönde etkilenmesine neden olabilmektedir. Bu bağlamda, ülkemizde en yaygın olarak kullanılan insan gücüyle zemin üzerinde sürüterek bölmeden çıkarma faaliyetinin ekonomik ve çevresel etkilerinin belirlenmesi ve bunları azaltıcı önlemlerin alınması çok büyük önem taşımaktadır.

Yapılan çalışma sonucunda, zemin üzerinde sürüterek bölmeden çıkarma faaliyetleri sırasında sürütülen odunda, kalan ağaçlarda, fidanlarda ve orman toprağında kış üretim alanlarında yaz üretim alanlarına oranla daha az zarar meydana geldiği belirlenmiştir. Bu nedenle zemin üzerinde sürüterek bölmeden çıkarma yönteminin kullanılacağı alanlarda sürütme faaliyetlerinin kar üzerinde yapılması önerilir. Fakat kış üretim çalışmalarında fidan boyunun kar tabakası kalınlığından daha uzun olduğu durumlarda fidanların tepe tomurcuklarının zarar görmemesine dikkat edilmeli ya da zeminle teması kesen hava hattı gibi yöntemlerin kullanılması tercih edilmelidir.

Çalışmada, zemin üzerinde sürütülen odunların, meşcerede kalan ağaçlara, toprak ve taş gibi materyallere çarpması sonucu en fazla uç kısımlarında zararların meydana geldiği tespit edilmiştir. Sürütülen odunların uç kısımlarında ve odunların çarpması sonucu meşcerede kalan ağaçlarda oluşan zararı azaltmak için sürütülen odunların uç kısımlarına koruyucu polietilen kapaklar takılması önerilir. Böylece odunların uç kısımlarında çarpma sonucu oluşacak zararlar azaltılabilecektir. Ayrıca, kapakların polietilen olması ile bu malzemenin kayganlığı sayesinde odunların zemin üzerinde daha kolay kayması da sağlanabilecek.

Çalışma sonucunda, meşcerede kalan ağaçlarda oluşan yaraların en çok ağaçların 0-1 m yükseklikteki kısımlarında olduğu belirlenmiştir. Bu yaralanmaların önüne geçmek için sürütme güzergahlarının yakınında bulunan ağaçların ortalama 1 m boyunda fiberglas

malzemeden yapılmış koruyucu eteklerle kaplanması önerilir. Böylece, ağacın ekonomik olarak en değerli olan dip kısımlarında oluşacak zarar önlenir.

Ladin odununun zemin üzerinde sürütülmesi sırasında göreceği zararlar, bu çalışmada geliştirilmiş olan zarar tahmin modeliyle önceden belirlenebilecektir. Bu durum, üreticilere daha planlama aşamasında sürütülecek odunda oluşabilecek kayıplar hakkında bilgi verecektir. Sürütme faaliyetlerinden önce belirlenecek zarar miktarına göre gerekli önlemler zamanında alınabilecektir. Bu bağlamda, teknik elemanlarca sürütme mesafesini ve olası zararı azaltacak alternatif sürütme güzergahları planlanabilir. Güzergahların taşlılık oranına bağlı olarak zarar artıyorsa sürütme güzergahlarına bakım yapılması sağlanabilir.

Bu çalışma sonucunda, dağlık alanlarda zemin üzerinde sürüterek bölmeden çıkarma faaliyetlerinin taşınan oduna ve meşçereye fazla zarar verdiği tespit edilmiştir. Bu nedenle ormanlardan en uygun düzeyde faydalanmanın sağlanması ve meşçere zararını en aza indirecek çevreye duyarlı taşıma sistemlerinin geliştirilmesi uygun olacaktır. Yeni yöntemlerin geliştirilmesi sonucunda ormanların hayatı üzerinde çok büyük etkiye sahip olan böcek ve mantar böcek tehlikesi riskini azaltarak bunların neden olacağı ekonomik zararları da engellemiş olacaktır. Ülkemizde kalın çaplı ürünlerin taşınan oduna ve meşçereye en az zararla taşınmasını sağlayacak çevreyle dost yöntemler geliştirilmelidir. Sürütme sırasında odunun toprakla temasını kesen ve motor mekanizması ile sağlanan kontrollü kaydırmanın kalan ağaçlara ve fidanlara zararı engelleyen Tomrukların Oluk İçerisinde Kontrollü Kaydırılması (TOKK) yönteminin kullanması uygun olacaktır.

Bölmeden çıkarma faaliyetlerinden önce üretim yapılacak bölmelerin özelliklerine ve taşınacak ürünün boyutuna göre teknik, ekonomik ve çevresel yönden değerlendirmeler yapılarak arazi yapısına en uygun bölmeden çıkarma yöntemi seçilmelidir. Yöntemlerin çevresel yönden değerlendirilmesi, meşçereye olan etkilerinin Çevre Etki Değerlendirmesi (ÇED) kapsamında ortaya konularak alternatifler içerisinde en uygun olanının belirlenmesi şeklinde olur. Bunun için bölmeden çıkarma faaliyetlerinin çevresinde oluşturacağı etkileri tahmin edebilen bir dizi ÇED belirteçleri geliştirilmelidir. Meşçerede oluşan zararın azaltılması için üretim faaliyetlerinden sonra kesim alanlarının ÇED belirteçlerine göre denetlenmesi ve değerlendirmenin sonucuna bağlı olarak cezalandırma ya da ödüllendirme sisteminin uygulanması gereklidir. Böylece, orman işçileri ve işveren yaptıkları işin çevresel etkileri konusunda daha dikkatli olmaya yönlendirilebilecektir.

Her yıl periyodik olarak yapılan üretim faaliyetleri, hem teknik hem de çevresel parametreler dikkate alınarak çok iyi bir şekilde planlanmalıdır. Üretim faaliyetlerinden önce işçi ve operatörler üretim planları ve kesim bölmelerinin durumu hakkında bilgilendirilmelidir. Ülkemizde odun hammaddesinin üretimi çoğunlukla ihale usulüyle orman işçileri ya da orman kooperatiflerine yaptırılmaktadır. Orman işçileri mesleki eğitimden yoksun deneme-yanılma yoluyla bu işi öğrenmiş kişilerdir. İşçilerin eğitim düzeylerinin iş gücü verimlilik düzeyini etkilediği gerçeği göz önüne alındığında verimli ve sürdürülebilir ormancılık yapılabilmesi için orman işçilerine çevre bilincini oluşturacak eğitimlerin verilmesi gereklidir

6. KAYNAKLAR

- Acar, H.H., 1994. Ormancılıkta Transport Planları ve Dağlık Arazide Orman Transport Planlarının Oluşturulması, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 151 s.
- Acar, H.H. ve Dinç, B., 2001. Ormancılıkta Dağlık Arazide Kış Üretimi Sırasında Bölmeden Çıkarma İşlerinin Araştırılması, Turkish Journal of Agriculture Forestry, 25, 139-147.
- Acar, H.H. ve Ünver, S., 2005a. A Research on The Impacts of Ground-Based Manual Skidding at The Spruce (*Picea orientalis*) Production Areas of Turkey, Proceeding of the Ecological, Ergonomic and Economical Optimization of Forest Utilization in Sustainable Forest Management, Krakow, Poland, 105-112.
- Acar, H.H. ve Ünver, S., 2005b. Odun Hammaddesi Üretimi Sonrasında Kalan Meşçerede Meydana Gelen Çevresel Zararların Değerlendirilmesi, I. Çevre ve Ormancılık Şurası Tebliğler Kitabı, Antalya, Cilt I, 267-275.
- Acar, H.H., Ünver, S. ve Kaplan, E., 2008. Dağlık Arazide Tomrukların Plastik Oluklar İçerisinde Kontrollü Olarak Taşınması (TOKK Yöntemi), Orman Mühendisleri Odası Dergisi, 45, 13-14-15, 31-34.
- Addison, J.A. ve Barber, K.N., 1997. Response of Soil Invertebrates to Clearcutting and Partial Cutting in A Boreal Mixedwood Forest in Northern Ontario, Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Great Lakes Forestry Centre, Sault Ste. Marie, Ont. Info. Rep. GLC-X-1.
- Aho, P.E., Fiddler, G. ve Srago, M., 1989. Logging Damage in Thinned, Young-Growth True Fir Stands in California and Recommendations for Prevention, Res. Pap., 304, 8 s.
- Alahie, H., 1997. The Study of Skidding in the Hyrcanian Forest of Iran, Tehran University, Iran.
- Allen, M.M., Taratoot, M. ve Adams, P.W., 1999. Soil Compaction and Disturbance from Skyline and Mechanized Partial Cuttings for Multiple Resource Objectives in Western and Northeastern Oregon, U.S.A. in: Proceedings of the International Mountain Logging 10th Pacific Northwest Skyline Symposium, Eds: J. Sessions and W. Chung, Corvallis, 107-117.
- Anderson, H.W., 1994. Some Implications of Logging Damage in the Tolerant Hardwood Forests of Ontario, 3-28, In. Rice, J.A. (ed.), Logging Damage: The Problems and Practical Solutions, Ontario Forest Research Institute, Ontario Ministry of Natural Resources, Forest Resource Report, 117, 69 s.

- Anonim, 2002. Atasu Barajı ve Galyan Deresi Havzasında Mevcut Durum Araştırması, DSİ 22. Bölge Müdürlüğü, Trabzon.
- Ares, A., Terry, T.A., Miller, R.E., Anderson, H.W. ve Flaming, B.L., 2005. Ground-Based Forest Harvesting Effects on Soil Physical Properties and Douglas-Fir Growth, [Soil Science Society of America Journal](#), 69, 1822-1832.
- Arikian, M.J., Puettmann, K.J., Davis, A.L., Host, G.E. ve Zasada, J.C., 1999. Harvesting Impacts on Soil Properties and Tree Regeneration in Pure and Mixed Aspen Stands, Department of Forest Resources, University of Minnesota, St. Paul, MN; George Host, Natural Resources Research Institute, USDA Forest Service, North Central Research Station, Rhinelander, WI, 3 s.
- Athanassiadis, D., 1997. Residual Stand Damage Following Cut-To-Length Harvesting Operation with A Farm Tractor in Two Conifer Stands, [Silva Fenn](#), 31, 4, 461-467.
- Atalay, İ., 2006. Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası, Çevre ve Orman Bakanlığı Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü Yayını, Mete Basım Matbaacılık, Ankara, 584 s.
- Atta, H.A.E. ve Hayes, A.J., 1987. Decay in Norway spruce caused by *Stereum sanguinolentum* (Alb. and Schw.: Fr.) Fr. developing from extraction wounds, [Forestry](#) 60, 101-111.
- Bacher, M., 1999. Literaturstudie Bestandesschäden, Versuchsbericht Der Forstlichen Versuchs- Und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, [Abteilung Arbeitswirtschaft Und Forstbenutzung](#), 6, 13 s.
- Balcı, A.N., 1996. Toprak Koruması, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, 439, 490 s.
- Balisky, A.C. ve Burton, P.J., 1995. Root-Zone Soil Temperature Variation Associated with Micro site Characteristics in High elevation Forest Openings in The Interior of British Columbia, [Agricultural Forest Meteorology](#), 77, 31-54.
- Ballard, T.M., 2000. Impacts of Forest Management on Northern Forest Soils, [Forest Ecology and Management](#), 133, 37-42.
- Bertault, J-G. ve Sist, P., 1995. The Effect of Logging in Natural Forests, Boist, [Forest Tropic](#), 245, 5-20
- Bertault, J-G. ve Sist, P., 1997. An Experimental Comparison of Different Harvesting Intensities with Reduced-Impact and Conventional Logging in East Kalimantan, Indonesia, [Forest Ecology Management](#), 94, 209-218.
- Bettinger, P. ve Kellogg, L.D., 1993. Residual Stand Damage from Cut-to-Length Thinning of Second-Growth Timber in Cascade Range of Western Oregon, [Forest Product Journal](#), 43, 11, 12, 59-64.

- Blakeney, K.J., 1992. Environmentally Friendly Helicopter Logging in Papua New Guinea. In: W.R.W. Mohd, S. Ibrahim, S. Appanah and M.F.A. Rashid (eds.) Proceeding of the Symposium on Harvesting and Silviculture for Sustainable Forestry in the Tropics, Forest Research Institute Malaysia, Kepong, 145-150.
- Block, R., Van Rees, K.C.J. ve Pennock, D.J., 2002. Quantifying Harvesting Impacts Using Soil Compaction and Disturbance Regimes at A Landscape Scale, Soil Sci. Soc. Am. J., 66, 1669-1676.
- Bozic, T., 2003. Impact of Forest Harvesting, Alberta Government, Agriculture, Food and Rural Development, November 28.
- Bozkurt, A. ve Derin, N., 1986. Ticarete Önemli Yabancı Ağaçlar, İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları, 4024, 12.
- Brais, S., 2001. Persistence of Soil Compaction and Effects on Seedling Growth in Northwestern Quebec, Soil Science Society of America Journal, 65, 1263-1271.
- Brown, N.D., 1998. Degeneration Versus Regeneration - Logging in Tropical Rain Forests, in: F.B. Goldsmith, Editor, Tropical Rain Forest, a Wider Perspective, Chapman and Hall, 43-47.
- Bueche, F.J. ve Jerde, D.A., 1995. Principles of Physics, McGraw-Hill, Boston.
- Bundestag, G., 1990. Protecting the Tropical Forests: A High Priority International Task, 2nd Report of the Equate-Commission: Preventive Measures to Protect the Earth's Atmosphere of the 11th German Bundestag, Bonn, Germany.
- Camp, A., 2002. Damage to Residual Trees by Four Mechanized Harvest Systems Operating in Small-Diameter, Mixed Conifer Forests an Step Slopes in Washington: A Case Study, Western Journal of Applied Forestry, 17, 1, 14-22.
- Can, P., 2005. Türkiye Ormanlarında Son Yıllarda Görülen Kabuk Böcekleri Sorunu Üzerine Bir Değerlendirme, Orman ve Av Dergisi, 4, 4-11.
- Cannon, C.H., Peart, D.R., Leighton, M. ve Kartawinata, K., 1994. The Structure of Lowland Rainforest after Selective Logging in West Kalimantan, Indonesia, Forest Ecology and Management, 67, 49-68.
- Carlson, D.W. ve Groot, A., 1997. Microclimate of Clear-Cut, Forest Interior, and Small Openings in Trembling Apsen, Forest Agriculture Forest Meteorology, 87, 313-329.
- Carmean, W.H. ve Boyce, S.G., 1974. Hardwood Log Quality in Relation to Site Quality, North Central Forest Experiment Station Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 7 s.

- Carus, S. ve Çatal, Y., 2007. Isparta Yöresi Anadolu Karaçamı [*Pinus Nigra* Arnold Subsp. *Pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Meşcerelerinde Büyüme Özellikleri, SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi (E-Dergi), 2, 1, 1-10.
- Caspersen, J.P., 2006. Elevated Mortality of Residual Trees Following Single-Tree Felling in Northern Hardwood Forests, Can. J. For. Res., 36, 1255-1265.
- Clatterbuck, W.K., 2006. Logging Damage to Residual Trees Following Commercial Harvesting to Different Overstory Retention Levels in A Mature Hardwood Stand in Tennessee, Proceedings of the 13th Biennial Southern Silvicultural Research Conference, Gen. Tech. Rep. SRS-92, Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, 640 s.
- Collier, K.J., Baillie B., Bowman, E., Halliday, J., Quinn, J. ve Smith, B., 1997. Is Wood in Streams a Damned Nuisance?, Water & Atmosphere, 5, 3, 17-21.
- Collier, K.J. ve Bowman, E.J., 2003. Role of Wood in Pumice-Bed Streams I: Impacts of Post-Harvest Management on Water Quality, Habitat and Benthic Invertebrates, Forest Ecology and Management, 177, 243-259.
- Conlin, T.S. ve van den Driessche, R., 1996. Short-Term Effects Of Soil Nitrogen in Central British Columbia, University of British Soil Compaction on Growth of *Pinus contorta* Seedlings, Can. J. For., 26, 727-739.
- Cornish, P.M., 2001. The Effects of Roding, Harvesting and Forest Regeneration on Streamwater Turbidity Levels in Moist Eucalypt Forest, Forest Ecology and Management, 152, 293-312.
- Croke, J., Hairsine, P. ve Fogarty, P., 2001. Soil Recovery from Track Construction and Harvesting Changes in Surface Infiltration, Erosion and Delivery Rates with Time, Forest Ecology and Management, 143, 3-12.
- Crome, F.H.J., Moore, L.A. ve Richards, G.C., 1992. A Study of Logging Damage in Upland Rainforest in North Queensland, Forest Ecology and Management, 49, 2, 1-29.
- Culley, J.L., B., 1993. Density and Compressibility, M.R. Carter (Ed.) Soil Sampling and Methods of Analysis, Canadian Society of Soil Science, Lewis publishers, Boca Raton , FL, 529-540.
- Çepel, N., 1995. Orman Ekolojisi, İstanbul Üniversitesi Basımevi, 4.Baskı, 536 s.
- Davies, P. ve Neilson, M., 1993. The Effect of Steep Slope Logging on Fine Sediment Infiltration into the Beds of Ephemeral and Perennial Streams of the Dazzler Range, J. Hydrol, 150, 481-505.
- Decker, D.J., 2006. Production of Maple Syrup for Increased Productivity and Profitability, Researching Institution, Cornell University Project, <http://cris.csrees.usda.gov/>, 12/08/2007.

- Demir, M., Makineci, E. ve Yolmaz, E., 2005. Investigation of Timber Harvesting Impacts on Herbaceous Cover, Forest Floor and Surface Soil Properties on Skid Road in An Oak (*Quercus petrea* L.) Stand, Building and Environment, 1-6.
- Devlet Meteoroloji İşleri (DMI), 2008. Trabzon İline Ait 2004-2005-2006-2007 Yılı Aylık İklim Verileri, Ankara.
- Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Ormanlık Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara, 539 s.
- Dunham, R.A. ve Cameron, A.D., 2000. Crown, Stem and Wood Properties of Wind-Damaged and Undamaged Sitka Spruce, Forest Ecology and Management, 135, 73-81.
- Dvorac, J., 2004. Damage on Forest Stands in the Ore Mts. after Use of the Logging Machinery, Forest Engineering: New Techniques, Technologies and the Environment, Lviv, Ukraina, 258-267.
- Dykstra, D. ve Heinrich, R., 1996. FAO Model Code of Forest Harvesting Practice, FAO, Rome, 85 s.
- Egan, A.F., 2003. Residual Stand Damage after Shovel Logging and Conventional Ground Skidding in an Appalachian Hardwood Stand, Forest Products Journal, 49, 6, 88-92.
- Elias, P., 1995. A Case Study on Forest Harvesting Damages, Structure and Composition Dynamic Changes in the Residual Stand for Dipterocarp Forest in East Kalimantan, Indonesia, in 'Forest Operations for Sustainable Forestry in the Tropics', Proceedings of a Symposium Organized by IUFRO Subject Group S3.05-00, at the XX IUFRO World Congress, Tampere, Finland.
- Erdaş, O. ve Acar, H.H., 1993. Türkiye’de Odun Hammaddesi Üretimi Özellikle Kesim, Bölmeden Çıkarma, ve Taşıma Sırasında Karşılaşılan Güçlükler ve Bunların Orman Ürünleri Endüstrisi Üzerine Etkileri, II. Ulusal Orman Ürünleri Endüstrisi Kongresi Trabzon.
- Erdaş, O., 1997. Orman Yolları, Karadeniz Teknik Üniversitesi Genel Yayın No: 187, Fakülte Yayın No: 25, Cilt I, 391 s.
- Eroğlu, M., Akıncı, A.H. ve Özcan, G., 2005. The Control Effectiveness of Woodpecker Species on The Great European Spruce Bark Beetle in Turkey, The First International Eurasian Ornithology Congress, Antalya, Turkey, 48-51.
- Fajvan, M.A., Grushecky, S.T. ve Hassler, C.C., 1998. The Effects of Harvesting Practices on West Virginia’s Wood Supply, Journal of Forestry, 96, 5, 33-39.

- Fajvan, M.A., Knipling, K.E. ve Tift, B.D., 2002. Damage to Appalachian Hardwoods from Diameter-Limit Harvesting and Shelterwood Establishment Cutting, North. J. Appl. Forestry, 19, 2, 80-87.
- FAO, 1987. Appropriate Wood Harvesting in Plantation, Forestry Paper 78, Rome.
- FAO, 1993. Forest Resources Assessment 1990, Tropical Countries, , Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Forestry Paper 112, Rome.
- FAO, 1997. Research on Environmentally Sound Forest Practices to Sustain Tropical Forests, Proceedings of The FAO/IUFRO Satellite Meeting Held in Junction with the IUFRO XX World, Congress, Tampere, Finland, Rome, 153 s.
- FAO, 1998a. Forest Harvesting Operations in Papua New Guinea the Png Logging Code of Practice, Forest Harvesting Case-Studies-15, Rome.
- FAO, 1998b. Guidelines for Implementation of Forest Management Operations, Guidelines for the Management of Tropical Forests, 1. The Production of Wood, FAO Forestry Paper 135, Rome.
- Favreau, J., 1998. Stem Breakage during Harvesting: A Summary of FERIC's Studies, For. Eng. Res. Inst. Can. (FERIC), Pointe-Claire, Que. Field Note General, 68, 2.
- Fielding, N.J. ve Evans, H.F., 1997. Biological control of *Dendroctonus micans* (Scolytidae) in Great Britain. Biocontrol News and Information, 18, 2, 51-60.
- Fjeld, D. ve Granhus, A., 1998. Injuries after Selection Harvesting in Multi-Storeyed Spruce Stands - the Influence of Operating Systems and Harvest Intensity, Journal of Forest Engineering, 9, 2.
- Flatten, L.B., 1991. The Use of Small Helicopter for Commercial Thinning in Step Mountainous Terrain, M.F. Paper, Oregon State University, Corvallis, 51 p.
- Fleming, R.L., Black, T.A., Adams, R.S. ve Stathers, R.J., 1998. Silvicultural Treatments, Microclimatic Conditions and Seedling Response in Southern Interior Clear-cut, Canadian Journal Soil Science, 78, 115-126.
- Fredericksen, T.S. ve Mostacedo, B., 2000, Regeneration of Timber Species Following Selection Logging in A Bolivian Tropical Dry Forest, Forest Ecology and Management, 131, 47-55.
- Franklin, J.F., Berg, D.R., Thornburgh, D.A. ve Tappeiner, J.C., 1997. Alternative Silvicultural Approaches to Timber Harvesting: Variable Retention Harvest Systems, in: Kohm, K.A., Franklin, J.F. (Eds.), *Creating a Forestry for the 21st Century*, Island Press, Washington, DC, 111-139.
- Froese, K. ve Han, H.S., 2006. Residual Stand Damage from Cut-to-Length Thinning of a Mixed Conifer Stand in Northern Idaho, WJAF, 21, 3, 142-148.

- Froehlich, H.A., Aulerich, D.E. ve Curtis, R., 1981. Designing Skid Trail Systems to Reduce Soil Impacts from Tractive Logging Machines, Research Paper 44, Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis, OR, 15 s.
- Froehlich, H.A., Milles, D.W.R. ve Robbins, R.W., 1986. Soil Bulk Density Recovery on Compacted Skid Trails in Central Idaho, Soil Sci. Soc. Am. J., 49, 1015-1017.
- Gavcar, E., Aytekin, A. ve Şen, S., 1999. Türkiye’de Orman Ürünleri Endüstrisinin Hammadde Kaynakları ve Karşılaştığı Problemler, Tr. J. of Agriculture and Forestry, 23, 243-248.
- Gerwing, J.J., Johns, J.S. ve Vidal, E., 1996. Reducing Waste during Logging and Log Processing, Forest Conservation in Eastern Amazonia, 187, 47, 17-25.
- Gillespie, W.H., 2001. Residual Stand Damage can be A Serious Logging Problem, Timber & Timber Harvesting in West Virginia, Fact Sheet, 31, 3.
- Gingras, J.F., 1990. Harvesting Methods Favouring the Protection of Advance Regeneration, Quebec Experience, For. Eng. Res. Inst. Can. Technical note, TN-144, ISSN 0381-774, 8 s.
- Godefroid, S. ve Koedam, N., 2004. The Impact of Forest Paths upon Adjacent Vegetation: Effects of the Paths Surfacing Material on the Species Composition and Soil Compaction, Biological Conservation; 119, 405-419.
- Gomez, A., Powers, R.F., Singer, M.J. ve Horwath, W.R., 2002. Soil Compaction Effects on Growth of Young Ponderosa Pine Following Litter Removal in California’s Sierra Nevada, Soil Sci. Soc. Am. J., 66, 1334-1343.
- Görcelioğlu, E., 2004. Orman Yolları Erozyon İlişkileri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, No: 4460/476, 185 s.
- Guariguata, M.R. ve Pinard, M.A., 1998. Ecological Knowledge of Regeneration from Seed in Neotropical Forest Trees: Implications for Natural Forest Management, Forest Ecology and Management, 112, 87-99.
- Gullison, R.E. ve Hardner, J.J., 1993. The Effects of Road Design and Harvest Intensity on Forest Damage Caused by Selective Logging, Empirical Results and A Simulation Model from The Boaque Chimanes, Bolivia, For. Ecol. Manage., 59, 1-14.
- Gülçur, F., 1974. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metotları, İ.Ü.Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 1970, Orman Fakültesi Yayını, 201, 225 s.
- Günay, Z., 1982. Orman Ürünleri Standardizasyonu ve Kübaj, Saydam Matbaacılık Ofset ve Tipo Tesisleri-185309, Ankara, 136 s.

- Gürtan, H., 1975. Dağlık ve Sarp Arazili Ormanlarda Kesim ve Bölmeden Çıkarma İşlerinde Uğranılan Kayıpların Saptanması ve Bu İşlemlerin Rasyonalizasyonu Üzerine Araştırmalar, Tübitak Yayınları, 250, 95 s.
- Han, H.-S. ve Kellogg, L.D., 2000a. A Comparison of Sampling Methods for Measuring Residual Stand Damage from Commercial Thinning, Journal of Forest Engineering, 63-71.
- Han, H.-S. ve Kellogg, L.D., 2000b. Damage Characteristics in Young Douglas-Fir Stands from Commercial Thinning with Four Timber Harvesting Systems, Western Journal of Applied Forestry, 15, 1, 1-27.
- Han, H.-S., Steele, T.W. ve Kellogg, L.D., 2003. Damquick: A New Method for Rapidly Assessing Residual Stand Damage during Partial Timber Harvests, Western Journal of Applied Forestry, 18, 2, 81-87.
- Hassler, C.C., Grushecky, S.T. ve Fajvan, M.A., 1999. An Assessment of Stand Damage Following Timber Harvests in West Virginia, North. J. Appl. For., 16, 4, 191-196.
- Heitzman, E. ve Grell, A.G., 2002. Residual Tree Damage along Forwarder Trails from Cut-to-Length Thinning in Maine Spruce Stands, North. J. Appl. For., 19, 4, 161-167.
- Henderson, J., 1990. Damage-Controlled Logging in Managed Tropical Rain Forest in Suriname, WAU Dissertation, 1391.
- Heninger, R., Scott, W., Dobkowski, A., Miller, R., Anderson, H. ve Duke, S., 2002. Soil Disturbance and 10-Year Growth Response of Coast Douglas-Fir on Non-Tilled and Tilled Skid Trails in the Oregon Cascades, Can. J. For. Res., 32, 233-246.
- Holmes, T.P., Blate, G.M., Zweede, J.C., Perreira Jr., R., Barreto, P., Boltz, F. ve Bauch, R., 2002. Financial and Ecological Indicators of Reduced-Impact Logging Performance in the Eastern Amazon, For. Ecol. Manage., 163, 93-110.
- Holota, R., 2005. Tree Damage in Harvesting and Skidding Wood in Mature Beech Stands, Ecological, Ergonomic And Economical Optimization of Forest Utilization in Sustainable Forest Management International Scientific Conference, Krakow, Poland, 167-172,.
- Hosseini, M. 1996. Harvesting operations in the northern forest of Iran. Forest and Range Magazine, 25, 32-38.
- Hosseini, S.M., Madjnonian, B. ve Nieuwenhuis, M., 2000. Damage to Natural Regeneration in the Hyrcanian Forests of Iran: A Comparison of Two Typical Timber Extraction Operations, Journal of Forest Engineering, 11, 2.

- Howard, A.F., 1996. Damage to Residual Trees from Cable Yarding When Partial Cutting Second-Growth Stands in Coastal British Columbia, Canadian Journal of Forestry Research, 26, 1392-1396.
- Huang, J., Lacey, S.T. ve Ryan, P.J., 1996. Impact of Forest Harvesting on the Hydraulic Properties of Surface Soil, Soil Sci., 161, 79-86.
- Jackson, S.M. , Frederickson, T.S. ve Malcolm, J.R., 2002. Area Disturbed and Residual Stand Damage Following Logging in A Bolivian Tropical Forest, Forest Ecology and Management, 166, 271-283.
- Johns, J.S., Barreto, P. ve Uhl, C., 1996. Logging Damage during Planned and Unplanned Logging Operations in the Eastern Amazon, Forest Ecology and Management, 89, 59-77.
- Johnson, N. ve Cabarle, B., 1993. Surviving the Cut, Natural Forest Management in the Humid Tropics, World Resources Institute.
- Jusoff, K., 1992. Site Disturbance in Relation to Logging Season and Soil Texture, in: Proc. Harvesting and Silviculture for Sustainable Forestry in the Tropics, 45-51.
- Jurgensen, M.F., Harvey, A.E., Graham, R.T., Page-Dumroese, D.S., Tonn, J.R., Larsen, M.J., ve Jain, T.B., 1997. Impacts of Timber Harvesting on Soil Organic Matter, Nitrogen, Productivity, and Health of Inland Northwest Forests, For. Sci., 43, 234-251.
- Jurgensen, R.C., Brown, R.G. ve Jurgensen, J.W., 2000. Geometry, Houghton Mifflin McDougall Littell, USA, 740 s.
- Kantarıcı, D.M., 2000. Toprak İlimi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 462, 420 s.
- Kaplan, E., 2007. Dünya Orman Varlığı ve Odun Tüketimi, Ahşap Dergisi, 34.
- Kalra, Y.P. ve Maynard, D.G., 1991. Methods and Manual for Forest Soil and Plant Analysis, Forestry Canada, Northern Forestry Center, 116 s.
- Kazancıoğlu, H., 2003. Orman Ürünleri Endüstrisine Giriş, KTÜ Orman Fakültesi Yayınları, 73, 229 s.
- Kleine, M. ve Heuveldop, J., 1993. A Management Planning Concept for Sustained Yield of Tropical Forests in Sabah, Forest Ecological Management, 61, 277-297.
- Kluender, R., Lortz, D., McCoy, W., Stokes, B. ve Klepac, J., 1998. Removal Intensity and Tree Size Effects on Harvesting Costs and Profitability, Forest Product Journal, 48, 54-59.

- Klun, J. ve Poje, A., 2001. Mechanical Stand Injuries and Skid-Trails Damage in High Karst Region due to Wood Extraction with Iwafuji T-41 Skidder, Gozdarski Vestnik, 3.
- Koch, K.R., 1999. Parameter estimation and hypothesis testing in linear models, Springer-Verlag, Berlin, Germany, 71-137.
- Konukçu, M., 2001. Ormanlar Ve Ormancılığımız, DPT Yayınları, 2630, 237 s.
- Kozłowski, T.T., 1999. Soil Compaction and Growth of Woody Plants, Scand. J. For. Res., 14, 596-619.
- Lacey, S.T., Ryan, P.J., Huang, J. ve Weiss, D.J., 1994. Soil Physical Property Change from Forest Harvesting in New South Wales, Research Paper, 25.
- Laffan, M., Jordan, G. ve Duhig, N., 2001. Impacts on Soils from Cable-Logging Steep Slopes in Northeastern Tasmania, Australia, Forest Ecology and Management, 144, 91-99.
- Lageson, H., 1997. Effects of Thinning Type on the Harvester Productivity and On the Residual Stand, Journal of Forest Engineering, 8, 7-14.
- Lamson, N.I., Smith, H.C. ve Miller, G.W., 1984. Residual Stocking not Seriously Reduced by Logging Damage from Thinning of West Virginia Cherry Maple Stands, Research Paper NE-541, Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, 11 s.
- Lamson, N.I., Smith, H.C. ve Miller, G.W., 1985. Logging Damage Using an Individual-Tree Selection Practice in Appalachian Hardwood Stands, Northern Journal of Applied Forestry, 2, 117-120.
- Lamson, N.I. ve Smith, H.C., 1988. Effect of Logging Wounds on Diameter Growth of Sawlog-Size Appalachian Hardwood Crop Trees, Research Paper NE-616, Broomall, PA: US, Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, 3 s.
- Landsberg, J.D., Miller, R.E., Anderson, H.W. ve Tepp, J.S., 2003. Bulk Density and Soil Resistance to Penetration As Affected by Commercial Thinning in Northeastern Washington, Res. Pap. Portland, or: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Washington.
- Legere, G., 2001. Reduction of stem damage by integrating skidding with delimiting, Forest Engineering Research Institute of Canada (FERIC), 2, 19.
- Lemprière, G., 1994. Ecology of the Great European Spruce Bark Beetle *Dendroctonus micans* (Kug.), Ecologie, 25, 1, 31-38.
- Limbeck, B., 2003. Residual Stand Damage Caused by Mechanized Harvesting Systems, in: Austro2003 High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain. in:

ANFI: Austro2003 , 5. - 9. October 2003, Schlaegl - Oberösterreich - Austria; CD-Rom proceedings, 11.

Lockaby, B.G. ve Vidrine, C.G., 1984. Effects of Logging Equipment on Soil Density and Growth and Survival of Young Loblolly Pine, Sth. J. Appl. For., 8, 109-112.

Magnusson, W.E., Lima, O.P., Reis, F.Q., Higuchi, N. ve Ramos, J.F., 1999. Logging Activity and Tree Regeneration in an Amazonian Forest, Forest Ecology and Management, 113, 67-74.

Martin, C.W. ve Hornbeck, J.W., 1994. Logging in New England need not cause sedimentation of streams, North. J. Appl. For., 11, 17-23.

Maloy, O.C., 1979. Injury and Decay in White Fir, in: Northwest Science Program and Abstracts: 52nd Annual Meeting of the Northwest Scientific, Association; 1979 March 29-31; Bellingham, WA. Pullman, Washington State University, 26.

Marshall, V.G., 2000. Impacts of Forest Harvesting on Biological Process in Northern Forest Soils, Forest Ecology and Management, 133, 43-60.

Matzka, P.J. ve Kellog, L.D., 2003. Harvest System Selection And Design for Damage Reduction in Noble Fir Stands: A Case Study on the Warm Springs Indian Reservation, Oregon, WJAF, 18, 2.

McNabb, D.H. ve Boersma, L., 1993. Evaluation of the Relationship between Compressibility and Shear Strength of Andisols, Soil Sci. Soc Am. J., 57, 923-929.

McNeel, J.F. ve Copithorne, R., 1996. Yarding Systems and Their Effect on Log Quality and Recovery Levels in Coastal Timber of British Columbia, in: Proceedings of Forest Products Society, Portland, Or, 122-128.

Meadows, J.S., 1993. Logging Damage to Residual Trees Following Partial Cutting in A Green Ash-Sugarberry Stand in The Mississippi Delta, 9th Central Hardwood Forest Conference, A.R. Gillespie, G.R. Parker, P.E. Pope, and G. Rink (Eds.). Gen. Tech. Rep. USDA Forest Service, North Central Forest Experiment Station, St. Paul, Mn, 84-88.

Mederski, P.S., 2006. A comparison of Harvesting Productivity and Costs in Thinning Operations with and without Midfield, For. Ecol.Manage., 224, 286-296.

Meek, P. ve Plamondon, J.A., 1996. Effectiveness of Cut-to-Length Harvesting at Protecting Advance Regeneration, For. Eng. Res. Inst. Can. Technical Note, 242, 12 s.

Megahan, W.F., King, J.G. ve Sayedbagheri, K.A., 1995. Hydrologic and Erosional Responses of A Granitic Watershed to Helicopter Logging and Broadcast Burning, For. Sci., 41, 4, 777-795.

- Meng, W., 1978. Baumverletzungen Durch Transportvorgänge Bei Der Holzernte–Ausbau Und Verteilung, Folgeschaden Am Holz und Versuch Ihrer Bewertung, Schriftenreihe Der LFV Baden-Württemberg, Band 53, 159 s.
- Mercker, D., 2007. Renewable Natural Resources Timely Tips, Extension Specialist I Forest Management, 17, 1, 1.
- Miller, R.O., Heyd, R., Rummer, R. ve Jerome, D., 2001. Gentle Logging System Evaluation (Quantitative Measurements Report), Published by Michigan State University Upper Peninsula Tree, Improvement Center Escanaba, Michigan, 14 s.
- Miyata, E.S., 2002. Forestry Operational Activities While Protecting the Forest Ecosystem, Proceedings of the International Seminar of New Rules of Plantation Forestry, Requiring Appropriate Tending and Harvesting Operations, September 29-October 5, Tokyo, Japan.
- Montagnini, F., Eibl, B., Szczipanski, L. ve Rios, R., 1996. Tree Regeneration and Species Diversity Following Conventional and Uniform Spacing Methods of Selective Cutting in A Subtropical Humid Forest Reserve, Btroa, 30, 349-361.
- Murphy, G. ve Twaddle, A.A., 1985. Techniques for the Assessment and Control of Log Value Recovery in the New Zealand Forest Harvesting Industry, in: Proceedings of the 9th Annual Meeting of Council on Forest Engineering, Mobile, Al.
- Narayanan, I.V. ve Swarupanandan, K., 1996. Regeneration Dynamics and Sylvigenesis in the Moist Deciduous Forests of Southwest India. New For., 11, 185-205.
- Nevill, R.J. 1997. A Review of Tree Wounding. Bc Min of Forest Technique Transfer Note, 3, 4 s.
- Nilsson, U. ve Orlander, G., 1995. Effects of Regeneration Methods on Drought Damage to Newly Planted Norway Spruce Seedlings, Canadian Journal Forestry Resource, 25, 790-802.
- Nichols, M.T., Lemin, R.C. ve Ostrofsky, W.D., 1994. The Impact of Two Harvesting Systems on Residual Stems in Partially Cut Stand of Northern Hardwoods, Canadian Journal Forest Resource, 24, 2, 350-357.
- Nugent, C, Kanali, C., Owende, P.M.O., Nieuwenhuis, M. ve Ward, S., 2003. Characteristic Site Disturbance due to Harvesting and Extraction Machinery Traffic on Sensitive Forest Sites with Peat Soils, Forest Ecology Management;180, 85-98.
- Nyland, R.D., 1994. Logging Damages, Central Hardwood Notes, North Central Forest Experiment Station Note, 3 s.

- Orman Bakanlığı (OB), 1994. Orman Toprak Laboratuvarının Kuruluş Esasları ve Laboratuvar Teknikleri Semineri, Orman Bakanlığı Eskişehir Orman Toprak Laboratuvar Müdürlüğü, 216 s.
- OECD, 1994. Environmental Impact Assessment of Roads, Report of OECD Scientific Expert Group, Paris, 186 s.
- OGM, 2004. Orman Genel Müdürlüğü 2004 Yılı Döner sermaye Bütçesi, Araştırma Planlama ve Koordinasyon Dairesi Başkanlığı, Ankara, 127 s.
- OGM, 2007a. Çevre ve Orman Bakanlığı 2007 Yılı Ocak-Haziran Dönemi Kurumsal Mali Durum ve Beklentiler Raporu, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, 10 s.
- OGM, 2007b. Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü- Maçka Orman İşletme Müdürlüğü 2007 Yılı Çalışma Programı, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Trabzon, 88 s.
- Ontario Ministry of Natural Resources (OMNR), 2003. A Silvicultural Guide to Managing Southern Ontario Forests, OMNR, Toronto, Ont., 5 s.
- Ontario Woodlot Assosiation (OWA)a, 2003. Log Scaling-Ontario Log Rule. In: Woodland Notes. A Forest Services Directory for Landowners, Toronto, Ont., 3 s.
- Ontario Woodlot Assosiation (OWA)b, 2003. Logging Damage Criteria. Careful Logging Practiees Part I. Toronto, Ont., 2 s.
- Ong, R. ve Kleine, M., 1995. DIPSIM: A Dipterocarp Forest Growth Simulation Model for Sabah, Forest Department, Sabah, Malaysia, Forest Research Center Research, 2, 94 s.
- Örs, Y. ve Keskin, H., 2001. Ağaç Malzeme Bilgisi, T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı KOSGEB Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı, Kale Matbaacılık Ofset, Ankara.
- Özcan, G. E, Eroğlu, M. ve Alkınıc H.A, 2006. Pest Status of *Dendroctonus micans* (kugelann) (Coleoptera: Scolytidae) and the Effect of *Rhizophagus grandis* (Gyllenhal) (Coleoptera: Rhizopgagidae) on the Population of *Dendroctonus micans* in the Oriental Spruce Forests of Turkey, Journal of Entomology, 30, 1, 2, 11-22.
- Özyuvacı, N., 1979. Kocaeli Yarımadası Topraklarında Erozyon Eğiliminin Hidrolojik Toprak Özelliklerine Bağlı Olarak Değişimi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, 233.
- Pape, R. 1999. Effects of Thinning Regime on the Wood Properties and Stem Quality of *Picea abies*, Scandinavian Journal of Forest Research, 14, 38-50.

- Parker, B.L., Skinner, M., Gouli, S., Ashikaga, T. ve Teillon, H.B., 1998. Survival of Hemlock Woolly Adelgid (Homoptera: Adelgidae) at Low Temperatures, Forest Science, 44, 414-420.
- Pereira, R.J., Zweede J.C. ve Asner G.P., 2002, Forest Canopy Damage and Recovery in Reduced Impact and Conventional Logging in Eastern Para, Brazil, Forest Ecology and Management, 168, 77-89.
- Piskur, M., 2001. Influence of Mechanical Tree Injuries on the Value and Assortment Quality Structure, Gozdarski Vestnik, 3, 59, 128-138.
- Pinard, M.A. ve Putz, F.E., 1996. Retaining Forest Biomass by Reducing Logging Damage, Biotropica, 28, 278-295.
- Pinard, M., Howlett, B. ve Davidson, D., 1996. Site Conditions Limit Pioneer Tree Establishment after Logging of Dipterocarp Forests in Sabah, Biotropica, 28, 2-12.
- Pinard, M.A., Barker M.G. ve Tay, J., 2000. Soil Disturbance and Post-Logging Forest Recovery on Bulldozer Paths in Sabah, Malaysia, Forest Ecology and Management, 130, 213-225.
- Priyadi, H., 2003. Forest Regeneration under Reduced-Impact and Conventional Logging in Lowland Mixed Dipterocarps Forest of East Kalimantan, Indonesia, CIFOR.
- Porsinsky, T. ve Krepan, A., 2003. Damages during Harvester Felling in Thinning Natural Hardwood Broadleaved Stand, "Forest and Woodworking Technology and The Environment", 1-10.
- Rab, M.A., 1992. Recovery of Soil Physical Properties from Compaction and Soil Profile Disturbance Caused by Logging of Native Forest in Victorian Central Highlands, Australia, Forest and Management, 191, 1-3, 329-340.
- Reisinger, T.W., Simmons, G.L. ve Pope, P.E., 1988. The Impact of Timber Harvesting on Soil Properties and Seedling Growth in the South, South. J. Appl. For., 12, 58-67.
- Reisinger, T.W. ve Pope, P.E., 1991. Impact of Timber Harvesting on Residual Trees in A Central Hardwood Forest in Indiana, 8th Central Hardwood Forest Conference, 82-91.
- Robek, R. ve Mathies, D., 1997. Soil and Tree Disturbances due to Forest Operations-An Unresolved, Interdisciplinary Issue, Voluntary Paper Prepared for the XI. World Forestry Congress, Antalya, Turkey.
- Rollerson, T.P., 1990. Influence of Wide-Tire Skidder Operations on Soil, Journal of Forestry Engineering, 2, 1, 23-30.

- Rönnerberg, J., 2000. Logging Operation Damage to Roots of Clear-Felled *Picea abies* and Subsequent Spore Infection by *Heterobasidion annosum*, Silva Fennica, 34, 1, 29-36.
- Schmid, J.M. ve Mata, S.A., 1993. Frequency of External Defect and Skidding Damage in Lodgepole Pine Stands in Colorado and Wyoming, USDA Forest Service Research Note, 525, 5 s.
- Seng, H.W., Ratnam, W., Noor, S.M. ve Clyde, M.M., 2004. The Effects of the Timing and Method of Logging on Forest Structure in Peninsular Malaysia, Forest Ecology and Management, 203, 209-228.
- Serway, R.A. ve Beichner, R.J., 2002. Physics For Scientists and Engineers with Modern Physics, 5th ed., Saunders College Publishing, 536 s.
- Shetron, S.G., John, A.S., Eunice, P. ve Carl, T., 1988. Forest Soil Compaction; Effects of Multiple Passes and Loading on Wheel Track Surface Soil Bulk Density, Northern Journal of Applied Forestry, 5, 120-123.
- Sikström, U. ve Glöde, D., 2000. Damage to *Picea abies* Regeneration after Final Cutting of Shelterwood with Single- and Double-Grip Harvester Systems, Scandinavian Journal of Forest Research, 15, 274-283.
- Sist, P., Nolan, T., Bertault, J.G. ve Dykstra, D., 1998. Harvesting Intensity versus Sustainability in Indonesia, For. Ecol. Manage., 108, 251-260.
- Sist, P. ve Bertault, J.G., 1998. Reduced-Impact Logging Experiments: Impact of Harvesting Intensities and Logging Techniques on Stand Damage, CIFOR, 52, 125-131.
- Smidt, M.F. ve Kokla, R.K., 2001. Alternative Skid Trail Retirement Options for Steep Terrain Logging, Proceedings of the 24th Annual COI3 Meeting, 13-17.
- Smith, C.W., Johnston, M.A. ve Lorentz, S., 1997. Assessing the Compaction Susceptibility of South African Forestry Soils, I. The Effect of Soil Type, Water Content and Applied Pressure on Uni-Axial Compaction, Soil & Tillage Research, 41, 53-73.
- Smith, H.C. ve Miller, W.G., Schuler, M.T., 1994. Closure of Logging Wounds after 10 years, Res. Pap. NE-692. Radnor, PA: US Department of Agriculture, Forest Service, Nolaheastern Foret Experiment Station, 6 s.
- Solgi, A. ve Najafi, A., 2007. Investigating of Residual Tree Damage during Ground-Based Skidding, Pakistan Journal of Biology Science 10, 10, 1755-1758.
- Sowa, J.M. ve Stanczykiewicz, A., 2004. Analysis of Injuries Occurring in Trees As A Result of Timber Harvesting, Forest Engineering: New Techniques, Technologies and the Environment, Lviv, Ukraine, 329-337.

- Sowa, J.M. ve Stanczykiewicz, A., 2005. Determination of Selected Logging Technologies Impact in Thinned Coniferous Stands on Damage Level of Trees, Ecological, Ergonomic and Economical Optimization of Forest Utilization in Sustainable Forest Management International Scientific Conference, Krakow, Poland, 275-282.
- Spinelli, R., 1999. The Environmental Impact of Thinning: More good Than Bad?. IUFRO 3.09.00 Harvesting and Economic of Thinning Proc., 136-143.
- Stehman, S.V. ve Davis, C.J., 1997. A Practical Sampling Strategy for Estimating Residual Stand Damage, Can. J. For. Res., 27, 10, 1635-1644.
- Stevens, J.A. ve Barbour, R.J., 2000. Managing the Stands of the Future Based on Lessons from the Past: Estimating Western Timber Species Product Recovery by Using Historical Data, USDA, Forest Service, 528, 1-9.
- Stuart, W.B. ve Carr, J.L., 1991. Harvesting Impacts on Steep Slopes in Virginia, 8th Central Hardwood Forest Conference, 145-151.
- Sun, G., McNulty, S.G., Shepard, J.P., Amatya, D.M., Riekerk, H., Comerford, N.B., Skaggs, W. ve Swift, L.Jr., 2001. Effects of Timber Management on the Hydrology of Wetland Forests in the Southern United States, Forest Ecology and Management, 143, 227-236.
- Tan, X., Chang X.S. ve Kabzems, R., 2005, Effects of Soil Compaction and Forest Floor Removal on Soil Microbial Properties and N Transformations in A Boreal Forest Long-Term Soil Productivity Study, Forest Ecology and Management, 217, 158-170.
- Tiernan, D., Owende, P.M.O., Kanali, C.L., Lyons J. ve Ward, S.M. 2001. Selection and operation of cable systems on sensitive forest sites. ECOWOOD Project Deliverable D2 (Work package No. 1), Quality of Life and Management of Living Resources Contract, 100.
- Uhl, C. ve Vieira, I.C.G., 1989. Ecological Impacts of Selective Logging in The Brazilian Amazon: A Case Study from the Paragominas Region of the State of Para. Biotropica, 21, 98-106.
- Uhl, C. ve Kauffman, J.B., 1990. Deforestation Fire Susceptibility and Potential Tree Responses to Fire in the Eastern Amazon, Ecology, 71, 437-449.
- Uhl, C., Barreto, P., Verissimo, A., Vidal, E., Amaral, P., Barros, A.C., Carlos Souza, J., Johns, J. ve Gerwing, J., 1997. Natural Resource Management in the Brazilian Amazon: an Integrated Research Approach, Bioscience, 47, 160-168.
- Ulusay, R., Gökçeoğlu, C. ve Binal, A., 2005. Kaya Mekaniği Laboratuvar Deneyleri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 58, 2. Baskı, ISBN 975-395-419-0, Ankara.

- URL-1 <http://sres-associated.anu.edu.au/mensuration/area.htm> Plot and Stand Area. 18 Haziran 2008.
- URL-2 <http://www.izmirobm.ogm.gov.tr/subeler/IP/esaslar.php> Standardizasyon Esasları. İşletme ve Pazarlama Şube Müdürlüğü. 08/06/2006.
- Ünver, S. ve Acar, H.H., 2005. Ladin Üretim Sahalarındaki Kış Üretiminde İnsan Gücüyle Bölmeden Çıkarmanın Çevresel Etkileri, Ladin Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Trabzon, 765-774.
- Valinger, E. ve Petterson, N., 1996. Wind and Snow Damage in A Thinning and Fertilisation Experiment in *Picea abies* in Southern Sweden, Forestry, 69, 25-33.
- Verissimo, A., Barreto, P., Mattos, M., Tarifa, R. ve Uhl, C., 1992. Logging Impacts and Prospects for Sustainable Forest Management in an Old Amazonian Frontier: the Case of Patagonians, For. Ecol. Management, 55, 169-199.
- Verissimo, A., Barreto, P., Tarifa, R. ve Uhl, C., 1995. Extraction of a High Value Natural Resource in Amazonian: the Case of Mahogany, Forest Ecology and Management, 72, 39-60.
- Virdine, C.G., Dehoop, C. ve Lanford, B.L., 1999. Assessment of Site and Stand Disturbance from Cut-to-Length Harvesting, 10th Biennial Southern Silvicultural Research Conference, February 16-18 1999, Shreveport, La.
- Vorob, V.N., Danchenko, A.M., Bekh, I.A., Panevin, V.S. ve Burkov, V.P., 1994. Is It Possible to Preserve Advance Growth When Using Harvesters, Lesnoe Khozyaistvo, 6, 33-34.
- Wang, J., Ledoux, C.B., Vanderberg, M. ve Mcneel J., 2004. Log Damage and Value Loss Associated with Two Ground-Based Harvesting Systems in Central Appalachia, Journal of Forest Engineering, 15, 1.
- Webb, E.L., 1997. Canopy Removal and Residual Stand Damage during Controlled Selective Logging in Lowland Swamp Forest of Northeast Costa Rica, Forest Ecology and Management, 95, 117-129.
- Weintraub, A., Epstein, R., Murphy, G. ve Manley, B., 2000. "The Impact of Environmental Constraints on Short Term Harvesting: Use of Planning Tools and Mathematical Models", Annals of Operations Research, 95, 41-66.
- Wert, S. ve Thomas, B.R., 1981. Effects of Skid Roads on Diameter, Height, and Volume Growth in Douglas-Fir. Soil Sci. Soc. Am. J., 45, 629-632.
- Westerberg, D. 1995. Profitable Forestry Methods-Maintaining Biodiversity as An Integral Part of Swedish Forestry, in: Bamsey, C.R. (Ed), Innovative Silviculture Systems in Boreal Forests, Clear Lake Ltd., Edmonton, Alberta, Canada, 61-65.

- Whitman, A., Brokaw, N. ve Hagan, J., 1997. Forest Damage Caused by Selection Logging of Mahogany in Northern Belize, Forest Ecology and Management, 92, 87-96.
- Whitmore, T.C., 1990. Tropical Rain Forest, Clarendon Press, Oxford, 226 s.
- Winkler, N. 1997. Environmentally Sound Forest Harvesting, Testing the Applicability of the FAO Model Code in the Amazon in Brazil. Forest Harvesting Case-Study 8, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 84 s.
- Winkler, N. 1999. Environmentally Sound Forest Infrastructure Development and Harvesting in Bhutan. Forest Harvesting Case-Study 12, FAO Forest Paper, Rome, 165 s.
- Woodward, C.L., 1996. Soil Compaction and Topsoil Removal Effects on Soil Properties and Seedling Growth in Amazonian Ecuador, Forest Ecology and Management, 82, 197-209.
- Yiğit, N., Çolak, E., Ketenoğlu, O., Kurt, L., Sözen, M., Hamzaoğlu, E., Karataş, A. ve Özkurt, Ş., 2002. Çevre Etki Değerlendirme “ÇED”, Ankara, ISBN 975-96176-1-7, 592 s.
- Youngblood, A.P., 1990. Effects of Shelterwood Removal Methods on Established Regeneration in an Alaska White Spruce Stand, Can. J. Res., 20, 1378-1381.
- Youngblood, A.P., 2000. Damage to Residual Trees and Advance Regeneration from Skyline and Forwarder Yarding in Mixed-Conifer Stands of Northeastern Oregon, Western Journal of Applied Forestry, 15, 2, 101-107.

ÖZGEÇMİŞ

Saliha Ünver, 1979 yılında Trabzon'da doğdu. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümünden 1999 yılında mezun oldu. Aynı yıl KTÜ Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans öğrenimine kabul edildi. 2000-2001 yılları arasında KTÜ Yabancı Diller Meslek Yüksek Okulunda İngilizce hazırlık eğitimi gördükten sonra 2002 yılında yüksek lisans öğrenimini tamamladı. Aynı yıl KTÜ Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora öğrenimine kabul edildi ve KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı.

2005 yılında Krakow/Polonya'da bilimsel bir toplantıda sözlü bildiri sundu. 2007 yılında bilimsel çalışmalarda bulunmak üzere 3 ay süre ile Amerika Birleşik Devletleri Oklahoma State Üniversitesinde bulundu. Çok sayıda uluslararası ve ulusal toplantılarda sunulmuş bildirisi ve basılmış makalesi bulunmaktadır.

Ünver, halen KTÜ Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Orman İnşaatı, Geodezi ve Fotogrametri Bilim Dalı'nda doktora öğrenimini sürdürmekte olup (2008) iyi derecede İngilizce bilmektedir.