



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

**BÖLME DEN ÇIKARMA ÇALIŞMALARINDA ATV'LERİN ÇEVREYE
DUYARLI VE VERİMLİ KULLANIM İMKÂNLARININ ARAŞTIRILMASI**

HAZIRLAYAN

TUNA EMİR

DANIŞMAN

DOÇ. DR. TUĞRUL VAROL

BARTIN-2020



T.C.

**BARTIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BÖLME DEN ÇIKARMA ÇALIŞMALARINDA ATV'LERİN ÇEVREYE
DUYARLI VE VERİMLİ KULLANIM İMKÂNLARININ ARAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

HAZIRLAYAN

Tuna EMİR

JÜRİ ÜYELERİ

Danışman	: Doç. Dr. Tuğrul VAROL	- Bartın Üniversitesi
Üye	: Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL	- Bartın Üniversitesi
Üye	: Prof. Dr. Hafız Hulusi ACAR	- İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi
Üye	: Doç. Dr. Mustafa AKGÜL	- İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi N. Kaan ÖZKAZANÇ	- Bartın Üniversitesi

BARTIN-2020

KABUL VE ONAY

Tuna EMİR tarafından hazırlanan “BÖLMEDE ÇIKARMA ÇALIŞMALARINDA ATV’LERİN ÇEVREYE DUYARLI VE VERİMLİ KULLANIM İMKÂNLARININ ARAŞTIRILMASI” başlıklı bu çalışma, 31.01.2020 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Tuğrul VAROL (Danışman)

Üye : Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL

Üye : Prof. Dr. Hafız Hulusi ACAR

Üye : Doç. Dr. Mustafa AKGÜL

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Nuri Kaan ÖZKAZANÇ

Bu tezin kabulü Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/...../20... tarih ve 20...../.....-..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. H. Selma ÇELİKYAY
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Doç. Dr. Tuğrul VAROL danışmanlığında hazırlamış olduğum “BÖLME DEN ÇIKARMA ÇALIŞMALARINDA ATV’LERİN ÇEVREYE DUYARLI VE VERİMLİ KULLANIM İMKÂNLARININ ARAŞTIRILMASI” başlıklı doktora tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

31.01.2020

Tuna EMİR

ÖNSÖZ

Çalışma sürecinde karşılaştığım sorunlarda görüşlerini benden esirgemeyen, engin fikirleri ve önerileri ile bana öncülük eden ve bu çalışmanın bitmesinde katkısı olan sayın hocam Doç.Dr. Tuğrul VAROL'a (BÜ) en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın her aşamasında önerilerinden faydalandığım, her konuda destek ve yardımlarını esirgemeyen güler yüzlü ve hoşgörülü yaklaşımları ile eğitim hayatıma ışık tutan sayın hocalarım Doç.Dr. Mustafa AKGÜL (İÜC) ve Prof.Dr. Halil Barış ÖZEL'e (BÜ) teşekkür ederim. Kıymetli görüşleri ile beni yönlendiren mesleğimizin büyüğü sayın hocam Prof.Dr. Hafız Hulusi ACAR'a (İYYÜ) teşekkür ederim.

Tez çalışması boyunca üretim aşamasındaki bilgi ve katkıları ile destek olan Hakkı ACAR, arazi çalışmalarında yardım ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Amasra Orman İşletme Şefi Tuncay Karabürk ve personeli Cengiz EYİ, Bartın Orman İşletme Şefi Ali Duymuş, Küre Dağları Milli Parklar Müdürü Ali Bozkurt ve personeli Süleyman ve İzzet ÇAMŞUL, Milli Parklar Şube Müdürü Ahad Deliormanlı, Bartın İl Sağlık Müdürlüğü Destek Hizmetleri Başkanı Dr. Hasan BABAYİĞİT ve personeli Ahmet ÖZKAN ile kardeşim Tolga EMİR ve Serkan PEK'e ve öğrenci arkadaşlarım Serdar ERPAY, Berat Umut BAYSAL, Duhan ONAN, Mehmet Çakır, Yaşar ERCAN, Mehmet YILMA ve Yusuf ÖNDER olmak üzere tüm çalışanlara teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince benden maddi-manevi desteğini hiç eksik etmeyen ve beni bugünlere getiren aileme sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

TÜBİTAK 1002 Hızlı Destek Fonu tarafından desteklenen bu çalışma kapsamında TÜBİTAK ve Bartın Üniversitesi' ne vermiş olduğu destek ve katkıdan dolayı şükranlarımı sunarım.

Tuna EMİR

ÖZET

Doktora Tezi

BÖLME DEN ÇIKARMA ÇALIŞMALARINDA ATV'LERİN ÇEVREYE DUYARLI VE VERİMLİ KULLANIM İMKÂNLARININ ARAŞTIRILMASI

Tuna EMİR

Bartın Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Tuğrul VAROL

Bartın-2020, sayfa: 112

Son yıllarda orman kaynaklarının daha verimli, etkin ve sürdürülebilir şekilde yönetilmesi ormanların hassas ormancılık yaklaşımı ile yönetilmesini gerektirmektedir. Bu kapsamda çağdaş teknoloji, her geçen gün insanoğlunun hizmetine farklı materyaller ve metotlar sunmakta ve üretim çalışmalarının gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Gelişmeler; masraflı, zor ve zaman alıcı olan üretim faaliyetlerinin ekonomik, kolay ve hızlı yapılmasına yöneliktir. Üretim işlerinde mekanizasyonun yeterli düzeyde kullanılmaması maliyeti artırmakta, meşcere ve üretimi yapılan ürünler üzerinde önemli zararlara neden olmaktadır. Ayrıca, planlama hataları, meşcerede kalan ağaçlar, gençlik, üretilen emval ve üretim yapılan alandaki orman toprağı üzerinde olumsuz etkiler meydana getirmektedir. Bu nedenle, bölmeden çıkarmada sadece üretim maliyetlerini en aza indiren bir üretim anlayışı değil aynı zamanda meşcere zararlarını minimize eden, daha küçük alanlarda çalışma olanağı sağlayan modern yöntemlerin kullanılması zorunlu hale gelmiştir.

Bu çalışma ile hafif eğimli arazide (% 11-20) bölmeden çıkarma çalışmalarında ülkemizde ilk defa kullanılacak arazi araçları (ATV) ile gerçekleştirilen bölmeden çıkarma çalışmalarının verim ve meşcere zararı açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. ATV'lerin ormancılık çalışmalarında uygulanabilirliğinin araştırıldığı bu tez çalışmasında

ÖZET

optimum verim sağlanması amacıyla, farklı metotların ve ekipmanların kullanılması ve buna yönelik uygulamaların ormancılık için geliştirilmesi de planlanmıştır. Ayrıca, operasyonel verimi etkileyen faktörler belirlenerek, verimin arttırılmasına yönelik çözüm önerilerinin sunulması, sürütme faaliyetleri sırasında meşceredeki ağaç ve fidan zararlarının belirlenmesi, orman toprağında oluşan zarar durumunun tespit edilmesi ve zararların en aza indirilmesine yönelik çeşitli önerilerin de geliştirilmesi planlanmıştır.

Çalışma ile elde edilecek sonuçların ülkemiz ormancılığında uygulamaya yönelik önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmada, yapraklı türler (kayın) için ortalama 4,06 m³/saat lik iş verimi, ibreli türler (sahilçamı) için ortalama 4,08 m³/saat lik iş verimi elde edilmiştir. Tomrukların bir ucu yerde (3,73 m³/saat lük saatlik verim) ve her iki ucuda havada (4,41 m³/saat lük saatlik verim) taşındığı 1. ve 2. ekipmanlar karşılaştırıldığında beklenildiği gibi tomruğun zeminle temasının kesildiği 2. ekipman için verim daha yüksek olarak bulunmuştur. 1 m³ için ortalama gider, insan ve hayvan gücü ile bölmeden çıkarma çalışmalarında 136,92 TL/m³ iken 4×4 ATV ile yapılan bölmeden çıkarma çalışmalarında 38,79 m³ olarak hesaplanmış, sabit ve değişken masraflar ise sırasıyla; 25,55 TL/saat-39,97 TL/saat olarak bulunmuştur. Gözenek hacmi, tane yoğunluğu ve hacim ağırlığı değerlerinin sürütme faaliyetlerinden sonra daha düşük olduğu tespit edilmiştir. ATV ile üretim yapılmasına imkân tanıyan sürütme şeritlerinin tesis edilmesi amacıyla alandan toplam hacmi 4,017 m³ olan 17 adet ağacın kesilmesi ve alandan uzaklaştırılması gerektiği tespit edilmiştir. Bu oran traktörler ile 2,5 m'lik sürütme şeritlerinin tesisi için yapıldığı takdirde 26,732 m³ olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bölmeden Çıkarma; hassas ormancılık; mekanizasyon; ATV araçları.

Bilim Alanı Kodu: 120514

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

ENVIRONMENTALLY CONSCIOUS AND PRODUCTIVE USE OF ATV'S IN WOOD EXTRACTION ACTIVITIES

Tuna EMİR

Bartın University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Forest Engineering

Thesis Advisor: Assoc. Prof Tuğrul VAROL

Bartın-2020, pp: 112

In recent years, there has been a need in the management of forests through precision forestry approach for a more productive, efficient and sustainable management of forest resources. In this regard, modern technology offers human beings different materials and methods day by day and it allows the production activities to be carried out. Such changes are for more economical, easier and faster ways of costly, difficult and time-taking production activities. Inadequate use of mechanization in the production process increases the cost and cause important damages on both the products and the stand. Moreover, planning failure has negative impacts on the remaining trees of the stand, the products, the youth and the forest soil in the production area. Therefore, it has become compulsory to make use of not only a production concept that minimizes the costs but also modern methods to minimize the stand damages in the wood extraction and enable working in smaller areas.

It was aimed, with this study, to evaluate the wood extraction activities conducted with land vehicles (ATV) to be used for the first time in Turkey these activities on the terrains with gentle slopes (% 11-20). In this study, which was carried out to research the convenience of ATVs in forestry activities, it is planned to use different methods and equipment and to develop practices suitable for this. It is also planned to make some recommendations

ABSTRACT

regarding solution proposals in order to increase productivity by determining the factors affecting the operational efficiency, to determine tree and sapling damages in the stand during trawling activities, and to determine and minimize the damages to the forest soil.

It is considered that the results obtained from the study are considered to contribute to the national forestry practices.

In the study, an average work efficiency of 4,06 m³/hour was obtained for leaved species (beech), while an average work efficiency of 4,08 m³/hour for coniferous species (maritime pine). When the 1st equipment was compared 2nd one, both used for skidding the timber with an end on the ground (a yield of 3,73 m³/hour) and another aloft (a yield of 4,41 m³/hour), efficiency is expectedly higher with the 2nd equipment, when the timber is in no contact with the ground. The average cost for 1 m³ was 136,92 TL/m³ in the wood extraction activities with animal and human power, while it was calculated as 38,79 TL/m³ in the extraction with a 4x4 ATV. The fixed and variable cost was respectively 25,55 TL/hour and 39,79 TL/hour. It was also found that the pore volume, grain density and bulk density are lower after the skidding activities. It was found that 17 trees with a total volume of 4,017 m³ should be cut down and removed from the area in order to establish skidding lines that allow the production with ATV. This rate was found to be 26.732 m³ as long as it is made for the establishment of skidding lines of 2,5 m with tractors.

Keywords: Wood Extraction; precision forestry; mechanization; ATV.

Scientific Field Code: 120514

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL VE ONAY	ii
BEYANNAME.....	iii
ÖNSÖZ	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
TABLolar DİZİNİ.....	xiv
EKLER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
BÖLÜM 1 GİRİŞ	17
BÖLÜM 2 LİTERATÜR ÖZETİ.....	24
BÖLÜM 3 MATERYAL VE METOT	36
3.1 Çalışma Alanının Tespiti ve Hazırlanması	43
3.2 Ekipmanların Tasarlanması ve Yapımı.....	60
3.3 Verim Hesabı	69
3.4 Toprak Zararı	70
3.4.1 Toprak Örneklerinin Hacim Ağırlığı	71
3.4.2 Toprak Örneklerinin Tane Yoğunluğu.....	71
3.4.3 Toprak Örneklerinin Gözenek Hacmi.....	72
3.4.4 Toprak Örneklerinin Tane Çapı	72
3.4.5 Toprak Örneklerinin Organik Karbon İçeriği	72
3.4.6 Toprak Örneklerinin Toplam Azot İçeriği	73
3.5 Verilerin Değerlendirilmesi	74
BÖLÜM 4 BULGULAR VE TARTIŞMA	75

	<u>Sayfa</u>
4.1 Verim Hesabına Yönelik Bulgular ve Tartışılması	81
4.2 Maliyet Hesabına Yönelik Bulgular ve Tartışılması	83
4.3 Toprak Analizine Yönelik Bulgular ve Tartışılması	87
4.4 Ağaç Zararına Yönelik Bulgular ve Tartışılması	90
4.5 İstatistiki Analizlere Yönelik Bulgular ve Tartışılması	92
 BÖLÜM 5 SONUÇ VE ÖNERİLER	 96
 KAYNAKLAR.....	 99
EKLER	105
ÖZGEÇMİŞ.....	110

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
1.1: Hafif eğimli arazilerde uygulanabilen bazı bölmeden çıkarma şekilleri	19
1.2: Farklı çekiş tipine (hareket sistemi) sahip ATV'ler	20
1.3: Farklı motor kapasitesine sahip ATV'ler	21
1.4: Ülkemizde devriye, av koruma görevi, yangına müdahale ve rekreasyon amaçlı ATV'lerin kullanılması	21
1.5: Kurtarma, askeri, ormancılık, tarımsal amaçlı ATV kullanımı	22
3.1: Araştırma alanı	36
3.2: Bartın ili eğim sınıfları haritası	37
3.3: Çalışma kapsamında kullanılacak ATV	39
3.4: Ürünün bir ucunun askıda taşınmasına imkan veren ATV'ye monte ekipman (planlanan 1. tasarım)	40
3.5: Ürünün iki ucunun askıda taşınmasına imkan veren ATV'ye monte ekipman (planlanan 2. tasarım)	40
3.6: Ürünün bir ucunun askıda taşınmasına imkân veren römork (tasarlanan 1. ekipman)	40
3.7: Ürünün iki ucunun askıda taşınmasına imkân veren römork (tasarlanan 2. ekipman)	41
3.8: Ek ekipmana ait lastik seçimi	41
3.9: Çalışma alanının tespiti	44
3.10: Çalışma alanı üzerinde diri örtü temizliğinin yapılması	45
3.11: Sürütme şeritlerine ait uygun güzergahların belirlenmesi	45
3.12: Sürütme şeritleri içerisinde deneme desenlerinin oluşturulması	46
3.13: Birbirine paralel sürütme şeritlerinin oluşturulması	46
3.14: Sürütme şeritleri ve deneme desenlerinin oluşturulması	47
3.15: Saha çalışmalarının kontrollerinin yapılması	47
3.16: 1. alana ait ağaç türlerinin yayılışı ve çap kademeleri	48
3.17: 2. alana ait ağaç türlerinin yayılışı ve çap kademeleri	49
3.18: 3. alana ait ağaç türlerinin yayılışı ve çap kademeleri	50
3.19: 4. alana ait ağaç türlerinin yayılışı ve çap kademeleri	51
3.20: 5. alana ait ağaç türlerinin yayılışı ve çap kademeleri	52

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

Şekil No	Sayfa No
3.21: 6. alana ait ağaç türlerinin yayılışı ve çap kademeleri	53
3.22: 7. alana ait ağaç türlerinin yayılışı ve çap kademeleri	54
3.23: 8. alana ait ağaç türlerinin yayılışı ve çap kademeleri	55
3.24: 9. alana ait ağaç türlerinin yayılışı ve çap kademeleri	56
3.25: 10. alana ait ağaç türlerinin yayılışı ve çap kademeleri	57
3.26: 11. alana ait ağaç türlerinin yayılışı ve çap kademeleri	58
3.27: 12. alana ait ağaç türlerinin yayılışı ve çap kademeleri	59
3.28: Ekipmanların ülkemiz ormancılık koşullarına uygun tasarlanmasına yönelik değerlendirme toplantılarının yapılması	60
3.29: Çok yük taşıyabilme beklentisi olan ağır araçlarda süspansiyon sistemi.....	61
3.30: Tasarım aşamasından önce CAD ortamında çizimlerin oluşturulması	62
3.31: 1.ekipmana ait (ATR-1) detay montaj resmi.....	63
3.32: 2.ekipmana ait (ATR-2) detay montaj resmi.....	64
3.33: Şaseye ait detay montaj resmi	65
3.34: Tandem ve bağlantı detaylarına ait montaj resmi	66
3.35: Çizimlere ait 3 boyutlu görseller	67
3.36: Birbiri ile bağlantılı ve birbirine monte edilebilen, ürünün bir ucunun askıda taşınmasına imkan verecek römork ile ürünün her iki ucunun askıda taşınmasına imkan verecek römork	68
3.37: Penetrologger toprak sertlik ve sıkışıklık ölçer cihazı	70
3.38: Elde edilen verilerin bilgisayar ortamda uygun program ile analizi	71
4.1: Üç farklı hat üzerinde belirlenen ölçüm noktaları.....	75
4.2: İşlem görmemiş toprak sıkışıklığı değerlerinin penetrologger toprak sertlik ve sıkışıklık ölçer cihazı ile ölçümü	76
4.3: Penetrologger toprak sertlik ve sıkışıklık ölçer cihazı ile ölçülen toprak sıkışıklığı değerinin bilgisayar ortamına aktarılması	76
4.4: Elde edilen verilerin karşılaştırmalı analizlerinin yapılabilmesi için Excel ortamında düzenlenmesi	77
4.5: Sürütme/taşıma işlemlerine imkân verecek ürünlerin elde edilmesi.....	77

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

Şekil	Sayfa
No	No
4.6:	Lastik tekerlekli ATV kullanılarak ürünün bir ucunun askıda taşınmasına imkân veren römork ile sürütme işlemi.....78
4.7:	Lastik tekerlekli ATV kullanılarak ürünün her iki ucunun askıda taşınmasına imkân veren römork ile sürütme işlemi.....79
4.8:	Tomruk ve tekerlek izlerinde ölçülen toprak sıkışıklık değerlerinin karşılaştırılması.....80
4.9:	Üç farklı hatta sürütmeye bağlı olarak toprak derinliklerindeki sıkışıklık değerleri.....80
4.10:	Sürütme/taşımaya sonrası toprak yüzeyinde meydana gelen tekerlek ve tomruk izleri.....87
4.11:	Laboratuvar analizleri gerçekleştirilmek üzere alınan toprak örnekleri.....88
4.12:	ATV ve traktör yolu için alandan uzaklaştırılması gereken ağaçların tespiti91

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo	Sayfa
No	No
3.1: Çalışmada kullanılan ATV'ye ait teknik özellikler	38
3.2: Deneme deseninin oluşturulması	42
3.3: Çalışmaya ait deneme deseni, kullanılan örnek ekipmanlar ve tekrar sayıları	43
3.4: ATV ile sürütmede kullanılan etüt formu	69
4.1: ATV ile bölmeden çıkarmada verim hesabına yönelik değerler.....	81
4.2: İbrelili ve yapraklı türler için iş verimine ait literatür özeti	82
4.3: Sürütme işine ait standart zaman hesabı	84
4.4: 4×4 ATV ile yapılan sürütme işlemine ait maliyet hesabı.....	85
4.5: Ekipmanların sabit ve değişken masrafları	86
4.6: Toprak analizi sonuçlarına ait bulgular.....	89
4.7: Çift yönlü Kolmogrov-Smirnov test sonuçları.....	92
4.8: Kruskal-Wallis test sonuçları	92
4.9: Tekerlek izi verilerinin ekipman değişimine ait Duncan test sonuçları.....	93
4.10: Tekerlek izi verilerinin ağaç türü değişimine ait Duncan test sonuçları.....	93
4.11: Tomruk izi verilerinin ağaç türü değişimine ait Duncan test sonuçları	93
4.12: Tekerlek izi verilerinin sefer sayısı değişimine ait Duncan test sonuçları.....	93
4.13: Ekipman, ağaç türü ve sefer sayısı verileri için faktör analizi sonuçları	94
4.14: Lastik tekerlekli ATV için ilk 5 cm derinliğe ait sıkışma verileri	95

EKLER DİZİNİ

Ek	Sayfa
No	No
EK 1: Ekipmanların yapımına ilişkin resimler	105



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ha	: Hektar
km	: Kilometre
m	: Metre
m ²	: Metrekare
cm	: Santimetre
m ³	: Metreküp
cc	: Santimetre Küp
kg	: Kilogram
Kn	: Kayın
Çm	: Sahil Çamı
C	: Karbon
N	: Azot
C _{mic}	: Mikrobiyal Biyokütle Karbon
N _{mic}	: Mikrobiyal Biyokütle Azot
pH	: Power Of Hydrogen
kPa	: Kilopascal
MPa	: Megapascal
HC	: Hidrolojik Etki
IR	: İnfiltrasyon Oranı

KISALTMALAR

ATV	: All Terrain Vehicle
ATR-1	: ATV Taşıyıcı Römork-1
ATR-2	: ATV Taşıyıcı Römork-2
IUFRO	: Uluslararası Orman Araştırma Kuruluşları Birliği
FAO	: Gıda Ve Tarım Örgütü
CAD	: Bilgisayar Destekli Tasarım

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Ormancılık; orman kaynaklarına toplumun refahı doğrultusunda bilinçli müdahale etmektir. Ülkemizde ormanlar uzun yıllar sadece odun üreten bir kaynak olarak görülmüş, ormancılık faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkileri göz ardı edilmiştir. Günümüzde ise ormanlar sürdürülebilir iktisadi, ekolojik ve sosyal işlevlere sahip doğal kaynaklar olarak algılanmaya başlanmıştır. Son yıllarda orman kaynaklarının daha verimli, etkili ve sürdürülebilir şekilde yönetilmesi ormanların hassas ormancılık yaklaşımı ile yönetilmesini gerektirmektedir. Dünyada ve ülkemizde özellikle asli orman ürünlerine olan talebin gün geçtikçe artacağı düşünüldüğünde, üretim işlerinde hassas ormancılık çalışmalarının ne kadar önemli olduğu daha iyi anlaşılmaktadır. Bu kapsamda ülkemiz ormancılığı açısından verimlilik, çevresel kaynakların korunması, sahaya özgü uygun planlamaların yapılması, ekonomik değeri yüksek kaliteli ürünlerin üretilmesi gibi hassas ormancılık yaklaşımının temel kriterleri önem arz etmektedir. Hassas ormancılık yaklaşımından hareketle; orman ürünleri üretimi, meşcere zararlarını dikkate alarak, üretimi yapılan ürünlerin kalitesini artırmak, kayıpları en aza indirmek ve ekonomik değerini yüksek ürün elde etmek amacıyla modern teknikler ve teknolojiler kullanarak sahaya özel üretim çalışmalarının planlanması ve uygulanması olarak tanımlanmaktadır (Taylor vd., 2002).

Türkiye’de ormanların hemen hemen tamamının OGM tarafından işletildiği de göz önünde bulundurulduğunda, üretimde karşılaşılan problemlerin çözümü için hassas ormancılık anlayışının yaygınlaşması ve kaliteli bilgi ile etkin bir planlanmanın uygulanması daha en başından çoğu problemin önlenmesi anlamına gelmektedir. Diğer planlama çalışmalarında olduğu gibi üretim planlama çalışmalarında da gelişen ve yaygınlaşan teknolojinin sunduğu çeşitli olanakların kullanılabilmesi, hassas ormancılık anlayışının uygulamaya geçirilmesi açısından da son derece önemlidir (Buğday, 2016).

Ormancılık üretim çalışmaları, çeşitli metotlar kullanılarak farklı teknikler ile yapılmaktadır. Bazılarında insan emeğinin daha fazla kullanıldığı emek yoğun çalışma, bazılarında ise değişik seviyelerde makine kullanımı yani sermaye yoğun teknoloji söz konusudur (Gül vd., 2000). Bunu yaparken, teknolojik gelişmelere paralel olarak en uygun yöntem ve metodu

dikkate almak, mekanizasyonun nasıl ve hangi seviyelerde uygulanacağını dolayısıyla insan gücü ile makine gücünün ne ölçüde kombine edileceğinin ekonomik ve teknik açıdan saptanması çağdaş ormancılık anlayışının bir gereğidir. Örneğin; sert, sağlam ve düz bir zeminde kullanılan hiçbir metot tekerlekli araçlar kadar verimli değildir. Buna rağmen, özellikle bakım kesimi yapılan yerlerde en uygun çıkarma şekli olarak hayvanla sürütme ilk akla gelirken, hayvanla sürütme hem meşcerede kalan dikili ağaçlara ve orman toprağına daha az zarar vermekte, hem de bakım kesimleri ile elde edilen materyal genellikle ince çaplı olduğundan işin gereklerini asgari düzeyde karşılayabilmektedir. Ancak hayvanla sürütme rasyonel olarak kısa mesafelerde uygulanmakta, uzun mesafelerde traktör ve tomruk arabası ile sürütme daha ekonomik olmaktadır (Seçkin, 1983).

1998 yılında ülkemizin üretim makinaları parkında 286 adet sürütme aracı, 47 adet vinçli hava hattı, 53 adet yükleyici, 6 adet kış şartlarına uygun ekipmanlı traktör, 63 adet istifleyici, 35 adet 4x4 traktör, 260 adet 4x2 tarım traktörü, 12 adet kepçeli tarım traktörü, 6 adet yongalama makinası, 11 adet kabuk soyma makinası bulunduğu belirlenmiştir (Aykut ve Demir, 1998). Günümüzde ise, mekanizasyonun ve toplumun hayat standardının gelişmesiyle insan, hayvan gücü ve yerçekimi vb. doğal güçler yardımıyla yapılan işlerin yerini makina gücü almakla kalmamış, mekanizasyonun istekleri ve koşulları da dikkate alınarak farklı makinaların kullanılması sağlanmaktadır.

Ayrıca, ormancılık faaliyetleri içerisinde odun üretimi için kullanılan traktör, harvester (kesici devirici-boylayıcı), forwarder (yükleyici-taşıyıcı), kombine hasat makinesi (kesen-boylayan-yükleyen-taşıyan) gibi ağır tonajlı araçlar toprağın yapısını yapısını olumsuz etkilemekte bu da yetiştirme ortamının verim gücünü değiştirebilmektedir (Osman, 2013). Odun üretiminde kullanılan bu araçlar üretim çalışmalarının yaklaşık % 66'sında etkin şekilde kullanılmaktadır (McMahon vd., 1999). Traktörler kullanılarak yapılan üretim işleri ile birlikte üst toprağın (0-8 cm) hacim ağırlığı % 41-52 oranında artmaktadır (Kozłowski, 1997). Forwarder ile yapılan üretim çalışmalarında ise üst toprağın hacim ağırlığı (0-10 cm) % 15-60 oranında artış gösterirken bu oran kombine hasatçı yol güzergâhında ise hacim ağırlığının % 25-88 oranında artması ile kendini göstermiştir (Lousier, 1990).

Orman faaliyetleri içerisinde üretim çalışmaları esnasında kullanılan farklı makinaların ağırlığı ve toprağı baskılama derecesi de toprak yapısında meydana gelen değişikliklere bağlı olarak zarar derecesini belirlemektedir. Üretim çalışmaları esnasında araç geçiş sayısının

yoğun olduğu alanda özellikle üst mineral toprakta (0-30 cm) hacim ağırlığı % 21-76 arasında artarken, su tutma kapasitesi ve infiltrasyon oranı ciddi bir şekilde azalmıştır (Cullen vd., 1991). Bölmeden çıkarma işlemleri sırasında kullanılan makinalı bölmeden çıkarma çalışmalarına göre geleneksel yöntemlerle yapılan üretim çalışmaları toprağı daha az etkilemekle birlikte toprakta ciddi zararlar oluşturabilmektedir. Ürünlerin sürütüldüğü ve yuvarlandığı sürütme yolunda hacim ağırlığının % 15-20 oranında azaldığı ve iyileşmenin zaman aldığı bildirilmiştir (Geist vd., 1989). Çalışmamızda kullanılan ve traktörlere (yaklaşık ağırlığı 3500 kg) kıyasla tonajı daha düşük olan ATV'lerin (yaklaşık ağırlığı 350 kg) toprağı baskılama derecesinin dolayısıyla zarar derecesinin daha düşük olacağı açıktır.

Ayrıca, sürütme sonucunda toprakta meydana gelen kompaktlaşma toprak üstü ve toprak altında bağlanan karbonu da etkilemektedir. Bu konuda yeterli çalışma mevcut değildir. Uzun süre devam eden toprak kompaktlaşması toprak biomas ve organik karbon miktarını olumsuz etkileyebilir. Kısa vadede ise birim hacimdeki toprak miktarının artması nedeniyle toprak organik karbon yoğunluğu kompaktlaşmayla birlikte artabilir (Kezik ve Altun, 2015).

Kullanılacak en uygun bölmeden çıkarma yöntemi arazinin teknik özellikleri dikkate alınarak belirlenmektedir. Arazinin teknik özellikleri denilince üretim yapılacak arazinin eğimi, zeminin yapısı ve işletmeye açma tesis ve taşıtlarının varlığı gibi faktörler anlaşılmaktadır. IUFRO tarafından ormancılıkta bölmeden çıkarma çalışmaları için önerilen eğim sınıfları sırasıyla; düz arazi, hafif eğimli arazi, orta eğimli arazi, dik arazi ve çok dik arazi olmakla birlikte eğim oranları ise sırasıyla % 0-10, % 11-20, % 21-33, % 34-50 ve >% 51 olarak sıralanmaktadır (Erdaş, 2008).

Bugün ülkemizde hafif eğimli arazilerde ürünlerin bölmeden çıkartılmasında tarım traktörleri, orman traktörleri (sürütme ve kablo çekimi), Gülci vd. (2014) tarafından geliştirilen benzinli el vinçleri ile insan ve hayvan gücünden yararlanılmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Hafif eğimli arazilerde uygulanabilen bölmeden çıkarma şekilleri (URL-1, 2019)

FAO tarafından son yıllarda yapılan pek çok çalışma, 2010 yılından itibaren dünya üzerindeki yıllık hasadın 5,100 milyon m³'e çıkacağını vurgulamaktadır. Eğer mevcut orman alanları üretim miktarının artırılması ile bu şekilde daraltılmaya devam edilirse, 2010 yılında hasat edilecek ortalama yıllık odun miktarı şimdikinden % 60 daha fazla olacaktır (Dykstra ve Heinrich, 1996). Bu durum, hasat miktarı yanında meşcere ve toprağa verilecek zararlar da dikkate alındığında bölmeden çıkarma çalışmalarında en uygun araçların kullanımını gerekli kılmaktadır. Küçük ölçekli ormancılık operasyonları kapsamında kullanılan küçük ölçekli ekipmanlar da bunlardan biridir.

Küçük ölçekli ormancılık operasyonları kapsamında son yıllarda ATV kullanımına giderek artan bir ilgi bulunmaktadır. Çok yönlülük, nispeten düşük sermaye maliyeti, düşük nakliye maliyetleri ve bu makinelerin yüksek manevra kabiliyeti özel orman sahiplerinin çeşitli uygulamalar için bunları almasına ve kullanmasına olanak sağlamaktadır (Şekil 1.2). Uygun ekipmanlarla kullanılacak ATV'ler, ürünün bölmeden çıkarılmasında birinci derecede hareket ettirici olarak da işlev görebilirler. Bunun için, ormancılık faaliyetlerinde kullanılacak ATV'nin özellikleri, arazi şartlarına ve gerçekleştirilmesi gereken iş türüne bağlı olarak değişmekle birlikte, kullanılan ATV'ler en az 300 cc motor kapasitesine sahip ve 4 tekerlekten çekişli olmalıdır (Russell ve Mortimer, 2005). Asgari 4x4 hareket sistemi her dönemde ve her arazi şartında çekiş gücünü çok önemli derecede artırmaktadır. Küçük ölçekli ormancılık operasyonlarında kullanılan sistemler, meşcerede kalan ağaçları ve orman toprağını çok daha düşük oranda etkilemektedirler (Lyons, 1994).



Şekil 1.2: Farklı çekiş tipine (hareket sistemi) sahip ATV'ler (Anon., 2018).

Çalışmamız, farklı çekiş gücüne sahip ATV'ler arasında daha çok tercih edilen 4x4 hareket sistemine sahip ATV'ler kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 1.3). Aynı hareket sistemine sahip ATV'lerin de farklı motor kapasitelerine sahip olduğu düşünüldüğünde çalışmamızda 800 cc motor kapasitesi ve 4x4 hareket sistemine sahip ATV'ler kullanılmıştır.



Şekil 1.3: Farklı motor kapasitesine sahip ATV'ler (Anon., 2018).

ATV'ler, ülkemizde ise genellikle kullanım alanı hızla genişleyen rekreasyonel amaçlı faaliyetler için tercih edilmektedir. Ormancılık faaliyetleri kapsamında ise özellikle milli parklarda devriye görevi yanı sıra arazözle müdahalenin mümkün veya gerekli olmadığı orman yangınlarına müdahale edilmesinde (Ör: Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü) kullanılmaktadır (Şekil 1.4). Gerek rekreasyonel gerekse diğer amaçlar için kullanılan ATV'lerin diğer faktörlerin yanı sıra doğal kaynaklara minimum etkilerinin olması tercih edilmelerindeki en önemli kriterlerden biridir. Ormancılıkta doğal kaynaklara minimum etkileri olan yeni bölmeden çıkarma teknik ve araçlarının araştırılması ve ortaya çıkarılması da ormancılığımız açısından önemlidir.



Şekil 1.4: Ülkemizde devriye (av koruma) görevi, yangına müdahale ve rekreasyon amaçlı ATV'lerin kullanılması (Anon., 2018).

“All Terrain Vehicle” yani her ortama ve koşula uygun anlamına gelen ATV'ler yurtdışında tarım, ormancılık ve eğlence sektörü başta olmak üzere geniş kullanım alanına sahiptir (URL-2, 2017). Arazi şartlarına ve gerçekleştirilmesi gereken iş türüne bağlı olarak uygun ekipmanlarla geliştirilen uygun özellikteki ATV'lerin her alanda başarı ile kullanılabilmesi sağlanmaktadır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5: a.Kurtarma, b.askeri, c.ormancılık, d.tarımsal amaçlı ATV kullanımı (Anon., 2017).

Çalışma kapsamında; traktörlere kıyasla ucuz bir alternatif olarak pazarlanan, yurtdışında tarım ve ormancılık endüstrilerinde geniş çapta kullanılmakta olan arazi araçları (ATV) ile bunlara monte edilebilecek küçük ölçekli ekipmanların çevreye duyarlı ve verimli kullanım imkânları araştırılmıştır. Bu çalışma ile, ülkemizde özellikle güç, hız bileşenleri yanında çok yönlülüğü ve düşük fiyat etiketi nedeniyle rekreasyonel amaçlar için geliştirilen ATV'lerin monte edilen küçük ölçekli ekipmanlarla birlikte ülkemiz ormancılık sektöründe de kullanılabilirliği değerlendirilmiştir.

Düz ve hafif eğimli arazilerde (% 0-20) kullanılabilecek bölmeden çıkarma şekilleri içerisinde insan ve hayvan gücünün sınırlılığı, verimli olmayışı mekanizasyonun gerekliliğini ortaya koymaktadır. Mekanizasyonun bir sonucu olarak; aynı eğim grubu içerisinde traktörle yapılan çalışmalar ise yüksek verim gücüne rağmen ağırlığı, birim alana temas eden lastik hacmi, genişliği, manevra kabiliyeti gibi nedenlerden dolayı meşcere yapısı, gençlik ve orman toprağının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerinde olumsuz etkiler meydana getirmektedir. Konunun çözümüne yönelik; ATV kullanımı ile dağınık durumda bulunan odun hammaddesinin ormana en az düzeyde zarar verecek planlamalar yapılarak bölmeden çıkarma çalışmalarında kullanılabilirliği ortaya konulmuştur. Bu amaçla, ATV kullanımının sadece maliyeti en aza indirerek karı hedefleyen değil aynı zamanda meşcere (toprak ve ağaç) zararlarını minimize eden alternatif modern bir yöntem olarak hassas ormancılık yaklaşımı çerçevesinde ormancılık üretim çalışmalarında

kullanılabilirliği hedeflenmiştir. Ayrıca, ÷lkemizde geleneksel bölmeden çıkarma yöntemlerinin uygulanması sonucu ortaya çıkan verimlilik problemlerinin aşılabilmesi için alternatif bir bölmeden çıkarma yöntemi olarak uygulamacılara sunulması düşün÷lmektedir.

Ek olarak, bu araştırma ile bölmeden çıkarma çalışmalarında kullanılabilirliği ortaya konan ATV'lerin, müdahalenin daha dar kapsamlı olduğu milli parklar içerisindeki ürünlerin alandan çıkartılması, orman içerisinde müdahale çalışmaları, av ve koruma faaliyetleri, fidanlıklarda yapılan iş ve işlemler ile arazözle müdahalenin mümkün veya gerekli olmadığı orman yangınlarına müdahale edilmesi (su tankı bulunan ATV'ler ile) gibi diğer ormancılık işleri için kullanımı hakkında da ön değerlendirme yapılmıştır. Böylece, ATV'nin hangi sınır ve şartlarda verimli olabileceği gör÷lerek uygulayıcılara katkı sağlanması da amaçlanmıştır.



BÖLÜM 2

LİTERATÜR ÖZETİ

Çalışma kapsamında yapılan literatür taraması ile uygun eğim derecesine sahip arazilerde ATV ile bölmeden çıkarma çalışmalarının yapılabileceği ifade edilmiş olmasına rağmen ulusal literatürde bu konuda yapılmış hiçbir bilimsel çalışma bulunmamaktadır. Uluslararası literatürde yapılmış çalışmaların ise genellikle kullanıcı özellikleri ve güvenlik kavramı üzerine yoğunlaştığı görülmektedir (URL-3, 2017).

Literatür çalışmaları içerisinde çalışmanın amacına benzer olarak, Akay vd. (2014) benzinli el vinci kullanarak bölmeden çıkarma çalışmalarının verimliliklerini değerlendirmeyi amaçladıkları çalışmalarında hafif eğimli arazilerde küçük ölçekli ekipman olarak değerlendirilebilecek taşınabilir vinçle sürütme yöntemi kullanılarak bölmeden çıkarma çalışmalarının kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bu çalışmalarında, tarım traktörleri ve orman traktörleri ile kablo çekimi veya zeminde sürütme suretiyle bölmeden çıkarma faaliyetleri mümkün olmakla birlikte, ekonomik açıdan bu yöntemleri uygun bulmamışlardır. Bu alanlarda, insan ve hayvan gücüyle bölmeden çıkarma çalışmalarının daha uygun ancak operasyon veriminin düşük olduğunu ifade etmişlerdir. Bu nedenle, hafif eğimli arazilerde taşınabilir vinçle sürütme yöntemi kullanılarak bölmeden çıkarma çalışmalarının maliyeti ve potansiyel çevresel zararları minimize edilebildiğini dolayısıyla bu yöntemin kullanılabilirliğini ifade etmişlerdir. Buna göre; 30 adet odun hammaddesi ile 20 m’lik sürütme mesafesinde yapılan ölçümlerde her bir turda taşınan ürünler için ortalama tomruk çap 22,73 cm, ortalama boy 2,11 m. ve ortalama hacim 0,22 m³ olarak hesaplanırken, ortalama toplam sürütme zamanını 1,77 dakika ve ortalama verimi ise 7,31 m³/saat bulmuşlardır. Ayrıca, 4 dikili ağacın sürütülen tomruklardan dolayı yaralandığını tespit etmişler, zeminde sürütülen tomrukların sürütme işlemi sırasında üst toprakta neden olduğu iz derinliğini ise maksimum 7 cm. ölçmüşlerdir.

Gümüş (2015) tahrikli traktör römorklarının bölmeden çıkarma çalışmalarındaki kullanımını incelediği çalışmada genellikle traktörlerle kullanılan, bunun yanında ATV’lerde de kullanılabilen 1 tona kadar taşıma yapabilen uygun vinçle donatılmış küçük orman ekipmanının varlığından bahsetmiştir.

Proto vd. (2016) zemin üzerinde yapılan sürütme işleminin toprak kütle yoğunluğu ve toplam gözenekliliği üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında dört farklı seviye (1, 5, 10 ve 15. geçişler) ve iki farklı eğim grubunda ($<20\%$ ve $>20\%$) ölçümlerini gerçekleştirmişlerdir. Çalışma ile toprak sıkışıklığının sürütme sıklığı (geçiş sayısı) ile arttığını, toprak gözenekliliğinin ise azaldığı tespit edilmiştir. Eğim faktörünün toprağın fiziksel özelliklerini etkilemediği ancak toprak gözenekliliğinin geçiş sayısı ile ilişkili olduğunu ve bu değer $<20\%$ eğim derecesi ve 15. geçiş sayısı olduğunu tespit etmişler. Ayrıca, sürütmenin toprağın fiziksel özellikleri üzerindeki etkisinin, sürütme izinin her iki tarafından 2 m'ye kadar olan mesafelerde belirgin olduğu anlaşılmıştır.

Solgi vd. (2015) çalışmalarında Timberjack 450 C lastik tekerlekli sürütücü ile yapılan sürütme işleminin toprak sıkışıklığı, ölü örtünün (zeminin) kaldırılması ve tekerlek izi oluşumu üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Geçiş sayısı (5., 10. ve 15. geçişler) ve eğim faktörünü ($0-10\%$, $10-20\%$ ve $>20\%$) değerlendirdikleri çalışmalarında eğim arttıkça toprak sıkışmasının arttığı, 20% den düşük ve 20% den yüksek eğimler arasında önemli farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. 15. geçişten sonra kütle yoğunluğunun kritik değere oldukça yaklaştığı tespit edilmiştir. 5. geçişten sonra kütle yoğunlukları karşılaştırıldığında; $<20\%$ eğimde $1,157 \text{ gr/cm}^3$, $<10\%$ eğimde ise $0,923 \text{ gr/cm}^3$ olduğu ve toprak bozulma oranının önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir. Ek olarak; $>20\%$ eğim derecesinde 10. geçişle birlikte $386,586 \text{ kg/ha}^{-1}$ olarak ölçülen ölü örtü miktarının, $<10\%$ eğim derecesinde 15. geçişle birlikte $545,382 \text{ kg/ha}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Sonuçlar; dik alanlarda daha az eğimli koşullardan daha fazla toprak zararı (bozulma) olduğunu göstermiştir. 20% 'den daha fazla eğimlerde toprak bozulmalarının artmasının arka aksta artan yük miktarı ile ilişkilendirilebileceği de ifade edilmiştir.

Agherkaklı vd. (2010) çalışmalarında ormancılık üretim çalışmalarında kullanılan paletli sürütücülerin neden olduğu toprak zararlarını değerlendirmişlerdir. Bu kapsamda iki farklı eğim derecesi ($<20\%$ ve $>20\%$) ve 3 farklı geçiş sayısının (1, 5, 9. geçişler) sürütme izi üzerindeki etkileri ele alınarak sürütme izleri üzerindeki toprak zararları karşılaştırılmıştır. Geçiş sayısının artmasıyla toprak sıkışıklığının arttığı, $<20\%$ eğim derecesinde üç geçiş sayısı arasında anlamlı bir fark yokken $>20\%$ eğim derecesinde ise 1-5. geçişlerde anlamlı fark olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca geçiş sayısının artması daha derin iz derinliğine neden olurken, en büyük iz derinliğini $>20\%$ eğimde ve 9. geçişte 12 cm. olarak ölçmüşlerdir. Ayrıca, ölü örtü kütlesinin eğim derecesi ve geçiş sayısına bağlı olarak değiştiği ancak

<% 20 ve >% 20 eğim dereceleri arasında ölü örtü kütlesinin uzaklaştırılması açısından önemli bir fark bulunmadığını tespit etmişlerdir.

Najafi vd. (2010) çalışmalarında zemin üzerinde yapılan sürütmenin geçiş sayısı ve eğim derecesine bağlı olarak toprak bozulmalarına etkisini araştırmışlardır. 4 farklı geçiş aralığı (3, 7, 14 ve 20. geçişler) ve 3 eğim derecesini (% <10, % 10-20 ve % >20) dikkate alınarak yapılan bu çalışma ile, geçiş sayısı ve eğim derecesi arttıkça toprak kütle yoğunluğu (sıkışıklık), tekerlek izi derinliği ve toprak taşınmasının arttığını ancak zemin (taban) örtüsünün azaldığı görülmüştür. Toprak kütle yoğunluğunun % <20 ve % >20 eğim arasında farklı olduğu 14. geçişten sonra kritik değere oldukça yaklaştığı ifade edilmiştir. Geçiş sayısının 14'ten 20'ye yükselmesiyle (20. geçişe kadar) kütle yoğunluğunun yaklaşık olarak sabit kaldığı, toprak zararının 7. geçişten sonra, tekerlek izi oluşumunun ise % >20 eğimde 7. geçiş ile birlikte başladığı belirtilmiştir. 3. geçişten sonra % <10 eğim derecesinde 830 kg/m⁻³ olan toprak kütle yoğunluğunun, % >20 eğim derecesinde ise 1100 kg/m⁻³ olduğu ve toprak bozulmasının önemli derecede arttığı gözlemlenmiştir.

Demir vd. (2007) çalışmalarında belirli toprak derinliklerinde (0-5 ve 5-10 cm) bölmeden çıkarma çalışmalarının bazı toprak özellikleri (kum, silt, kil, pH, elektriksel iletkenlik, kök kütlesi, organik karbon, nem, toplam gözeneklilik, kütle yoğunluğu) üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, sürütme yolu üzerindeki toprak zemin ve otsu örtü miktarı önemli ölçüde azalmış, 10 cm. derinliğe kadar incelenen toprak özelliklerinde bazı önemli değişiklikler olduğu görülmüştür. Toprak ağırlığı ve kütle yoğunluğu değerleri bozulmamış bölgelere kıyasla sıkışmaya maruz kalan sürütme yolundan alınan numunelerde oldukça yüksek bulunurken, gözeneklilik ve nem değerlerinin de azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte her iki toprak derinliğinde sürütme yolu ve bozulmamış bölge üzerinden alınan toprak numuneleri arasında organik karbon oranları açısından önemli bir fark bulunmadığı ifade edilmiştir. Dahası, toprak asitliği (pH) değerleri, her iki toprak derinliklerinden alınan toprak numunelerinin sürütme yolunda ve bozulmamış alandaki analizlerinde dikkate değer farklılıklar gösterdiği belirtilmiştir.

Solgi ve Najafi (2014) zemin üzerinde yapılan sürütme işleminin toprağın fiziksel özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Ayrıca, arazi eğimi ve geçiş sayısının toprak toplam gözenekliliği ve nem içeriği üzerindeki etkilerini de incelemişler üretim yapılan alanın yaklaşık % 30'unun değişen seviyelerde zarar gördüğünü tespit etmişlerdir. Sonuçlar,

arazi eğimi ve eğim ve geçiş sayısının toprak kütle yoğunluğu, toplam gözeneklilik ve nem içeriğini önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Yüzey katmanındaki (0-10 cm) toprak özelliklerine ait ölçümlerde kütle yoğunluğunun % 57 daha yüksek olduğu ve sürütme izlerindeki toplam gözenekliliğin bozulmamış bölgelere kıyasla % 31 daha düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca ortalama nem içeriğini sürütme izleri üzerinde % 35, bozulmamış bölgelerde ise % 47 olarak tespit etmişlerdir.

Startsev ve McNabb (2000) zemin üzerinde sürütülerek yapılan bölmeden çıkarma çalışmalarının toprak infiltrasyonu üzerindeki etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında, bölmeden çıkarma çalışmalarının neden olduğu toprak sıkışmasının genellikle makro boşlukları ve infiltrasyonu azalttığını, yüzey erozyonu ve yüzeysel akış potansiyelini artırdığını ifade etmişlerdir. 3., 7. ve 12. geçiş sayılarının hidrolojik etkileri (HC) ve infiltrasyon oranını (IR) 14 bölgede 3 yıl boyunca değerlendirdikleri çalışmalarında sürütme sırasında toprak kütle yoğunluğunda meydana gelen artışın toprak su potansiyelinin -15 kPa'dan yüksek olduğu 8 bölgede ilk 3 geçişten sonra hem HC hem de IR'de önemli miktarda azalmaya neden olduğunu, 12. geçişten sonra ise HC ve IR de önemli bir düşüş olmadığını tespit etmişlerdir. Bununla birlikte müdahaleye maruz kalan topraklarda infiltrasyon üzerindeki sıkıştırma etkilerinin en az 3 yıl boyunca yüksek kaldığı, 3. yıl ile birlikte sıkıştırılan toprağın infiltrasyon oranı açısından iyileşme eğilimi gösterdiği anlaşılmıştır.

Wilpert ve Schaffer (2006) sürütme izinin neden olduğu toprak sıkışıklığına etkilerini ve topraktaki iyileşme eğilimlerini araştırdıkları çalışmalarında sürütmeden kaynaklı sürütme izlerinin toprağın havalanmasını ve böylece toprakta köklenme alanında köklenme kabiliyetini ciddi şekilde düşürdüğü tespit etmişlerdir. Üretim faaliyetlerinden sonra 14 yıla kadar sürütme izleri üzerindeki 4 cm'lik derinliğin dışında kök yoğunluklarının hiçbir yenilenme (onarım) belirtisi göstermediği, araştırmadan 18 yıl sonra kontrol noktalarındaki toprak özelliklerine benzer toprak havalanma ve kök yoğunluklarının toprak üst katmanında tespit edildiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca üretim faaliyetlerinden 24 yıl sonra ise aynı yerde toprak sıkışıklığı nedeniyle meydana gelen kök yoğunluklarının yalnızca 54 cm'nin üzerindeki toprak derinliklerinde meydana geldiği tespit edilmiştir.

Naghdi vd. (2015) dağlık ormanlarda farklı bölmeden çıkarma yöntem ve araçlarının neden olduğu toprak zararlarını inceledikleri çalışmalarında, artan üretim yoğunluğu ile beraber

toprak k t le yoğunluğu, toprak gözenekliliği ve tekerlek izlerinin derinliğini ölçmek için lastik tekerlekli s r t c , paletli s r t c  ve katırla bölmeden çıkarma teknikleri üzerinde ölçümler yapmışlardır. Bölmeden  ıkarma yöntemlerinden bağımsız olarak, geçiş sayısı ve eğim değerlerinin fazla olduğu alanlarda belirgin toprak zararları gözlemlemişlerdir. Farklı bölmeden çıkarma teknikleri içerisinde; katır ile sürütmede üretim (sürütme) yapılan alanın % 61,5'i; paletli s r t c  ile sürütmede üretim yapılan alanın % 70,3' , Timberjack 450 C s r t c  ile sürütmede üretim yapılan alanın % 76,6'sı, TAF E655 s r t c  ile sürütmede üretim yapılan alanın % 87,1'inin zarara uğradığını tespit etmişlerdir. Sonuçlar ışığında yüzey tabakasında (0-10 cm) porozitenin (gözeneklilik), geçiş sayısı arttıkça azaldığını ve eğim arttıkça arttığını dolayısıyla ekipman tipi, geçiş sayısı (trafik yoğunluğu) ve eğim derecesinin toprağın fiziksel özellikleri üzerinde önemli etkileri olduğunu ifade etmişlerdir.

Ampoorter vd. (2012) yaptıkları çalışma ile ağırlıklı olarak orman traktörleri ve ormancılık makineleri kullanılarak tamamen mekanik yöntemle yapılan hasat işlemlerinin neden olduğu toprak sıkışmasının kumlu ve killi orman toprakları üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Ağır makineler söz konusu olduğunda hem kumlu hem killi topraklarda belirgin sıkışmalar g zlemlerlerken, özellikle 0-10 cm derinlikteki killi topraklar üzerindeki etkinin kumlu topraklar üzerindeki etkiden önemli ölçüde farklı olmasa da en yüksek düzeyde olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca, sıkışmanın yüzeyden daha derin toprak katmanlarına doğru azaldığı, sıkışma oranı ile geçiş sayısı (trafik yoğunluğu) arasında anlamlı bir ilişkinin tespit edilemediğini de belirtilmiştir.

Cudzik vd. (2017) bölmeden çıkarma sistemlerinin orman ekosistemi üzerindeki etkilerini (ağaç ve toprak zararı) değerlendirdikleri çalışmalarında ayrıca çalışma ile tekerlek izlerinin bulunduğu alanlar ve tekerlek iz derinliklerini de belirlemişlerdir. Belirlenen  l  m noktalarındaki toprak özelliklerinde meydana gelen değişiklikleri belirlemek için sıkışıklık (baskı) direnci ve azami direnç ölçülmüştür. Her bölmeden çıkarma sistemi bütün gövde metodu (motorlu testere+skidder) ve tomruk metodu (harvester+forwarder) için hasat işlemleri sırasında zarar gören ağaçların miktarı ve zararların yerleri belirlenmiştir.

Eroğlu (2007) "Teknik Ormancılık Faaliyetlerinin Oluşturduğu  evresel Zararların Belirlenmesine Yönelik Teorik Bir Yaklaşım" adlı çalışmasında üretim çalışmalarının olumsuz etkileri ortaya koymakta ve geleneksel tekniklerle yapılan bölmeden çıkarma çalışmaları ile olumsuz etkileri azaltılmış bölmeden çıkarma teknikleri (RIL-Reduced

Impact Logging) kıyaslanmakta ve zararların en aza indirilmesine yönelik çeşitli öneriler geliştirmektedir. Zararların azaltılması veya ortadan kaldırılması için bölmeden çıkarma işi en uygun bölmeden çıkarma tekniği ile gerçekleştirilmesi gerektiğini ifade etmektedir.

Acar ve Ünver (2012) yaptıkları çalışma ile hava hattına göre daha ekonomik ve daha yaygın olarak kullanılan traktörle aşağıdan yukarıya çekme tekniğinin olumsuzluklarını minimize edecek yarı mekanize bir sistem geliştirmişlerdir. Eğimleri ve uzunlukları sırasıyla % 60 ve 119 m, % 90 ve 112 m. olan deneme güzergâhlarından taşınan ürün miktarları toplam 9,52 m³ ve 8,65 m³ iken bu denemelerin operasyon verimliliklerini 5,93 m³/dak ve 7,28 m³/dak olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmadan hareketle aynı işlemin 4×4 arazi araçları (ATV) ile daha düşük maliyetle yapılabileceği açıktır.

Aykut (1985)'a göre, bölmeden çıkarmanın mekanizasyonu söz konusu olduğunda, her şeyden önce bir arazi sınıflamasının yapılarak çeşitli kesim alanlarında mevcut şartlara göre uygulanacak metotları belirlemek gerekmektedir.

Bayoğlu (1998) üretimde mekanizasyon metotları ile orman yol şebekesi ilişkilerini ortaya koyduğu çalışmasında düz ve düze yakın ayrıca % 25-30 eğime sahip arazilerde değişik traktör ve yükleyici bir ekipman ile teçhiz edilmiş forwarder ve çeşitli hasat makineleri kullanılarak üretim söz konusu olabileceğini, yol yoğunluklarının da bu makinelerin özelliklerine göre belirlendiğini belirtmektedir.

Acar vd. (2000) bölmeden çıkarma çalışmalarında toplam maliyetin minimize edilmesini amaçladıkları çalışmalarında 13 değişik model kurulmuş ve çözülmüş, en düşük toplam maliyeti oluşturan 4 nolu modelin çözümünde bölmeden çıkarma maliyetini minimize eden bu model toplam ürün içinde kullanım oranlarına göre % 4 insan gücü, % 36 orman traktörü ve % 36 kısa mesafeli orman hava hattı kombinasyonu olarak gerçekleşmiştir.

Eker ve Acar (2014) kesim ve bölmeden çıkarma işlemleri sırasında birim çalışma zamanlarını inceledikleri çalışmalarında mevcut mevzuatta kullanılan standart çalışma zamanlarına ek olarak dikili ağaçların kesilmesi, tomruklanması, kabuklarının soyulması, bölmeden çıkarılması işlemlerine ait iş zaman analizlerinin incelenmesi, ortalama çalışma zamanlarının özetlenmesine yönelik literatür çalışmalarına ilişkin özet bilgi örneği ile karşılaştırmalar yapmıştır. Bu kapsamda, standart zaman değerlerinin üretim aşamalarında

kullanılan üretim araç ve gereçlerindeki gelişmeler ve kullanılan donanımlara göre günün şartlarına ve teknolojik gelişmelere göre güncellenmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Eroğlu ve Özmen (2010) hayvan gücü ile bölmeden çıkarma çalışmalarının verimliliklerini inceledikleri çalışmalarında 3 değişik özelliğe sahip katırla yaptığı bölmeden çıkarma çalışmalarında büyük katırın diğerlerine göre daha verimli çalıştığını tespit etmiştir. Büyük katırın verimini 5,70 ster/saat, orta katırın verimini 4,43 ster/saat ve küçük katırın verimini ise 3,88 ster/saat olarak bulmuşlardır.

Spinelli vd. (2010) Akdeniz ormancılığında kullanılan küçük ölçekli bölmeden çıkarma sistemlerinin etkilerini araştırdıkları çalışmalarında üretim faaliyetlerinden sonra kalan meşcerede ve toprakta oluşan zararı incelemiş, geleneksel yöntemle yapılan bölmeden çıkarma faaliyetleri ile kalan meşcerede % 12-14 oranlarında zarar meydana geldiğini ve bu zararın makineli çalışma kullanılması halinde % 20'ye kadar yükseldiğini, toprak yüzeyinde oluşan zararın ise % 42 olduğunu tespit etmişler ve kablolu çekimi önermişlerdir.

Buğday (2011) ormancılık üretim çalışmaları sırasındaki çevresel zararları ortaya koyduğu yüksek lisans tezinde, kalan ağaçlar üzerinde oluşan zararı % 20, gençlik zararını % 16, üretilen odun hammaddesinde üzerindeki zararı % 7 ve topraktaki sıkışma oranını ise 2 kat olarak tespit etmiştir.

Eroğlu vd. (2009) odun hammaddesi üretimi faaliyetleri ile taşınan ürünler üzerinde oluşan fiziksel zararları tespit ettikleri ve bu zararların ekonomik boyutlarına yönelik değerlendirmeler yaptıkları çalışmalarında, farklı bölmeden çıkarma çalışmaları içerisinde hava hattı kullanılarak yapılan bölmeden çıkarma çalışmalarında taşınan ürünlerin hiç birinin ağır zarara uğramadığını, traktörler kullanılarak yapılan bölmeden çıkarma çalışmalarında taşınan ürünlerin % 6'sının, insan gücü ile bölmeden çıkarma çalışmalarında ise taşınan ürünlerin % 20'sinin ağır zarara uğradığını belirlemişlerdir.

Whitman vd. (1997) üretim faaliyetlerinin neden olduğu zararları değerlendirdikleri çalışmalarında; sürütme yolları, kesim alanları, toprak sıkışması, kapalılık değişimi, meşcere zararı, tohumların yaşaması ve gelişmesi gibi faktörleri değerlendirmişler ve kapalılığın üretim faaliyetlerinden önceki duruma oranla % 2 azaldığını, gençliğin % 15 ve kalan ağaçların % 50 sinin zarar gördüğünü, meydana gelen toprak sıkışmasına bağlı olarak

tohumların gelişmesinin zayıfladığını tespit etmişlerdir.

Ünver (2008) odun hammaddesinin insan gücüyle sürütülmesi sırasında ortaya çıkan ürün kayıpları ve çevresel zararların belirlenmesi üzerine yaptığı çalışmada, sürütülen odun hammaddesinde meydana gelen zararın kırılma, yaralanma ve saçaklanma şeklinde kendini gösterdiğini ve zararın üretim dönemine göre % 30 ile % 50 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Meşcerede kalan ağaçların ise yaralanma ve gövde kırılmalarına maruz kaldıkları, gençlik üzerinde ise devrilme, sökülme ve tepe kırılmaları olduğunu belirtmiştir. Orman toprağında oluşan zararı da değerlendirdiği aynı çalışmada, toprağın sıkışma değerlerini 0-10 cm. ve 10-30 cm. derinliklerinde yaptığı ölçümlerle ortaya koymuş ve toprağın % 14,6 oranına kadar sıkıştığı tespit etmiştir.

Uhl vd. (1997) Brezilya ormanlarında doğal kaynakların sürdürülebilirliğini ortaya koydukları çalışmalarında araştırma alanındaki ağaçların % 2'sinden azının kesilip taşınmasına rağmen kalan ağaçların % 26'sının zarar gördüğünü vurgulamıştır. Araştırma sonucunda, orman toprağında sıkışma oluştuğunu, müdahale görmüş alanlar üzerindeki örtü tabakasının taşındığını ve gençleşme potansiyelinin azaldığını belirlemişlerdir.

Pinard vd. (1996) kontrolsüz taşımanın meşcerede neden olduğu etkileri inceledikleri çalışmalarında kontrolsüz taşımanın, meşcerenin % 50'den fazlasına zarar verdiğini belirtmiştir.

Ballard (2000) üretim çalışmalarının orman toprağı üzerindeki etkilerini araştırdığı çalışmada bölmeden çıkarma çalışmalarında zemin üzerinde sürütülen ürünler ve ormancılık üretim çalışmalarında kullanılan mekanik araçların, orman toprağı üzerinde toprak sıkışması, tekerlek izi ve sürütülen ürünlere bağlı sürütme izi oluşumu, toprak verimi ve besin maddesi içeriğinde kayıplar, sürütme yolları üzerinde aşırı yüzeysel akışa bağlı erozyon ve humus tabakasında bozulma şeklinde başlıca zararlara neden olduğunu ifade etmiştir.

Türk ve Gümüş (2015) Bölmeden çıkarma çalışmalarında kullanılan tarım traktörlerinin toprak ve fidan zararı üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmalarında sürütme etkisinin olmadığı kontrol noktalarından sürütme şeridinde olan uzaklığı en az 25-30 m. olmak üzere yine 10 m aralıklarla örnekler almışlar, örnek alanlarda 0-5 cm ile 5-10 cm toprak derinlik

kademesinde el penetrometresi kullanılarak toprak sıkışıklığı sürütme şeritlerindeki toprak kayıpları ve fidan zararlarını ölçmüşlerdir. Çalışma sonucunda, sürütme şeritlerinde hektarda 703 m² alanın toprak sıkışıklığına maruz kaldığını belirlemişlerdir. Sürütme şeritlerinde devamlı sürütmeden dolayı farklı derinliklerde toprak aşınımı olduğunu, hektarda 53,39 m³ (134009 ton) toprak kaybı tespit etmişlerdir. Ayrıca sürütme şeritlerinin büyük bir bölümünde fidanların bulunmadığı, mevcut bireylerin de yatık, kırık ile sökülmiş olduğu ve hektarda 6432 adet fidanın zarar gördüğünü belirlemişlerdir.

Öztürk (2014) bölmeden çıkarma faaliyetleri sırasında sürütme yolunda meydana gelen zararları belirledikleri çalışmasında sürütme yolu üzerinde ürünlerin sürütülmesi nedeniyle oluşan deformasyonları ölçmüş aynı zamanda, penetrometre cihazı ile sürütme yolu ve ormanlık alan (kontrol grubu) için topraktaki sıkışıklık değerlerini ayrı ayrı ortaya koyarak toprak sıkışmasını belirlemiştir. Çalışma sonucunda sürütme yolu kenarında yapılan penetrometre değerleri sonucunun (0,97 kg/cm²) sürütme yolu üzerindeki en yüksek penetrometre değerine oranlandığında maksimum % 87 artış gösterdiği ve yolun sıkıştığını ifade etmişlerdir. Traktör lastiklerinin geçtiği kısım olan tekerlek izlerinde bu oran % 35 artış göstermiştir. Buradan da anlaşıldığı üzere, tomrukların bir ucunun yerde bir ucunun traktörün arka kısmında askıda kalacak şekilde taşınması halinde sürütülen ürünlerin toprağa temas eden uç kısımlarının ağırlıktan dolayı toprağı daha fazla sıkıştırdığı gözükmemektedir.

Eroğlu vd. (2010) bölmeden çıkarma çalışmalarının orman toprağının fiziksel özellikleri üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmalarında üç farklı bölmeden çıkarma tekniğinin (insan gücü, traktör ve hava hattı) doğu ladini orman topraklarının bazı fiziksel özellikleri üzerinde etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak; traktör ve insan gücü ile yapılan bölmeden çıkarma çalışmalarının orman toprağının permeabilite, hacim ağırlığı ve toprak suyu dengesinde önemli bir etkiye sahip olduğu, bu etkilenmenin de toprak organizmaları, bitkilerin kök gelişimi, bitki besin elementleri ve bitkilerin su alımı açısından olumsuz etkiler doğuracağı ve zamanla doğu ladini meşcerelerinin gelişimini yavaşlatabileceği sonucuna varmışlardır.

Grace vd. (2006) ormancılık operasyonlarının toprağın fiziksel özellikleri üzerine olan etkilerini (sıkışma, porozite, hidrolik iletkenlik, hacim ağırlığı) olumsuz yönde değiştirdiğini ve kontrollü bir çalışmayla bu zararların azaltılabileceğini ifade etmişlerdir.

Greacen ve Sands (1980) yaptıkları çalışmalarında odun hammaddesinin zemin üzerinde sürütülmesi sırasında toprak sıkışması ve toprak kayması meydana geldiğini, bu durumun orman zeminindeki toprak porozitesini azalttığını, su infiltrasyonunu, toprak nemini, toprak havalanmasını ve kök hacmini etkilediğini ortaya koymuşlardır.

Landsberg vd. (2003) sürütme sonrası meydana gelen zararları ortaya koydukları çalışmalarında odun hammaddesinin zemin üzerinde sürütülmesi işleminden sonra orman zemini üzerinde 15 cm ile 25 cm arasında değişen patika derinliklerini ortaya koymuşlar ve ortalama toprak sıkışıklığının 500 kP ve üzerinde olduğunu tespit etmişlerdir.

Virdine vd. (1999) aralama kesimi yapılan 12-23 yaşlarındaki çam plantasyonunda tomruk metodu ile yapılan üretim operasyonlarının toprağa etkisi ölçtükleri çalışmalarında; operasyon alanının % 11'inde toprakta bozulmalar olduğunu tespit etmişlerdir. Bozulmuş alanlarda toprağın birim hacim ağırlığının % 21,4 arttığını, tekerlek izi derinliğinin ortalama 13 inc olduğunu ve kesim alanının % 70'inin kesim artıklarıyla kaplandığı belirlemişlerdir.

Ares vd. (2005), ormancılık üretim faaliyetlerinden zemin üzerinde sürütmenin toprağın fiziksel özellikleri üzerine ve Douglas Göknarı'nın gelişimine olan etkilerini inceledikleri çalışmalarında bu durumun ormanın üretkenliğini etkileyebileceğini ancak bunun üretim çalışmalarında kullanılan araçlar ve arazi koşulları ile ilgili olarak farklılık gösterebileceğini ifade etmişlerdir. Toprak hacim ağırlığı 0,63 ile 0,82 mg/m⁻³, bunun da toprağı toplamda % 10-13 oranlarında sıkıştırdığını tespit etmişlerdir. Araştırma sonucunda üretim faaliyetleri ile toprak özelliklerinin değiştiğini ancak Douglas Göknarı'nın gelişimi ile ilgili olarak olumsuz bir etki bulunmadığı tespit etmişlerdir.

Williston (1979) yaptığı çalışmasında hasat operasyonlarına bağlı kırılma ve sürütme zararının toplam hacmin yaklaşık % 6'sını yok ettiğini tespit etmiştir.

Kara ve Bolat (2008) Bartın ilinde orman ve tarım topraklarının mikrobiyal biyokütle karbon (C_{mic}) ve azot (N_{mic}) içeriklerini inceledikleri çalışmalarında inceledikleri toprakların ortalama mikrobiyal biyokütle C içeriklerini, orman alanında 1076,01±45,68 µg g⁻¹, tarım alanında 522,01±45,68µg g⁻¹ bulmuşlardır. Mikrobiyal biyokütle N içeriklerini ise ortalama olarak orman alanında 118,71±10,68 µg g⁻¹, tarım alanında 43,02±3,63 µg g⁻¹ ölçmüşlerdir. Yaptıkları bu araştırma sonucunda toprakların mikrobiyal biyokütle C ve N içeriklerinin

arazi kullanım biçimine bağı olarak meydana gelen değışiklikleri hassas bir şekilde yansıttığını ve mikrobiyolojik parametrelerin toprak sağılığında ileriki yıllarda meydana gelebilecek değışimleri izlemede bir belge olarak ta hizmet ettiğini ifade etmişlerdir.

Yukarıda verilen literatür çalışmalarında görüldüğü üzere; kimi çalışmalarda ürünlerin bölmeden çıkartılmasında kullanılan farklı tekniklerin verimliliğı üzerine çalışmalar yapılırken, bazıları ise meşcere veya toprak zararının tespiti üzerine çalışmalar yapılmıştır. Örn: odun üretiminin bölmeden çıkarma aşamasında en uygun bölmeden çıkarma metodunun seçilmesi amacıyla verimlilik tespiti yapılmış ancak toprak zararı göz ardı edilmiştir. Yapılan bu çalışma ise tüm bu konuların harmanlandığı bir çalışma niteliğinde olup, ATV'lerin bölmeden çıkarma aşamasında hem verimli hem de çevreye karşı daha duyarlı olarak kullanılabilirliğinin tespiti üzerinedir.

Planlanan bu çalışma ile alternatif yeni modern bölmeden çıkarma tekniklerinin kullanılabilirliğinin saptanması, ülkemiz ormancılığına yeni katkılar sunması açısından önemlidir. Bu nedenle, hassas ormancılık yaklaşımı çerçevesinde geleneksel metodlardan farklı olarak modern tekniklerin kullanıldığı ve geliştirildiğı özgün nitelikte örnek bir çalışma olmuştur. Literatür çalışmalarının çoğunun bölmeden çıkarma araç ve tekniklerinin verimliliğı ya da bu araçların meşcere ve orman toprağına olan etkisi üzerine olduğı düşünöldüğünde her iki konuyu kapsayan bir çalışmaya ihtiyaç vardır.

Geleneksel bölmeden çıkarmanın uygun olmadığı ve traktörle bölmeden çıkarmanın tercih edilmediğı durumlarda, ATV'ler monte edilecek ek ekipmanlar ile bu amaca hizmet edecek uygun araçlar olarak düşünölmüştür. Böylece mekanik üretim yöntemlerinin yeterli düzeyde kullanılması ile bölmeden çıkarma çalışmalarında maliyet ve orman ekosistemi üzerinde meşcere zararlarının azaldığı, ürünlerin kalitesi ve ekonomik değıerinin arttığı belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan literatür taraması ile uygun eğitim derecesine sahip arazide ATV ile bölmeden çıkarma çalışmalarının yapılabileceğı ifade edilmiş olmasına rağmen ulusal literatürde bu konuda yapılmış hiçbir bilimsel çalışmalara rastlanılmamıştır. Uluslararası literatürde yapılmış çalışmalar ise genellikle kullanıcı özellikleri ve güvenlik kavramı konuları üzerinedir. Bu nedenle ormancılıkta bölmeden çıkarma çalışmalarında ATV'lerin kullanılabilirliğinin araştırıldığı bu çalışma ulusal ormancılık literatürüne giren ilk çalışma olma özelliğı taşımaktadır.

Ayrıca bu çalışma sonucunda ATV'nin etkileri (verim, meşcere zararı, toprak etkisi gibi) hakkında elde edilecek bilimsel veriler ışığında sadece üretim çalışmaları değil diğer ormancılık faaliyetlerinde de (örn; milli parklardaki devrik ağaçların bölmeden çıkarılması, av-koruma faaliyetleri, orman yangınlarına müdahale, fidanlık çalışmaları, diğer ormancılık amaçları için kullanım vb.) kullanıcılara ekstra bilgiler (maliyet ve orman ekosistemi üzerindeki etkileri gibi) sağlamaktadır.

Ek olarak; ülkemiz ormancılık çalışmalarında lastik tekerlekli olarak incelenmesi düşünülen ATV'lere, çalışmanın amacına uygun monte edilecek farklı ekipmanların geliştirilmesi ormancılığımız açısından çalışmaya ayrı bir özgünlük katmaktadır.

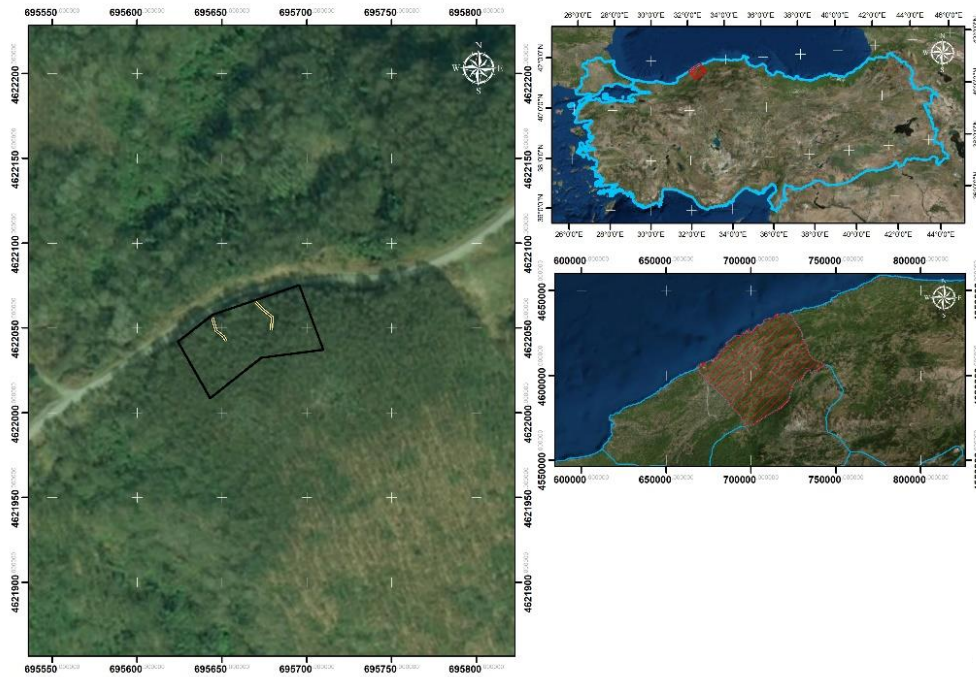


BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOT

Yapılan bu çalışmada ormancılık sektörü içerisinde devriye ve yangınlara müdahale amaçlı kullanımı da dahil olmak üzere eğlence, inşaat, tarım ve gezi organizasyonları (rekreasyon) hatta askeri görevlerde dahi kullanılan ATV'lerin ormancılıkta bölmeden çıkarma çalışmalarında da kullanılabilirliği araştırılmıştır.

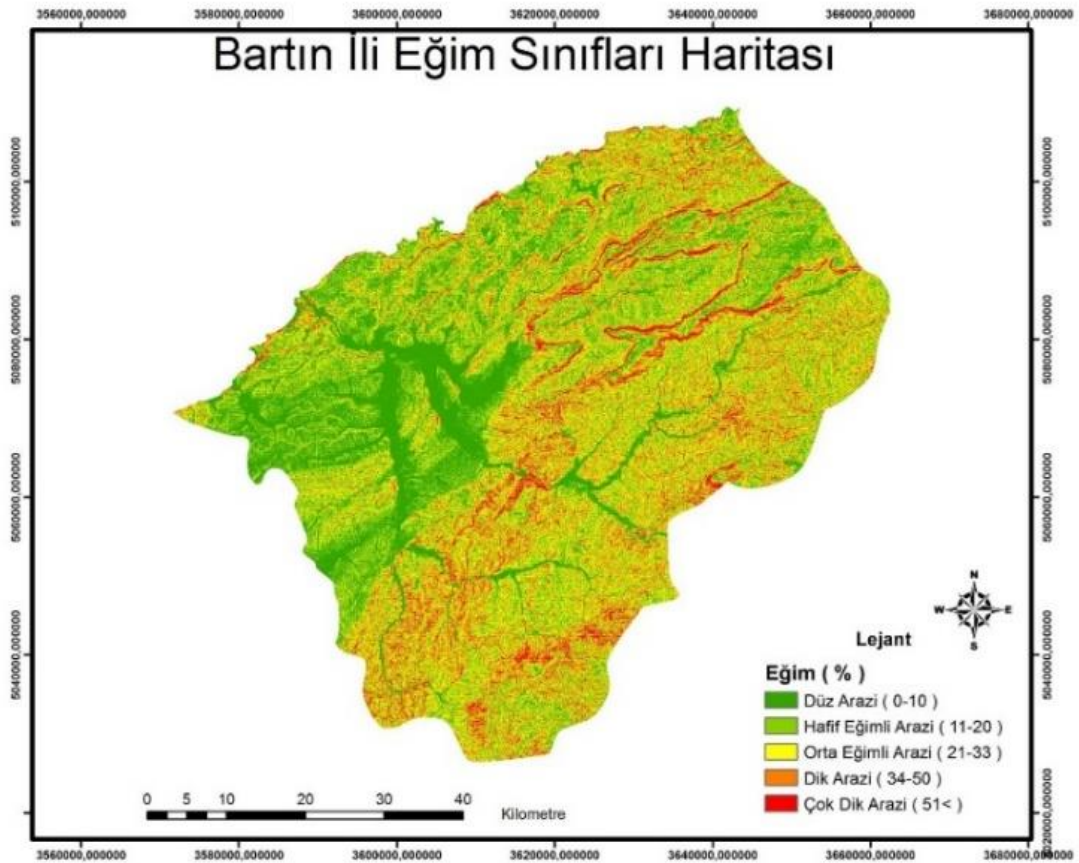
Bu araştırma, ülkemizin orman kaynakları bakımından zengin yörelerinden biri olan Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü, Bartın Orman İşletme Müdürlüğü, Amasra Orman İşletme Şefliği'ndeki 2018-2019 üretim yıllarındaki rutin çalışmalar sırasında gerçekleştirilmiştir. Araştırma alanı Bartın ili Amasra ilçesine bağlı Kazpınarı mevkiinde, 28°59'17'' - 29°32'25'' doğu boylamı ile 41°09'15'' - 41°11'01'' kuzeyi enlemleri arasında sahilçamı + doğu kayını karışık ormanında yer almaktadır (Şekil 3.1). Arazi; 435 m. yükselti, güneydoğu bakı ve % 8-12 arazi eğimi, kumlu killi balçık toprak tekstüründe, kırıntılı strüktürde ve orta derinlik koşullarına sahip olup kapalılık 0,50-0,75, ortalama orman yoğunluğu 0,5 (2650 ağaç/ha)'dır. Araştırma alanında ortalama yıllık sıcaklık 21,4°C ve ortalama yıllık yağış 875,6 mm'dir (Varol vd., 2020).



Şekil 3.1: Araştırma alanı.

Ülkemiz genelinde 2019 yılı itibariyle 222 Orman İşletme Müdürlüğü'nün varlığı düşünüldüğünde, işletme müdürlüklerine göre ortalama genel alan (ha) içerisinde yer alan ortalama orman varlığı (ha) oranı % 38,8'dir. Bartın Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisindeki toplam orman alan ise Bartın Orman İşletme Müdürlüğü'ne ait genel alanın % 51,96'sıdır.

Bu kapsamda, öncelikle Bartın Orman İşletme Müdürlüğü bünyesinde arazi sınıflandırması yapılarak kullanılacak teknolojiye uygun çalışma alanları belirlenmiştir. Bartın Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde kalan toplam alanın % 28,6'sının ATV'lerin çalışabileceği uygun eğim grubunda (% 11-20) yer aldığı düşünüldüğünde özellikle İç Anadolu, Ege, Marmara Bölgesi gibi bu oranın daha fazla olduğu diğer coğrafi bölgelerde yapılacak ormancılık işlerinde bu araçların operasyon veriminin daha yüksek olacağı açıktır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Bartın ili eğim sınıfları haritası.

Çalışmanın gerçekleştirilmesinde ise Bartın Orman İşletme Müdürlüğü, Amasra Orman İşletme Şefliği bünyesinde uygun eğim derecesinde yer alan ve üretim çalışmalarının

gerçekleştirileceği Çmc2/Kn3 meşcere tipine sahip 90 ve 91 nolu bölmeler çalışma alanı olarak seçilmiştir.

Bu bağlamda, asli orman ürünlerinin üretiminde ekonomik, çevresel ve sahaya özel çalışmaların planlanması ve uygulanması amacıyla farklı tip ve model ATV'ler içerisinde çalışmanın amacına en iyi katkıyı sağlayabilecek güç ve özellikte makine ekipmanların seçimi üzerinde tartışılmış ve yapılan iş ve arazi özellikleri dikkate alınarak kullanılacak araç ve teknik özellikleri belirlenmiştir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1: Çalışmada kullanılan ATV'ye ait teknik özellikler (Alternatif bölmeden çıkarma yöntemi tarım traktörü ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir).

TEKNİK ÖZELLİKLER					
					
ATV (4×4)			TRAKTÖR (4×4)		
Silindir Hacmi (cm ³)		800	Silindir Hacmi (cm ³)		2835
Max. Hız (km/h)		72	Max. Hız (km/h)		35
Maksimum Güç		14.80 kW	Maksimum Güç		51.8 kW
Boyutlar	Uzunluk (mm)	2320	Boyutlar	Uzunluk (mm)	3995
	Genişlik (mm)	1180		Genişlik (mm)	1990
	Yükseklik (mm)	1360		Yükseklik (mm)	2440
Tekerlekler Arası Mesafe (mm)		1480	Tekerlekler Arası Mesafe (mm)		2250
Dingil Mesafesi (mm)		1480	Dingil Mesafesi (mm)		2250
Ağırlık (kg)		387	Ağırlık (kg)		3630
Maksimum Yükleme Kapasitesi		212	Maksimum Taşıma Kapasitesi		2200
Tekerlek Ölçüsü	Ön	900 mm	Tekerlek Ölçüsü	Ön	1400-1800 mm
	Arka	900 mm		Arka	1400-1800 mm
Lastik Hava Basınçları	Ön	45 kpa	Lastik Hava Basınçları	Ön	124 kpa
	Arka	45 kpa		Arka	200 kpa
Yakıt Tankı Kapasitesi (lt)		20.0±0.5	Yakıt Tankı Kapasitesi (lt)		87.1

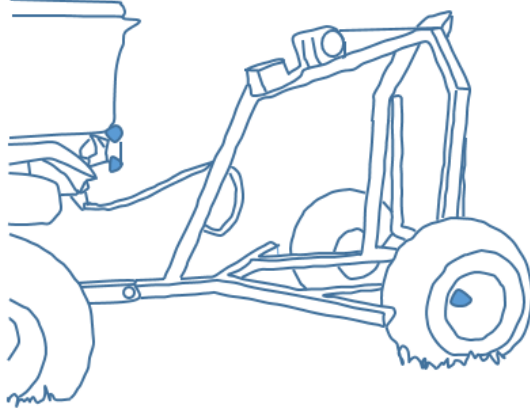
Ülkemizde daha çok düşük silindir hacmine (150-200 cc) sahip rekreasyon amaçlı kullanılan ATV'lerin varlığı düşünüldüğünde, çalışmamızda kullanılması düşünülen 800 cc motor hacmine sahip ATV'nin çalışma başarısını olumlu etkileyeceği açıktır (Şekil 3.3).



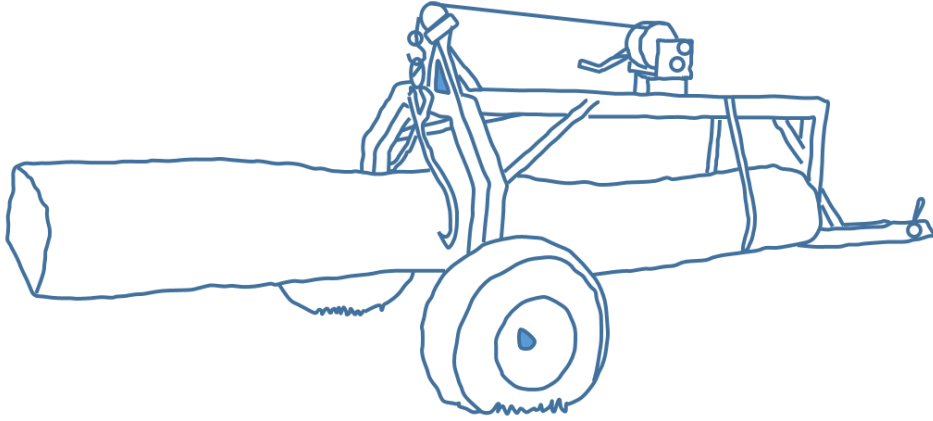
Şekil 3.3: Çalışma kapsamında kullanılacak ATV (800 cc silindir hacmine sahip 4×4 arazi aracı).

Çalışmada kullanılan arazi aracı, Küre Dağları Milli Parkı bünyesinde kullanılan ve makine parkında bulunan uygun özellik ve güçteki arazi aracının kullanılması şeklinde temin edilmiştir. Ayrıca, arazi aracını kullanabilen uygun yeterliliğe sahip profesyonel sürücü ise mevcuttur. Bu durum, sürücünün eğitimi/deneyimi dikkate alınarak çalışmanın verimli gerçekleştirilmesi için önemlidir.

Ürünlerin bölmeden çıkarılması aşamasında arazi aracına monte edilen ekipmanın seçiminde ise, arazi yapısı ve bölmeden çıkarma şekilleri dikkate alınarak sürütmenin yapılabilmesi için 2 farklı ekipman tasarlanmıştır. Tasarlanan ekipmanlar ürünün bir ucunun askıda taşınmasına imkân veren römork (1. ekipman) ile ürünün her iki ucunun askıda taşınmasına imkân veren römork (2. ekipman) şeklinde tasarlanmıştır (Şekil 3.4-3.5). Ekipmanların tasarlanması, alanında uzman çalışanlar tarafından ekipmanın beden gücünün azaltılarak verimliliğinin artırılması ilkesi göz önünde tutularak gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen fikirler ışığında, bu iki ayrı ekipmanın birbiri ile bağlantılı ve birbirine monte edilebilen (kolayca takılıp sökülebilen) taşıyıcı römork olarak tasarlanmasının çalışmanın amaçlarına daha iyi hizmet edeceği, bu şekilde verimlilik analizine olumlu katkı sağlayacağı anlaşılmıştır (Şekil 3.6-3.7).



Şekil 3.4: Ürünün bir ucunun askıda taşınmasına imkân veren ATV'ye monte ekipman (planlanan 1. tasarım).



Şekil 3.5: Ürünün her iki ucunun askıda taşınmasına imkân veren ATV'ye monte ekipman (planlanan 2. tasarım).

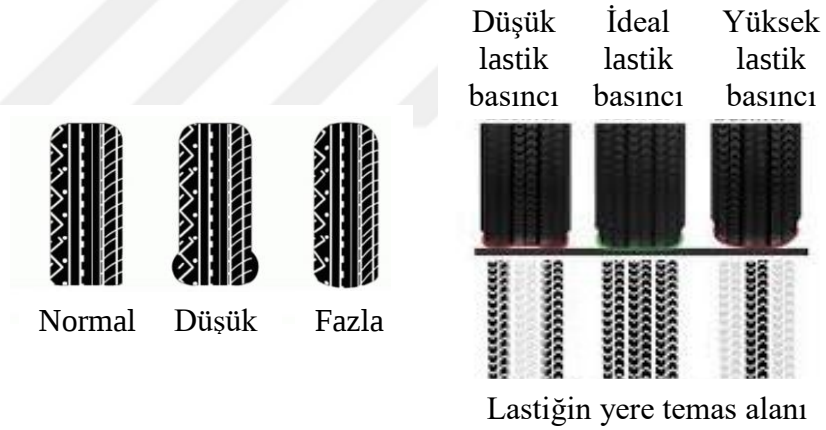


Şekil 3.6: Ürünün bir ucunun askıda taşınmasına imkân veren römork (tasarlanan 1. ekipman).



Şekil 3.7: Ürünün iki ucunun askıda taşınmasına imkân veren römork (tasarlanan 2. ekipman).

Ek ekipmana ait tekerlek seçiminde ise, toprak sıkışıklığının tespitinde lastik basıncının ayarlanabilmesi amacıyla havalı şişme tekerlek kullanılmasının uygun olacağı düşünüldükçe planlama yapılmıştır (Şekil 3.8).



×



×



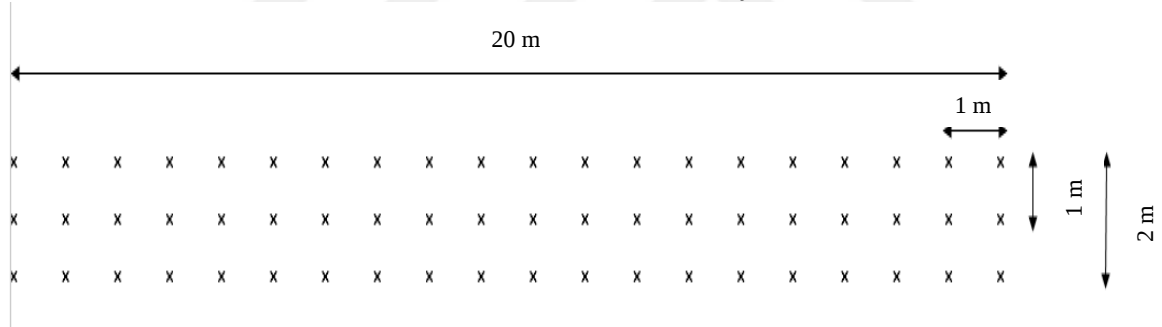
✓

Şekil 3.8: Ek ekipmana ait lastik seçimi.

İş veriminin hesaplanmasında emvalin yüklenmesi, sürütülmesi, boşaltılması ve zaman kayıpları verim analizinde iş safhaları olarak kullanılmıştır. Zaman ölçümleri, kronometreler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Söz konusu farklı ekipmanlar için gerçekleştirilen ölçümler emval boyu ve çapı ile ilişkilendirilerek ilişkinin düzeyi belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında verilerin toplanmasına başlanmadan önce ilk olarak işlem görmemiş çalışma alanındaki toprak sıkışıklığı değerleri penetrologger toprak sertlik ve sıkışıklılık ölçer cihazı ile tespit edilmiştir. Bu işlem, ürünlerin sürütülmesi ve taşınması sırasında sonradan toprakta meydana gelen toprak sıkışıklığı değerlerinin karşılaştırmalı analizi için gereklidir. Bu kapsamda, 20 metre uzunluk ve 2 metre genişlikte belirlenmiş alanlar üzerinde her bir metrede bir noktalar belirlenmiş ve işaretli noktalar üzerinde (toplam 60 nokta) toprak sıkışıklığı değerleri ölçülmüştür (Tablo 3.2). Bu işlem, her bir ekipman ve farklı çap kademelerindeki tomruklar için ayrı ayrı yapılmış ve her bir sürütme sonrası tekrar edilmiştir.

Tablo 3.2: Deneme deseninin oluşturulması.



× = Toprak sıkışıklığının tespiti amacıyla ölçüm yapılacak noktalar.

Ürünün sürütülmesi/taşınması her bir sefer için ayrı ayrı toprak sıkışıklığının tespiti, verimlilik hesabı, zaman ölçümü şeklinde olmak üzere toplam 20 sefer üzerinden yapılmıştır. Çalışma, 2 farklı ekipman (ürünün bir ucunun askıda taşınmasına imkân veren römork ile ürünün her iki ucunun askıda taşınmasına imkân veren römork) kullanılarak, 2 farklı ağaç türü (kayın /geniş yapraklı ve sahil çamı / iğne yapraklı) ile 3 farklı çaptaki (20 cm, 30 cm, 40 cm) ürünlerin sürütülmesi/taşınması şeklinde gerçekleştirilmiştir (Tablo 3.3).

Tablo 3.3: Çalışmaya ait deneme deseni, kullanılan örnek ekipmanlar ve tekrar sayıları.

[illegible]

3.1 Çalışma Alanının Tespiti ve Hazırlanması

Çalışma kapsamında hazırlanan iş akışına göre öncelikle uygun eğitim derecesi dikkate alınarak (% 0-20 eğitim) alternatif çalışma alanları belirlenmiştir. Uygun eğitim derecelerine sahip farklı çalışma alanları içerisinde ise araziyi iyi bilen orman muhafaza memuru ile;

1. Üzerinde daha önce toprak sıkışıklığına neden olabilecek herhangi bir toprak ya da meşcere faaliyetin (üretim vb.) yapılmamış olması,
2. Tesisi düşünülen sürütme yolları üzerinde yapılması muhtemel kesim işlemleri sonucunda bu ürünlerin alandan uzaklaştırılırken toprağı sıkıştıracağı yaklaşımdan hareketle herhangi bir kesim işlemini gerektirmeyecek olması,

gibi faktörler dikkate alınarak çalışmanın başarıya ulaşması için en uygun çalışma alanı, Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü, Bartın Orman İşletme Müdürlüğü, Bartın Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan Çmc2/Kn3 meşcere tipine sahip 90 ve 91 nolu bölmeler çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 3.9).

Deneme desenlerinin rahatça oluşturulabilmesi, sürütme şeritlerinin belirlenebilmesi dolayısıyla sürütme işleminin rahatça yapılabilmesi için çalışma sahasındaki mevcut diri örtü tabakasının temizliği yapılmıştır (Şekil 3.10). İnsan gücü ile yapılan diri örtü temizliğinde gürebi, balta, tahra, el testeresi v.b. gibi aletler kullanılmış, toprak ve meşcereye etkisi olacak herhangi bir makineli çalışmada bulunulmamasına özen gösterilmiştir.

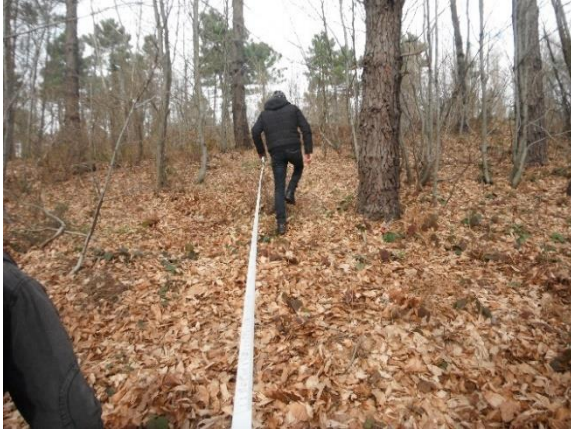


Şekil 3.9: Çalışma alanının tespiti.



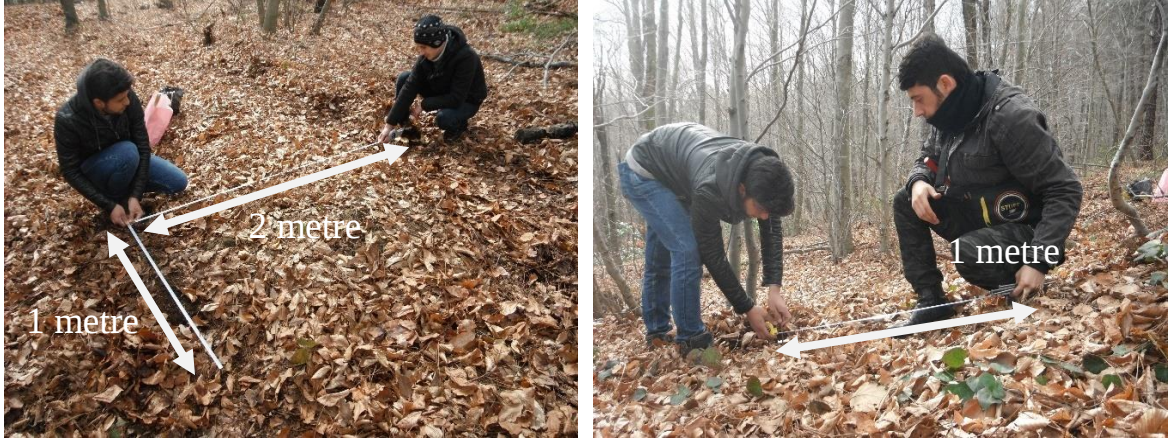
Şekil 3.10: Çalışma alanı üzerinde diri örtü temizliğinin yapılması.

Ürünlerin sürütülmesi ve taşınması için sürütme işleminin yapılacağı sürütme şeritlerine ait uygun güzergâhlar belirlenmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11: Sürütme şeritlerine ait uygun güzergâhların belirlenmesi.

Ürünlerin sürütülmesi ve taşınması sırasında toprakta meydana gelecek toprak sıkışıklığı değerlerinin ölçülebilmesi için Tablo 3.2'deki deneme deseni dikkate alınarak her bir metrede bir noktalar alınmak suretiyle 10 metre uzunluk ve 2 metre genişlikte 12 farklı alan (sürütme şeridi) belirlenmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12: Sürütme şeritleri içerisinde deneme desenlerinin oluşturulması.

Ayrıca, çalışmanın amacına ulaşmasında sürütme şeritleri arasında belirgin eğim farklılıklarının yaşanmaması, dolayısıyla kıyaslamaların sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi amacıyla sürütme şeritleri olabildiğince birbirine paralel alınmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13: Birbirine paralel sürütme şeritlerinin oluşturulması.

Bu şekilde lastik tekerlekli olarak kullanılan ATV ile ATV'ye monte bir ucu ve her iki ucu askıda olmak üzere tasarlanan iki farklı ekipman ve bu ekipmanlarla kayın ve sahil çamı türleri kullanılarak 21 cm, 30 cm ve 40 cm çaplarındaki ürünlerin taşınmasında yukarıdan aşağıya doğru yapılan sürütme ve taşıma işlemleri için 12 sürütme şeridi oluşturulmuştur (Şekil 3.14).



Şekil 3.14: Sürütme şeritleri ve deneme desenlerinin oluşturulması.

Yapılan saha çalışmalarının kontrolü yapılarak olumsuzlukların tespit edilmesi ve giderilmesi sağlanmıştır (Şekil 3.15).

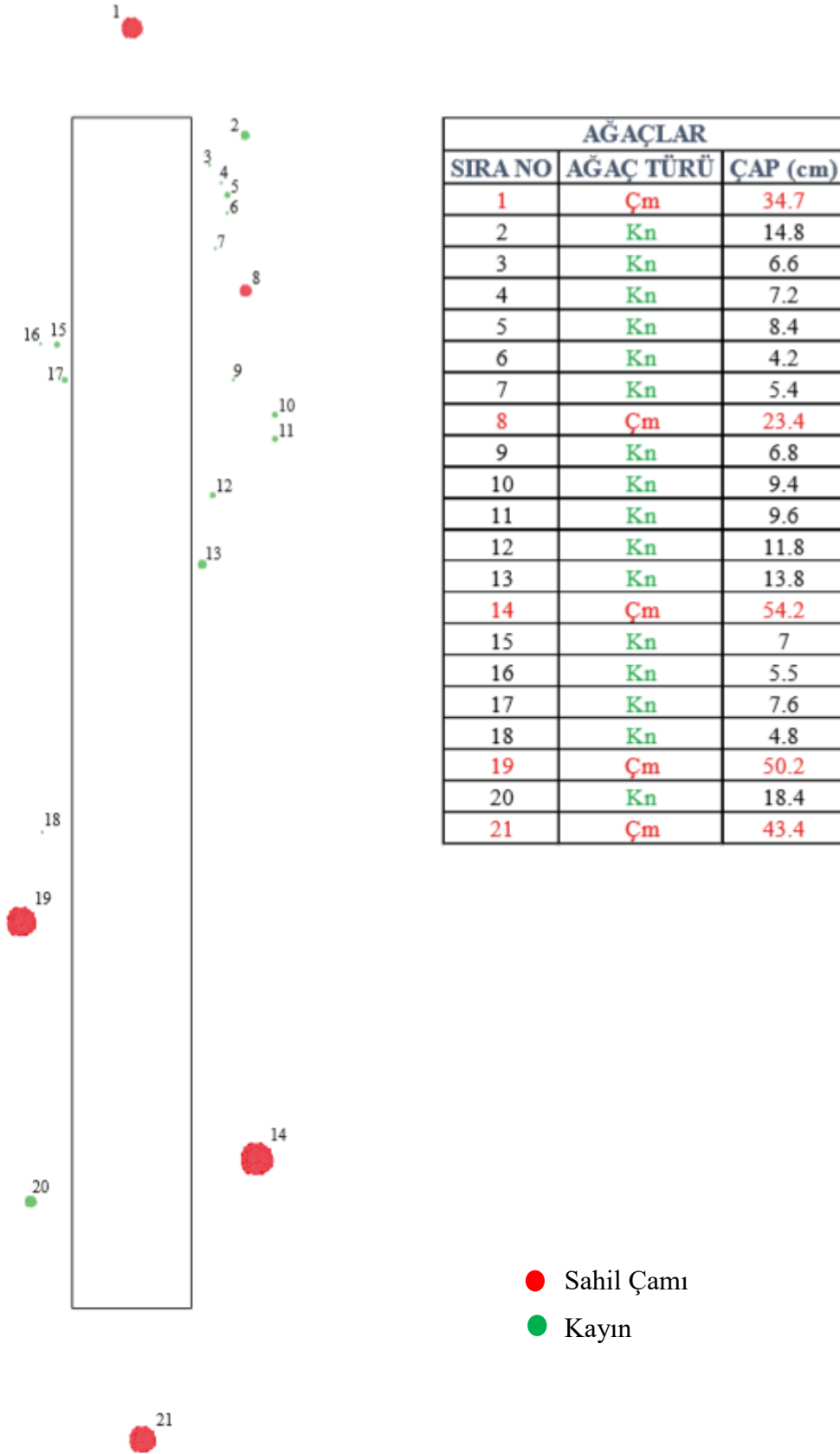


Şekil 3.15: Saha çalışmalarının kontrollerinin yapılması.

Ayrıca, her bir sürütme şeridi içinde ve yakınında bulunan her bir ağaç türü ve ağaç türlerine ait çap kademeleri de kayıt altına alınarak meşcere ve ağaç zararlarına yönelik bulgular ortaya konulmuş, çeşitli önerilerde bulunulmuştur (Şekil 3.16-3.27).

1. ALAN 1 EKİPMAN (LASTİK TEKERLEKLİ) SAHİL ÇAMI - 30 CM

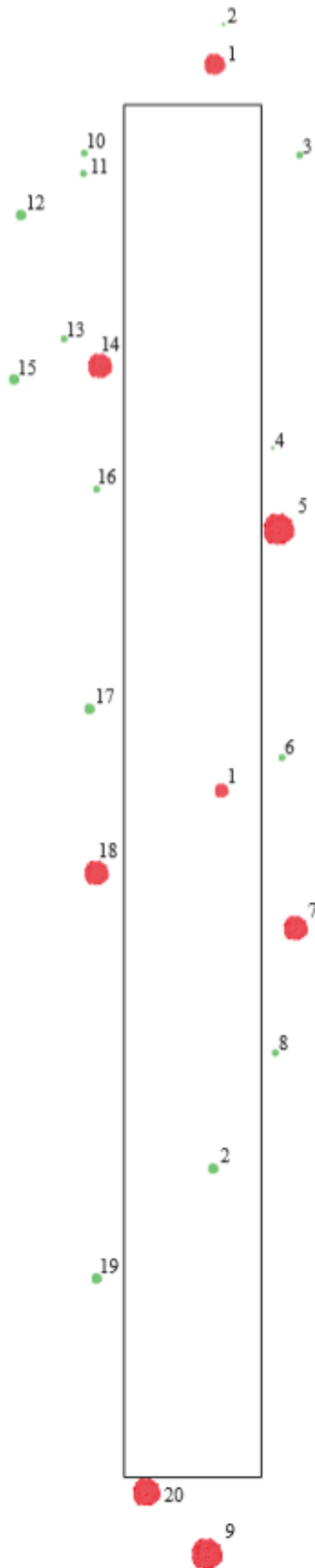
Ölçek: 1/100



Şekil 3.16: 1. alana ait ağaç türlerinin yayılışı ve çap kademeleri.

2. ALAN 1 EKİPMAN (LASTİK TEKERLEKLİ) SAHİL ÇAMI - 20 CM

Ölçek: 1/100



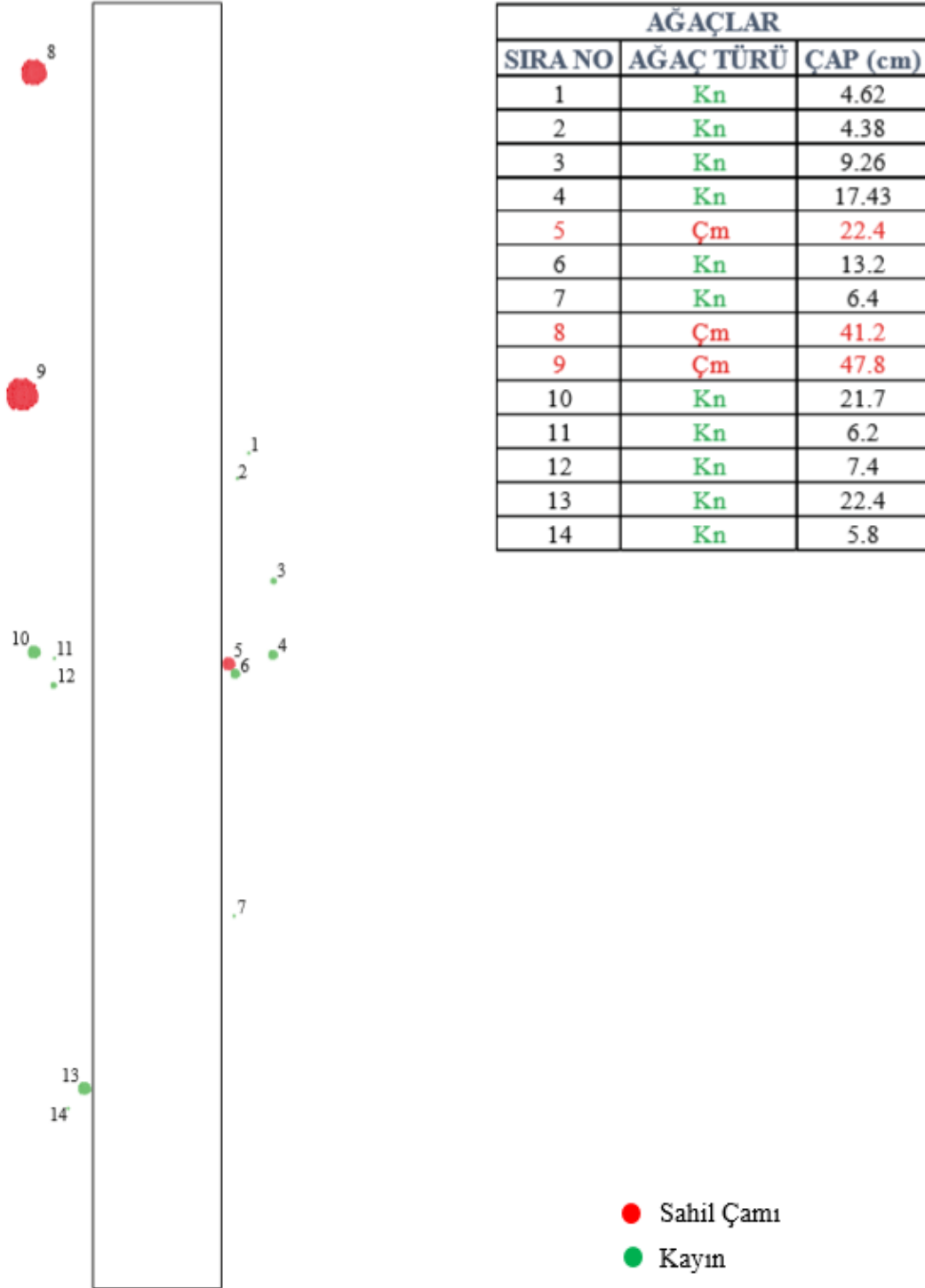
AĞAÇLAR		
SIRA NO	AĞAÇ TÜRÜ	ÇAP (cm)
1	Çm	27.4
2	Kn	6.2
3	Kn	12.2
4	Kn	6.4
5	Çm	43.5
6	Kn	11.2
7	Çm	36.8
8	Kn	10.6
9	Çm	45.2
10	Kn	9.8
11	Kn	8.8
12	Kn	15.2
13	Kn	8.3
14	Çm	34.4
15	Kn	14.6
16	Kn	11.3
17	Kn	14.4
18	Çm	36.8
19	Kn	13.2
20	Çm	41.6
ALAN İÇİ ÖLÇÜMLER		
1	Çm	22.2
2	Kn	16.6

● Sahil Çamı
● Kayın

Şekil 3.17: 2. alana ait ağaç türlerinin yayılışı ve çap kademeleri.

3. ALAN 1 EKİPMAN (LASTİK TEKERLEKLİ) SAHİL ÇAMI - 40 CM

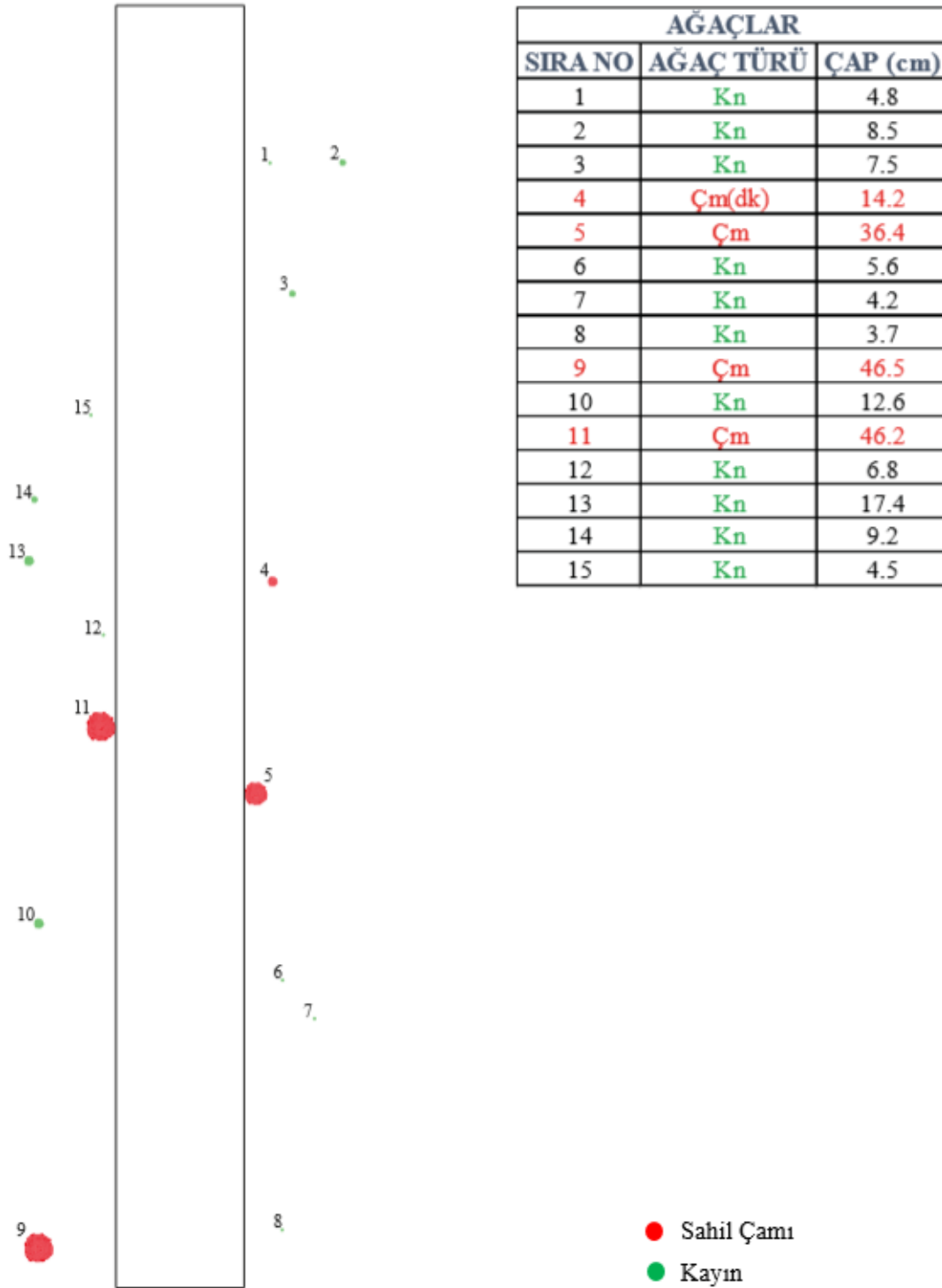
Ölçek: 1/100



Şekil 3.18: 3. alana ait ağaç türlerinin yayılımı ve çap kademeleri.

4. ALAN 1 EKİPMAN (LASTİK TEKERLEKLİ) KAYIN - 30 CM

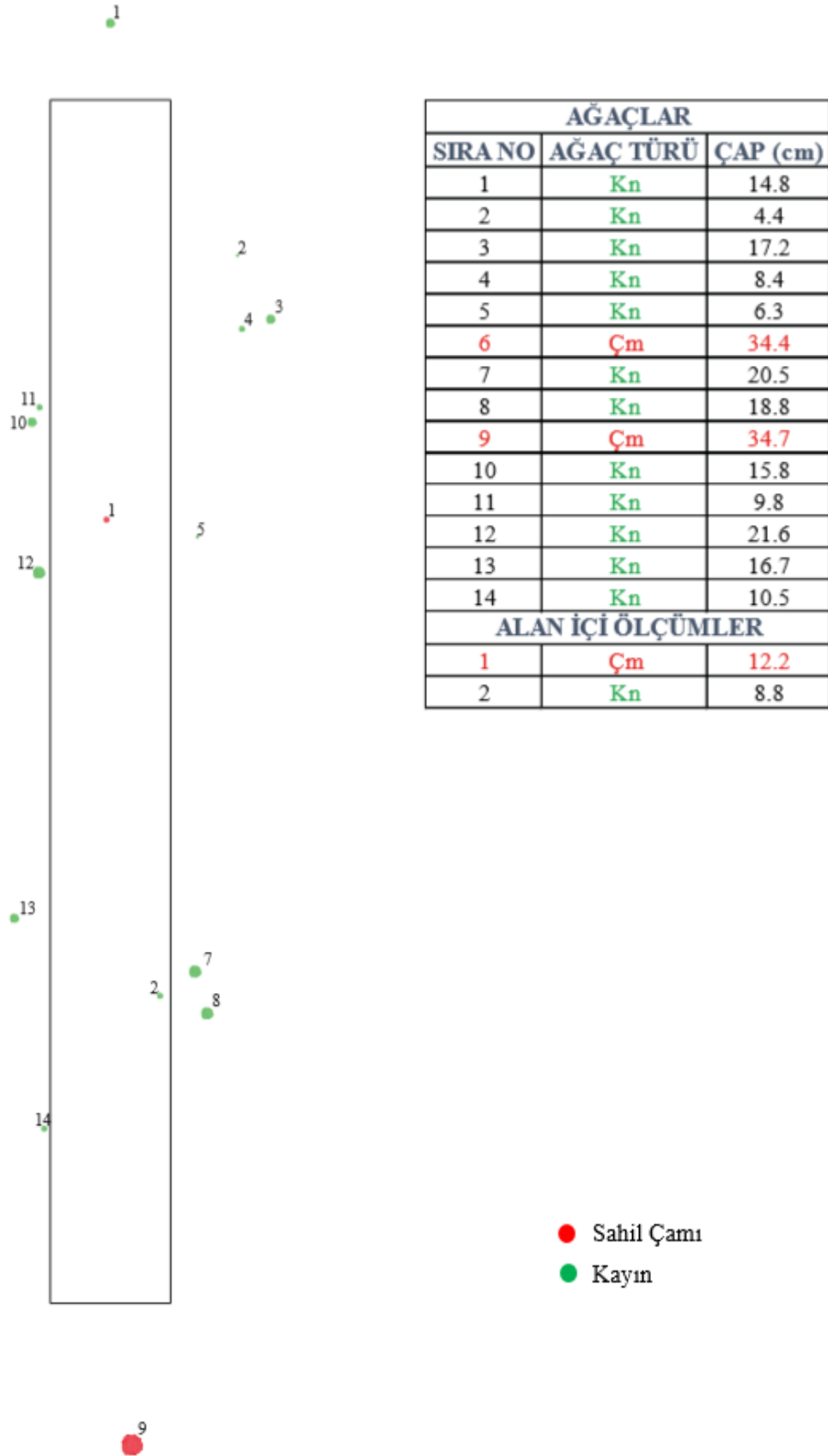
Ölçek: 1/100



Şekil 3.19: 4. alana ait ağaç türlerinin yayılışı ve çap kademeleri.

5. ALAN 1 EKİPMAN (LASTİK TEKERLEKLİ) KAYIN - 20 CM

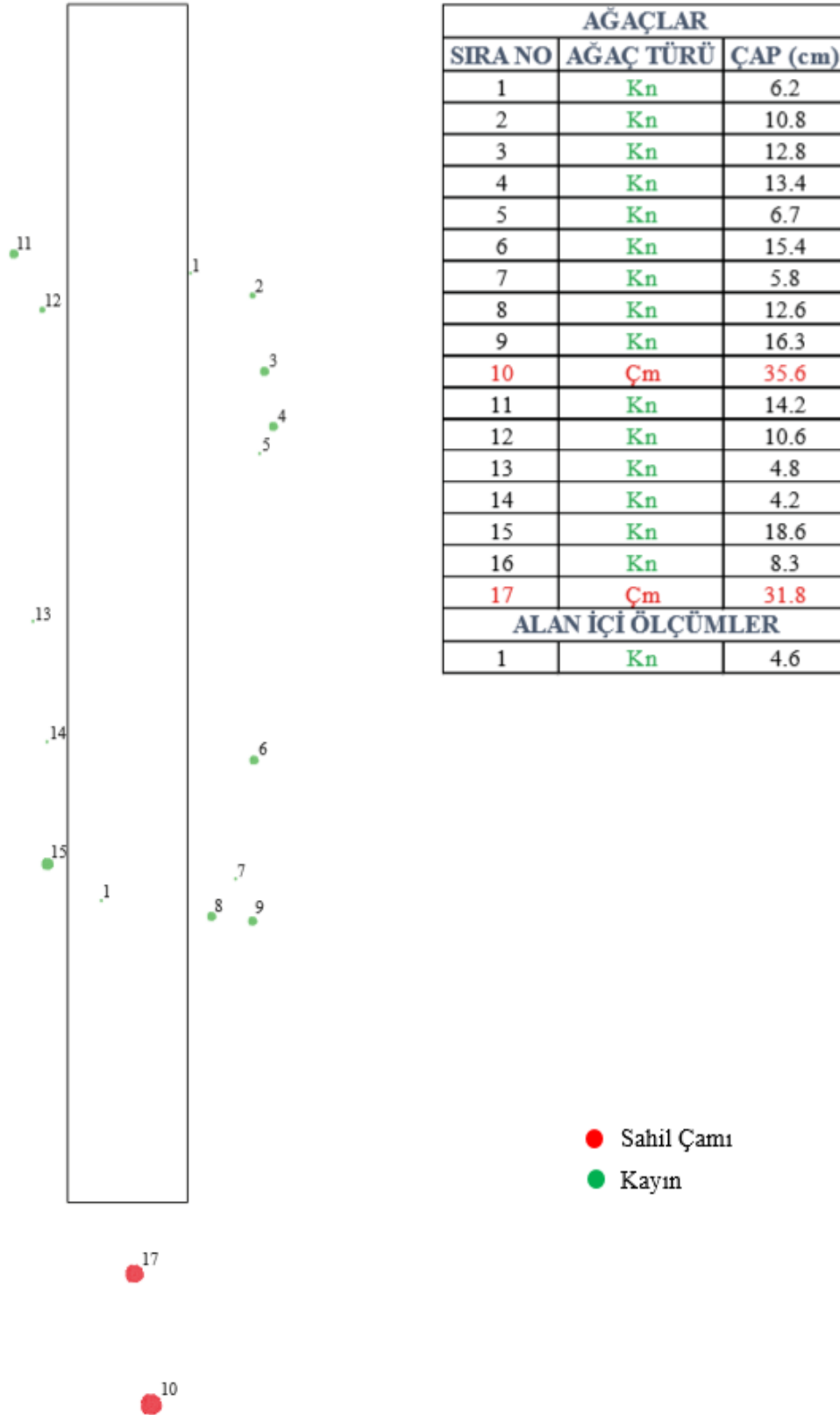
Ölçek: 1/100



Şekil 3.20: 5. alana ait ağaç türlerinin yayılışı ve çap kademeleri.

6. ALAN 1 EKİPMAN (LASTİK TEKERLEKLİ) KAYIN - 40 CM

Ölçek: 1/100



Şekil 3.21: 6. alana ait ağaç türlerinin yayılışı ve çap kademeleri.

7. ALAN 2 EKİPMAN (LASTİK TEKERLEKLİ) KAYIN - 40 CM

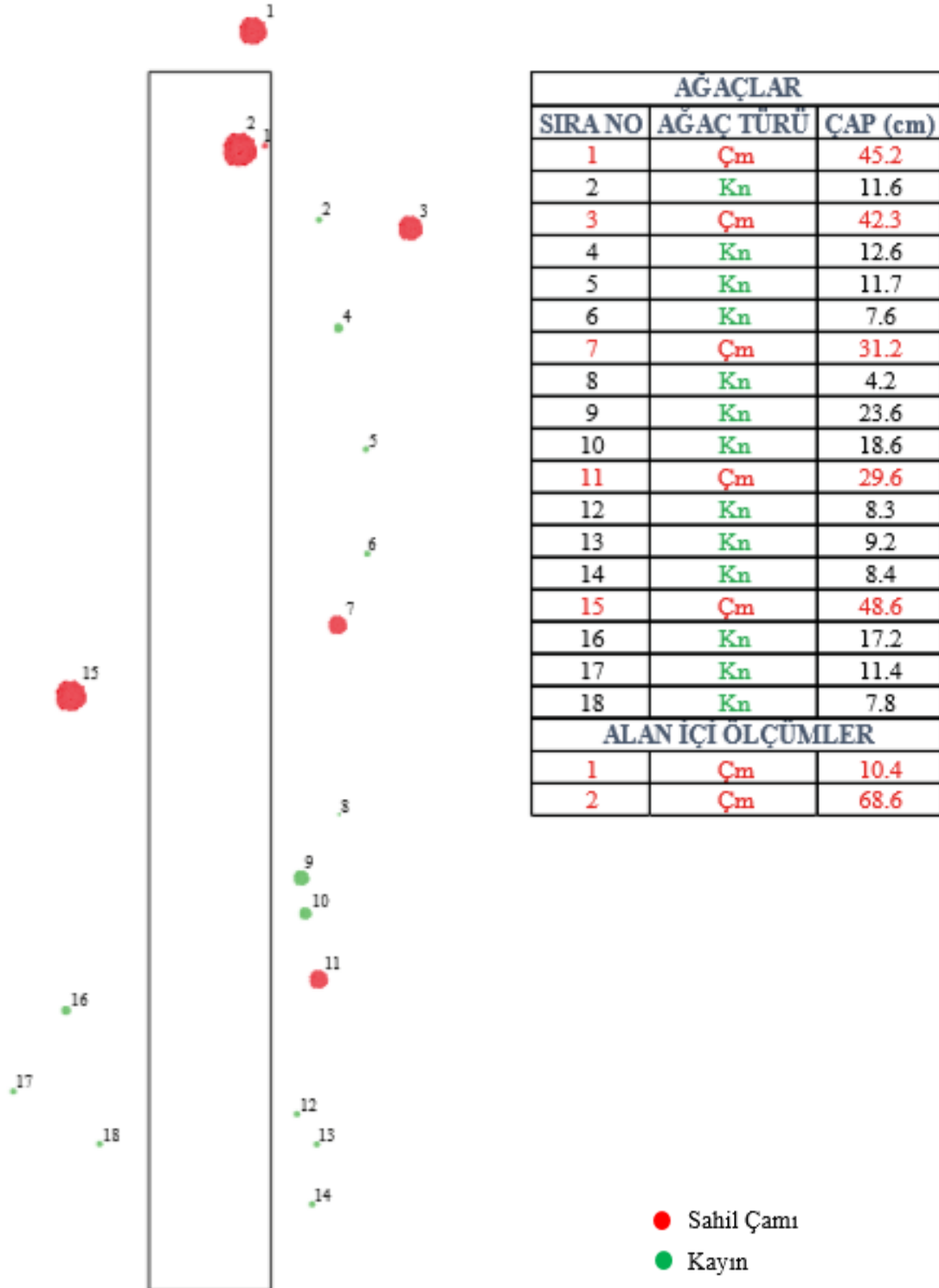
Ölçek: 1/100



Şekil 3.22: 7. alana ait ağaç türlerinin yayılışı ve çap kademeleri.

8. ALAN 2 EKİPMAN (LASTİK TEKERLEKLİ) KAYIN - 20 CM

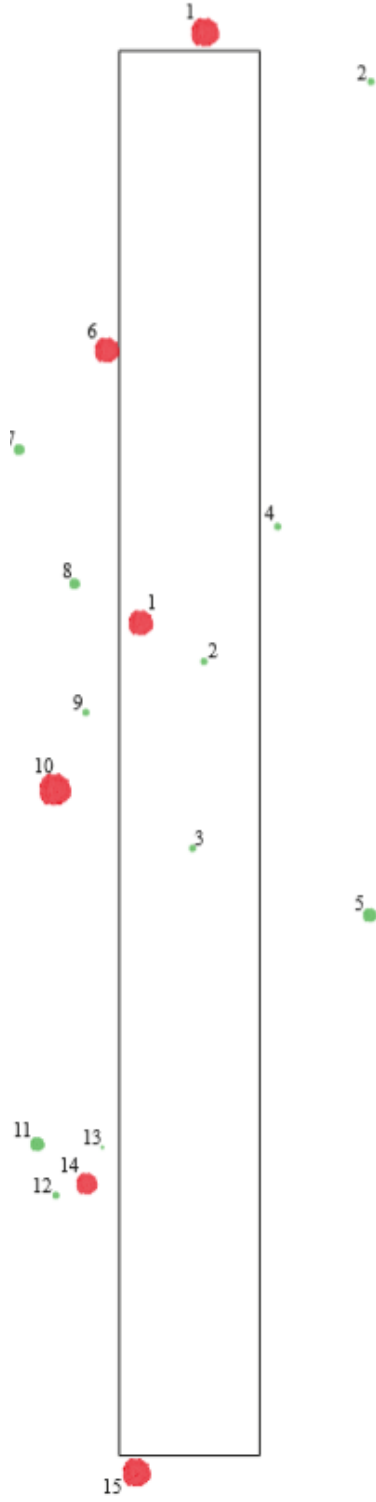
Ölçek: 1/100



Şekil 3.23: 8. alana ait ağaç türlerinin yayılışı ve çap kademeleri.

9. ALAN 2 EKİPMAN (LASTİK TEKERLEKLİ) KAYIN - 30 CM

Ölçek: 1/100



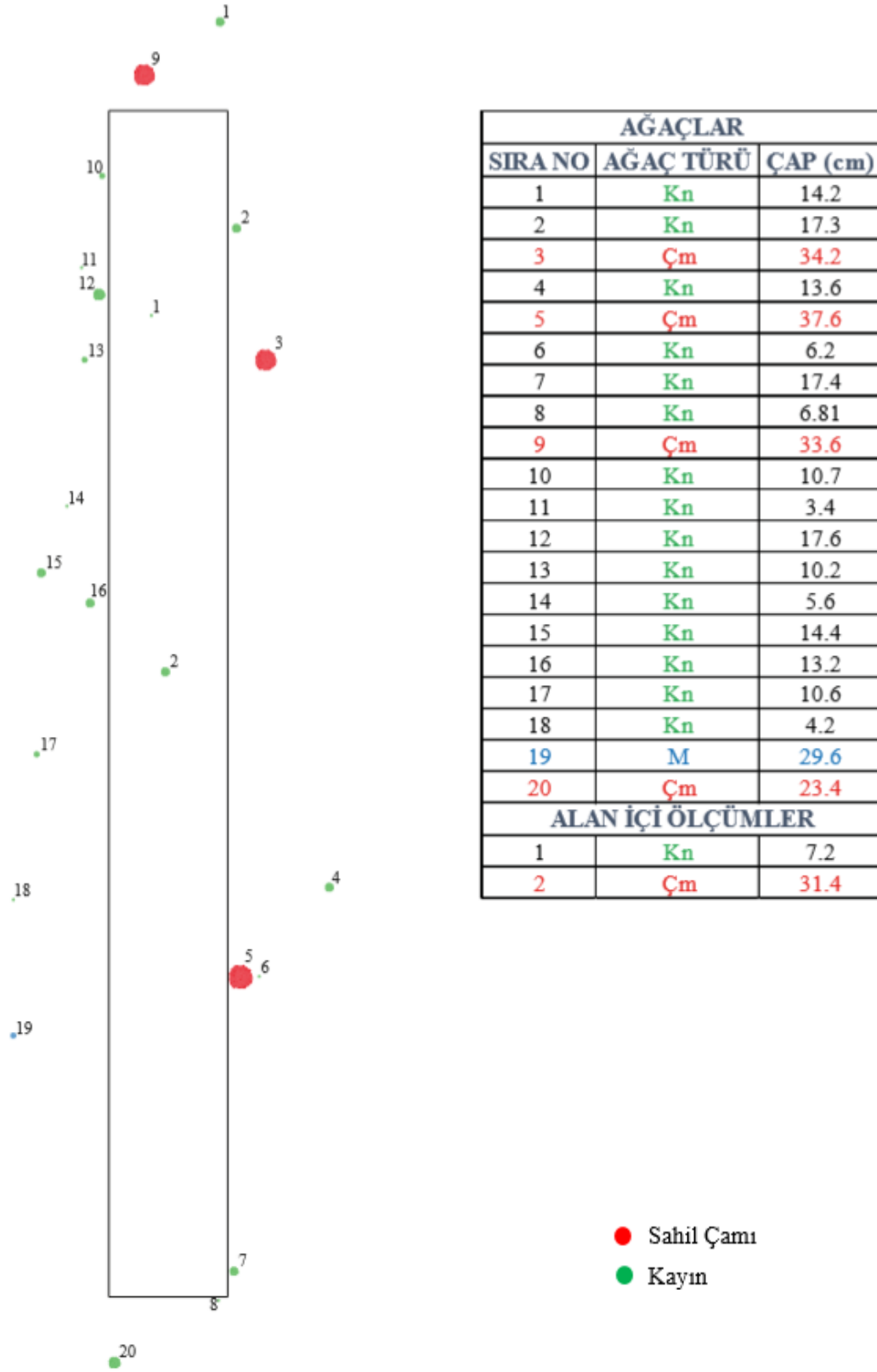
AĞAÇLAR		
SIRA NO	AĞAÇ TÜRÜ	ÇAP (cm)
1	Çm	39.8
2	Kn	10.8
3	Kn	9.2
4	Kn	10.6
5	Kn	21.7
6	Çm	36.4
7	Kn	16.7
8	Kn	15.4
9	Kn	11.3
10	Çm	46.2
11	Kn	18.4
12	Kn	9.8
13	Kn	5.8
14	Çm	31.8
15	Çm	42.4
ALAN İÇİ ÖLÇÜMLER		
1	Çm(dk)	14.6
2	Kn	22.8
3	Kn	18.4

● Sahil Çamı
● Kayın

Şekil 3.24: 9. alana ait ağaç türlerinin yayılışı ve çap kademeleri.

10. ALAN 2 EKİPMAN (LASTİK TEKERLEKLİ) SAHİL ÇAMI - 40 CM

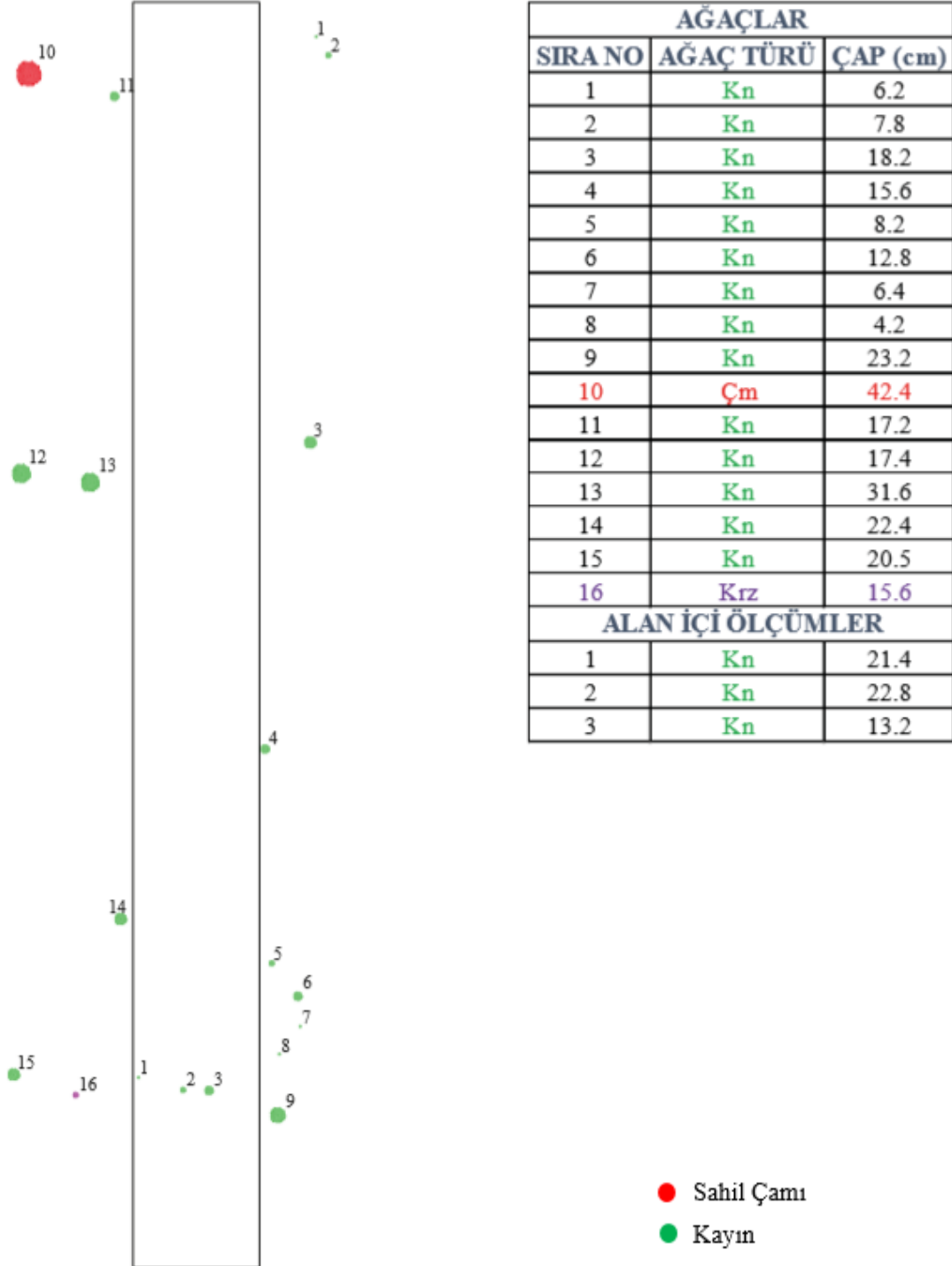
Ölçek: 1/100



Şekil 3.25: 10. alana ait ağaç türlerinin yayılışı ve çap kademeleri.

11. ALAN 2 EKİPMAN (LASTİK TEKERLEKLİ) SAHİL ÇAMI - 20 CM

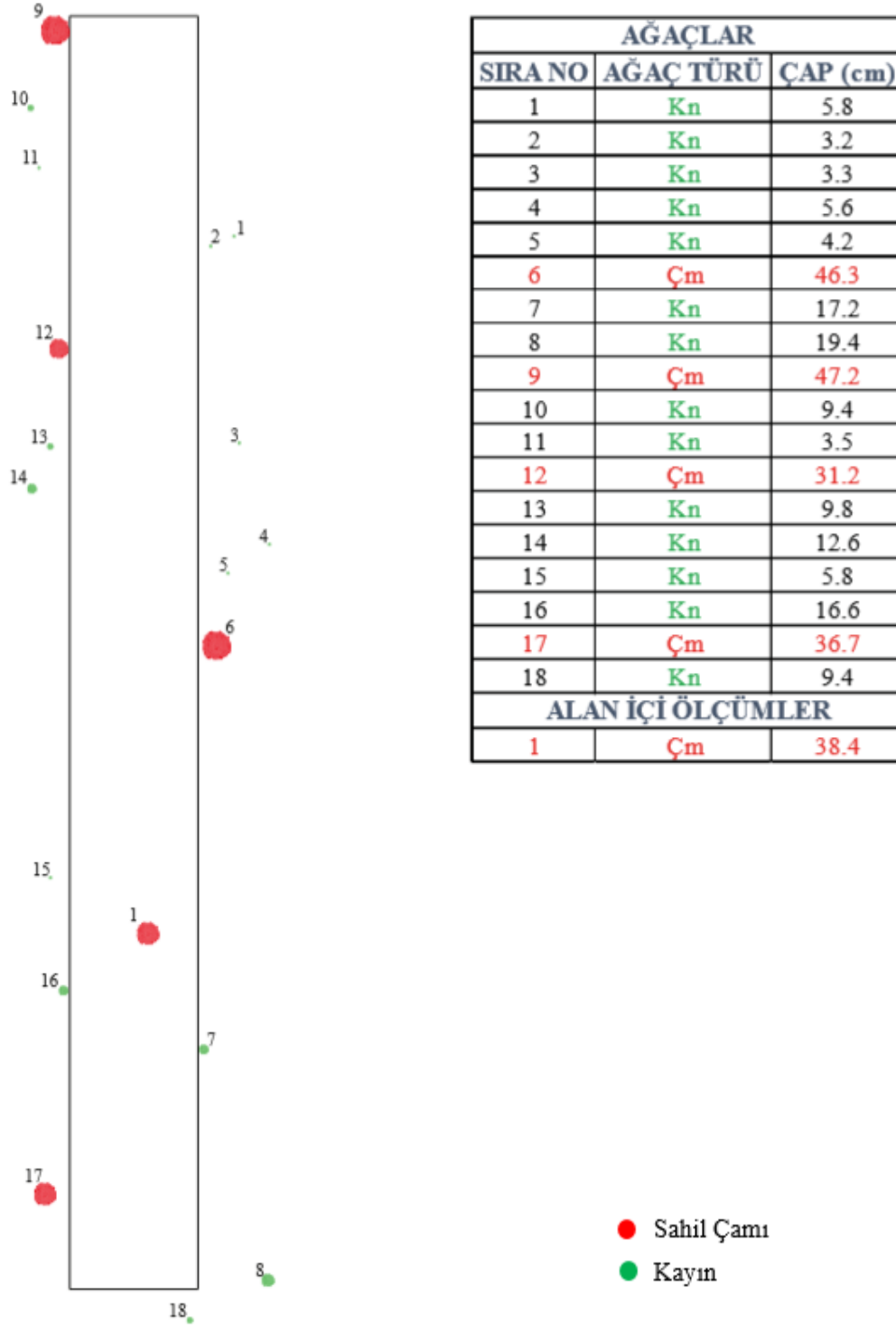
Ölçek: 1/100



Şekil 3.26: 11. alana ait ağaç türlerinin yayılışı ve çap kademeleri.

12. ALAN 2 EKİPMAN (LASTİK TEKERLEKLİ) SAHİL ÇAMI - 30 CM

Ölçek: 1/100



Şekil 3.27: 12. alana ait ağaç türlerinin yayılışı ve çap kademeleri.

3.2 Ekipmanların Tasarlanması ve Yapımı

Daha önce paylaşıldığı gibi, Şekil 3.4 ve 3.5'ten yola çıkarak ürünün bir ucunun askıda taşınmasına imkân verecek römork ile ürünün her iki ucunun askıda taşınmasına imkân verecek römork şeklinde 2 farklı ekipmanın tasarlanması planlanmıştır. Ancak iki ayrı ekipmanın birbiri ile bağlantılı ve birbirine monte edilebilen (kolayca takılıp sökülebilen) tek bir ekipman (taşıyıcı römork) olarak tasarlanması halinde çalışmanın verimliliğinin artacağı açıktır. Bu nedenle, Şekil 3.6 ve 3.7'de olduğu gibi planlama bu hedef doğrultusunda tekrar revize edilmiştir. Buradan hareketle taşıyıcı römorkun yalnızca şase kısmı kaynaklı olup diğer kısımları ise verimliliğin artırılması ve zaman tasarrufu sağlanması amacıyla sökülüp takılabilir özelliktedir. Ayrıca diğer bir önemli özellik olarak, kullanılan parçalar (tekerler, diskler, fren sistemi gibi) Tofaş marka binek otomobil parçalarından temin edilerek arıza anında parçalara her yerden kolayca ulaşılabilmesine de olanak sağlamıştır.

Ekipmanların tasarlanmasında, arazi yapısı ve bölmeden çıkarma şekilleri dikkate alınarak değerlendirmeler yapılmıştır. Değerlendirmeler ışığında ülkemiz ormancılık şartları, doğa koşulları ve ormancılık hedefleri dikkate alınarak tasarımların bu çerçevede gerçekleştirilmesi için yoğun çaba harcanmıştır. Bu kapsamda, tasarlanan ekipmanların bir yandan ağırlığının (beden gücünün) minimuma indirilerek verimliliğinin artırılması ve toprağa baskı derecesinin azaltılmasına bir yandan da malzeme yorgunluğu dikkate alınarak kırılma-eğilme olmamasına dolayısıyla mukavemetin artırılmasına yönelik farklı çözüm önerileri geliştirilmiştir (Şekil 3.28).



Şekil 3.28: Ekipmanların ülkemiz ormancılık koşullarına uygun tasarlanmasına yönelik değerlendirme toplantılarının yapılması.

Ayrıca üretim aşamasında en önemli problemlerden biri olan iş sağlığı ve güvenliği kriterleri de dikkate alınarak engebeli ve düzgün arazi yapısına sahip olmayan ülkemiz ormancılığı için tasarlanan bu ekipmanların güvenlik kriterlerini sağlamasına yönelik te ek çalışmalar yapılarak uygulamaya geçirilmiştir. Bu aşamada uygulanabilirlik anlamında çalışmamıza katkı sağlayan, örnek teşkil eden diğer araçlardaki benzer sistemler de incelenmiş, üzerinde tartışılırken uygun kararlar verilmiştir (Şekil 3.29). Örneğin; ön ve arkada yay olarak helezon yay ve amortisörlerin kullanıldığı binek otomobiller ile önde yay olarak helezon ve amortisörlerin, arkada ise yaprak yay-makas ve amortisörlerin kullanıldığı hafif ticari araçların (kamyonet, minibüs) aksine konfordan çok daha çok yük taşıyabilme beklentisi olan ağır araçlarda ise hem ön hem de arka süspansiyonda sabit süspansiyon sistemi kullanılmaktadır.



Şekil 3.29: Çok yük taşıyabilme beklentisi olan ağır araçlarda süspansiyon sistemi.

Ayrıca, imalat aşamasında taşıyıcı römorkun taşıyabileceği ağırlığın ortaya konulması ve buna uygun imalatının yapılması amacıyla önce ilgili hesaplamalar yapılmıştır. Bu çalışmada 3 metre uzunluğunda, 20 cm, 30 cm ve 40 cm çapında tomruklar taşınacağı için hesaplamalar çap 50 cm'e göre yapılmıştır.

Kütle: Cisim içerisinde değişmeyen madde miktarıdır. Kütle "m" ile gösterilir ve eşit kollu teraziyle ölçülür. Tomruğu kabaca silindir olarak düşünür ve hesaplamamızı da buna göre yaparsak (silindirin kütlesini değil de hacmini ölçebiliriz):

Eşitlik 1'e göre silindirin hacmi : Taban alanı $\times$ yükseklik'tir.

$$V = \Pi .r^2.h \quad (1)$$

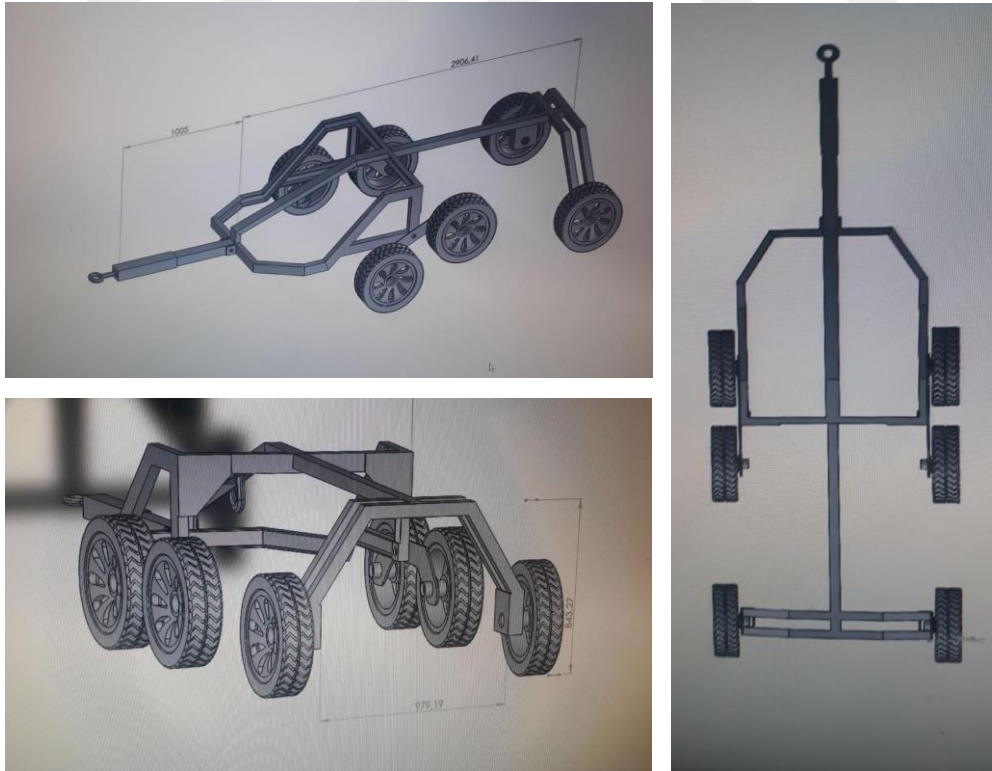
r; silindirin taban veya tavan dairesinin yarı çapı ve h; silindirin yüksekliği olmak üzere:

$$V = 3.14 \times 25^2 \times 3$$

$$V = 5,888 \text{ m}^3 \quad (3\text{m boy } 50 \text{ cm çaptaki tomruğun hacmi})$$

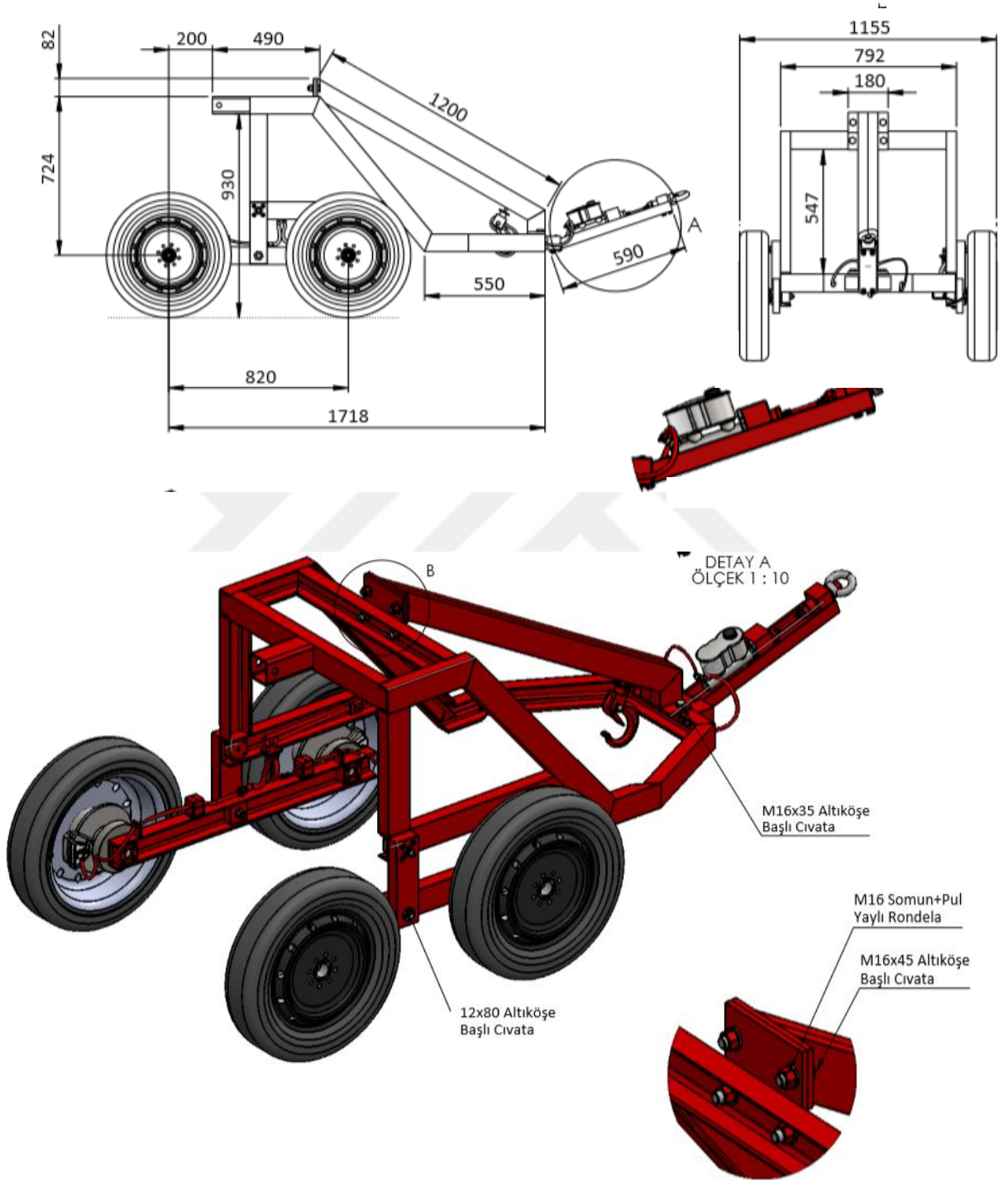
(Orman ürünleri hacim tablosundan da ayrıntılı olarak bakılabilir).

Buna göre; 5,888 m³ hacmindeki kayın ağacı tomruğunun ağacın kesildiği yerin bakışı, ağacın kesim dönemi (kışın su çekilir, bahar su yürür), rakım gibi faktörlere bağlı olarak yaklaşık olarak 646,8-705,6 kg geldiği varsayılarak taşıyıcı römorkun imalatı gerçekleştirilmiştir. Buna göre ekipmanlar üzerinde farklı tasarımlar yapılmasına yönelik geliştirilen önerilerin ekonomik, ekolojik, iş güvenliği ve diğer etkileri tartışılarak nihai kararlara varılmış ve tasarımlara ait yapım aşamasında altlık teşkil edecek çizimler (uzunluk, genişlik, derinlik vd. bilgiler) CAD ortamında oluşturulmuştur (Şekil 3.30-3.35).

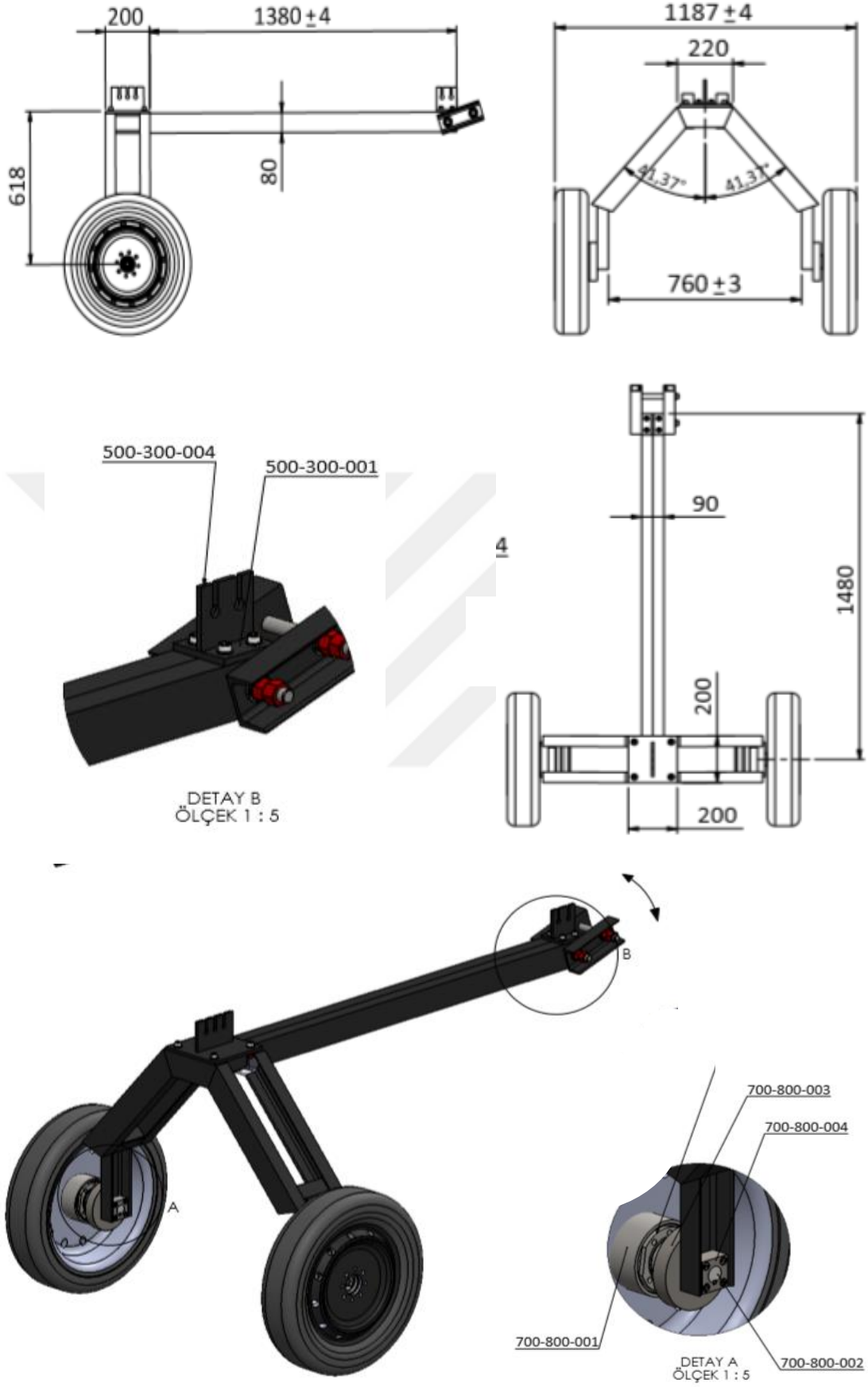


Şekil 3.30: Tasarım aşamasından önce CAD ortamında çizimlerin oluşturulması.

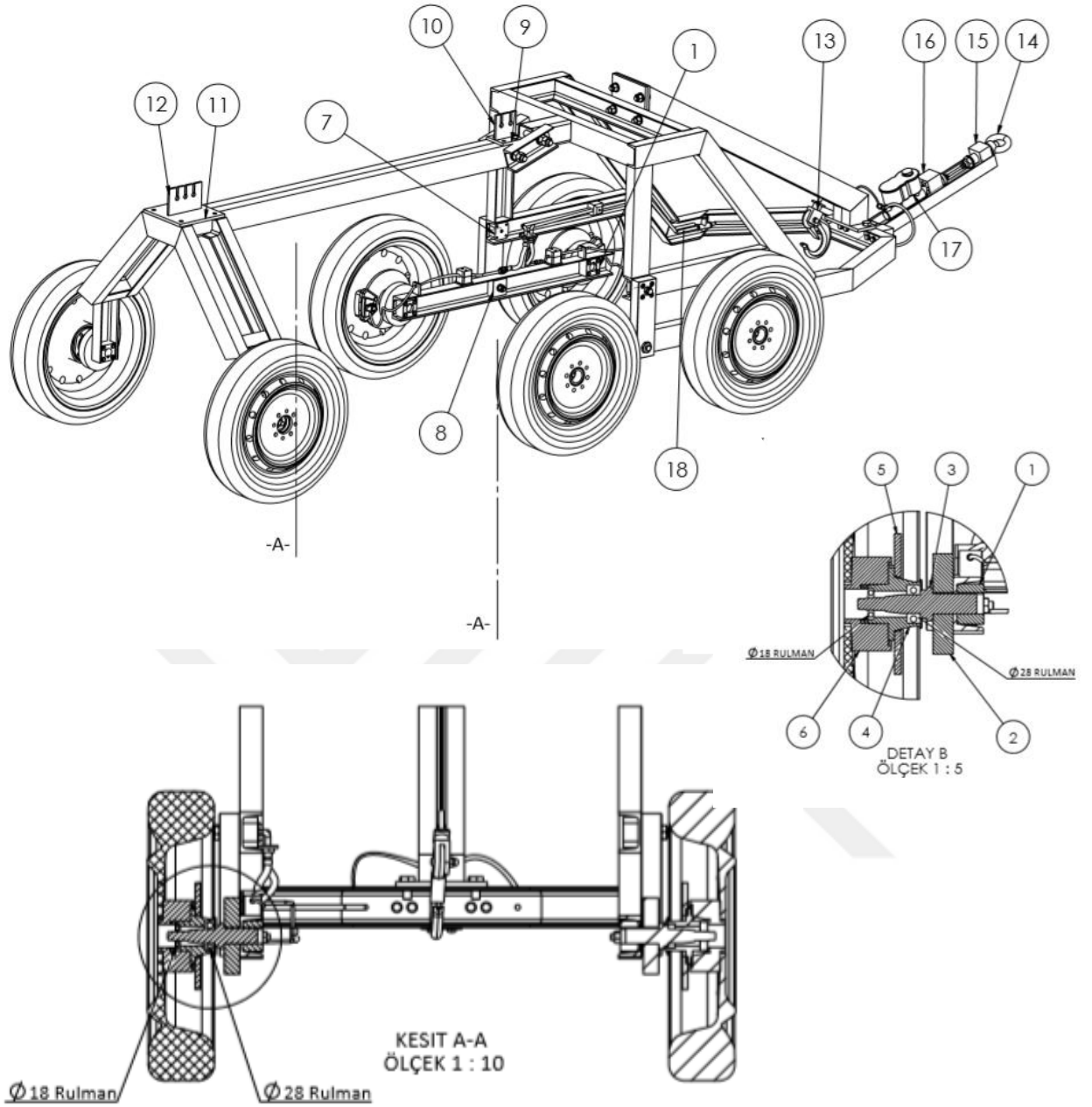
Ormancılık koşulları dikkate alınarak çizimlerin revize edilmiş hali ise aşağıdadır. Ek olarak; tasarlanarak üretimi yapılan römork sistemi için, 2018/12730 başvuru numarası ve ‘Fren Sistemli Taşıyıcı Römork Sistemi’ buluş adı ile patent başvurusunda bulunulmuştur.



Şekil 3.31: 1.ekipmana ait (ATR-1) detay montaj resmi.



Şekil 3.32: 2.ekipmana ait (ATR-2) detay montaj resmi.



1	Teker Merkez Takozu	10	Kanallı saç
2	Teker merkez disk	11	200×200 plaka
3	Aks mili	12	Arka kanallı saç
4	Teker rulman yatağı	13	Mapa
5	Fren diski-fren	14	Çeki Demiri
6	Teker bağlantı makarası	15	Çektirme Takozu
7	Tandem merkez takozu	16	Fren deposu bağlantı takozu
8	Tandem alt takozu	17	Fren deposu
9	Kanallı saç bağlantı plakası	18	Fren sistemi tesisatı

Şekil 3.34: Tandem ve bağlantı detaylarına ait montaj resmi.



Şekil 3.35: Çizimlere ait 3 boyutlu görseller.

Ekipmanların yapımına ilişkin her bir aşama ise Ek-1’de paylaşılmıştır.

Ekipman tasarımı ile ilgili olarak başlangıçta verilen taslak üzerinde gelişen teknoloji ve ormancılık koşulları dikkate alındığında verimliliğin artırılması, zaman tasarrufu sağlanması, ekipmanın toprağa baskı derecesinin azaltılması, malzeme yorgunluğu dikkate alınarak kırılma-eğilme olmamasına dolayısıyla mukavemetin artırılması ve bu ekipmanların güvenlik kriterlerini sağlamasına yönelik farklı çözüm önerileri geliştirilmiştir. Bu amaçla tasarlanan ekipman üzerinde asansör sistemi, hidrolik fren sistemi gibi ek donanımlar da eklenerek ekipman daha kullanışlı olarak tasarlanmıştır. Başlangıçta ürünün bir ucunun askıda taşınmasına imkân verecek römork ile ürünün her iki ucunun askıda taşınmasına imkân verecek römork şeklinde tasarlanması planlanan 2 farklı ekipmanın birbiri ile bağlantılı ve birbirine monte edilebilen (kolayca takılıp sökülebilen) tek bir ekipman (taşıyıcı römork) olarak tasarlanmasının halinde çalışmanın verimliliğinin artacağı düşünülmüş, bu nedenle planlama bu hedef doğrultusunda tekrar revize edilmiştir. Buradan hareketle taşıyıcı römorkun yalnızca şase kısmı kaynaklı olup diğer kısımları ise verimliliğin artırılması, zaman tasarrufu sağlanması amacıyla sökülüp takılabilir özelliktedir (Şekil 3.36).



Şekil 3.36: Birbiri ile bağlantılı ve birbirine monte edilebilen, ürünün bir ucunun/her iki ucunun askıda taşınmasına imkân verecek taşıyıcı römork.

Ayrıca üretim aşamasının en önemli problemlerden biri olan iş sağlığı ve güvenliği kriterleri de dikkate alınarak engebeli ve düzgün arazi yapısına sahip olmayan ülkemiz ormancılığı için tasarlanan bu ekipmanların güvenlik kriterlerini sağlamasına yönelik te tandem sistemi gibi ek çalışmalar yapılarak uygulamaya geçirilmiştir. Ek olarak; hidrolik fren sistemi kullanılarak kazaların önüne geçilmesi ve sürütme/taşıma işlemlerinin kolaylaştırılmasına yönelik imalat çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

3.3 Verim Hesabı Yöntemi

Bölmeden çıkarma uygulamalarında verim, zaman etüdü yöntemi kullanılarak belirlenmiş ve daha sonra verim üzerinde sürütme mesafesi ve ürün hacmi gibi etkili olan faktörler değerlendirilmiştir (Tablo 3.4). Zaman etüdü yöntemlerinden ise tekrarlı zaman ölçme yöntemi kullanılmıştır. Buna göre; ATV ile sürütmede elde edilen verim hesabı, toplam sefer süresi içinde yükleme boşaltma sürelerinin bulunması nedeniyle Eşitlik 2'ye göre hesap edilmiştir (Acar, 1993).

$$\text{Verim (IM)} = \frac{60 \times OUH}{(YS + BS) + [(AIS + KCS) \times (\frac{IM}{MM})]} \quad (2)$$

IM : İstenilen Mesafe (m)

YS : Yükleme Süresi (sn)

OUH : Her Seferde Sürütülen Ortalama Ürün Hacmi (m³)

BS : Boşaltma Süresi (m)

AIS : Boş Kancanın Aşağı İniş Süresi (sn)

KCS : Kablo Çekim Süresi (sn)

MM : Ortalama Mevcut Mesafe (m)

Tablo 3.4: ATV ile sürütmede kullanılan etüt formu.

İşletme Müdürlüğü:		Ortalama Eğim:		Zeminin Yapısı:		
Mıntıka:		Bakı:		Meşcere Kapalılığı:		
Bölme:		Rakım:		Diri Örtü Durumu:		
Ürünün:						
Çapı:		Ortalama Sürütme Mesafesi:				
Boyu:		Taşıma Yönü:			Cinsi/Kalitesi:	
Parça Sayısı (adet):		Bölmeden Çıkarma Yöntemi:				
Hazırlık için Geçen Süre (sn)	Yükleme Yerine Ulaşması (sn)	Yükleme Süresi (sn)	Çekim Süresi (sn)	Boşaltma Süresi (sn)	Boşa Geçen Zaman (sn)	Toplam (sn)

3.4 Toprak Zararı

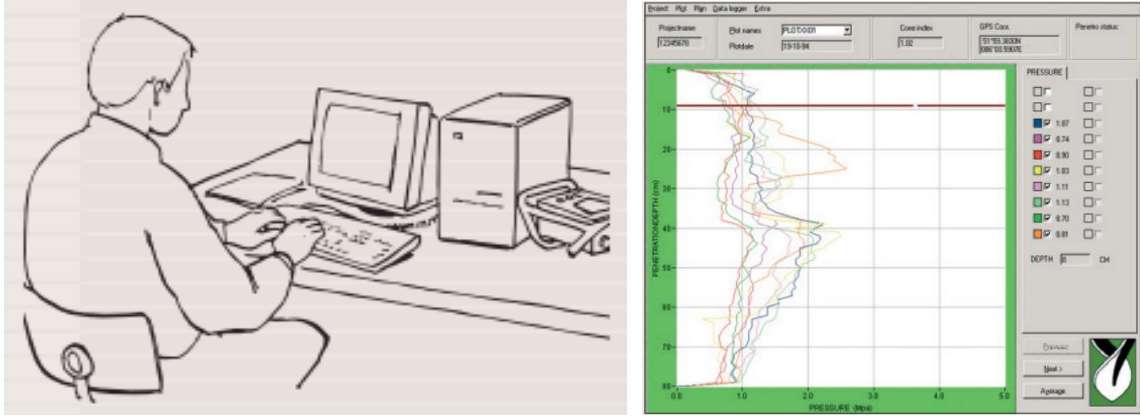
Bölmeden çıkarma çalışmaları esnasında odun hammaddesinin zemin üzerinden sürütülerek çıkarılması nedeniyle toprakta izler meydana gelmekte ve bunun sonucu olarak ta erozyona daha müsait hale gelen bir toprak yapısı oluşabilmektedir. Toprak sıkışıklığı her çeşit toprakta zamanla meydana gelebilir. Yıllar boyu devam eden sürütme, toprak zerrecilerinin toplanıp sürülmüş arazinin altında sert bir tabaka meydana getirerek hava boşluklarını doldurmasına neden olur. Bu şekilde olduğu takdirde toprak altında sert bir tabaka oluşur ki; bu da bitki kökleri için rutubet ve yetiştirme zorluğu oluşturur. Bu tabaka bir kere oluştuğunda, rutubet ve sıkışıklık devam ederse; daha yoğun ve kalın olmaya devam eder. Bu nedenle kullanılan makine-ekipman ve taşınan ürünün toprakta meydana getirdiği değişikliklerin tespitinde toprak sıkışıklığının ölçülmesi toprak yapısı ve bitki kök gelişimi açısından önemlidir. Toprak sertlik ve sıkışıklık ölçümü penetrologger cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.37).

Sürütme sırasında oluşan toprak sıkışıklığının lastik tekerlekli ATV kullanımında farklı ekipman ve farklı çap kademelerine göre değişimi de yapılan analizlerle ayrıntılı olarak ortaya konulmuştur.



Şekil 3.37: Penetrologger toprak sertlik ve sıkışıklık ölçer cihazı.

80 cm'e kadar zemin profilinin her katmanında ölçüm yapılmasına imkân tanıyan penetratör, toprağın direncinin yerinde ölçülmesi için çok yönlü bir araçtır. Geniş bantlı penetratör, bir kuvvet sensörü, kayıt cihazı, bir problama çubuğu, bir ultrasonik derinlik ölçüm sistemi içermektedir. Elde edilen verilerin uygun program ile bilgisayar ortamında analiz edilmesine imkân tanır (Şekil 3.38).



Şekil 3.38: Elde edilen verilerin bilgisayar ortamda uygun program ile analizi.

Ayrıca kontrol noktaları ile sürütme yolundan alınan toprak numuneleri üzerinde, aşağıdaki deneyler yapılmış, böylece ekipman değişimi ve farklı çap kademelerindeki ürün değişimleri ile toprakta oluşan aşağıdaki diğer farklılıklar da ortaya çıkarılmıştır: Söz konusu deneyler üniversitemiz (Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi) bünyesinde bulunan toprak laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Organik karbon,
Toplam azot,
Hacim ağırlığı,
Tane yoğunluğu,
Gözenek hacmi,
Toprak tekstürü (tane çapı).

3.4.1 Toprak Örneklerinin Hacim Ağırlığı

Hacim silindirleriyle alınan toprak örnekleri öncelikle 105°C sıcaklıkta kurutularak fırın kurusu ağırlıkları belirlenmiştir. Fırın kurusu ağırlıkların silindir örneğinin hacmine oranı ile örneklerin hacim ağırlıkları ' g/cm^3 ' olarak hesaplanmıştır (Irmak, 1954).

3.4.2 Toprak Örneklerinin Tane Yoğunluğu

Toprak ile suyun yer değiştirme esasına göre hesaplanmaktadır. Bu işlem için fırın kurusu halindeki balon joje 20°C'de saf su ile işaret çizgisine kadar doldurularak tartılmıştır. 2 mm'lik elekten geçirilmiş 20 g. fırın kurusu ince toprak balon jojeye konulup çalkalandıktan

sonra vakumla havası alınmış ve balon joje işaret çizgisine kadar saf su ile doldurularak tartılmıştır. Saf su ile doldurulmuş ağırlık ile toprak konulmuş haldeki ağırlık arasındaki farktan toprağın hacmi ve ağırlık-hacim bağıntısından (Eşitlik 3) tane yoğunluğu hesaplanmıştır (Blake, 1965).

$$D_p = \frac{d_w \times W_s}{W_s - (W_{sw} - W_w)} \quad (3)$$

D_p : Tane yoğunluğu (g/cm^3)

d_w : Ölçüm yapılan sıcaklıkta suyun yoğunluğu (g/ml^{-1})

W_s : Fırın kurusu toprak ağırlığı (g)

W_{sw} : Piknometre, toprak ve su ağırlığı toplamı (g)

W_w : Piknometre ve su ağırlığı toplamı (g)

3.4.3 Toprak Örneklerinin Gözenek Hacmi

Tane yoğunlukları ve hacim ağırlıkları belirlenen toprakların gözenek hacimleri aşağıdaki formül (Eşitlik 4) ile hesaplanmıştır (Çepel, 1995; Kantarcı, 2000).

$$\text{Gözenek Hacmi (\%)} = 1 - \left[\frac{\text{Hacim Ağırlığı}}{\text{Özgül Ağırlık}} \right] \times 100 \quad (4)$$

3.4.4 Toprak Örneklerinin Tane Çapı

Toprak örneklerinin tane çapları Bouyoucous hidrometre metodu ile tayin edilmiştir. Toprak türlerinin belirlenmesi uluslararası tane çapı sınıflarına göre yapılmıştır (Bouyoucous, 1962; Gülçur, 1974).

3.4.5 Toprak Örneklerinin Organik Karbon İçeriği

Toprak örneklerinin organik karbon içeriği 0,250 mm'lik elekten geçirilmiş 0,5 g. toprak kullanılarak Walkley-Black ıslak yakma yöntemi ile belirlenmiştir. Kısaca, toprak örneklerinin üzerine 10 ml potasyum dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), 20 ml sülfirik asit (H_2SO_4), 10 ml ortofosforik asit (H_3PO_4) ile 200 ml saf su ilave edilmiştir. Örneklerin soğumasının ardından bu karışıma 10 damla difenilamin indikatörü damlatıldıktan sonra renk çivit mavisinden

yeşile dönünceye kadar demir sülfat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ile titre edilip harcanan sarfiyat kaydedilmiştir. Aşağıdaki formül (Eşitlik 5) ile örneklerin organik C içeriği hesap edilmiştir (Walkley ve Black, 1934; Irmak, 1954; Gülçur, 1974).

$$\% \text{ Organik C} = [(N_1 \times A) - (N_2 \times B)] \times 0,003 \times 200 \times f_1 \quad (5)$$

N_1 : Potasyum dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) çözeltisinin gerçek normalitesi

A : Analizde kullanılan potasyum dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) çözeltisinin miktarı (ml)

N_2 : Demir sülfat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) çözeltisinin gerçek normalitesi

B : Titrasyonda harcanan demir sülfat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) çözeltisinin miktarı (ml)

0,003 : 3 karbonun (C) ekivalen ağırlığı

200 : 100 g toprağa yükseltme çarpanı

f_1 : $100/77=1,30$ (Toprak örneğinde bulunan organik C'un % 77'sinin yükseltgenebildiği varsayılır).

3.4.6 Toprak Örneklerinin Toplam Azot İçeriği

Toplam azot modifiye Kjeldahl yöntemine göre bulunmuştur. Yöntemde 0,250 mm'lik elekten elenmiş 0,5 g. toprak örneği tartıldıktan sonra sonra yakma tüplerine aktarılmıştır. Toprak örneklerinin üzerlerine 15 ml. konsantre sülfürik asit (H_2SO_4) ile K_2SO_4 ve CuSO_4 'ün 10:1 oranında karışımı ile elde edilen katı haldeki katalizörden 1,5 g. ilave edilmiştir. Sonra da bu karışım, yakma cihazında 100°C 'de iki dakika, 200°C 'de üç dakika, 320°C 'de dört dakika ve 420°C 'de 45 dakika yakılmıştır. Yakma işleminden sonra soğuyan örnekler destilasyon ünitesinde 50 ml sodyum hidroksit (NaOH), % 2'lik 25 ml borik asit (H_3BO_3) ve 50 ml saf su kullanarak üç dakika destilasyon yapılarak amonyum (NH_4) alkali ortamda amonyak (NH_3) halinde uçurulmuş ve hafif asit ortamda bağlanmıştır. Elde edilen bu destillata 15 damla brome-kroze indikatöründen damlatılmış ve destillatın renginin mavimsi yeşil olması sağlanmıştır. Destillatın son rengi leylak oluncaya kadar 0,0067 N sülfürik asit (H_2SO_4) ile titre edilecek ve rengin döndüğü anda harcanan sarfiyat kaydedilmiştir. Aşağıdaki formül (Eşitlik 6) kullanılarak toplam N hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Toplam N} = \left[\frac{14,01 \times N \times (T-B)}{500} \right] \times 100 \quad (6)$$

- 14,01 : Azotun toplam ağırlığı
N : Sülfirik asitin (H_2SO_4) normalitesi
T : Toprak örneğinin titrasyonunda harcanan sülfirik asitin (H_2SO_4) miktarı (ml)
B : Kör titrasyonu için harcanan sülfirik asitin (H_2SO_4) miktarı (ml)
500 : Toprak ağırlığı (mg)

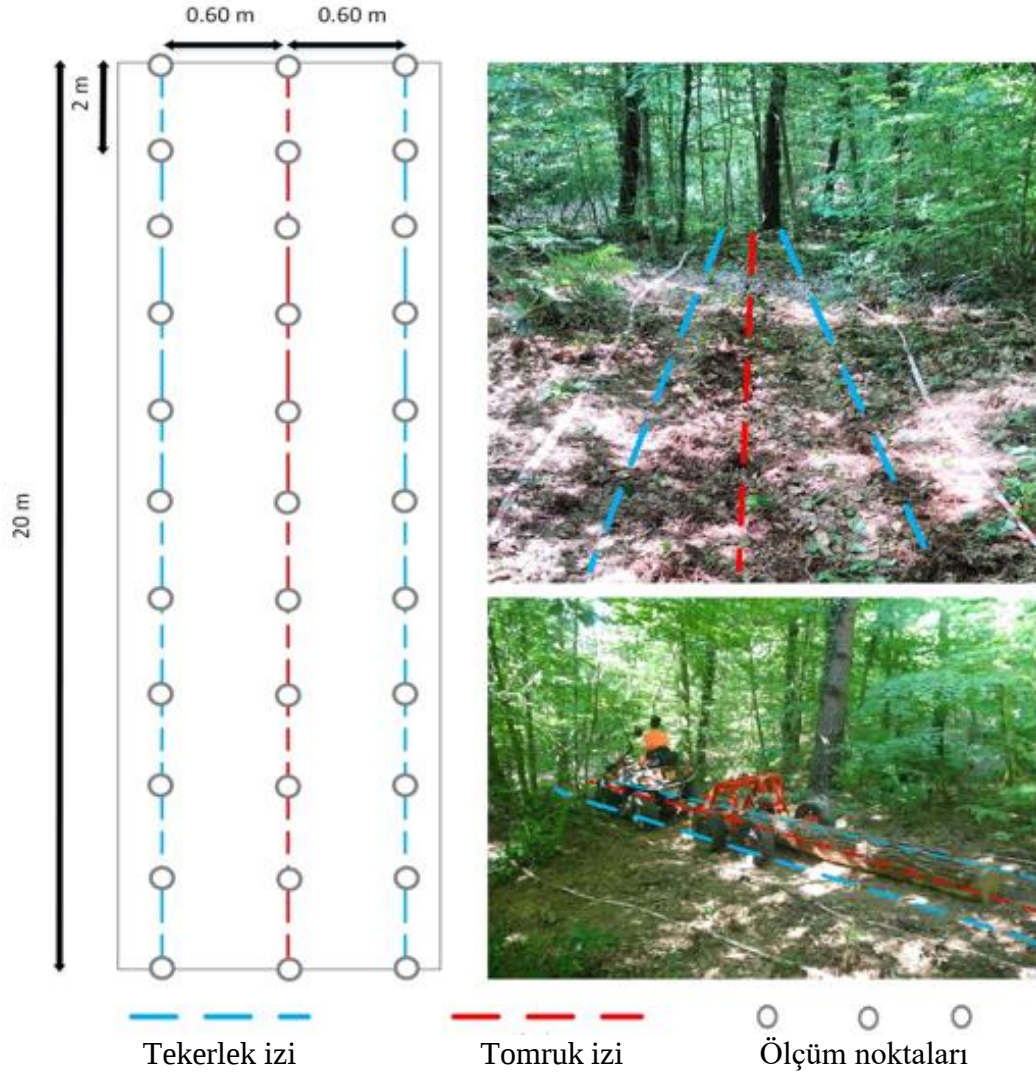
3.5 Verilerin Değerlendirilmesi

Bölmeden çıkarma işlemlerinde ATV kullanımının verimliliğinin incelendiği bu araştırma kapsamında yapılan ölçüm ve tespitlerden elde edilen verilerin ilk olarak normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek için Kolmogorov-Smirnov Testi uygulanmıştır. Daha sonra ATV ile bölmeden çıkarma çalışmalarında elde edilen tüm veriler R yazılımı kullanılarak ve en az % 95 güven düzeyi esas alınarak analiz edilmiştir. Veriler ve bunlar arasındaki istatistiksel farklılık çoğul varyans analizi ile hesaplanmıştır. Varyans analizi sonucunda ortaya çıkabilecek istatistiki düzeyde anlamlı farklılıkların hangi ekipman ve hangi ürün standardından (çap kademesi) olduğunun belirlenmesi için ise Duncan Testi uygulanmıştır. ATV ile bölmeden çıkarma işlemlerinde etkili olan en önemli faktörlerin belirlenmesi için çok boyutlu karar verme tekniklerinden birisi olan Faktör Analizi gerçekleştirilmiştir. Faktör analiz ile belirlenen en önemli değişkenler kullanılarak gerçekleştirilen çoklu regresyon analizi ile araştırmanın temellerini oluşturan ekipman ve ürün standardı çeşitliliğine göre bir aktüel model belirlenip, uygulamacıların kullanımına sunulmuştur.

BÖLÜM 4

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında toprak sıkışıklığı, daha önce 3 farklı hatta (sol tekerlek, tomruk izi, sağ tekerlek) belirlenen ölçüm noktaları üzerinde tespit edilen toprak sıkışıklık değerlerinin ortaya konulması şeklinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.1).

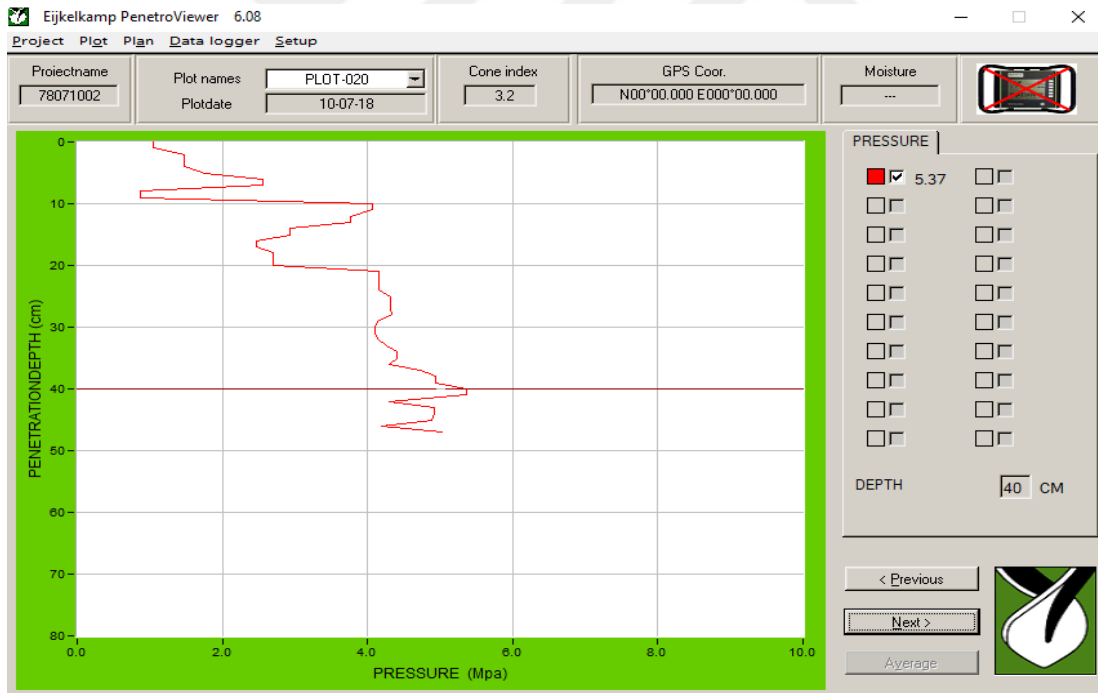


Çalışma kapsamında verilerin toplanmasına başlanmadan önce ilk olarak her bir alandaki işlem görmemiş toprak sıkışıklığı değerleri, 20 m. uzunluk ve 2 m. genişlikte belirlenmiş alanlarda işaretli noktalar üzerinde penetrologger toprak sertlik ve sıkışıklık ölçer cihazı ile tespit edilmiş ve kaydedilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: İşlem görmemiş toprak sıkışıklığı değerlerinin penetrologger toprak sertlik ve sıkışıklık ölçer cihazı ile ölçümü.

Ölçüm değerleri Eijkelkamp PenetroViewer 6.08 programında grafiksel olarak analizi yapılmak üzere bilgisayar ortamına aktarılmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Penetrologger toprak sertlik ve sıkışıklık ölçer cihazı ile ölçülen toprak sıkışıklığı değerinin bilgisayar ortamına aktarılması.

Ayrıca, ilgili programda elde edilen değerlerin karşılaştırmalı analizlerinin yapılması (sayısal olarak değerlendirilebilmesi) için excel ortamında düzenlenmesi de sağlanmıştır (Şekil 4.4).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1				Eijkelkamp Penetro Viewer Vs. 6.08																	
2																					
3				Serial nun 35179405																	
4				Projectnal 78071002																	
5				Username TUY1																	
6				Plotdate #####																	
7				Nr. of pen 1																	
8				Nr of pen 559																	
9				Cone type 1.0cm2 60deg																	
10				Penetrati 2 cm/s																	
11				Depth meas unit : cm																	
12				Pressure meas unit : MPascal																	
13																					
14				PENETRATION DATA																	
15				PLOT-001, N00 00.000	0	0.9	1.5	1.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16				PLOT-002, N00 00.000	0	0.5	0.4	0.4	0.4	2.5	3.3	1	4.2	4.5	4.2	4.4	-1	-1	-1	-1	-1
17				PLOT-003, N00 00.000	0	0.6	0.8	2.3	2.2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
18				PLOT-004, N00 00.000	0	1.4	2.1	2.1	2.1	2.8	2.8	4.8	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
19				PLOT-005, N00 00.000	0	0.6	0.6	3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
20				PLOT-006, N00 00.000	0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
21				PLOT-007, N00 00.000	0	0.3	0.4	4	0.9	0.9	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
22				PLOT-008, N00 00.000	0	1.7	2	0.6	2.8	2.8	2.7	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
23				PLOT-009, N00 00.000	0	1.6	1.7	1.7	1.9	2.5	2.6	2.6	2	2.7	2.9	3.1	-1	-1	-1	-1	-1
24				PLOT-010, N00 00.000	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1

Şekil 4.4: Elde edilen verilerin karşılaştırmalı analizlerinin yapılabilmesi için Excel ortamında düzenlenmesi.

Sürütme/taşıma işlemlerinin yapılabilmesi için 3 m. uzunluğunda 3 farklı çapta (20 cm, 30 cm, 40 cm) ürünlerin elde edilmesi amacıyla ağaçların kesimi yapılmıştır. Çalışma iki farklı ağaç türü (ağaç türlerinden biri iğne yapraklı (sahil çamı) diğeri ise geniş yapraklı (kayın) tür olarak seçilmiştir) için yapılmış ve karşılaştırma imkânının sağlanması amaçlanmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5: Sürütme/taşıma işlemlerine imkân verecek ürünlerin elde edilmesi.

Çalışmanın devamında ise, tasarlanan ekipmanlar (ürünün bir ucunun askıda taşınmasına imkân verecek römork ile ürünün her iki ucunun askıda taşınmasına imkân verecek römork)

ile daha önceden belirlenen alanlar üzerinde her bir çap kademesinde (20 cm, 30 cm, 40 cm) ve her bir alan üzerinde toplam 20 kez sürütme/taşıma yapılacak şekilde taşıma/sürütme işlemleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.6-7). Çalışmada lastik tekerlekli ATV kullanılarak yapılan çalışmalar ve elde edilen veriler sunulmuştur.

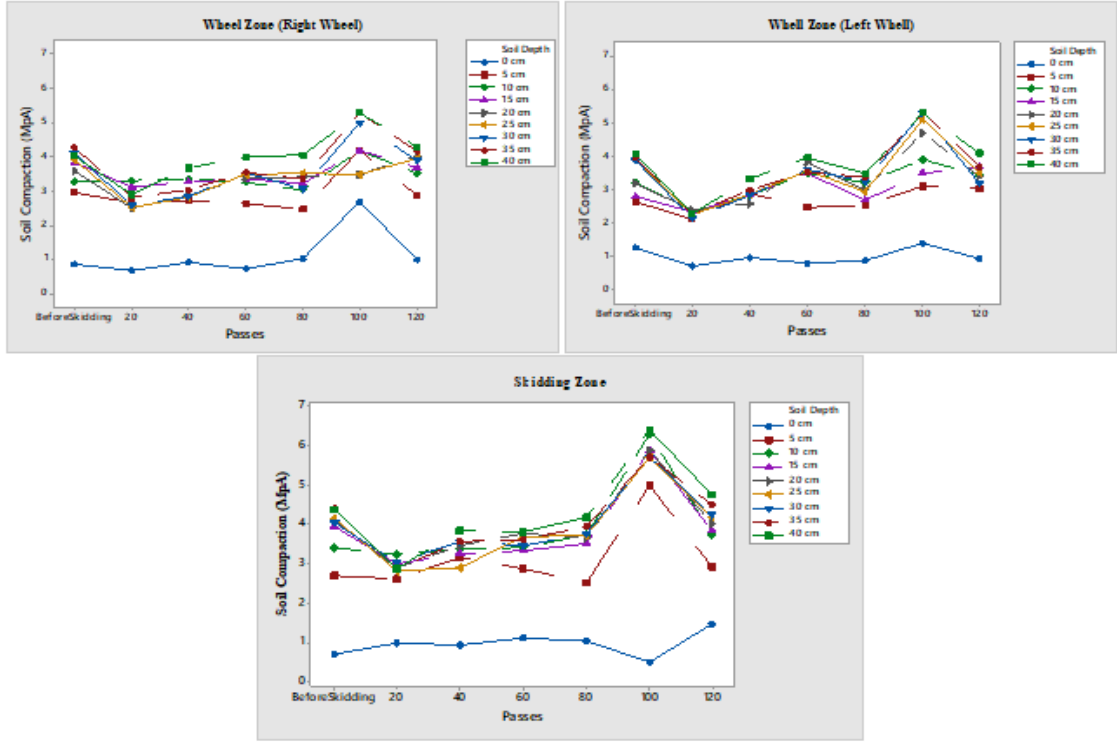


Şekil 4.6: Lastik tekerlekli ATV kullanılarak ürünün bir ucunun askıda taşınmasına imkân veren römork ile sürütme işlemi.



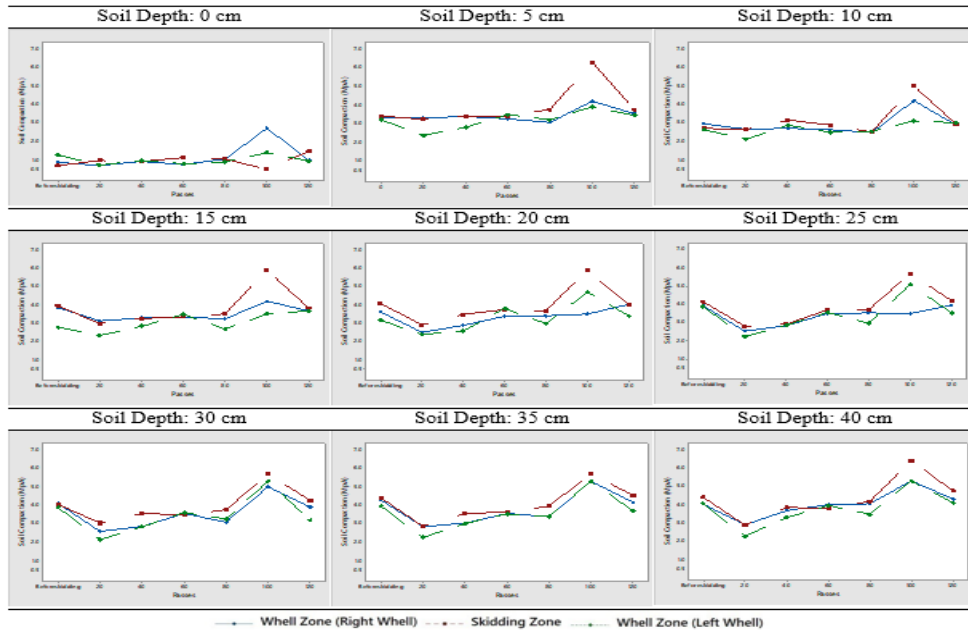
Şekil 4.7: Lastik tekerlekli ATV kullanılarak ürünün her iki ucunun askıda taşınmasına imkân veren römork ile sürütme işlemi.

Sürütme / taşıma işlemleri sonucunda meydana gelecek toprak sıkışıklığı değerlerinin tespiti amacıyla 20 m. uzunluk, 2 m. genişlikteki alanlar üzerinde her bir metrede ölçüm yapılacak şekilde belirlenen noktalar üzerinde ilgili ölçümler yapılmış, ardışık noktalar arasında belirgin farklılıkların çıkmaması üzerine ilgili ölçümler 2 m. aralıklarla yapılmıştır. Ölçülen toprak sıkışıklık değerlerinin her bir hat için ayrı ayrı olmak üzere karşılaştırılması sağlanmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: Tomruk ve tekerlek izlerinde ölçülen toprak sıkışıklık değerlerinin karşılaştırılması.

Elde edilen sonuçlara göre, sol-sağ tekerlek izi (hattı) ile tomruk izi üzerinde 5, 10, 15 ve 20. geçişler için 40 cm. derinliğe kadar toprak sıkışmasının ne derece değişim gösterdiği ortaya çıkarılmıştır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9: Üç farklı hatta sürütmeye bağlı olarak toprak derinliklerindeki sıkışıklık değerleri.

4.1. Verim Hesabına Yönelik Bulgular ve Tartışılması

Verim, zaman etüdü yöntemi kullanılarak belirlenmiş ve verim üzerinde sürütme mesafesi ve ürün hacmi gibi etkili olan faktörler değerlendirilmiştir. Zaman etüdü yöntemlerinden ise tekrarlı zaman ölçme yöntemi kullanılmıştır. Buna göre; Tablo 3.4’te yer alan etüd formu doldurularak, ATV ile sürütmede elde edilen verim hesabı, toplam sefer süresi içinde yükleme boşaltma sürelerinin bulunması nedeniyle Eşitlik 1’e göre hesap edilmiştir (Acar, 1993). Verim hesabı; her bir farklı ekipman (ürünün bir ucunun askıda taşınmasına imkân verecek römork ile ürünün her iki ucunun askıda taşınmasına imkân verecek römork) ve herbir çap kademesindeki (20 cm, 30 cm, 40 cm) ürünlerin taşınması/sürütülmesi işlemlerinde lastik tekerlekli ATV için ayrı ayrı hesaplanmıştır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: ATV ile bölmeden çıkarmada verim hesabına yönelik değerler.

EKİPMAN	TÜR	ÇAP	VERİM	EĞİM
Lastik Tekerlekli ATV	1.Ekipman	Sahilçamı 20 cm	4,1 m ³ /saat	% 10
		Sahilçamı 30 cm	3,9 m ³ /saat	% 8
		Sahilçamı 40 cm	3,8 m ³ /saat	% 9
	Kayın	20 cm	4,1 m ³ /saat	% 9
		30 cm	4,0 m ³ /saat	% 8
		40 cm	3,7 m ³ /saat	% 8
	2.Ekipman	Sahilçamı 20 cm	4,4 m ³ /saat	% 11
		Sahilçamı 30 cm	4,3 m ³ /saat	% 10
		Sahilçamı 40 cm	4,0 m ³ /saat	% 10
		Kayın 20 cm	4,3 m ³ /saat	% 8
		Kayın 30 cm	4,4 m ³ /saat	% 9
		Kayın 40 cm	3,9 m ³ /saat	% 11

Bölmeden çıkarma için literatürde bulunan, Tablo 4.2’de sunulan saatlik ve günlük iş verimi bilgilerine göre ibreli türler için en yüksek iş veriminin 7,9 m³/saat ile Urus MIII hava hattına, en düşük verimin ise 1,13 m³/saat ile insan gücü ile kaydırmaya ait olduğu görülmektedir. Elde edilen verim değerleri dikkate alındığında ATV (lastik tekerlekli) ile yapraklı türler (kayın) için ortalama 4,06 m³/saat’lik iş verimi elde edilirken ibreli türler (sahilçamı) için ise ortalama 4,08 m³/saat’lik iş verimi elde edilmiştir. Dolayısıyla ATV için

ibrelili ve yapraklı türlerin kıyaslanması anlamında verim bakımından önemli bir farklılık görülmemektedir. Tomrukların bir ucu yerde ve her iki ucuda havada (askıda) olarak taşındığı 1. ve 2. ekipmanlar karşılaştırıldığında, lastik tekerlekli olarak kullanılan ATV için $3,73 \text{ m}^3/\text{saat}$ 'lik saatlik verim 1. ekipman adına elde edilmiş iken beklenildiği gibi tomruğun zeminle temasının kesildiği 2. ekipman için verim daha yüksek olarak ($4,41 \text{ m}^3/\text{saat}$) bulunmuştur. Bu hesaplamalara ait detaylı bilgiler Tablo 4.1'de mevcuttur. Ekipman ve ağaç türü birlikte değerlendirildiğinde de beklenildiği gibi ATV'nin 2. ekipman ile kullanıldığı ve sahil çamının sürütüldüğü çalışmalarda iş verimi en yüksek bulunmuştur ($4,41 \text{ m}^3/\text{saat}$). Bu değeri sırasıyla; $4,39 \text{ m}^3/\text{saat}$ ile 2. ekipman yapraklı, $4,36 \text{ m}^3/\text{saat}$ ile 2. ekipman ibrelili, $4,10 \text{ m}^3/\text{saat}$ ile 1. ekipman yapraklı, $4,06 \text{ m}^3/\text{saat}$ ile 1. ekipman ibrelili değerleri izlemektedir. Bununla birlikte elde edilen en düşük $3,73 \text{ m}^3/\text{saat}$ 'lik verim değeri Tablo 4.2'de verilen ve benzer eğim koşullarına sahip olan tarım traktörünün $2,87 \text{ m}^3/\text{saat}$ lik iş veriminden daha yüksektir. Üstelik tarım traktörüyle sürütme çalışmaları orman yolu üzerinde gerçekleştirilirken çalışmamıza ait veriler ise meşcere koşullarında elde edilmiştir. Bu nedenle lastik tekerlekli olarak kullanılan ATV düşük eğim koşullarında yüksek verim sağlarken düşük meşcere zararı değerlerine sahiptir.

Tablo 4.2: İbrelili ve yapraklı türler için iş verimine ait literatür özeti (Eker ve Acar, 2014).

Kaynak	Süreç	Ağaç Türü	Eğim (%)	Mesafe (m)	Verim
Yıldırım (1989)	Öküz ile sürütme (2 adet)	İbrelili	-	100	$26 \text{ m}^3/\text{gün}$
Acar (1993)	Traktörle kablo çekim	İbrelili	70	69	$5,27 \text{ m}^3/\text{saat}$
	MB-Trac 800 kablo çekim	İbrelili	30-85	50	$6,8 \text{ m}^3/\text{saat}$
		Yapraklı			$3,76 \text{ m}^3/\text{saat}$
	MB-Trac 900 kablo çekim	İbrelili	40-60	50	$6,49 \text{ m}^3/\text{saat}$
		Yapraklı			$6,16 \text{ m}^3/\text{saat}$
	Tarım Traktörüyle kablo çekim	İbrelili	32-52	50	$6,01 \text{ m}^3/\text{saat}$
		Yapraklı			$2,75 \text{ m}^3/\text{saat}$
	URUS-MIII hava hattı	İbrelili	30-40		$7,9 \text{ m}^3/\text{saat}$
		Yapraklı			$5,5 \text{ m}^3/\text{saat}$
	KOLLER K300 hava hattı	İbrelili	40-50		$3,75 \text{ m}^3/\text{saat}$
		Yapraklı	25-50		$2,8-7,9 \text{ m}^3/\text{saat}$
	GANTNER hava hattı	İbrelili	40-60		$5,01 \text{ m}^3/\text{saat}$
Acar (1994)	İnsan gücüyle kaydırma (4-5 işçi)	İbrelili	45-70		$1,5-9,1 \text{ m}^3/\text{gün}$

Tablo 4.2 (devam ediyor).

	İnsan gücüyle kaydırma (4-6 işçi)	Yapraklı	50-70	250	1,3-7,4 m ³ /gün
	İnsan gücüyle kar üzerinde kaydırma (7 işçi)	İbrelili	60-75		2,9-5,2 m ³ /gün
	İnsan gücüyle kar üzerinde kaydırma (2 işçi)		65		7,61 m ³ /gün
	Manda ile sürütme (2 adet)	Yapraklı	20-30		1,7-2,3 m ³ /gün
	Tarım Traktörüyle yolda sürütme (yukarı doğru)		5-6	100	3,1-4,6 m ³ /gün
Erdaş ve Acar (1995)	KOLLER K300 hava hattı	İbrelili		250	3,75 m ³ /saat
			45	300	5,15 m ³ /saat
Öztürk (1996)	KOLLER K300 hava hattı	İbrelili	64	220	6,27 m ³ /saat
			40	290	6,26 m ³ /saat
Acar (1997)	KOLLER K300 hava hattı	İbrelili	-	250	3,31 m ³ /saat
Eroğlu (1997)	KOLLER K300 hava hattı	İbrelili	-	250	4,99 m ³ /saat
		Yapraklı	-		4,76 m ³ /saat
Öztürk (2001)	MB-Trac 900 sürütme	İbrelili	10	300- 500	6,36 m ³ /saat
Çağlar (2002)	KOLLER K300 hava hattı	İbrelili		280	4,52 m ³ /saat
Eker (2004)	İnsan gücüyle kaydırma	İbrelili	33-48	200	0,4-0,55 m ³ /saat
Çağlar ve Acar (2005)	KOLLER K300 hava hattı	İbrelili	75	250	4,83 m ³ /saat
Öztürk (2009)	MB-Trac 900 sürütme	Yapraklı	35	105	8,7 m ³ /saat
Eroğlu ve Özmen(2010)	Katır ile taşıma	İbrelili	-	-	4,6 ster/saat
Acar ve Ünver (2012)	Oluk içinde traktörlü kablo çekim (yukarı doğru)	Yapraklı	60-90	115	5,9-7,3 m ³ /saat

4.2. Maliyet Hesabına Yönelik Bulgular ve Tartışılması

4×4 ATV ile yapılan sürütme işleminin maliyet değerlerine göre sahip olması gereken verimi (m³ olarak günlük üretilmesi gereken ürün miktarını) hesaplamak ve kıyaslamasını sağlamak için Hatay (2014) tarafından kullanılan tablodan yararlanılarak belirli hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalar aşağıda Tablo 4.4'te sunulmuştur. Verim değerlerinin kıyaslanması açısından insan gücü ve hayvan gücü ile bölmeden çıkarma işlemlerinin ortalama maliyetleri ve verim değerleri üretim dosyalarından alınan veriler ile zamana bağlı olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.3). Standart zaman (dak/m³) ve birim fiyat (TL/m³) hesabı 288 sayılı tebliğ esasları ile arazide yapılan ölçü tespitlere göre üretim birim fiyat kararları

esas alınarak hesaplanmıştır. Böylece insan ve hayvan gücü ile yapılan bölmeden çıkarma işleminin ortalama değerleri ortaya konulmuş, 4×4 ATV ile yapılan bölmeden çıkarma işleminin verimli olabilmesi için gerekli maliyet ve verim değerlerinin ortaya konulmasında karşılaştırma imkânı yapmamızı sağlamıştır.

Tablo 4.3: Sürütme işine ait standart zaman hesabı.

İşçi Birim Maliyeti (İBM)	4,23 TL/saat
Hayvan Birim Maliyeti (HBM)	9,27 TL/saat
	Kabuğu Soyulmayan
İşçi Çalışma Zamanı (İÇZ)	$(L \times 87 / 100)$ $60 \times 87 / 100$ 52,20
Hayvan Çalışma Zamanı (HÇZ)	$(L \times 77 / 100)$ $60 \times 77 / 100$ 46,20
Sürütme Birim Fiyat (BF)	$BF = \frac{((BM \times \text{ÇZ}) + (HBM \times H\text{ÇZ}))}{60}$
	$= \frac{((4,23 \times 52,2) + (9,27 \times 46,2) \times 3,5)}{60}$
	38,52 TL/m³

Ortalama 715 m³ üretim yapılan bölmelerde, ortalama 60 m. sürütme mesafesinde toplam maliyet hesaplanarak 1m³ için ortalama gider tespit edilmiştir. Buna göre, insan ve hayvan gücü ile bölmeden çıkarma çalışmalarında 136,92 TL/m³ maliyet ile üretim yapılırken, aynı maliyet değeri ile 4×4 ATV ile yapılan bölmeden çıkarma çalışmalarında 38,79 m³ üretim yapılmaktadır. Bu değer üretimde ‘tam ve etkin kaynak kullanımı değeri’dir. Buradan hareketle, 4×4 ATV ile yapılan bölmeden çıkarma işleminin verimli olabilmesi için en az 38,79 m³ üretim (günlük üretilmesi gereken ürün miktarı) yapılmalıdır.

Tablo 4.4: 4×4 ATV ile yapılan sürütme işlemine ait maliyet hesabı.

Günlük Üretilen Ürün Miktarı (m³)	Toplam Ürün Miktarı (m³)	Çalışma Günü (Gün)	Sefer Süresi (dk)	Sefer Sayısı (Adet)	Sefer başına taşınacak emval (m³)	Sefer başına taşınacak Emval (Ton)		Toplam Kurulum ve Sökme Günü (Gün)	İşçi Sayısı (Adet)	Yevmiye (TL)	İşçi Ücreti (TL)	m³ Başına İşçi Ücreti (TL)	Amortisman Süresi (Yıl)	Yıllık Çalışma Günü sayısı (Gün)	Amortisman Süresi Boyunca Taşınacak Emval (m³)
						Yapraklı	İbrelili								
20	715	36	20	24,0	0,830	0,6	0,3	0,5	3	90	9653	482,625	10	252	50400
30	715	24	20	24,0	1,250	0,9	0,5	0,5	3	90	6435	214,5	10	252	75600
40	715	18	20	24,0	1,667	1,2	0,7	0,5	3	90	4860	121,5	10	252	100800
50	715	14	20	24,0	2,083	1,5	0,8	0,5	3	90	3861	77,22	10	252	126000
60	715	12	20	24,0	2,500	1,8	1,0	0,5	3	90	3218	53,625	10	252	151200
70	715	10	20	24,0	2,917	2,0	1,2	0,5	3	90	2700	38,571	10	252	176400
80	715	9	20	24,0	3,333	2,3	1,3	0,5	3	90	2430	30,375	10	252	201600

Günlük Üretilen Ürün Miktarı (m³)	Hava Hattı Üretim Maliyeti (TL)	1m³ için Amortisman Maliyeti (TL)	Günlük Çalışma Saati (Saat)	Saatlik Yakıt Gideri (TL)	Günlük Yakıt Gideri (TL)	Operasyon Akaryakıt Gideri (TL)	1 m³ için Yakıt Gideri (TL)	Yıllık Bakım ve Onarım Giderleri (TL)	Sigorta ve Bakım Toplam Gideri (TL)	Yıllık Amortisman Gideri (TL)	1 m³ için Sigorta + Amortisman Gideri (TL)	1 m³ için Toplam Gider (TL)	Operasyon Gideri Maliyeti (TL)	Toplam Bölmeden Çıkarma Maliyeti (TL)
20	90.810,0	1,80	8	15	120	4.290,0	6	1.534,7	1.534,7	5.040,0	0,30	490,73	7.359,40	35.0872,87
30	90.810,0	1,20	8	15	120	2.860,0	4	1.534,7	1.534,7	7.560,0	0,20	219,90	5.929,40	15.7231,50
40	90.810,0	0,90	8	15	120	2.160,0	3	1.534,7	1.534,7	10.080,0	0,15	125,55	5.229,40	89.770,499
50	90.810,0	0,72	8	15	120	1.716,0	2,4	1.534,7	1.534,7	12.600,0	0,12	80,46	4.785,40	57.530,699
60	90.810,0	0,60	8	15	120	1.430,0	2	1.534,7	1.534,7	15.120,0	0,10	56,33	4.499,40	40.273,874
70	90.810,0	0,51	8	15	120	1.200,0	1,7	1.534,7	1.534,7	17.640,0	0,09	40,89	4.269,40	29.234,571
80	90.810,0	0,45	8	15	120	1.080,0	1,5	1.534,7	1.534,7	20.160,0	0,08	32,40	4.149,40	23.167,124

Araştırmada kullanılan ekipmanların alım maliyetlerine göre amortisman giderleri de hesaplanmıştır. Hesaplanan maliyetlere göre birim-zamanda yapılan iş başına düşen maliyet belirlenmiştir (Tablo 4.5).

Tablo 4.5: Ekipmanların sabit ve değişken masrafları (Varol, 1997).

MASRAFLAR UNISURLARI	ATV'ye Monteli Römork (Lastik Tekerlekli)	
Satın alma bedeli (I)	58.490,00 + 7.320,00 TL = 65.810,00 TL	
Hurda değeri (R)	6.500,00 TL	
Amortize edilecek miktar (I-R)	59.310,00 TL	
Amortisman süresi (N)	10 yıl ya da 20000 saat	
Ortalama yatırım $A=2[(I-R) (N+1)/2N]+R$	71.741,00 TL	
Faiz oranı	% 10	
Sabit masraflar	TL/sa	TL/dk
Amortisman (I-R)/20000	2,97	0,05
Faiz (A)x0.10/2000 saat	3,59	0,06
Sigorta vb. giderler (I)x0.03/2000 saat	0,99	0,02
Operatör ücreti (ücretx12)/2000 saat	18,00	0,30
Yardımcı işçi ücreti (ücretx12)/2000 saat	-	-
TOPLAM (1)	25,55	0,43
Değişken masraflar	TL/sa	TL/dk
Yakıt masrafı	35,00	0,58
Bakım ve onarım masrafı (I-R)x%100/20000	2,97	0,05
Yağ ve yağlama masrafı	2,00	0,03
TOPLAM (2)	39,97	0,66
GENEL TOPLAM (1+2)	65,52	1,09

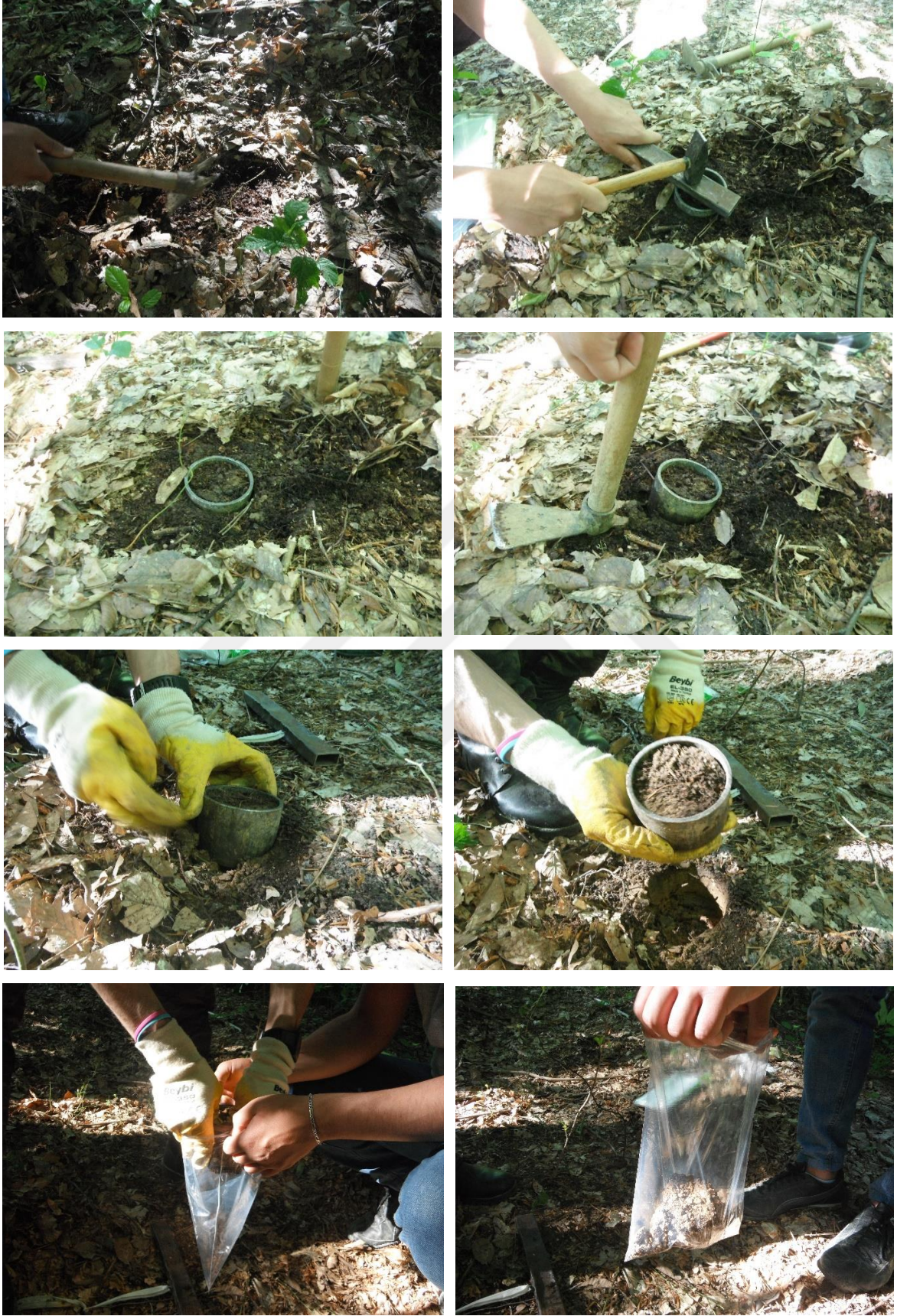
Söz konusu hesaplamaların yapılmasında dikkate alınan sabit masraflar; amortisman, faiz, sigorta ve operatör ile yardımcısı (varsa) ücretlerinden oluşmakta olup değişken masraflar ise; yakıt masrafı, bakım ve onarım masrafları ile yağ ve yağlama masraflarından oluşmaktadır. ATV'ye monte ekipmanlar ile (ürünün bir ucunun askıda taşınmasına imkân verecek römork ile ürünün her iki ucunun askıda taşınmasına imkân verecek römorkun birlikte kullanılması) sürütme yapabilmek için hesaplanmış olan sırasıyla sabit ve değişken masraflar; 25,55 TL/saat-39,97 TL/saat'tir.

4.3. Toprak Analizine Yönelik Bulgular ve Tartışılması

Şekil 4.10’da görüldüğü üzere, kontrol noktaları ile sürütme yolundan (sol tekerlek izi, sağ tekerlek izi ve sürütme sonrası oluşan tomruk izi) Şekil 4.11’de görüldüğü üzere alınan toprak numuneleri üzerinde, laboratuvar deneyleri yapılarak ekipman değişimi, ağaç türü ve farklı çap kademelerindeki ürün değişimleri ile toprağın bazı fiziksel (hacim ağırlığı, tane yoğunluğu, gözenek hacmi) ve kimyasal (organik karbon, azot) özelliklerindeki farklılıklar da ortaya çıkarılmıştır (Tablo 4.6).



Şekil 4.10: Sürütme/taşıma sonrası toprak yüzeyinde meydana gelen tekerlek ve tomruk izleri.



Şekil 4.11: Laboratuvar analizleri gerçekleştirilmek üzere alınmış toprak örnekleri.

Tablo 4.6: Toprak analizi sonuçlarına ait bulgular.

		2.EKİPMAN (Tomruğun iki ucu askıda)						1.EKİPMAN (Tomruğun bir ucu askıda)					
		TÜR						TÜR					
		SAHİL ÇAMI			KAYIN			SAHİL ÇAMI			KAYIN		
		TOMRUK ÇAPI						TOMRUK ÇAPI					
		40 cm	30 cm	20 cm	40 cm	30 cm	20 cm	40 cm	30 cm	20 cm	40 cm	30 cm	20 cm
İŞLEM GÖRMEMİŞ	organik karbon (%)	5,59	7,47	8,87	4,28	6,18	7,23	5,42	7,54	8,53	4,19	5,71	6,83
	toplam azot (%)	1,92	2,38	2,96	1,15	1,43	2,15	1,85	2,27	2,87	1,02	1,63	1,92
	hacim ağırlığı (gr/cm³)	0,71	0,82	1,38	0,57	0,67	1,27	0,64	0,80	1,35	0,49	0,75	1,15
	tane yoğunluğu (gr/cm³)	2,16	2,51	2,83	2,11	2,43	2,66	2,10	2,43	2,74	2,10	2,37	2,61
	gözenek hacmi (%)	68,92	79,81	90,43	54,73	69,32	87,25	73,19	82,54	91,14	61,37	72,48	90,56
TEKERLEK İZİ	organik karbon (%)	3,82	4,96	5,57	1,19	1,58	2,28	1,14	2,27	4,38	2,89	3,28	3,63
	toplam azot (%)	1,03	1,34	1,52	0,64	0,71	1,23	1,05	1,15	1,23	0,94	1,17	1,54
	hacim ağırlığı (gr/cm³)	0,25	0,43	0,51	0,15	0,20	0,33	0,23	0,42	0,56	0,29	0,53	1,08
	tane yoğunluğu (gr/cm³)	0,87	1,07	1,23	0,92	1,05	1,35	10,5	1,16	1,22	1,97	2,05	2,11
	gözenek hacmi (%)	15,29	24,37	34,12	24,51	37,63	44,16	27,43	31,26	37,93	51,39	64,12	75,34
TOMRUK İZİ	organik karbon (%)							1,15	2,81	4,02	1,73	3,29	3,75
	toplam azot (%)							1,04	1,44	1,70	1,23	1,36	1,58
	hacim ağırlığı (gr/cm³)							0,38	0,54	1,09	0,49	0,60	1,19
	tane yoğunluğu (gr/cm³)							1,20	1,28	1,61	1,58	1,82	2,01
	gözenek hacmi (%)							51,18	58,04	70,41	19,95	35,47	40,06

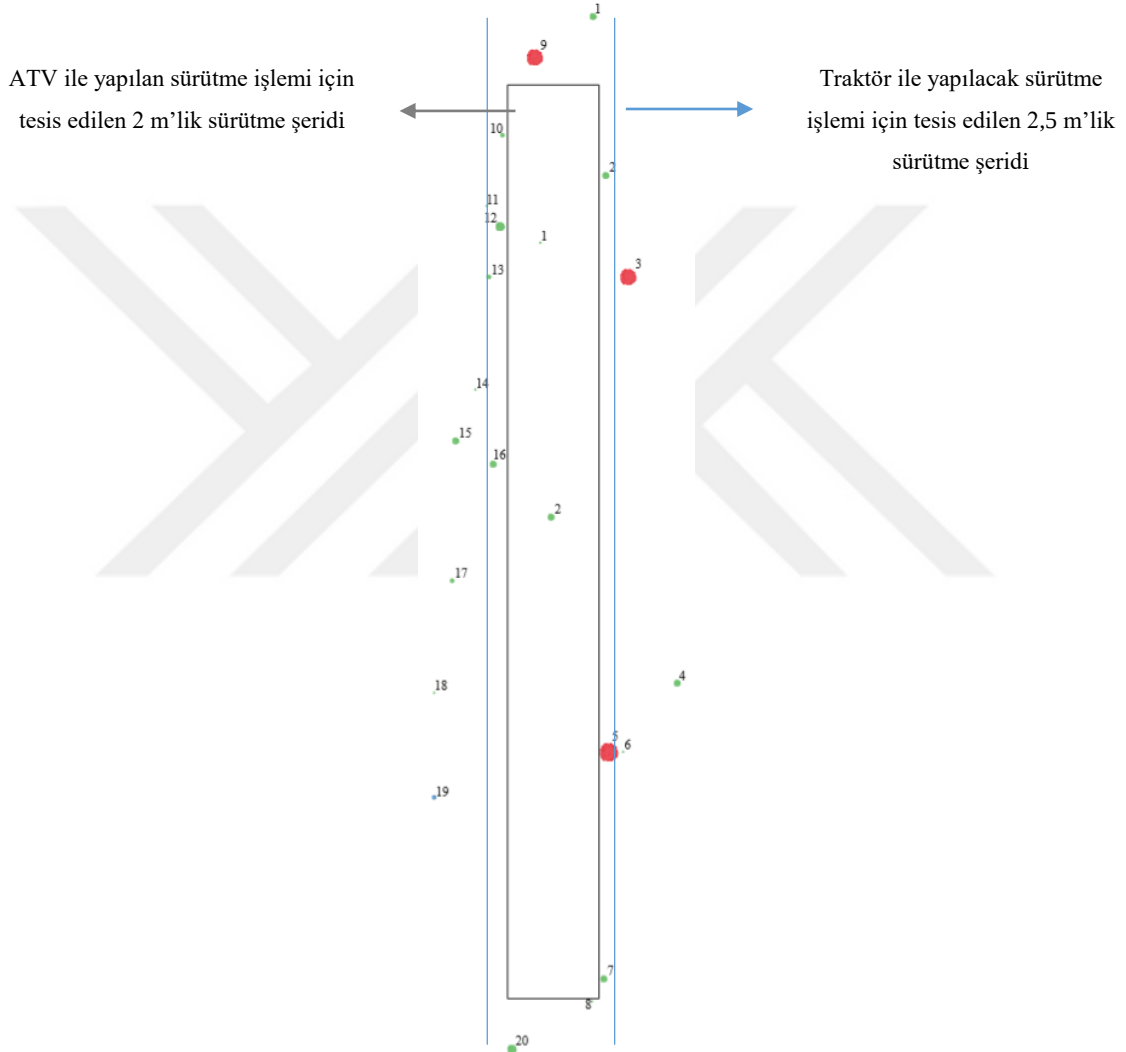
Bu karşılaştırma neticesinde; lastik tekerlekli olarak kullanılan ATV ile elde edilen gözenek hacmi, tane yoğunluğu ve hacim ağırlığı değerlerinin sürütme faaliyetlerinden sonra daha düşük olduğu görülmektedir. Tomruk izi ile tekerlek izi karşılaştırıldığında ise tekerlek izine ait gözenek hacmi değerlerinin daha az olduğu tespit edilmiştir. Kullanılan tomruğun çapı arttıkça bütün değerlerde bir azalmanın meydana geldiği de görülmektedir. ATV'nin ikinci ekipman (tomruğun iki ucu havada) ile kullanılması neticesinde tekerlek izi alanlarında çap değerlerindeki artış ile ters orantılı olarak değişim göstermektedir. Bu değişim, 2. ekipman kullanılırken tekerlek sayısının 4'den 6'ya çıkması ile açıklanabilir. Her iki metotta da beklendiği gibi kayın tomruğun sahil çamı tomruğundan ağırlık olarak fazla olması nedeniyle meydana gelen değişimler sahil çamı tomruğunun kullanıldığı alanlarda daha az olmuştur. Tomruk izi alanlarına ait toprak analizi değerleri de yukarıda sunulmuştur. Tabloda her ne kadar ibreli ve yapraklı türlerin sürütüldüğü alanlarda organik karbon ve azot miktarlarında da düşüş görülsede kayın tomruğun sürütüldüğü alanda kayın yoğunluğunun, sahil çamı tomruğunun sürütüldüğü alanda da sahil çamı yoğunluğunun fazla olması nedeniyle meşcere karakteristiklerinin etkisi doğrultusunda sahilçamı tomruğun sürütüldüğü alanlar 2. ekipman kullanılırken her çap grubu için daha fazla organik karbon ve azot miktarlarına sahiptir.

Ares vd. (2005) tarafından yapılan çalışmada topraktaki gözenek hacminin % 10-13, Shestak and Busse (2005) tarafından yapılan çalışmada da % 20-26 oranında azaldığı belirlenmiştir. Hatta Solgi, Najafi ve Daliri (2013) tarafından toplam gözenek hacminin % 46'dan % 91'e kadar değişen oranlarda azaldığı rapor edilmiştir. Çalışmamızda ise gözenek hacminin % 6 ile % 62 arasında azaldığı tespit edilmiştir. Ramezani vd. (2017) tarafından 8. seferde 30-40 cm. kadar sıkışmanın devam ettiği belirlenmiştir.

4.4 Ağaç Zararına Yönelik Bulgular ve Tartışılması

Ağaç zararının hesaplanmasında, tekerlekleri arasındaki mesafe 1480 mm. olan ATV ile yapılan sürütme işlemi için tesis edilen 2 m'lik sürütme şeritleri üzerinde kalan ağaçların göğüs çapındaki (130 cm. yükseklik) çapları ölçülmüş, çap kademeleri genişliği her bir ağaç türü için Dikili Kabuklu Gövde Hacim Tablosu'ndan hacim hesabı (m^3) yapılarak bulunmuştur. ATV ile üretim yapılmasına imkân tanıyan sürütme şeritlerinin tesis edilmesi amacıyla alanda toplam hacmi 4,017 m^3 olan 17 adet ağacın (10 adet kayın ağacı, 7 adet sahil çamı ağacı) kesilmesi ve alandan uzaklaştırılması gerekmektedir. Aynı işlemin tekerler

arasındaki mesafe 2250 mm. olan traktörler ile 2,5 m'lik sürütme şeritleri üzerinde yapılacağı düşünüldüğünde ise alanda toplam hacmi 26,732 m³ olan 89 adet (72+17) ağacın (57 adet kayın ağacı, 32 adet sahil çamı) kesilmesi ve alandan uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu oranın, 292 sayılı tebliğde platform genişliği 3,5 m. olarak planması istenen traktör yolları tesis edilerek yapıldığı düşünüldüğünde daha da artacağı açıktır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12: ATV ve traktör yolu için alandan uzaklaştırılması gereken ağaçların tespiti.

4.5 İstatistiki Analizlere Yönelik Bulgular ve Tartışılması

Sıkışma verileri için istatistik analizlerin gerçekleştirilmesi amacıyla Excel formatında 487080 hücreden oluşan (54120 satır ve 9 sütun) bir veri tabanı oluşturulmuştur. Daha sonra

bu veri tabanının R yazılımı ile değerlendirilmesi amacıyla csv formatına dönüştürülmüştür. Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde R 3.6.3 yazılımı kullanılmıştır.

İlk olarak sıkışma değerlerinin normal dağılım gösterip göstermediği Kolmogorov-Smirnov testi ile test edilmiş olup metota (Lastik tekerlekli ATV) göre sıkışma verilerinin (Sol-Sağ tekerlek ile tomruk izi) normal dağılım göstermediği belirlenmiştir. Uygulanan testlerin sonuçları aşağıda verilmiştir (Tablo 4.7).

Tablo 4.7: Çift yönlü Kolmogorov-Smirnov test sonuçları.

Ekipman-AğaçTürü ile Sol Tekerlek İzi	Ekipman-AğaçTürü ile Sağ Tekerlek İzi	Ağaç Türü ile Tomruk İzi
D değeri: 0,3831	D değeri: 0,35392	D değeri: 0,36364
p değeri: < 2.2e-16	p değeri: < 2.2e-16	p değeri: < 2.2e-16

Normal dağılım göstermeyen sıkışma verilerinin ortalamaları arasında fark olup olmadığını belirlemek amacıyla Kruskal-Wallis analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda hem 10 cm. hem de 20 cm. derinlik için grup ortalamaları arasında fark bulunamamıştır. İlk 5 cm. derinlik için ise tomruk izinde ölçülen sıkışma değerlerinin grup ortalamaları arasında herhangi bir fark yok iken tekerlek izlerinde ekipman, sefer sayısı ve ağaç türü için grup ortalamaları arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Gruplar arası farklılıkların tespit edildiği analizlere ait veriler aşağıda sunulmuştur (Tablo 4.8).

Tablo 4.8: Kruskal-Wallis test sonuçları.

Tekerlek İzi - Ekipman	Tekerlek İzi - Sefer Sayısı	Tekerlek İzi - AğaçTürü
Kruskal-Wallis ki-kare: 5,7415	Kruskal-Wallis ki-kare: 10,941	Kruskal-Wallis ki-kare: 57,793
df (serbestlik derecesi): 1	df (serbestlik derecesi): 3	df (serbestlik derecesi): 58
p değeri: 0,0657	p değeri: 0,2155	p değeri: 0,483

Yukarıda elde edilen sonuçlara göre sıkışma değerleri ekipman, sefer sayısı ve ağaç türü faktörlerine göre Duncan analizi uygulanarak hangi faktörlerin eşleştirilebileceği belirlenmeye çalışılmıştır. Duncan testi sonuçları aşağıda verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ekipman türü ve sefer sayısının sıkışma değerleri üzerinde etkisi farklı oranlarda iken

ağaç türünün sıkışma değerleri üzerindeki etkisinin istatistiksel anlamda benzer olduğu tespit edilmiştir. Bu verilerin ışığında ekipman ve sefer sayısı değişkenleri arasında korelasyon olup olmadığı faktör analizi ile belirlenmeye çalışılmıştır (Tablo 4.9-4.12).

Tablo 4.9: Tekerlek izi verilerinin ekipman değişimine ait Duncan test sonuçları.

	Tekerlek İzi	Standart Sapma	r	Minimum	Maksimum
1. Ekipman	1,806212 ^a	1,286063	1320	0,0	5,5
2. Ekipman	2,127369 ^b	1,496040	1319	0,4	6,8

Ortalama Kare Hatası: 1,945935

Tablo 4.10: Tekerlek izi verilerinin ağaç türü değişimine ait Duncan test sonuçları.

	Tekerlek İzi	Standart Sapma	r	Minimum	Maksimum
İbrelili	1,958150 ^a	1,383380	1319	0,0	6,8
Yapraklı	1,975303 ^a	1,424622	1320	0,3	6,1

Ortalama Kare Hatası: 1,971667

Tablo 4.11: Tomruk izi verilerinin ağaç türü değişimine ait Duncan test sonuçları.

	Tekerlek İzi	Standart Sapma	r	Minimum	Maksimum
İbrelili	1,771364 ^a	1,337988	660	0.0	6.2
Yapraklı	1,952879 ^a	1,339051	660	0.0	5.5

Ortalama Kare Hatası: 1.791634

Tablo 4.12: Tekerlek izi verilerinin sefer sayısı değişimine ait Duncan test sonuçları.

	Tekerlek İzi	Standart Sapma	r	Minimum	Maksimum
5	1.321515 ^a	1.194005	1320	0.0	6.8
10	1.432777 ^{ab}	1.238917	1318	0.2	5.4
15	1.392424 ^{ab}	1.161293	1320	0.1	6.1
20	1.454738 ^b	1.214001	1319	0.0	5.6

Ortalama Kare Hatası: 1.446112

Ekipman, ağaç türü ve sefer sayısı verileri arasında en önemli faktörlerin belirlenebilmesi amacıyla regresyon skorlarına göre faktör analizi uygulanmıştır. Elde edilen faktör analizi sonuçları aşağıda verilmiştir (Tablo 4.13).

Tablo 4.13: Ekipman, ağaç türü ve sefer sayısı verileri için faktör analizi sonuçları.

	Bileşen 1	Bileşen 2	Bileşen 3	Bileşen 4
Standart Sapma	1,091988	0,95171	0,796502	0,746069
Varyans Oranı	0,119244	0,090575	0,063442	0,055662
Kümülatif Oran	0,642381	0,732956	0,796398	0,85206
Bileşim Yükleri				
	Bileşen 1	Bileşen 2	Bileşen 3	Bileşen 4
Ekipman	0,291	0,202	-0,498	0,105
Ağaç Türü	0,280	-0,375		
Sefer Sayısı	0,346	0,327	0,124	
Factanal(x=X, factanal=2)				
Bileşim Yükleri				
	Faktör 1	Faktör 2		
Ekipman	0,367	-0,056		
Ağaç Türü	0,348	0,260		
Sefer Sayısı	0,438	0,228		

Ek olarak; sürütme faaliyetleri değerlendirildiğinde kontrol parselleri ile sürütmenin gerçekleştirildiği alanlarda sürütme sefer sayısı arttıkça gerçekleştirilen sürütme faaliyetleri sonucunda zeminde meydana gelen sıkışmanın arttığı görülmektedir. Bununla birlikte, 5. sefer ile 10. sefer arasında ilk 7 cm. de sıkışma değerleri artış göstermektedir. 15. seferden itibaren ise yüzey bölümü (ilk 5 cm) hariç tüm derinliklerde sıkışma değerlerinde artış görülmektedir. 20. sefer itibarıyla de bu artış 38 cm'ye kadar devam etmektedir. Söz konusu sıkışma değerlerine ait ilk 5 cm. derinlik için elde edilen veriler aşağıda Tablo 4.14'de verilmiştir.

Tablo 4.14: Lastik tekerlekli ATV için ilk 5 cm derinliğe ait sıkışma verileri.

Derinlik	Kontrol	5. sefer	10.sefer	20.sefer
0	0	0	0	0
1	0,843	0,998	1,068	0,968
2	1,158	1,278	1,396	1,36
3	1,570	1,831	1,893	1,828
4	1,921	2,361	2,409	2,358
5	2,207	2,766	2,706	2,750

Ham verilere bakıldığında; sefer sayılarına göre sıkışma değerlerindeki artışın farklı derinliklerde farklı oranlarda meydana gelmesi istatistiksel anlamda sefer sayısının sıkışma değerleri üzerinde farkı oranlarda etkili olduğu sonucunu destekler niteliktedir. 1. ekipmanda (ürünün bir ucunun askıda taşınmasına imkan tanıyan römork) ATV'ye monte edilen parça ekstra 4 tekerleğe sahip iken 2. ekipmanın (ürünün her iki ucunun askıda taşınmasına imkan tanıyan römork) ekstra 6 tekerleğe sahip olması tekerlek izinden geçiş sayısını arttırdığı için bu alanların daha fazla sıkıştığını göstermektedir ki bu fazla geçişin istatistiksel anlamda ekipmanlar arasında farklılık meydana getirdiği Kruskal-Wallis analizi ile ortaya konulmuştur.

Sıkışma verilerine ait Duncan analizi sonuçlarına bakıldığında; metot olarak lastik tekerlekli ATV kullanımının, kullanılan ekipman olarak 1. ve 2. ekipmanın ayrı gruplar olarak değerlendirilebileceği görülmektedir. Ağaç türü anlamında ise ibreli (sahil çamı) ve yapraklı (kayın) ağaçların sürütülmesi sonucunda ölçülen sıkışık değerleri arasında fark olmadığı ve aynı grup altında değerlendirilebileceği belirlenmiştir. Dört gruptan (5, 10, 15 ve 20. geçişler) oluşan sefer sayısına ait sıkışıklık verileri Duncan testi sonuçlarına göre 5. ve 20. seferler farklı gruplar oluştururken 10. ve 15. seferlerin benzer gruplar olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu bulgulara göre veri tabanı tekrar düzenlenerek regresyon skorları dikkate alınarak faktör analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre ekipman en önemli faktör olarak gözükmürken ağaç türü ve sefer sayısı ikinci sırada yer almaktadır.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Lastik tekerlekli olarak kullanılan ATV ile elde edilen verim değerleri dikkate alındığında yapraklı türler (kayın için ortalama 4,06 m³/saat'lik iş verimi) ile ibreli türlerin (sahilçamı için ortalama 4,08 m³/saat'lik iş verimi) kıyaslanması sonucunda verim bakımından önemli bir farklılık görülmemiştir. Tomrukların bir ucu yerde (3,73 m³/saat'lik saatlik verim) ve her iki ucuda havada (4,41 m³/saat'lik saatlik verim) olarak taşındığı 1. ve 2. ekipmanlar karşılaştırıldığında beklenildiği gibi tomruğun zeminle temasının kesildiği 2. ekipman için verim daha yüksek olarak bulunmuştur.

Ortalama 715 m³ üretim yapılan bölmelerde, ortalama 60 m. sürütme mesafesinde toplam maliyet hesaplanarak 1 m³ için ortalama gider, insan ve hayvan gücü ile bölmeden çıkarma çalışmalarında 136,92 TL/m³ iken, aynı maliyet değeri ile 4×4 ATV kullanılarak yapılan bölmeden çıkarma çalışmalarında 38,79 m³ maliyet ile üretim yapılabildiği tespit edilmiştir. Yani, 4×4 ATV ile yapılan bölmeden çıkarma işleminin verimli olabilmesi için en az 38,79 m³ üretim (günlük üretilmesi gereken ürün miktarı) yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, amortisman, faiz, sigorta ve operatör ile yardımcısı (varsa) ücretlerinden oluşan sabit masraflar ile yakıt masrafı, bakım ve onarım masrafları ile yağ ve yağlama masraflarından oluşan değişken masraflar sırasıyla; 25,55 TL/saat-39,97 TL/saat olarak hesaplanmıştır.

Gözenek hacmi, tane yoğunluğu ve hacim ağırlığı değerlerinin sürütme faaliyetlerinden sonra daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Tomruk izi ile tekerlek izi karşılaştırıldığında ise tekerlek izine ait gözenek hacmi değerlerinin daha az olduğu görülmektedir. Kullanılan tomruğun çapı arttıkça bütün değerlerde bir azalmanın meydana geldiği görülmüştür. ATV'nin 2. ekipman (tomruğun iki ucu havada) ile kullanılması neticesinde tekerlek izi alanlarında çap değerlerindeki artış ile ters orantılı olarak değişim görülmüş, bu değişim 2. ekipman kullanılırken tekerlek sayısının 4'den 6'ya çıkması ile açıklanmıştır. Ayrıca, beklenildiği gibi kayın tomruğun sahil çamı tomruğundan ağırlık olarak fazla olması nedeniyle meydana gelen değişimler sahil çamı tomruğunun kullanıldığı alanlarda daha az olmuştur.

ATV ile üretim yapılmasına imkân tanıyan sürütme şeritlerinin tesis edilmesi amacıyla alandan toplam hacmi 4,017 m³ olan 17 adet ağacın kesilmesi ve alandan uzaklaştırılması gerektiği, aynı işlemin traktörler ile 2,5 m'lik sürütme şeritlerinin tesisi için yapıldığı takdirde ise alandan toplam hacmi 26,732 m³ olan 89 adet ağacın kesilmesi ve alandan uzaklaştırılması gerektiği hesaplanmıştır.

Ek olarak; kontrol parselleri ile sürütmenin gerçekleştirildiği alanlarda sürütme sefer sayısı arttıkça gerçekleştirilen sürütme faaliyetleri sonucunda zeminde meydana gelen sıkışmanın arttığı görülmüştür. Bununla birlikte, 5. sefer ile 10. sefer arasında ilk 7 cm. de sıkışma değerleri artış gösterirken, 15. seferden itibaren yüzey bölümü (ilk 5 cm) hariç tüm derinliklerde sıkışma değerlerinde artış görüldüğü, 20. sefer itibariyle de bu artışın 38 cm'ye kadar devam ettiği tespit edilmiştir. Ayrıca, 1. ekipmanda (ürünün bir ucunun askıda taşınmasına imkân tanıyan römork) ATV'ye monte edilen parça ekstra 4 tekerleğe sahip iken 2. ekipmanın (ürünün her iki ucunun askıda taşınmasına imkân tanıyan römork) ekstra 6 tekerleğe sahip olmasının tekerlek izinden geçiş sayısını arttırdığı için bu alanların daha fazla sıkıştığı belirlenmiştir.

Sonuçlar ışığında; lastik tekerlekli olarak kullanılan ATV'nin düşük eğim koşullarında yüksek verim sağlarken düşük meşcere zararı değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Mekanizasyonun gelişmesine paralel olarak, geçmiş yıllarda kullanılan mekanizasyon çalışmaları gözönünde bulundurulduğunda günümüzde üretim çalışmalarında mekanizasyon çalışmalarından daha fazla yararlanıldığı bir gerçektir. Ancak, üretim miktarının artması, çevre bilincinin gelişmesi ile ekonomiklik, çevresellik, verimlilik ve ergonomiklik unsurlarının bir bütün olarak düşünüldüğü mekanizasyon tekniklerinin geliştirilmesine ihtiyaç olduğu da anlaşılmaktadır. Bu nedenle, ülkemiz ormancılık çalışmalarında kullanım yeri bulacak bu makine ve ekipmanlar, hem üretim kalitesinin artırılması hem de meşcere zararlarının en aza indirgenmesi açısından karar verici ve uygulamacıları memnun edecektir.

Ürünlerin bölmeden çıkartılmasında en önemli kriterlerden biri olan en kısa ve en uygun güzergâhın seçilmesinde karşılaşılan problemlerin çözümü için makine ölçüleri ile avantaj sağlayan, orman içerisinde kolayca hareket etme imkânı bulan ATV'ye monte römork sisteminin kullanılmasının da ülkemiz ormancılığına katkı sağlayacağı açıktır.

Transport planları bölmeden çıkarma şekillerine uygun olarak yapılmalı, hangi bölmede hangi bölmeden çıkarma metodunun kullanılacağına iyi karar verilmelidir. Bu amaçla, her çapta ve boyda ürünün taşınmasına imkân tanıyan ATV'lerin diğer bölmeden çıkarma yöntemlerine alternatif bir bölmeden çıkarma tekniği olarak kullanılabilmesi gerçeğinden hareketle kısa mesafelerde, düz ve hafif eğimli arazi koşullarında kullanımlarına öncelik verilmelidir.

Ürünlerde kalite ve kantite kayıplarının yaşandığı, gençliğin, orman toprağının ve dikili ağaçların zarar gördüğü yerlerde ATV'ye monte römork sistemi ile ürünlerin bölmeden çıkarılması sağlanmalıdır.

Bölmeden çıkarma faaliyetleri dikili ağaçlar üzerinde zararlara neden olmakta, oluşan zararlar böceklerin yaşamasına uygun ortamlar oluşturmaktadır. Bu nedenle dikili ağaçlara verilecek zararın en aza indirgenmesi için bu metot ile ormanlara müdahale edilmesine imkân tanınmalıdır.

Ülkemiz arazi yapısının genellikle engebeli ve orman koşullarının zor olması nedeniyle tercih edilecek ATV'lerin her mevsim ve her koşulda rahatça kullanılabilmesi için yüksek motor kapasitesine ve 4×4 çekiş gücüne sahip olanları tercih edilmelidir. Buradan hareketle, ATV'lerin lastik tekerlekli olarak kullanılabileceği gibi arazi paletli olarak ta kullanım yeri bulabileceği de dikkate alınmalıdır. Arazi paletleri ile temas yüzeyi artırılarak birim alana yapılan baskının azalacağı, verimin artacağı göz önünde bulundurulduğunda paletli olarak kullanılmasının daha fazla katkı sağlayacağı unutulmamalıdır.

T3 yetki belgesi yanında B sınıfı sürücü belgesi ile de kullanılabilen ATV'ler, işçileri bu araçları daha rahat ve kolay kullanabilme konusunda yönlendirecektir.

Orman işlerinin değişen koşullarda seyretmesi nedeniyle kullanılan araç ve ekipmanlar yeterli iş güvenliği kriterlerini sağlamalı, güvenli çalışma ortam ve koşulları sağlanmalıdır.

Meşcereye en az zararı verecek, verimliliği artıracak çalışmaları teşvik etmek amacıyla günün şartlarına ve teknolojik gelişmelere uygun olarak römork sisteminin geliştirilmesi ormancılık çalışmalarımıza daha iyi hizmet edilmesine katkı sunacaktır.

KAYNAKLAR

- Acar, H. H., Ünver, S. (2012). Tomrukların oluk içerisinde traktör gücü ile kontrollü kaydırılması (TOKK-T) yönteminde iş verimliliği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13:97-102.
- Acar, H. H., Gül, A. U. ve Gümüş, S. (2000). Bölmeden çıkarma çalışmalarında toplam maliyetin minimizasyonu için doğrusal programlama kullanımı. *TUBITAK Doğa Dergisi*, 24:383-391.
- Acar, H. H. (1997). Dağlık arazide kısa mesafeli orman hava hatları ile bölmeden çıkarma çalışmalarının incelemesi. *TUBITAK Doğa Dergisi*, 21:195-200.
- Acar, H. H. (1994). Ormancılıkta Transport Planları ve Dağlık Arazide Orman Transport Planlarının Oluşturulması. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Agherkakli, B., Najafi, A. ve Sadeghi, S. H. (2010). Ground based operation effects on soil disturbance by steel tracked skidder in a steep slope of forest. *Journal of Forest Science*, 56(6):278-284.
- Ampoorter, E., Schrijver, A. D., Nevel, L. N., Hermy, M. ve Verheyen, K. (2012). Impact of mechanized harvesting on compaction of sandy and clayey forest soils: Results of a meta-analysis, *Annals of Forest Science*, 69:533-542.
- Akay, A. E., Sert, M. ve Gülci, N. (2014). Eğimli arazilerde benzinli el vinci ile bölmeden çıkarma çalışmalarının verim açısından değerlendirilmesi. *II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, s.281-290.
- 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*, s.1822-1832.
- Aykut, T. ve Demir, M. (1998). Ormancılıkta mekanizasyonun istekleri, koşulları, faydaları ve Türkiye'de üretim mekanizasyonunun durumu. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, B/46(1-2-3-4):64-75.
- Aykut, T. (1985). Orman ürünlerinin taşınmasında mekanizasyon ve verimler, ormancılıkta mekanizasyon ve verimliliği. *I. Ulusal Sempozyumu*, MPM Yayın No:339, s.130-158.
- Ballard, T. M. (2000). Impacts of forest management on northern forest soils. *Forest Ecology and Management*, 133:37 p.
- Bayoğlu, S. (1988). Üretim mekanizasyonu metotları ile orman yol şebekesi ilişkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, B/38(3):56-63.
- Blake, G. R. (1965). Particle density, in: Methods of soil analysis, part 1. physical and mineralogical methods. Agronomy Monograph 9, American Society of Agronomy-

Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, pp.371-373.

Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*, 54:464-465.

Buğday, E. (2016). Ormancılıkta üretimin planlaması ve hassas ormancılık anlayışı. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 2(1-2):54-57.

Buğday, E. (2011). Ormancılık Üretim Çalışmalarının Çevresel Zararları. Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı, 64 s.

Cudzik, A., Brennenstul, M., Bialczyk, W. ve Czarnecki, J. (2017). Damage to soil and residual trees caused by different logging systems applied to late thinning. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 38:83-95.

Cullen, S. J., Montagne, C. ve Ferguson, H. (1991). Timber harvest trafficking and soil compaction in western montana. *Soil Science Society of America Journal*, 55:1416-1421.

Çağlar, S. ve Acar, H. H. (2005). Koller K300 orman hava hattı ile bölmeden çıkarmada çalışma verimi üzerine bir inceleme. *Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 6(1-2):113-120.

Çağlar, S. (2002). Artvin Yöresi Ormanlarında Vinçli Hava Hatları ile Bölmeden Çıkarmanın Çalışma Verimi Açısından İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.

Çepel, N. (1995). *Orman Ekolojisi*. İstanbul Üniversitesi Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı, Üniversite Yayın No: 3886, Sosyal BMYO, Yayın No:433, 536 s.

Demir, M., Makineci, E. ve Yılmaz, E. (2007). Investigation of timber harvesting impacts on herbaceous cover, forest floor and surface soil properties on skid road in an oak (*Quercuspetrea l.*) stand. *Building and Environment*, 42:1194-1199.

Dykstra, D. P. ve Heinrich, R. (1996). Forest harvesting and transport: Old problems, new solutions, *XI World Forestry Congress*, Antalya, Turkey, 3(14):41-49.

Eker, M. ve Acar, H. H. (2014). Kesim ve bölmeden çıkarma işlerinde birim çalışma zamanlarının irdelenmesi. *II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, s.291-299.

Eker, M. (2004). Ormancılıkta Odun Hammaddesi Üretiminde Yıllık Operasyonel Planlama Modelinin Geliştirilmesi. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 239 s.

Erdaş, O. (2008). *Transport Tekniği*, KSÜ Rektörlüğü, Kahraman Maraş, Yayın No: 130/20 554 s.

Erdaş, O. ve Acar, H. H. (1995). Doğu karadeniz bölgesinde bölmeden çıkarma sırasında Koller K 300 kısa mesafeli vinçli hava hatlarının kullanımı. *1.Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, Trabzon, s.230-238.

- Eroğlu, H., Sarıyıldız, T., Küçük, M. ve Sancal, E. (2010). Doğu ladini meşcerelerinde bölmeden çıkarma çalışmalarının orman toprağının fiziksel özellikleri üzerine etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(1):30-42.
- Eroğlu, H. ve Özmen, T. (2010). Hayvan gücü ile bölmeden çıkarma çalışmalarının verimlilik açısından değerlendirilmesi üzerine bir araştırma. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, Cilt:II, s.554-563.
- Eroğlu, H. (2007). Teknik ormancılık faaliyetlerinin oluşturduğu çevresel zararların belirlenmesine yönelik teorik bir yaklaşım. *Bottlenecks, Solutions and Priorities in the Context of Functions of Forest Resources*, s.353-362.
- Eroğlu, H., Öztürk, A., Öztürk, U. Ö. ve Eker, M. (2009). Farklı bölmeden çıkarma teknikleri ile taşınan ürünlerde oluşan zararların tespiti ve zararların ekonomik boyutlarına yönelik genel bir değerlendirme. *II. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi*, s.284-293.
- Eroğlu, H. (1997). Artvin Yöresinde Bölmeden Çıkarma Çalışmalarında Koller K 300 Kısa Mesafeli Orman Hava Hattını Teknik ve Ekonomik Yönden İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Geist, J. M., Hazard, J. W. ve Seidel, K. W. (1989). Assessing physical conditions of some pacific northwest ash soils after forest harvest. *Soil Science Society of America Journal*, 53:946-950.
- Grace, J. M., Skaggs, R. W. ve Cassel, D. K. (2006). Soil physical changes associated with forest harvesting operations on an organic soil. *Soil Science Society of America Journal*, 70(2):503-509.
- Greacen, E. L. ve Sands, R. (1980). Compaction of forest soils: A review. *Australian Journal of Soil Research*, 18:162-189.
- Gül, A. U., Acar, H. H. ve Topalak, Ö. (2000). Ormancılıkta üretim çalışmalarında mekanizasyon ihtiyacının doğrusal programlama yoluyla belirlenmesi. *TUBITAK Doğa Dergisi*, 23:375-382.
- Gülci, N., Akay, A. E. ve Erdaş, O. (2014). Benzinli el vincinin odun hammaddesinin bölmeden çıkarılmasında kullanım imkânları. *TMMOB Orman Mühendisleri Odası Dergisi*, Ocak/Şubat/Mart 2014, s.24-28.
- Gülcur, F. (1974). *Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metotları*. Kutulmuş Matbaası, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 1970, Orman Fakültesi Yayın No: 201, 225 s.
- Gümüş, S. (2015). Bölmeden çıkarma çalışmalarında tahrikli traktör römorklarının kullanımının irdelenmesi. *Üretim İşlerinde Hassas Ormancılık Sempozyumu*, Kastamonu Üniversitesi, s.257-265.
- Hatay, T. Y. (2014). Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Bölmeden Çıkarmada Kullanılabilecek En Uygun Orman Hava Hattının Bazı Teknik Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 127 s.

- Irmak, A. (1954). *Arazide ve Laboratuvarında Toprağın Araştırılması Metotları*. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 559, Orman Fakültesi Yayın No: 27, 150 s.
- Kantarıcı, M. D. (2000). *Toprak İlimi*. İstanbul Üniversitesi Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 4261, Orman Fakültesi Yayın No: 462, 420 s.
- Kara, Ö. ve Bolat, İ. (2008). Bartın ili orman ve tarım topraklarının mikrobiyal biyokütle karbon (C_{mic}) ve azot (N_{mic}) içerikleri. *Ekoloji*, 18(69):32-40.
- Kezik, U. ve Altun, L. (2015). Üretim çalışmalarının toprak kalitesi ve ekosistem sağlığına olası etkileri. *Üretim İşlerinde Hassas Ormancılık Sempozyumu*, Kastamonu Üniversitesi, s.285-299.
- Kozłowski, T. T. ve Pallardy, S. G. (1997). *Physiology of Woody Plants*. 2nd Edition, Academic Press, San Diego.
- Landsberg, J. (2003). Modelling forest ecosystems: State of the art, challenges and future directions. *Canadian Journal of Forest Research*, 33(3):385-397.
- Lousier, J. D. (1990). Impacts of forest harvesting and regeneration on forest sites. *Land Management*, Report Number: 67.
- McMahon, S., Simcock, R., Dando, J. ve Ross, C. (1999). A fresh look at operational soil compaction, *Environment and Planning*, A(21):1397-1411.
- Naghdi, R., Solgi, A. ve Zenner, E. K. (2015). Soil disturbance caused by different skidding methods in mountainous forests of northern Iran. *International Journal of Forest Engineering*, 26(3):212-224.
- Najafi, A., Solgi, A. ve Sadeghi, S. H. (2010). Assessing site disturbance using two ground survey methods in a mountain forest. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 31(1):47-55.
- Osman, K. T. (2013). *Forest Soils: Properties and Management*. Springer International Publishing, Switzerland.
- Öztürk, T. (2009). Kayın tomruğunun bölmeden çıkarılmasında MB Trac 900 sürütücünün verimlilik analizi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 59(2):45-58.
- Öztürk, T. 2014. Odun üretim çalışmalarında sürütme yolu üzerinde meydana gelen deformasyonların belirlenmesi. *II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, 3-4:212-219.
- Öztürk, T. (2001). Bölmeden çıkarma çalışmalarında kullanılan özel orman traktörleri üzerine bir araştırma. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 51:101-110.
- Öztürk, T. (1996). Artvin Bölgesinde Vinçli Hava Hatlarından Yararlanma İmkânları. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Pinard, M., Howlett, B. ve Davidson, D. (1996). Site conditions limit pioneer tree establishment after logging of dipterocarp forests in Sabah. *Biotropica*, Malaysia, 28:2-12.
- Proto, A. R. (2016). Impact of skidding operations on soil physical properties in southern Italy. *Contemporary Engineering Sciences*, 9/23:1095-1104.
- Ramezani, N., Sayyad, G. A. ve Barzegar, A. R. (2017). Tractor wheel compaction effect on soil water infiltration, hydraulic conductivity and bulk density. *Malaysian Journal of Soil Science*, 21:47-61.
- Russell, F. ve Mortimer, D. (2005). A review of small-scale harvesting systems in use world wide and their potential application in Irish forestry, *National Council for Forest Research and Development*, Dublin, Ireland, 48 p.
- Seçkin, B. (1983). Türkiye’de bölmeden çıkarma işlerinin mekanizasyonu çalışmaları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, B/33(1):200-221.
- Shestak, C. J. ve Busse, M. D. (2005). Compaction alters physical but not biological indices of soil health. *Soil Science Society of America Journal*, 69(1):236-246.
- Solgi, A., Naghdi, R. ve Nikooy, M. (2015). Effects of Skidder on Soil Compaction, Forest Floor Removal and Rut Formation. *Madera y Bosques, Instituto de Ecologia, A.C. Mexico*, 21(2):147-155.
- Solgi, A. ve Najafi, A. (2014). The impact of ground-based logging equipment on forest soil. *Journal of Forest Science*, 60(1):28-34.
- Solgi, A., Najafi, A. ve Sam Daliri, H. (2013). Assessment of crawler tractor effects on soil surface properties. *Cas-pian Journal of Environmental Science*, 11(2):185-194.
- Spinelli, R., Magagnotti, N. ve Nati, C. (2010). Benchmarking the impact of traditional small-scale logging systems used in mediterranean. *Forestry, Forest Ecology and Management*, 260:1997-2001.
- Startsev, A. D. ve McNabb, D. H. (2000). Effects of skidding on forest soil infiltration in west-central Alberta. *Canadian Journal of Soil Science*, 80:617–624.
- Taylor, S., Veal, M., Grift, T., Mcdonald, T. ve Corley, F. (2002). Precision forestry: Operational tactics for today and tomorrow. *25th Annual Meeting of the Council of Forest Engineers*, Auburn University, Auburn, Alabama.
- Türk, Y. ve Gümüş, S. (2015). Tarım traktörleriyle bölmeden çıkarmada meydana gelen toprak ve fidan zararlarının araştırılması. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16(1):55-64.
- Uhl, C., Barreto, P. ve Verissimo, A. (1997). Natural resource management in the Brazilian Amazon. *Bioscience, USA*, 47:160-168.

- Ünver, S. (2008). Endüstriyel Odun Hammaddesinin İnsan Gücüyle Sürütülmesi Sırasında Ortaya Çıkan Ürün Kayıpları ile Çevresel Zararların Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 138 s.
- Varol, T. (1997). Batı Karadeniz Bölgesi Orman Nakliyatında Yükleme, Boşaltma ve İstifleme İşlerinin Zaman, Verim ve Masraf Yönünden İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Varol, T., Emir, T., Akgül, M., Özel, H. B., Acar, H. H. ve Çetin, M. (2020). Impact of small-scale Mechanized Logging Equipment on Soil Compaction in Forests. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 0718-9508.
- Virdine, C. G., Dehoop, C. ve Lanford, B. L. (1999). Assesement of Site and Stand Disturbance from Cut-to Lenght Harvesting. *10th Biennial Southern Silvicultural Research Conference*, Shreveport, La.
- Yıldırım, (1989). Orman İşlerinde Zaman Kavramı ve Zaman Etüdü Metodları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 29(2):133-152.
- Walkley, A. ve Black A. I. (1934). An Examination of the Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. *Soil Science*, 37:29-38.
- Whitman, A. A., Brokaw, N. V. L. ve Hagan, J. M. (1997). Forest Damage Caused by Selection Logging of Mahogany (*Swietenia Macrophylla*) in Northern Belize. *Forest Ecology and Management*, 92:87-96.
- Williston, E. (1979). Opportunity areas and leverage points, in: Proceedings of the electronics workshop. *Sawmill and Plywood Clinic*, Portland, Oregon, 14-18 p.
- Wilpert, K. D. ve Schaffer, J. (2006). Ecological effects of soil compaction and initial recovery dynamics: a preliminary study. *European Journal Forest Research*, 125(2):129-138.
- URL-1 (2019). <https://docplayer.biz.tr/5432614-3-uretim-ve-bolmeden-cikarma.html>, (26.08.2019).
- URL-2 (2017). <http://hayalcigezgin.blogspot.com.tr/2016/12/daglar-atv-lere-engelolamyor.html>, (10.05.2017).
- URL-3 (2017). http://Safe_Use_of_All-Terrain_Vehicles_ATVs_in_Agriculture_and_Forestry.pdf, (10.05.2017).

EKLER

EK 1: Ekipmanların yapımına ilişkin resimler.

Ekipmanların yapımına ilişkin resimler aşağıda paylaşılmıştır (Şekil 1-18):



Şekil 1: Tofaş marka binek otomobile ait fren sistemi ve poryanın bağlandığı aks



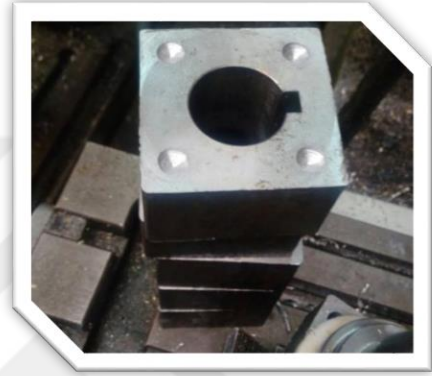
Şekil 2: Şasenin yukarı kaynaklı olan parçaları



Şekil 3: Şase



Şekil 4: Ana fren merkezi ve tandem fren sisteminin karşı yatak merkezlemesi



Şekil 5: Jant merkezi ve bijon cıvataları ile kamalar



Şekil 6: Aks ve fren merkezi bloğunun ana taşıyıcı ile porya ve tandem taşıyıcıları

Bütün yükü taşıyan ana taşıyıcı üzerinde milin hareket etmemesi için cıvatalar geçirilerek delikler açılmıştır. Buradaki amaç; yükün eşit dağılması ve sağlamlığı artırmaktır. Porya taşıyıcı içerisinde ise 2 adet konik rulman ve 1 adet keçe vardır. Keçe, içerisindeki yağın dışarıya kaçmasını engellerken rulmanlar ise yükü taşımak için kullanılmıştır.



Şekil 7: Fren diski, balata tutucu, jant tutucu ve jant yatağı



Şekil 8: Aks tutucu (kübik)

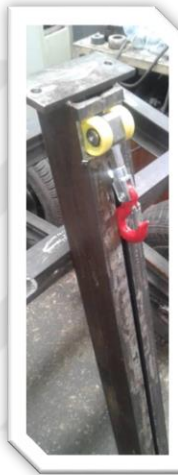


Şekil 9: Tandemin montajı

Burada U demiri (içi boş) yükü taşıması, esneyip bükülmemesi için iptal edilmiş yerine içi dolu malzeme kullanılmıştır.



Şekil 10: Fren merkezleri montajlı tandem sistemi



Sarı bobin;
kestamitten
yapılmış
asansör
taşıyıcısıdır.
Kaymaması ve
sıkışmaması
amacıyla
seçilmiştir.
Kestamik
demir kadar
sert bir
malzemedir.

Şekil 11: Asansör sistemi



Şekil 12: Çekici demiri üzerinde yer alan ana fren merkezi



Şekil 13: Fren sistemi (ana fren merkezi hem ön hem de arka tekerlere baskı yapacak şekilde 2 kademeli olarak yapılmıştır)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Tuna EMİR
Doğum Yeri ve Tarihi : Trabzon / 18.05.1987

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

Yüksek Lisans Öğrenimi : Bartın Üniversitesi

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

Bilimsel Faaliyet/Yayınlar : Varol, T., Emir, T., Akgül, M., Özel, H. B., Acar, H. H. ve Çetin, M. (2020). Impact of small-scale Mechanized Logging Equipment on Soil Compaction in Forests. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 0718-9508. (2017-2020)

Varol, T., Ertuğrul, M., Özel, H. B., Emir, T. ve Çetin, M. (2018). The effects of rill erosion on unpaved forest road. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(1):825-839.

Varol, T., Özel, H. B., Emir, T. ve Özdil, R. (2019). Efficiency Comparison of Mechanization Techniques in Nursery. *European Journal of Forest Engineering*, 5(2): 68-76.

Tunay, M., Emir, T. (2019). Investigation of vibration and noise exposure in the furniture workshops on occupational health. *6th International Multi disciplinary Studies Congress*, Proceeding Book, Gaziantep, 2019.

Emir, T., Varol, T., Özel, H. B., Ergin, S. (2018). Risk assessment application through FMEA technique in the scope of OHS management system in forestry sector. *International Journal of Current Research*, 10(4):67918-67923.

Tunay, M., Emir, T. ve Yıldırım, M. (2018). Planning response times of fire-fighting vehicles to forest fires on active fire protection organization. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 5(4):125-133.

Varol, T., Ertuğrul, M., Emir, T. ve Özel, H. B. (2017). User opportunities of unmanned air vehicles (UAV) for forest fires. *Journal of Scientific and Engineering*

Research, 4(7):126-133.

Emir, T., Varol, T., Özel, H. B. (2017). An alternative to wood extraction activities in forestry the use of all terrain vehicles (ATVs). *International Journal of Recent Engineering Research and Development (IJERD)*, 02(06):68-75.

Patent : Fren Sistemli Taşıyıcı Römork Sistemi, 2018/12730 başvuru numarası (araştırmada).

Aşı Kalem ve Dal Çeliği Alma Makası, 2018/14887 başvuru numarası (araştırmada).

Defne Yaprığı Budama ve Toplama Makası, 2018/17431 başvuru numarası (araştırmada).

İş Deneyimi

Çalıştığı Kurumlar : Bartın Üniversitesi (2011-....)

Stajlar

Projeler ve Kurs Belgeleri : C sınıfı İş Güvenliği Uzmanı (2014-...)

TÜBİTAK 1002, Bölmeden çıkarma çalışmalarında ATV'lerin çevreye duyarlı ve verimli kullanım imkânlarının araştırılması, (117O904 proje numarası). 2018-2019.

TÜBİTAK 1002, Bartın Kumluca yöresi ormancılık üretim işçilerinin işçi sağlığı açısından incelenmesi, (111O309 proje numarası). 2011-2012.

BAP-FEN-A-007, Ormancılıkta 4×4 ATV'ler ile bölmeden çıkarma işlemlerinin toprak yapısı, bioması ve enzimleri üzerine etkileri, 2019-2020.

BAP-2013-2-114, Ormancılıkta motorlu testere operatörlerinin maruz kaldığı titreşimlerin ergonomik açıdan incelenmesi, 2013-2015.

BAP-2011-009, Ormancılıkta üretim ve transport araçlarından operatöre iletilen titreşimlerin ergonomik açıdan incelenmesi, 2011-2013.

Netcad 7.6 GIS'nk003a/PRO Geçki seçimi ve orman yol ağlarının tasarlanması sertifikası, 2016.

Netcad 7.6 GIS'nk010b/ORM Orman amenajman uygulamaları sertifikası, 2016.

İletişim

E-Posta Adresi : tunaemir@bartin.edu.tr
tuna-061@hotmail.com

Tarih : 31/01/2020 (Tez Savunma Tarihi)



