BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TAŞINABİLİR VİNÇ İLE ENTEGRE KÜÇÜK ÖLÇEKLİ HAVA HATTININ BÖLMEDEN ÇIKARMA ÇALIŞMALARINDA UYGULANMASI VE SİSTEMİN VERİM AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Adil BAŞARAN

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Mühendisliği Programı

ŞUBAT 2021

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TAŞINABİLİR VİNÇ İLE ENTEGRE KÜÇÜK ÖLÇEKLİ HAVA HATTININ BÖLMEDEN ÇIKARMA ÇALIŞMALARINDA UYGULANMASI VE SİSTEMİN VERİM AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Adil BAŞARAN
171082504

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY

ŞUBAT 2021

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi'nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, 119O013 numaralı TÜBİTAK projesi ile desteklenmiştir.

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Adil BAŞARAN

İmzası :

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez danışmanlığımı üstlenerek çalışmalarımın her aşamasında katkılarını esirgemeyen Prof.Dr. Abdullah Emin AKAY'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, tez jürimde bulunan ve tezimle ilgili görüşlerinden yararlandığım Prof. Dr. Selçuk GÜMÜŞ ve Prof.Dr. Temel SARILYILDIZ'a teşekkürlerimi sunarım.

119O013 Nolu "Taşınabilir Vinç ile Entegre Küçük Ölçekli Hava Hattının Bölmeden Çıkarma Çalışmalarında Uygulanması ve Sistemin Verim Açısından Değerlendirilmesi" adlı TÜBİTAK Projesi kapsamında gerçekleştirilmiş olan bu çalışma için TÜBİTAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Şubat 2021

Adil Başaran
(Orman Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **vi**
KISALTMALAR ..... **viii**
SEMBOLLER ..... **ix**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **x**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xii**
ÖZET ..... **xiii**
SUMMARY ..... **xiv**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Hassas Ormancılık Yaklaşımı 2
1.2 Bölmeden Çıkarma Yönteminin Belirlenmesi 4
1.3 Kablo Hatlar ile Mekanik Bölmeden Çıkarma 5
1.3.1 Yerden Kablo Çekimi Yapan Küçük Kablo Vinçler 5
1.3.2 Çift Tamburlu Traktör Vinçlerinin Hava Hattı Biçiminde Çalıştırılması 6
1.3.3 Sabit Taşıyıcı Kablo İçeren Vinçli Hava Hatları 6
1.4 Zaman Etüdü 10
2. LİTERATÜR ÖZETİ **12**
3. GEREÇ VE YÖNTEM **15**
3.1 Çalışma Alanı 15
3.2 Hava Hattı Sistemi ve Ekipmanlar 16
3.3 Verim Analizi 19
3.4 Arazi Çalışmaları 20
3.5 İstatistiksel Analizler 23
4. BULGULAR **24**
4.1 Zaman Etüdü Bulguları 24
4.1.1 Uygulama 1 (%34-50 eğim ve 100 m çekme mesafesi) 24
4.1.2 Uygulama 2 (%34-50 eğim ve 200 m çekme mesafesi) 24
4.1.3 Uygulama 3 (%50-70 eğim ve 100 m çekme mesafesi) 26
4.1.4 Uygulama 4 (%50-70 eğim ve 200 m çekme mesafesi) 27
4.2 Verim Analizi Bulguları 28
4.2.1 Uygulama 1 (%34-50 eğim ve 100 m çekme mesafesi) 28
4.2.2 Uygulama 2 (%34-50 eğim ve 200 m çekme mesafesi) 29
4.2.3 Uygulama 3 (%50-70 eğim ve 100 m çekme mesafesi) 30
4.2.4 Uygulama 4 (%50-70 eğim ve 200 m çekme mesafesi) 31
4.3 İstatistik Analiz Bulguları 32
4.3.1 Uygulama 1 (%34-50 eğim ve 100 m çekme mesafesi) 32
4.3.2 Uygulama 2 (%34-50 eğim ve 200 m çekme mesafesi) 34
4.3.3 Uygulama 3 (%50-70 eğim ve 100 m çekme mesafesi) 36
4.3.4 Uygulama 4 (%50-70 eğim ve 200 m çekme mesafesi) 38
5. TARTIŞMA **40**

5.1 Zaman Ölçümleri 40
5.2 Verim 42
6. SONUÇLAR 46
7. KAYNAKLAR 50
ÖZGEÇMİŞ 54

KISALTMALAR

ATV **:** All Terrain Vehicle (Arazi Aracı)

IUFRO **:** Uluslararası Orman Araştırma Kuruluşları Birliği

PÇZ **:** Planlanmış Çalışma Zamanı

VÇZ **:** Verimli Çalışma Zamanı

SEMBOLLER

d **:** Ürünün orta çapı (cm)

l **:** Ürünün boyu (m)

P **:** Saatlik verim (m^3/saat)

t **:** Bir döngüdeki toplam çalışma zamanı (saniye)

V **:** Bir döngüdeki tomruk hacmi (m^3)

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Bursa Orman İşletme Müdürlüğü'ndeki işletme şefliklerin orman varlıklarının alansal (ha) dağılımı **16**
Çizelge 3.2 : Taşınabilir vincin teknik özellikleri..... **18**
Çizelge 4.1 : Uygulama 1 için verimi etkileyen değişkenlere ait istatistiksel bulgular **24**
Çizelge 4.2 : Uygulama 1 için toplam zamanı oluşturan iş aşamalarına ait bulgular **25**
Çizelge 4.3 : Uygulama 2 için verimi etkileyen değişkenlere ait istatistiksel bulgular **25**
Çizelge 4.4 : Uygulama 2 için toplam zamanı oluşturan iş aşamalarına ait bulgular **26**
Çizelge 4.5 : Uygulama 3 için verimi etkileyen değişkenlere ait istatistiksel bulgular **26**
Çizelge 4.6 : Uygulama 3 için toplam zamanı oluşturan iş aşamalarına ait bulgular **27**
Çizelge 4.7 : Uygulama 4 için verimi etkileyen değişkenlere ait istatistiksel bulgular **28**
Çizelge 4.8 : Uygulama 4 için toplam zamanı oluşturan iş aşamalarına ait bulgular **28**
Çizelge 4.9 : Uygulama 1 için varyans analizi sonuçları..... **29**
Çizelge 4.10 : Uygulama 1 için hacim sınıflarına ilişkin istatistiksel değerler **29**
Çizelge 4.11 : Uygulama 2 için varyans analizi sonuçları..... **30**
Çizelge 4.12 : Uygulama 2 için hacim sınıflarına ilişkin istatistiksel değerler **30**
Çizelge 4.13 : Uygulama 3 için varyans analizi sonuçları..... **31**
Çizelge 4.14 : Uygulama 3 için hacim sınıflarına ilişkin istatistiksel değerler **31**
Çizelge 4.15 : Uygulama 4 için varyans analizi sonuçları..... **32**
Çizelge 4.16 : Uygulama 4 için hacim sınıflarına ilişkin istatistiksel değerler **32**
Çizelge 4.17 : Uygulama 1 için korelasyon analizine ait bulgular **33**
Çizelge 4.18 : Uygulama 1 için ANOVA testi bulguları..... **34**
Çizelge 4.19 : Uygulama 1 için regresyon modeli katsayılar tablosu..... **34**
Çizelge 4.20 : Uygulama 2 için korelasyon analizine ait bulgular **35**
Çizelge 4.21 : Uygulama 2 için ANOVA testi bulguları..... **36**
Çizelge 4.22 : Uygulama 2 için regresyon modeli katsayılar tablosu..... **36**
Çizelge 4.23 : Uygulama 3 için korelasyon analizine ait bulgular **37**
Çizelge 4.24 : Uygulama 3 için ANOVA testi bulguları..... **37**
Çizelge 4.25 : Uygulama 3 için regresyon modeli katsayılar tablosu..... **38**
Çizelge 4.26 : Uygulama 4 için korelasyon analizine ait bulgular **38**
Çizelge 4.27 : Uygulama 4 için ANOVA testi bulguları..... **39**
Çizelge 4.28 : Uygulama 4 için regresyon modeli katsayılar tablosu..... **39**
Çizelge 5.1 : Dört uygulama için iş aşamalarının toplam VÇZ'na göre ortalama yüzde değerleri. **41**

Çizelge 5.2 : Dört uygulama için iş aşamalarının toplam PÇZ'na göre ortalama yüzde değerleri **41**
Çizelge 5.3 : Dört uygulama için VÇZ'na göre ortalama verim değerleri (m^3/saat) . **43**
Çizelge 5.4 : Dört uygulama için PÇZ'na göre ortalama verim değerleri (m^3/saat).. **43**

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Hassas ormancılık yaklaşımı (Ziesak, 2006)..... **3**
Şekil 1.2 : Küçük ölçekli bölmeden çıkarma araçları; a) Tarım traktörü, b) El vinci, c) ATV .....Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 1.3 : Kablo vinçler; a) ACKJA KMF, b) KBF, c) Radiotir vinç **6**
Şekil 1.4 : Çift Tamburlu Traktör Vinçlerinin Hava Hattı Biçiminde Çalıştırılması (Eker, 2008) **6**
Şekil 1.5 : Yamaç yukarı yönde taşıma yapabilen hava hattı sistemi (Hoffmann vd., 2016) **7**
Şekil 1.6 : Yamaç yukarı hava hattı sisteminin temsili görüntüsü (Studier, 1991) **7**
Şekil 1.7 : Yamaç aşağı yönde taşıma yapabilen hava hattı sistemi (Lin2Value, 2014) **8**
Şekil 1.8 : Koller K300 kısa mesafeli mobil vinçli hava hattı..... **9**
Şekil 1.9 : URUS M-III orta mesafeli mobil vinçli hava hattı..... **9**
Şekil 1.10 : WYSSEN marka uzun mesafeli vinçli hava hattı kızağı ve motoru **10**
Şekil 3.1 : Bursa Orman İşletme Müdürlüğü ve sınırlarındaki işletme şeflikleri (Anonim)..... **15**
Şekil 3.2 : Soğukpınar Orman İşletme Şefliği ve çalışmanın yürütüldüğü 135 nolu bölme..... **16**
Şekil 3.3 : Mini hava hattı sisteminde kullanılan vagon (Maxwald) ve halatlar..... **17**
Şekil 3.4 : Vagon sisteminde aşağı (sol) ve yukarı istasyonda (sağ) kullanılan firen aparatları..... **17**
Şekil 3.5 : Benzinle çalışan taşınabilir vinç..... **18**
Şekil 3.6 : Sentetik halat, çokerler, metal kilit ve kancalar **19**
Şekil 3.7 : Yukarı istasyonda ana kablo ve çekme kablosunun montajından görüntüler..... **21**
Şekil 3.8 : Çekme kablosunun taşınabilir vince ve vagona monte edilmesinden görüntüler..... **21**
Şekil 3.9 : Taşınabilir vincin kurulumu..... **22**
Şekil 3.10 : Aşağı istasyonda ana kablonun ve plastik firen aparatının montajından görüntüler..... **22**
Şekil 5.1 : Ürün hacmi ve hava hattı verimi arasındaki ilişki..... **44**
Şekil 5.2 : Ürün boyu ve hava hattı verimi arasındaki ilişki **45**
Şekil 5.3 : Yandan çekme mesafesi ve hava hattı verimi arasındaki ilişki..... **45**

TAŞINABİLİR VİNÇ İLE ENTEGRE KÜÇÜK ÖLÇEKLİ HAVA HATTINI BÖLMEDEN ÇIKARMA ÇALIŞMALARINDA UYGULANMASI VE SİSTEMİN VERİM AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Orman kaynakları toplumun ihtiyaçlarını uzun vadede karşılayabilmek için hassas ormancılık esaslarına göre yönetilmelidir. Özellikle odun esaslı orman ürünleri üretimi sırasında gerçekleştirilen çalışmalar hassas ormancılık yaklaşımı ile yürütülmelidir. Bu kapsamda, uluslararası literatürde endüstriyel olmayan ve sahaya özel ormancılıkta kullanılan "küçük ölçekli ormancılık operasyonları", hassas ormancılık konseptine uygun alternatif yöntemler sunmaktadır. Bu çalışmada, ülkemizde ilk defa taşınabilir vinçle çalışan kablolu hava hattı sistemi bölmeden çıkarma çalışmalarında alternatif bir yöntem olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada, taşınabilir vinç ile entegre küçük ölçekli hava hattı kullanılarak gerçekleştirilen yamaç yukarı yönde bölmeden çıkarma çalışmaları saatlik verim açısından incelenmiştir. Kablolu hava hattı sistemi Bursa Orman İşletme Müdürlüğü, Soğukpınar Orman İşletme Şefliği sınırlarında yürütülen üretim çalışmaları sırasında uygulanmıştır. Uygulama arazide iki farklı eğim grubunda (%34-50, %50-70) ve iki farklı hat uzunluğunda (100 m ve 200 m) yürütülmüştür. Çalışmada değerlendirilen beş iş aşaması; boş vagonun ana kablo üzerinde yükleme yerine yerçekimi ile ulaşması, yükleme kancasının zemine inmesi ve kancanın ürünlerin yanına çekilmesi, ürünlerin kancaya zincirle bağlanması, kancanın vagona çekilmesi, kilitlenmesi ve yüklü vagonun yamaç yukarı ana kablo üzerinde rampaya çekilmesi, kancanın zemine indirilip ürünlerin çözülmesinin ardından kancanın vagona çekilmesidir. Bölmeden çıkarma çalışmasında verim üzerinde etkili olan faktörler (eğim, çekme mesafesi, yandan çekme mesafesi, tomruk hacmi, tomruk boyu) incelenmiştir. Bölmeden çıkarma sırasında her döngüde taşınan toplam tomruk hacminin verim üzerinde etkisini araştırmak için ürün hacimleri üç sınıfta (düşük, orta, yüksek) değerlendirilmiştir. Çalışmada değerlendirilen dört hava hattı uygulamasında ortalama verim, verimli çalışma zamanına göre 0,95 m^3/saat, planlanmış çalışma zamanına göre ise 0,90 m^3/saat olarak bulunmuştur. Sonuçlara göre arazi eğimi ve çekme mesafesi arttıkça mini hava hattında verimin düştüğü tespit edilmiştir. İstatistiksel analizler dört uygulamada da tomruk boyutları (hacim ve boy) ile verim arasında anlamlı ($p<0,001$) bir ilişki olduğunu göstermiştir. Diğer taraftan, yandan çekme mesafesi ile verim arasında sadece birinci uygulamada (%34-50 eğim ve 100 m çekme mesafesi) anlamlı ($p<0,05$) bir ilişki olduğu ortaya çıkmıştır. Her döngüde taşınan ürünlerin hacim sınıfları dikkate alındığında verim değerinin düşük hacim sınıfından yüksek hacim sınıfına doğru artış gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Bölmeden çıkarma, mini hava hattı, taşınabilir el vinci, verim analizi.

IMPLEMENTING SMALL SCALE SKYLINE INTEGRATED WITH A PORTABLE WINCH IN LOGGING OPERATION AND EVALUATING THE PRODUCTIVITY OF THE SYSTEM

SUMMARY

The forests resources should be managed according to principles of precision forestry to meet needs of public in long-term. Particularly, forest operations during production of wood-based products should be conducted according to precision forestry approach. Thus, "small-scale forest operations", which are used in non-industrial and site specific forestry based on international literatures, provide alternative methods well suit with precision forestry concept. In this study, a small-scale cable yarder integrated with a portable winch was considered as alternative method in logging operations for the first time in Turkey. In the study, uphill cable logging was analyzed considering productivity. The cable system was implemented during harvesting activities performed in Soğukpınar Forest Enterprise Chief located in Bursa Forest Enterprise Directorate. Two slopes (34-50%, 50-70%) and two cable lengths (100 m, 200 m) were implemented in the field. The work stages to be evaluated in the cable logging operation are; unloaded carriage reaches loading place over skyline by gravity, dropping hook onto ground and pulling hook to side of forest products, attaching forest products to hook using chokers, pulling hook back to carriage and pulling loaded carriage uphill to landing area over skyline line, dropping hook onto ground and pulling hook to carriage after unloading products. The factors (slope, yarding distance, lateral pulling distance, load volume, log length) effecting productivity of cable logging operation were determined. Total load volume was evaluated in three classes (low, medium, high) to investigate effect of total volume carried on each turn. In the four skyline applications evaluated in the study, the average productivity was found to be 0.95 m^3/hour for productive machine hour while it was 0.90 m^3/hour for planned machine hour. According to the results, it was determined that the productivity of the mini skyline decreased as the ground slope and the yarding distance increased. Statistical analysis indicated that there was a significant ($p < 0.001$) relationship between log sizes (volume and length) and productivity in four applications. On the other hand, it was revealed that there was a significant ($p < 0.05$) relationship between lateral pulling distance and productivity in only the first application (34-50% slope and 100 m yarding distance. Considering the volume classes of the logs yarded in each cycle, it was determined that the productivity increased from the low volume class to the high volume class.

Keywords: Timber extraction, skyline, portable winch, productivity analysis.

1. GİRİŞ

Orman içerisinde kesilip devrilmiş, bölümlerine ayrılmış ve kabukları soyularak taşınmaya hazır hale getirilmiş ürünlerin farklı teknikler kullanılarak (insan gücü, hayvan gücü ve makina gücü) orman yolu kenarında bulunan rampa, istif yeri veya depo gibi toplama yerlerine taşınması bölmeden çıkarma olarak tanımlanmaktadır (Yıldırım ve Engür, 1989). Ülkemizde üretim çalışmalarının en masraflı ve en zaman alıcı aşamasını bölmeden çıkarma çalışmaları oluşturmaktadır. Özellikle arazi şartlarının uygun olmadığı ve iyi bir yol şebekesinin bulunmadığı ormanlık alanlarda bölmeden çıkarma masrafları daha da artmaktadır.

Ormanlarda yapılan her türlü bakım, gençleştirme ve üretim kesimleri sırasında süreklilik ilkesinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Ancak, orman içerisinde dağınık halde bulunan asli orman ürünlerinin belli bir yerde bir araya toplanması çok güç şartlarda gerçekleştirildiğinden, bölmeden çıkarma sırasında dikili ağaçların kök ve gövde kısımlarında, fidanlarda ve ürünlerde yaralanmalar meydana gelebilmekte (Yılmaz ve Akay, 2008) ve ormanların devamlılığı olumsuz yönde etkilenebilmektedir. Bu nedenle, bakım, gençleştirme ve üretim faaliyetlerinde kalan meşcerede ve ekosistemde oluşabilecek zararları en azda tutmak için gerekli önlemler alınmalıdır.

Bölmeden çıkarma çalışmalarında kullanılan yöntem ne olursa olsun aşağıdaki bölmeden çıkarma esaslarının dikkate alınması gereklidir (Yıldırım ve Engür, 1989).

- Satıldığı zaman üretim masraflarını karşılayabilecek olan asli orman ürünleri bölmeden çıkarılmalıdır. Prensip olarak bölmeden çıkarma giderleri olabildiğince düşük olmalıdır.
- Orman toprağına, gençliğe ve dikili ağaçlara zarar verilmeyecek şekilde bölmeden çıkarma çalışmaları gerçekleştirilmelidir. Aynı zamanda gençliğin bulunduğu alanlarda çok dikkatli çalışılmalıdır.
- Bölmeden çıkarma çalışmalarında uygulanacak olan yöntemler, izlenecek yollar ve orman içi istif yerleri bölmeden çıkarma çalışmalarından önce planlanmalıdır.

• Orman içerisinde dağınık halde bulunan asli orman ürünleri belli bir sıra ve düzen ile bölmeden çıkarılmalıdır.

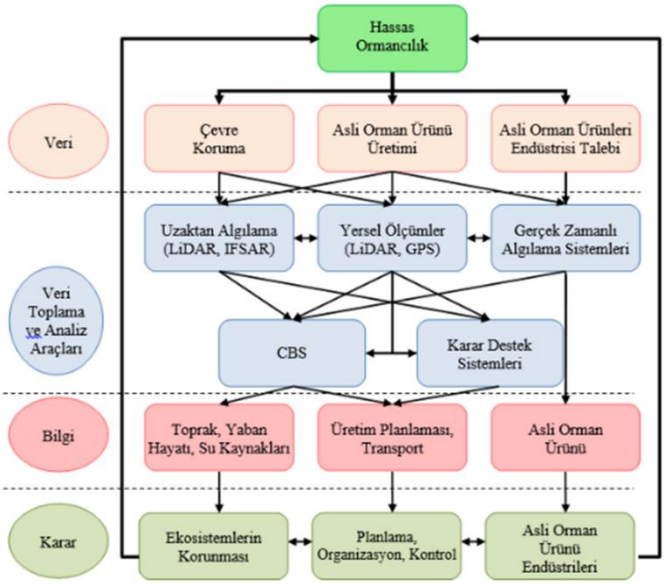
• Yol kenarına veya rampaya getirilen ürünler burada ayrı ayrı istiflenmeli ve istif yerlerinde araziden en fazla yarar sağlanmalıdır.

• Bölmeden çıkarma çalışmaları işçileri aşırı yormamalı ve onları tehlikeye atmamalıdır.

1.1 Hassas Ormancılık Yaklaşımı

Bölmeden çıkarma çalışmalarının dikkatli bir şekilde gerçekleştirilmesi halinde dikili ağaçlar, fidanlar, orman toprağı ve asli orman ürünleri korunacak ve ormanların sürekliliği sağlanabilecektir. Bunun için, özellikle sürdürülebilir ormancılık açısından farklı ve değişken faktörler çok yönlü incelenerek birçok alternatif arasından en uygun bölmeden çıkarma yönteminin seçilerek uygulanması gerekmektedir (Eroğlu, 2012). Bütün bunlar dikkate alındığında, doğal kaynakların başında gelen ormanların toplumun ihtiyaçlarını karşılayabilmesi için hassas ormancılık esaslarına göre yönetilmesi gerekmektedir. Zira, hassas ormancılık yaklaşımı; ormancılık çalışmalarında sürdürülebilir kararlar alınabilmesi için modern teknikler ve teknolojik araçlar kullanarak orman kaynaklarından optimum verim sağlamayı ve çevre zararlarını en aza indirmeyi amaçlamaktadır (Gülci, 2014). Hassas ormancılık çalışmalarında kullanılan araçlar, veri toplama ve veri analizi başlıkları altında değerlendirilmektedir (Ziesak, 2006) (Şekil 1.1).

Hassas ormancılık çalışmalarında elde edilen veriler, modern teknikler ve analitik yöntemler kullanılarak işlenmekte ve analiz edilmektedir (Kovácsová ve Antalová, 2010). Orman ürünleri üretimi, hassas ormancılık yaklaşımı bağlamında ele alındığında ise; meşcere zararlarını dikkate alarak, üretilen ürünlerin kalitesini artırmak, kayıpları azaltmak ve ekonomik değerini yükseltmek amacıyla, modern teknikler ve teknolojiler kullanarak sahaya özel üretim çalışmalarının planlanması ve uygulanması olarak tanımlanmaktadır (Taylor vd., 2002). Bu bağlamda, orman ürünleri üretimi sırasında gerçekleştirilen ormancılık çalışmalarının hassas ormancılık yaklaşımı ile yürütülmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.



Şekil 1.1 Hassas ormancılık yaklaşımı (Ziesak, 2006)

Endüstriyel olmayan ve sahaya özel ormancılıkta kullanılan küçük ölçekli ormancılık operasyonları, hassas ormancılık konseptine uygun alternatif yöntemler sunmaktadır (Sennblad, 1993). Küçük ölçekli ormancılık çalışmalarında genellikle kesim işleri motorlu testere ile gerçekleştirilmekte ve bölmeden çıkarma çalışmalarında küçük ve orta ölçekli mekanik araçlar ve sistemler tercih edilmektedir. Bu yönü ile satın alma bedeli ve işletme masrafları çok pahalı olmayan bu araçlar ve sistemler, ülkemizde bölmeden çıkarma çalışmalarını yürüten kooperatif veya ekipler tarafından kolaylıkla temin edilebilecek ve düşük maliyetle kullanılabilecek özelliklerdedir. Ayrıca, küçük ölçekli ormancılık operasyonlarında kullanılan sistemler, meşcerede kalan ağaçları çok daha düşük oranda etkilemektedirler (Lyons, 1994). Bu sistemler dünyanın çeşitli bölgelerinde farklı özellikler taşıyan iğne yapraklı ve/veya geniş yapraklı meşcerelerde başarıyla uygulanmaktadır (Kent vd., 2011).

Küçük ölçekli ormancılık operasyonlarında bölmeden çıkarma çalışmalarında en çok kullanılan ekipman modifiye edilmiş tarım traktörleridir (Akay, 2005; Russella ve Mortimer, 2005; Jourgholami, 2014). Bu kapsamda tarım traktörleri; sürütücü, yükleyici ve taşıyıcı olmak üzere farklı şekillerde kullanılmaktadır (Öztürk ve Akay, 2007). Daha çok orta ve ince çaplı ürünlerin bölmeden çıkarılmasında ve nispeten kısa mesafelerde tercih edilen küçük ölçekli ormancılık operasyonlarında kullanılan diğer mekanik araçlar ve sistemler arasında taşınabilir el vinci, ATV (All Terrain Vehicle) ve oluk sistemi sayılabilir (Jones, 1997; Gülci, 2014; Zarifoğlu, 2014) (Şekil 1.2).



(a) (b) (c)

Şekil 1.2 Küçük ölçekli bölmeden çıkarma araçları; a) Tarım traktörü, b) El vinci, c) ATV

1.2 Bölmeden Çıkarma Yönteminin Belirlenmesi

Alternatif bölmeden çıkarma yöntemleri arasında en uygun yöntemin belirlenmesi temelde arazinin teknik özelliklerine bağlı olarak yapılmaktadır. Arazinin teknik özelliklerine bağlı faktörlerin başında üretim yapılacak arazinin eğimi gelmektedir. IUFRO tarafından ormancılıkta bölmeden çıkarma çalışmaları için belirlenen eğim sınıfları düz arazi (% 0 – 10), hafif eğimli arazi (% 11 – 20), orta eğimli arazi (% 21 – 33), dik arazi (% 34 – 50) ve çok dik arazi (>% 50) olmak üzere beşe ayrılmaktadır (Erdaş, 2008). Düz ve hafif eğimli arazilerde yol yapım maliyetleri çok yüksek olmayıp, orman yolları ve sürütme şeritleri ile oluşturulacak transport kombinasyonları uygun bir alternatif sunmaktadır. Bu alanlarda, taşınabilir el vinci gibi küçük ölçekli ormancılıkta kullanılan mekanik araçlar ile bölmeden çıkarma gerçekleştirilebilmektedir (Akay vd., 2014a; 2014b). Ayrıca, tarım traktörleri ve ATV'ler de bu sahalarda sürütme yoluyla bölmeden çıkarma uygulamalarında kullanılabilmektedir.

Orta eğimli arazilerde, orman yolu yapımı eğimden dolayı güç ve maliyetli olup, uygun planlanmayan yollar ormana daha fazla zarar verebilmektedir. İnsan ve hayvan gücü yamaç yukarı taşımada yetersiz kaldığından kullanılamamaktadır. Bu alanlarda, küçük ölçekli ormancılık operasyonlarına uygun tarım traktörleri ve taşınabilir vinçle kablo çekimi yapabilirken, yine tarım traktörleri ile zemin üzerinde sürütme yapılabilmektedir (Gülci, 2014).

Dik ve çok dik arazilerde yol yapımı güç, maliyetli ve çevre tahribi fazla olduğundan, orman traktörleri ve güçlü tarım traktörleri orman alanına girmeden traktör yolunda hareket ederek kablo çekimi yapabilmektedir. Aynı zamanda bu alanlarda, küçük ölçekli ormancılık operasyonları yöntemlerinden olan plastik oluk sistemleri ile bölmeden çıkarma yapılabilmektedir (Gülci, 2014). Son yıllarda, arazi eğiminin dik

veya çok dik olmaması nedeniyle diğer sistemlerin kullanılamadığı durumlarda küçük ölçekli hava hatları ile bölmeden çıkarma yöntemi önemli bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sistemler özellikle orta ve ince çaplı ürünlerin bölmeden çıkarılmasında büyük kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca, sistemin meşcere zararlarının azaltılması, taşınan üründeki kalite ve hacim kayıplarının minimize edilmesi gibi faydalar sunma potansiyeli bulunmaktadır (Spinelli ve Magagnotti, 2012).

1.3 Kablo Hatlar ile Mekanik Bölmeden Çıkarma

Kablo hatlar, odun hammaddelerinin bir kablo yardımıyla yerden veya havadan bölmeden çıkarılmasını sağlayan sistemdir. Motor gücü ile çalışan mekanik kablo hat sistemleri; yerden kablo çekim sistemleri, çift tamburlu traktör vinçleri ile taşıma sistemi ve sabit taşıyıcı kablo içeren vinçli hava hattı sistemlerinden oluşmaktadır (Erdaş, 2008).

1.3.1 Yerden Kablo Çekimi Yapan Küçük Kablo Vinçler

Küçük kablo vinçler yardımıyla küçük boyutlu ürünlerin kısa mesafelerde yerden kablo çekimi yapılarak bölmeden çıkarılması gerçekleşmektedir. Küçük kablo vinçlerin en yaygın kullanılan tipleri Ackja, KBF ve Radiotır vinçlerdir (Erdaş, 2008). ACKJA KMF kablo vinçler, aralama kesimleriyle üretilen ürünlerin düz ve dağlık arazilerde bölmeden çıkarılmasında kullanılmaktadır (Şekil 1.3a). Bir kızak ve buna monte edilmiş bir motordan oluşmaktadır. Tamir ve bakım giderleri düşük olup, arazide taşınmaları kolaydır. Düz arazilerde ve vadi içlerinden, dere yataklarından veya yolların alt kısımlarından ürünlerin yukarıya doğru çekilmesinde ve kontrollü kaydırılmasında kullanılmaktadır. KBF kablo vinçler, kablo vinç bir kızak iskeletten, motorlu testere motoru ve kablo saran bir sistemden oluşmaktadır (Şekil 1.3b). Kablo saran sistem motorlu testereye kolay bir şekilde monte edilmektedir. Düz veya dağlık arazilerde aşağıdan yukarıya doğru bölmeden çıkarma çalışmalarında kullanılabilmektedir. Radiotir kablo vinçler, genellikle bir ağaca monte edilerek askıda çalıştırılmaktadır (Şekil 1.3c). Özellikle aralama kesimiyle üretilen ürünlerin bölmeden çıkarılmasında kullanılmaktadır.

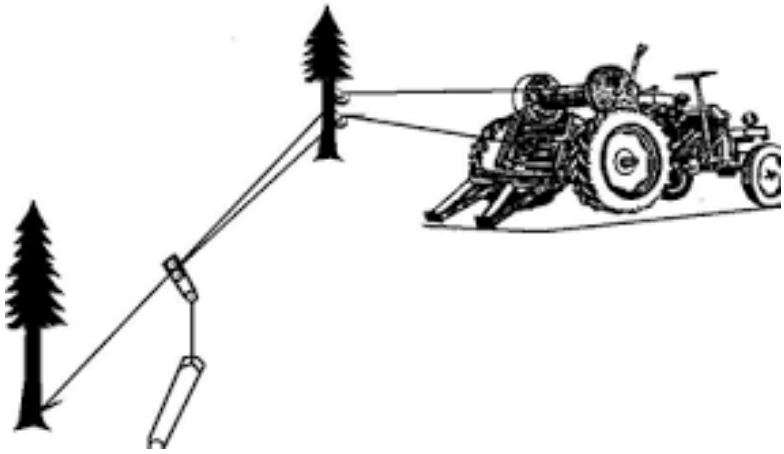


(a) (b) (c)

Şekil 1.3 Kablo vinçler; a) ACKJA KMF, b) KBF, c) Radiotir vinç

1.3.2 Çift Tamburlu Traktör Vinçlerinin Hava Hattı Biçiminde Çalıştırılması

Düz veya düze yakın (< %30) alanlarda ekonomik değere sahip olan uzun boylu ve büyük çaplı ürünlerin insan ve hayvan gücü ile bölmeden çıkarılması mümkün olmamaktadır. Ayrıca, arazi yüzeyinin çok pürüzlü olduğu alanlarda traktörle kablo çekimi veya sürütme yöntemiyle bölmeden çıkarma sırasında ürünler yüzeydeki engellere takılıp değer ve hacim kaybına uğrayabilmektedir. Bu nedenle düz veya düzeye yakın ve çok pürüzlü alanlarda, çift tamburlu traktör vinçlerinin hava hattı biçiminde çalıştırılması daha verimli ve ekonomik olmaktadır (Şekil 1.4). Bu sistemde en uygun çekme mesafesi 100-150 m olarak önerilmektedir (Türk, 2011). Ayrıca, kısa mesafeli mobil vinçli hava hatları bu tip alanlarda çift tamburlu traktör vinçlerine göre yaklaşık %50 oranında daha fazla maliyetli olduğundan tercih edilmemektedir (Erdaş, 2008).



Şekil 1.4 Çift Tamburlu Traktör Vinçlerinin Hava Hattı Biçiminde Çalıştırılması (Eker, 2008)

1.3.3 Sabit Taşıyıcı Kablo İçeren Vinçli Hava Hatları

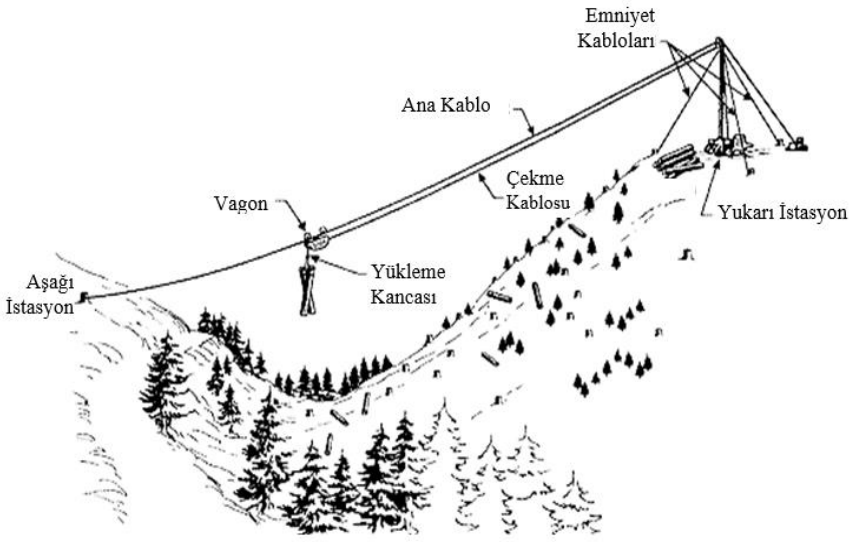
Ülkemiz ormanlarının genel olarak yayılış gösterdiği eğiminin yüksek olduğu dağlık ve sarp bölgelerde vinçli hava hatlarının bölmeden çıkarma elemanı olarak kullanılması daha etkili ve ekonomik olmaktadır (Erdaş, 2008). Ayrıca, bu tip

alanlarda geleneksel bölmeden çıkarma yöntemlerinin kullanılmasıyla oluşabilecek değer ve hacim kayıpları hava hatları kullanılmasıyla minimuma indirilebilmektedir. Vinçli hava hatlarının sınıflandırılması, taşıma yönü ve hat uzunluğuna göre yapılmaktadır. Taşıma yönüne göre vinçli hava hatları üçe ayrılmaktadır (Acar, 2004):

- Yamaç yukarı yönde taşıma yapabilen hava hatları: Bu hava hatları ilk yapılan hava hattı tiplerden olup, iki tamburlu vinçli hava hatlarıdır (Şekil 1.5, Şekil 1.6). Vagonun bir ucuna çekme kablosu bağlı iken diğer uç ise boştadır. Bu sistemde motorun yukarı istasyonda bulunması gereklidir. Kuruldukları yerde yamacın eğimi en az vagonun kendi kendine aşağı inebilmesini sağlayacak kadar olmalıdır.



Şekil 1.5 Yamaç yukarı yönde taşıma yapabilen hava hattı sistemi (Hoffmann vd., 2016)



Şekil 1.6. Yamaç yukarı hava hattı sisteminin temsili görüntüsü (Studier, 1991)

• Yamaç aşağı yönde taşıma yapabilen hava hatları: Özellikle kızaklı vinçli hava hatları kullanılarak, ürünler yamaç aşağı yönde taşınmaktadır (Şekil 1.7). Bu sistemde, yol yamacın aşağısında yer almakta olup, yukarı çekilen boş vagon daha sonra yüklü olarak yerçekimi etkisi ile ana kablo üzerinde aşağı yönde hareket etmektedir.

• Yamaç aşağı ve yukarı yönde taşıma yapabilen hava hatları: Bu hava hatları ilk yapılan hava hatlarının olumsuz yönlerini gidermek amacıyla tasarlanmış olan üç tamburlu hava hatlarıdır. Önceki modellerde bulunan ana kablo ve çekme kablosu tamburlarına ek olarak geri çekme kablosu eklenerek, yamaç aşağı, yamaç yukarı ve düz alanlarda da taşımada yapılabilmektedir.



Şekil 1.7 Yamaç aşağı yönde taşıma yapabilen hava hattı sistemi (Lin2Value, 2014)

Hat uzunluğuna bağlı olarak vinçli hava hatları ise yine üç gruba ayrılmaktadır (Acar, 2004):

• Kısa mesafeli mobil vinçli hava hatları: Sürütme biçiminde taşımaya elverişli olmayan ve traktörle kablo çekimi sürütme mesafesi sınırını aşan alanlarda kısa mesafeli mobil vinçli hava hatları kullanılmaktadır. Bu sistemler, 300 m ve daha kısa mesafelerde kurulabilen ve yamaç aşağı ve yukarı yönde taşımayı sağlayan hava hatlarıdır. Kısa mesafeli vinçli hava hatlarında taşınan ürünün kalın ucu yerden kaldırılarak arazide bulunan engeller kolaylıkla aşılırken, ince ucu ise çoğu kez yerde sürütülür. Ana kablo ile yer arasında yeterli yükseklik olan yerlerde ürünler askıda taşınmaktadırlar. Ülkemizde, kısa mesafeli vinçli hava hatları olarak kullanılan modeller arasında KOLLER K-300 (Şekil 1.8) ve URUS M-I yer almaktadır.



Şekil 1.8 Koller K300 kısa mesafeli mobil vinçli hava hattı

• Orta mesafeli mobil vinçli hava hatları: Ülkemizde 300-800 m taşıma mesafeleri için dik yamaçlarda ürünlerin bölmeden çıkarılmasında elle kaydırma metodu yerine, yamaç aşağı ve yukarı yönde nakliyatı kombine olarak gerçekleştirebilen ve dikili ağaçlarda ve orman toprağında zararı en aza indiren orta mesafeli vinçli hava hatları kullanılmalıdır. Ülkemizde orta mesafeli vinçli hava hattı olarak en çok kullanılan modelleri arasında KOLLER K-500 ve URUS M-III (Şekil 1.9) yer almaktadır.



Şekil 1.9 URUS M-III orta mesafeli mobil vinçli hava hattı

• Uzun mesafeli vinçli hava hatları: Bu hava hattında, motor ve çekme kablosu tamburu bir kızak üzerine monte edilmiş olup, hat uzunlukları 2000 m'ye kadar ulaşmaktadır (Şekil 1.10). Bu sistemlerde, hattın iki tarafında ortalama 50 m'ye kadar olan mesafedeki ürünler önce hatta kadar çekilmekte, daha sonra hat boyunca yamaç aşağı veya yukarı yönde taşınmaktadır. Böylece, yaklaşık 100 m genişlikte ve 20 hektar büyüklüğünde bir sahada üretim yapılarak minimum çevre zararı ile taşıma imkanı sağlanmaktadır. En yaygın kullanılan uzun mesafeli vinçli hava hatları; WYSSEN, BACO, HINTEREGGER, GARTNER marka kızaklı hava hatlarıdır.



Şekil 1.10 WYSSEN marka uzun mesafeli vinçli hava hattı kızağı ve motoru

1.4 Zaman Etüdü

Üretim çalışmalarında kullanılan ekipman ve yöntemlerin verimleri genellikle üretim zamanına bağlı olarak belirlenmektedir. Üretim zamanının hesaplanmasında en yaygın olarak kullanılan iş ölçümü tekniği zaman etüdü yöntemidir. Zaman etüdünün amaçları arasında; çalışma şekli ve yönteminin geliştirilmesi, işçilerin çalışma yöntemine göre yetiştirilmesi ve böylece iş veriminin artırılması, iş için yapılacak masrafların hesaplanmasında ve işin planlanmasında kullanılacak temel bilgilerin elde edilmesi gelmektedir (Aykut ve Öztürk, 1998).

Zaman etüdü kapsamında, gelişme sağlamak amacıyla ölçülen iş alt bölümlere ayrılarak standart tamamlanma zamanı belirlenmektedir. Bu nedenle, zaman etüdünün uygulanabilmesi için ele alınan işin alt bölümlerini oluşturan akış dilimlerine ayrılabilmesi gerekmektedir. Zaman etüdü kapsamında ölçülen akış dilimleri, akış türlerine göre sınıflandırılmaktadır (Yıldırım, 1987). Zaman etüt yöntemleri, sürekli zaman ölçme, tekrarlı zaman ölçme ve iş örneklemesi olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Yıldırm ve Engür, 1989). Sürekli zaman ölçme tekniğinde, iş devamlı izlenmekte ve iş safhalarının bitiminde kronometreden okunan değer kayda geçirilmektedir. Tekrarlı zaman ölçme tekniğinde, çalışmanın başlangıcında kronometre çalıştırılmakta,

bitiminde ise sıfırlanarak yeniden çalıştırılmaktadır. İş örneklemesi tekniğinde eşit zaman aralıkları ile iş gözlenmekte ve o anda yapılan akış dilimleri kaydedilmektedir (Gülci, 2014). Zaman etütlerinde kullanılan temel araçlar; zaman ölçerler (kronometre) ve zaman etüt formlarıdır. Bunların yanında, uzaklık ve hız ölçme aletleri, fotoğraf makinesi, hesap makinesi, eğimölçer, şerit metre, çap ölçer ve benzeri yardımcı araçlar da zaman etüdünde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, hassas ormancılık uygulamalarında yaygın olarak tercih edilen tekrarlı zaman ölçme yöntemi (Gülci, 2014) kullanılarak taşınabilir vinçle entegre küçük ölçekli hava hattının verim analizleri gerçekleştirilmiştir. Zaman ölçümleri zaman kayıt cihazları ve kayıt formları kullanılarak iş aşamalarının yerinde takibi suretiyle yürütülmüştür (Öztürk, 2001; Tunay ve Melemez, 2005; Acar vd., 2010). Kablolu hava hattı sistemi Bursa Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarında yürütülen üretim çalışmaları sırasında uygulanmıştır. Çalışmada, bölmeden çıkarma çalışmasında verim üzerinde etkili olan faktörler (eğim, çekme mesafesi, yandan çekme mesafesi, tomruk hacmi, tomruk boyu) istatistiksel yöntemler kullanılarak belirlenmiş ve verimi temsil eden regresyon modelleri geliştirilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Erdaş ve Eroğlu (1999), dağlık ve sarp arazilerde bölmeden çıkarma çalışmalarında kullanılan Koller K 300 model kısa mesafeli vinçli hava hattının verimliliğini araştırmıştır. Ormanların genellikle dağlık alanlarda yayılış gösterdiği Artvin yöresinde yürütülen çalışmada, ibreli ve yapraklı tomrukla birlikte yakacak odun taşımasında hava hattının saatlik verimi ve birim maliyeti belirlenmiştir. Sonuçlara göre, bölmeden çıkarma çalışmasının verimi bu orman ürünleri için sırasıyla 4,997 m^3/saat, 4,755 m^3/saat ve 4,620 m^3/saat (6.60 ster/saat) bulunmuştur. Diğer taraftan, bölmeden çıkarma çalışmasının maliyeti sırasıyla 6,642 \$/m^3, 6,860 \$/m^3 ve 7.048 \$/m^3 (5,321 \$/ster) olarak hesaplanmıştır. Çalışmada kancanın ürüne çekilmesi ve bağlama aşamasının en fazla zaman alan aşama olduğu ve bunu yüklü vagonun rampaya çekilmesinin takip ettiği belirtilmiştir.

Öztürk (2004) tarafında gerçekleştirilen bir çalışmada URUS MIII model orta mesafeli hava hattı verim ve birim maliyet açısından incelenmiştir. Artvin Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarında yürütülen çalışma sonucunda hava hattının verimi yaklaşık 8 m^3/saat olarak belirlenmiştir. Hava hattının birim maliyeti ise 5,24 \$/m^3 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar, hava hattı kullanılarak gerçekleştirilen bölmeden çıkarma faaliyetlerinin maliyetinin aynı sahada sürütme yoluyla gerçekleşecek bölmeden çıkarma yöntemlerine göre daha ucuz olduğunu göstermiştir.

Çağlar ve Acar (2005), Ardanuç Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarında gerçekleştirilen bölmeden çıkarma çalışmasında kısa mesafeli mobil vinçli hava hattının performansını incelemiştir. Ortalama çekme mesafesinin 250 m ve arazi eğiminin %75 olduğu çalışma alanında, hava hattının verim değeri 4,825 m^3/saat olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, çalışmada hava hattının kullanılması durumunda, diğer bölmeden çıkarma yöntemlerine kıyasla ağaç köklerinde ve fidanlarda meydana gelen yaralanmaların ve topraktaki aşınma miktarının daha az oranda gerçekleştiği belirtilmiştir.

Rickenbach ve Steele (2007), küçük ölçekli üretim çalışmalarının yoğun olarak tercih edildiği ülkelerde mini hava hatlarının etkin bir çözüm sunduğunu belirtmiştir.

Özellikle ince çaplı ağaçlardan oluşan bir meşcerede mini hava hattı yerine kalın çaplı emvalin taşınmasında kullanılan büyük bölmeden çıkarma makinelerinin tercih edilmesinin ekonomik açıdan uygun olmayacağı ifade edilmiştir.

Hotta vd. (2007) ekolojik açıdan bölmeden çıkarma çalışmalarını değerlendirdikleri bir çalışmada, hava hatlarının yol ağı ihtiyacını azaltması ve orman toprağı üzerinde minimal etkiye neden olması gibi avantajları olduğunu belirtmiştir. Bunula birlikte hava hattının maliyetinin daha fazla olduğu ve verimli kullanılması için profesyonel bir ekip gerektiği ifade edilmiştir.

Baillie (2010) hava hattı kullanılarak yürütülen bölmeden çıkarma çalışmalarının Yeni Zelanda'da dağlık alanlarda ve özellikle ekolojik açıdan hassas bölgelerden yaygın olarak kullanıldığını belirtmiştir. Orman ürünlerinin hava hattı ile toprağa ve orman ağaçlarına temas etmeden askıda taşınmasının bölmeden çıkarma çalışmalarını orman toprağı, dere ağı ve vejetasyon üzerindeki muhtemel etkilerini önemli ölçüde azalttığı ifade edilmiştir.

İtalya'da dağlık alanda yürütülen bir çalışmada, Spinelli vd. (2010) küçük ölçekli hava hattının performansını değerlendirmiştir. Sonuçlar olarak bu hava hattının diğer bölmeden çıkarma yöntemlerine alternatif uygulanabilir bir yöntem olduğu belirtilmiştir. Diğer taraftan küçük ölçekli hava hatlarında, standart hava hatları ile kıyasladığında aşınma ve yıpranmanın daha yüksek olabileceği ifade edilmiştir.

Stanczykiewicz vd. (2015) bölmeden çıkarma yöntemlerini değerlendirdiği bir çalışmasında küçük ölçekli hava hatlarının yüksek kalite odun hammaddesi üretiminde etkin bir şekilde kullanılabileceğini belirtmiştir. Bununla birlikte hava hattı ile bölmeden çıkarma uygulamalarının orman toprağı üzerindeki etkisinin arazi-tabanlı mekanik üretim yöntemlerine oranla çok daha az olduğu ifade edilmiştir.

Yu vd. (2016), küçük ölçekli hava hatlarının, bölmeden çıkarma çalışmalarında ekonomik açıdan en uygun seçenek olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, bu sistemlerin özellikle küçük alana sahip saf meşcerelerde bölmeden çıkarma operasyonlarının verimini arttırdığını ve birim maliyeti düşürdüğünü ifade etmiştir.

Acar (2017) dağlık alanlarda orman ürünlerinin üretim alanından rampalara taşınmasında ülkemizde mevcut hava hattı ile bölmeden çıkarma yöntemlerine alternatif oluşturacak ekonomik ve ergonomik yeni bir sistem geliştirmiştir. Güç temini için tamburlu orman traktörü kullanılan bu sistemde vagon ana kablo üzerinde

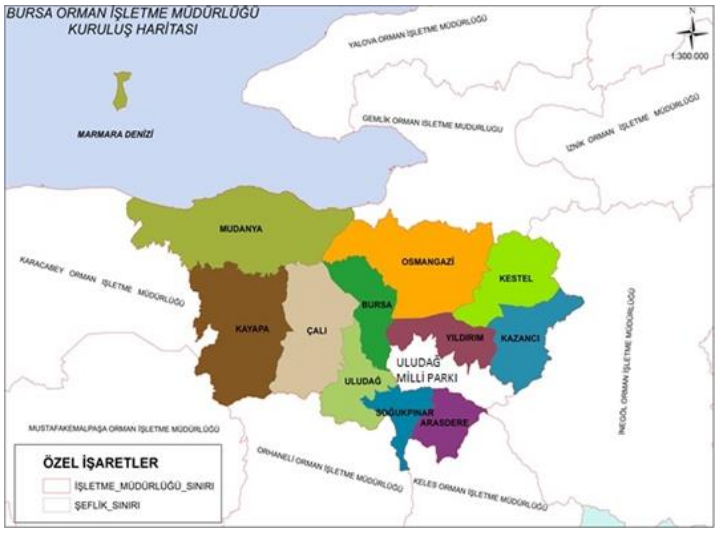
kilitlenme özelliğine sahiptir. Hava hattının test edildiği yamaç yukarı havadan taşıma uygulamasında, ortalama 140 m çekme mesafesi için verim 3,057 m^3/saat olarak hesaplanmıştır.

Lee vd. (2018) Güney Kore'de yamaç yukarı ve yamaç aşağı yönde uygulanan küçük ölçekli bir hava hattının (HAM300) performansını incelemiştir. Çalışmada, farklı taşıma yönlerinin ve mesafelerinin hava hattı verimi ve maliyeti üzerinde etkilerini belirlemek için duyarlılık analizleri gerçekleştirmiştir. Sonuçlar, yamaç yukarı ve yamaç aşağı yönde hava hattı veriminin sırasıyla 6,29 m^3/saat ve 4,65 m^3/saat olduğunu göstermiştir. Birim maliyet ise sırasıyla 9,06 \$/m^3 ve 10,04 \$/m^3 olarak hesaplanmıştır. Hava hattında taşıma yönünün verimlilik ve maliyeti üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Çalışma Alanı

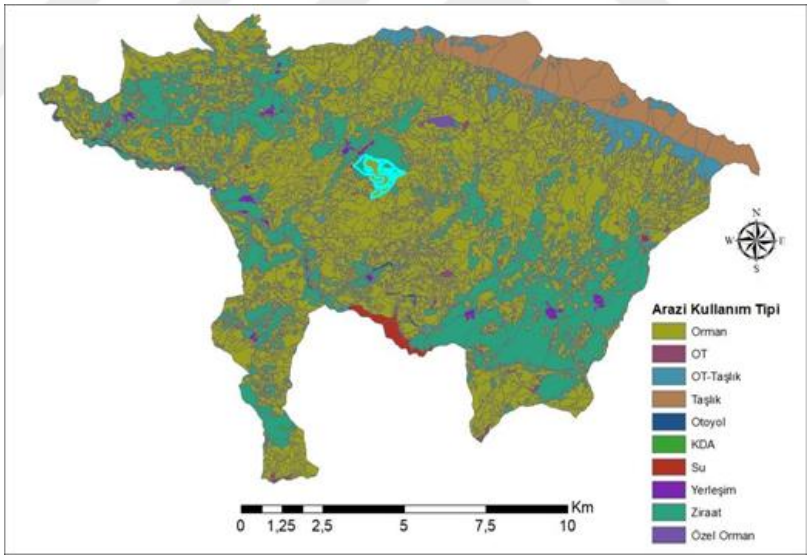
Çalışma Bursa Orman Bölge Müdürlüğü, Bursa Orman İşletme Müdürlüğü, Soğukpınar Orman İşletme Şefliği sınırlarında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1). İşletme Müdürlüğünün kuzeyinde Marmara denizinin yumuşak ve ılık iklimi gözükürken, güneyde Uludağ'ın sert iklimi görülmektedir. En sıcak aylar Temmuz-Eylül arası, en soğuk aylar ise Şubat-Mart ayları arasındadır. Bölgede yıllık ortalama yağış 706 mm ve ortalama nispi nem %69'dur. Bursa Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı işletme şefliklerine ait orman varlıklarının alansal dağılımını Çizelge 3.1'de verilmiştir. Toplam alanı 197.547,6 ha olan Orman İşletme Müdürlüğünde, alanın %40'ı (79.890 ha) ormanlık, %60'ı (117.658 ha) ise açıklıktır. İşletme müdürlüğü sınırlarındaki ormanların %77'si (61.659 ha) normal koru, %23'ü (18.231 ha) ise bozuk korudur. İşletme Müdürlüğü 40˚37′ 24‟-39˚58′ 07‟ Kuzey enlemleri ile 28˚32′ 32‟-29˚56′ 10‟ Doğu boylamları arasında yer almaktadır (OGM, 2020) (Şekil 3.1). Çalışma alanında hakim ağaç türü karaçam olup ortalama yükseklik ve eğim sırasıyla 1164 m ve %45'dir. Mini hava hattı kullanılarak yürütülen bölmeden çıkarma çalışması 135 nolu bölmedeki Karaçam meşceresinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.1 Bursa Orman İşletme Müdürlüğü ve sınırlarındaki işletme şeflikleri (OGM, 2020)

Çizelge 3.1 Bursa Orman İşletme Müdürlüğü'ndeki işletme şefliklerin orman varlıklarının alansal (ha) dağılımı (OGM, 2020).

İşletme Şefliği	Normal Orman	Bozuk Orman	Toplam Orman	Ormansız Alan	Genel Alan
Arasdere	4.251,00	697,90	6.359,40	2.095,50	8.454,90
Bursa	2.343,80	336,50	2.783,10	8.450,10	11.233,20
Çalı	6.746,70	1.608,50	8.781,40	12.859,00	21.640,40
Kayapa	7.927,70	2.598,80	11.676,90	18.162,00	29.838,90
Kazancı	5.518,50	1.202,70	7.469,00	6.498,20	13.967,20
Kestel	4.300,20	4.428,60	9.323,30	6.902,00	16.225,30
Mudanya	8.150,90	1.391,00	10.509,60	27.271,60	37.781,20
Osmangazi	5.942,50	3.337,70	10.842,10	19.645,20	30.487,30
Soğukpınar	4.009,40	635,10	4.860,90	1.885,90	6.746,80
Uludağ	6.858,20	1.431,40	8.640,60	2.542,80	11.183,40
Yıldırım	5.610,20	562,30	6.429,00	3.560,00	9.989,00

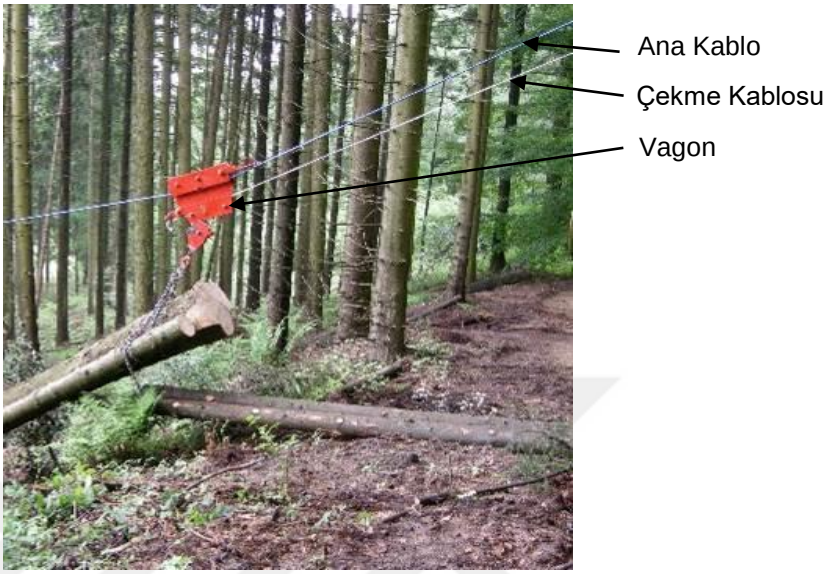


Şekil 3.2 Soğukpınar Orman İşletme Şefliği ve çalışmanın yürütüldüğü 135 nolu bölme

3.2 Hava Hattı Sistemi ve Ekipmanlar

Çalışma kapsamında değerlendirilen mini hava hattı ile bölmeden çıkarma çalışmasında Maxwald model taşıma vagonu (40 kg) ülkemizde ilk defa kullanılmıştır. Maxwald hava hattı sistemi, yüksek eğimli meşcerelerde küçük ölçekli üretim çalışmalarının düşük maliyetle ve minimum kaza riski ile yürütülmesini

sağlamaktadır. Ayrıca, geleneksel yöntemlere kıyasla toprağa çok daha az zarar vermektedir. Çalışmada değerlendirilen küçük ölçekli hava hattında verimli kablo çekme mesafesi 200 m ve yandan çekme mesafesi 30 m'dir. Yük kapasitesi 1000 kg olan sistem, ortalama 1-2 saat içinde kurulabilmektedir (Şekil 3.3, 3.4).



Şekil 3.3 Mini hava hattı sisteminde kullanılan vagon (Maxwald) ve halatlar



Şekil 3.4 Vagon sisteminde aşağı (sol) ve yukarı istasyonda (sağ) kullanılan firen aparatları

Hava hattı sisteminde vagonu rampaya çekmek için "PCW5000" model taşınabilir vinç kullanılmıştır (Şekil 3.5). Bölmeden çıkarma çalışmalarında kullanılabilen "PCW5000" marka taşınabilir el vinci ile aşağıdan yukarıya doğru kablo çekimi yapılabilmektedir. Taşınabilir vincin teknik özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir. Vinç zemin üzerinde 100 m mesafeden kablo çekimi yapabilmektedir. Bu üst limit dikkate alınarak çalışmada orman ürünlerinin askıda çekme mesafesi maksimum 200 m ile sınırlanmıştır.



Şekil 3.5 Benzinle çalışan taşınabilir vinç

Çizelge 3.2 Taşınabilir vincin teknik özellikleri.

Teknik Özellikler	
Motor	4 Zamanlı Honda GXH-50cc
Ağırlık	16 kg
Maksimum Çekiş Gücü (Tek Hat)	1000 kg
Maksimum Çekiş Gücü (Çift Hat)	2000 kg
Minimum Halat Çapı	10 mm
Maksimum Halat Çapı	20 mm

Ürünlerin taşınabilir vinçle hava hattı üzerinden bölmeden çıkarılma uygulamasında sistemin kolay kurulumu ve sökülmesi için ana kablo, çekme kablosu ve montaj kablosu olarak 12 mm çapında yüksek mukavemetli teknik polyesterden imal edilmiş sentetik halat kullanılmıştır. İçerisinde birbirinden bağımsız halatların birleştirilip, üzerinde yine birbirine ters örgülü takviye geçirilip üretilmiş olan bu halatlar; 3700 kg maksimum kopma direncine sahip, sert kaya gibi kesici etkilere dayanıklı, çok az uzama ve sarkma özelliğine sahip ve her türlü hava koşullarına dayanıklıdır. Halatın birim ağırlığı 110 gr/m'dir. Sistemde ana kablo (200+50 m), çekme kablosu (200+50 m) ve montaj kabloları (100 m) dahil olmak üzere toplamda 600 m sentetik halat kullanılmıştır. Bunun yanı sıra, ürünlerin çekme halatıyla çekilebilmesi için zincir çoker (1,5 m) ve metal kancalar, taşınabilir vincin yukarı istasyonda kurulumu için polyester çoker (2 m), metal kilitler, yön makarası ve metal kancalar kullanılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Sentetik halat, çokerler, metal kilit ve kancalar

3.3 Verim Analizi

Üretim çalışmalarında kullanılan mekanik araçların ve sistemlerin verimleri genellikle üretim zamanına bağlı olarak belirlenmektedir. Bu çalışmada bölmeden çıkarma verim hesaplamalarında hassas ormancılık uygulamalarında yaygın olarak tercih edilen zaman etüdü yöntemlerinden tekrarlı zaman ölçme yöntemi kullanılmıştır (Gülci, 2014). Bölmeden çıkarma çalışmalarında ölçülen iş, alt bölümlere ve alt bölümlerde akış dilimlerine ayrılmaktadır (Yıldırım, 1987). Zaman ölçümlerinde kronometrenin okunması ile sıfırlama arasında zaman kayıplarını önlemek için çift göstergeli kronometreler kullanılmıştır. Ayrıca, ölçümler sırasında eğimölçer, şerit metre, çap ölçer gibi yardımcı araçlardan yararlanılmıştır. Çalışmada değerlendirilen bölmeden çıkarma yöntemi için zaman ölçümlerinin kaydedilmesi amacıyla zaman etüt formları geliştirilmiştir. Daha sonra, zaman ölçümü ile elde edilen veriler kullanılarak üretim çalışmalarının saatlik verimi (m^3/saat) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

P = Saatlik verim (m^3/saat) (1)

V = Bir döngüdeki tomruk hacmi (m^3)

t = Bir döngüdeki toplam çalışma zamanı (saniye)

3600 = Süreyi saniyeden saate çevirmek için kullanılan katsayı

Verim hesaplamaları planlanmış çalışma zamanı (PÇZ) ve verimli çalışma zamanı (VÇZ) için ayrı ayrı belirlenmiştir. Verimli çalışma zamanında kayıp zamanlar toplam döngü zamanı içerisinde dikkate alınmamıştır. Ürün hacimlerinin hesaplanması için

teknik ormancılık uygulamalarında tercih edilen "Orta Yüzey Formülü" kullanılmıştır (Carus, 2002):

$$V = \frac{\pi}{4000} d^2 L \quad (2)$$

d = Ürünün orta çapı (cm)

L = Ürünün boyu (m)

3.4 Arazi Çalışmaları

Mobil vinç kullanılarak yürütülen bölmeden çıkarma çalışmaları toplam üç işçi tarafından gerçekleştirilmiştir. İşçilerden biri taşınabilir vinci kullanırken bir işçi sahada tomrukların çökere bağlanması ve diğer işçi de rampada tomrukların çözülmesi görevini yürütmüştür. Bölmeden çıkarma çalışmasında değerlendirilen iş aşamaları; boş vagonun ana kablo üzerinde yükleme yerine yerçekimi ile ulaşması, yükleme kancasının zemine inmesi ve kancanın ürünlerin yanına çekilmesi, ürünlerin kancaya zincirle bağlanması, kancanın vagona çekilmesi ve yüklü vagonun yamaç yukarı ana kablo üzerinde rampaya çekilmesi, kancanın zemine indirilip ürünlerin çözülmesinin ardından kancanın vagona çekilmesidir. Küçük tamirat ve takılan ürünün kurtarılması gibi ek faaliyetler gecikme zamanı olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, hava hattının ve vincin kurulması gibi yan faaliyetler de not edilmiştir.

Uygulama sırasında, ilk olarak hava hattının yukarı ve aşağı istasyonunda kule vazifesi görebilecek dayanıklı kule ağaçları ve bu ağaçları esnemeye karşı güvenceye almak için halatla bağlanacak destek ağaçları belirlenmiştir. Bu işlemden sonra, bir işçi önce yukarı istasyondaki kule ağacına tırmanarak sentetik çoker ve metal kilit yardımıyla ana kabloyu sabitlemiş ve ardından hava hattı doğrultusunda kule ağacının arkasında belirlenen destek ağacı ile bağlantıyı tesis etmiştir. Bu aşama kurulum sırasında en çok zaman alan, güç ve riskli aşamadır. Daha sonra, firen aparatı ve sentetik halat yardımıyla çekme kablosu yukarı istasyona monte edilmiştir (Şekil 3.7). Çekme kablosunun bir ucu taşınabilir vince bağlanırken diğer ucu yükleme kancasının asılı olduğu yükleme aparatından geçirildikten sonra ters ucuna sabitlenmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.7 Yukarı istasyonda ana kablo ve çekme kablosunun montajından görüntüler



Şekil 3.8 Çekme kablosunun taşınabilir vince ve vagona monte edilmesinden görüntüler

Yukarı istasyonda çekme kablosu hazırlandıktan sonra mobil vincin yakında uygun bir dikili ağaç gövdesine kurulumu sağlanmıştır. Bu amaçla sentetik çoker dikili ağaç gövdesine sarılarak vincin yan kısmında yer alan iki adet kancaya takılmıştır (Şekil 3.9). Yukarı istasyonun kurulumunda sonra bir işçi tarafından ana kablonun diğer ucu aşağı istasyona çekilmiş ve seçilen kule ağacına yukarıda açıklandığı gibi monte edilmiştir. Ayrıca, hava hattı boyunca yamaç aşağıya yerçekimi ile inen vagonun güvenle durdurulması amacıyla kullanılan plastik firen sistemi ana kablo üzerine monte edilmiştir (Şekil 3.10). Ana kablonun gergin şekilde kule ağacına bağlanması sırasında rampada yükleyici olarak kullanılan tarım traktöründen yararlanılmıştır.



Şekil 3.9 Taşınabilir vincin kurulumu



Şekil 3.10 Aşağı istasyonda ana kablonun ve plastik firen aparatının montajından görüntüler

Çalışmada bir döngü vagonun yerçekimi ile yukarı istasyondan yamaç aşağı hareket etmesiyle başlamış ve yüklenecek tomrukların bulunduğu noktaya ulaşmasına kadar geçen süre kronometre ile kaydedilmiştir. Daha sonra, yükleme kancasının zemine inmesi ve kancanın taşınacak tomruğun yanına çekilmesi sırasında geçen zamanı ölçülmüştür. Yükleme kancasının zemine inmesi çok kısa bir zaman aldığından ayrı bir iş aşaması olarak değerlendirilmemiştir.

Yükleme kancasının tomruğa bağlanması zamanı ayrı bir iş aşaması olarak ölçülmüştür. Daha sonra, mobil vinç çalıştırılarak yüklü kancanın vagona çekilmesi ve akabinde vagonun yamaç yukarı ana kablo üzerinde rampaya çekilmesi sağlanmıştır.

Bu arada geçen süre zaman etüt formuna kaydedilmiştir. Son aşamada, yukarı istasyona ulaşan vagon firen aparatı ile sabitlendikten sonra yükleme kancası zemine indirilmiş ve tomruk çokerden boşaltılmıştır.

3.5 İstatistiksel Analizler

Kablolu hava hattı sistemi Soğukpınar Orman İşletme Şefliği'nden seçilen iki farklı eğim grubunda (dik: %34-50 ve çok dik: %50-70) ve iki farklı hat uzunluğunda (100 m ve 200 m) uygulanmıştır. Ölçümler 30 tekrarlı olmak üzere dört güzergahta toplam 120 döngüde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada değerlendirilen parametrelerin normal dağılım özellikleri gösterebilmesi için minimum örnek büyüklüğü olan 30 sayısı dikkate alınmıştır (Batu, 1995). Bölmeden çıkarma sırasında her döngüde taşınan tomruk hacminin verim üzerinde etkisini araştırmak için ürün hacimleri üç sınıfta (düşük: <0,12 m^3, orta: 0,12-0,14 m^3, yüksek: >0,14 m^3) değerlendirilmiştir. Hacim sınıflarının aralıkları her döngüde taşınan toplam ürün hacimleri dikkate alınarak çalışma sırasında belirlenmiştir.

Hava hattı ile bölmeden çıkarma çalışması sırasında yandan çekme mesafesi, tomruk hacmi ve tomruk boyu faktörlerinin verim üzerindeki etkisini belirlemek için 0,05 anlamlılık düzeyinde Tek Yönlü Varyans Analizi (One-Way ANOVA) uygulanmıştır. Çalışma kapsamında dikkate alınan bağımsız değişkenler (yandan çekme mesafesi, tomruk hacmi ve tomruk boyu) arasındaki ilişkilerin araştırılması için Korelasyon testi kullanılmıştır. Korelasyon katsayısı (r) -1 ile +1 arasında değişmektedir. Katsayı 1'e yaklaştıkça iki değişken arasında ilişki kuvvetli, katsayı 0'a yaklaştıkça iki değişken arasında ilişki zayıf olarak yorumlanmaktadır. Verim ile korelasyon tespit edilen değişkenlere ilişkin matematiksel modellerin belirlenmesi amacıyla her bir güzergah alternatifi için Regresyon Modelleri geliştirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1 Zaman Etüdü Bulguları

4.1.1 Uygulama 1 (%34-50 eğim ve 100 m çekme mesafesi)

Uygulama 1 ile ilgi zaman ölçümleri ve değişkenlere ait temel bilgiler (minimum, maksimum, aritmetik ortalama ve standart sapma) Çizelge 4.1'de verilmiştir. Ortalama ürün çapı 22,2 cm olup, minimum ve maksimum ürün çapı ise sırasıyla 20 cm ve 24 cm olarak tespit edilmiştir. Ortalama odun hammaddesi boyu ise 3,3 m olup, minimum ve maksimum ürün boyu sırasıyla 3,00 m ve 4,00 m olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.1 Uygulama 1 için verimi etkileyen değişkenlere ait istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Tomruk Boyu	m	3,00	4,00	3,33	0,480
Tomruk Çapı	cm	20,00	24,00	22,20	1,349
Tomruk Hacmi	m^3	0,09	0,18	0,13	0,024

Çizelge 4.2'de iş aşamalarının zaman ölçümlerine ait temel istatistiksel bilgiler (minimum, maksimum, aritmetik ortalama ve standart sapma) verilmiştir. Sonuçlara göre, odun hammaddesinin mini hava hattı ile bölmeden çıkarılmasında ortalama döngü zamanı (verimli çalışma zamanı), kayıp zaman ve toplam çalışma zamanı (planlanmış çalışma zamanı) sırasıyla 369,90 saniye, 36,87 saniye ve 388,33 saniye olarak hesaplanmıştır.

4.1.2 Uygulama 2 (%34-50 eğim ve 200 m çekme mesafesi)

Uygulama 2 ile ilgi zaman ölçümleri ve değişkenlere ait temel bilgiler (minimum, maksimum, aritmetik ortalama ve standart sapma) Çizelge 4.3'de verilmiştir. Ortalama odun hammaddesi çapı 22,07 cm olup, minimum ve maksimum odun hammaddesi çapı ise sırasıyla 20 cm ve 24 cm olarak tespit edilmiştir. Ortalama odun hammaddesi boyu ise 3,3 m olup, minimum ve maksimum odun hammaddesi boyu sırasıyla 3,00 m ve 4,00 m olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.2 Uygulama 1 için toplam zamanı oluşturan iş aşamalarına ait bulgular.

İş Aşamaları	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Boş vagonun ana kablo üzerinde yükleme yerine yerçekimi ile ulaşması (sn)	95,00	106,00	100,97	3,011
Yükleme kancasının zemine inmesi ve kancanın ürünlerin yanına çekilmesi (sn)	12,00	18,00	14,37	1,791
Ürünlerin kancaya zincirle bağlanması (sn)	15,00	24,00	19,80	2,219
Kancanın vagona çekilmesi, kilitlenmesi ve yüklü vagonun yamaç yukarı ana kablo üzerinde rampaya çekilmesi (sn)	214,00	226,00	220,30	3,323
Kancanın zemine indirilip ürünlerin çözülmesinin ardından kancanın vagona çekilmesidir (sn)	11,00	18,00	14,47	2,080
Döngü zamanı (sn)	353,00	384,00	369,90	7,198
Kayıp zaman (sn)	00,00	49,00	18,43	19,292
Toplam Çalışma Zamanı (sn)	353,00	417,00	388,33	19,581

Çizelge 4.3 Uygulama 2 için verimi etkileyen değişkenlere ait istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Tomruk Boyu	m	3,00	4,00	3,33	0,480
Tomruk Çapı	cm	20,00	24,00	22,07	1,363
Tomruk Hacmi	m^3	0,09	0,18	0,13	0,026

Çizelge 4.4'de iş aşamalarının zaman ölçümlerine ait temel istatistiksel bilgiler (minimum, maksimum, aritmetik ortalama ve standart sapma) verilmiştir. Sonuçlara göre, odun hammaddesinin mini hava hattı ile bölmeden çıkarılmasında ortalama döngü zamanı (verimli çalışma zamanı), kayıp zaman ve toplam çalışma zamanı (planlanmış çalışma zamanı) sırasıyla 592,57 saniye, 36,93 saniye ve 629,50 saniye olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.4 Uygulama 2 için toplam zamanı oluşturan iş aşamalarına ait bulgular.

İş Aşamaları	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Boş vagonun ana kablo üzerinde yükleme yerine yerçekimi ile ulaşması (sn)	153,00	166,00	159,40	3,883
Yükleme kancasının zemine inmesi ve kancanın ürünlerin yanına çekilmesi (sn)	13,00	19,00	15,53	1,776
Ürünlerin kancaya zincirle bağlanması (sn)	16,00	24,00	19,67	2,202
Kancanın vagona çekilmesi, kilitlenmesi ve yüklü vagonun yamaç yukarı ana kablo üzerinde rampaya çekilmesi (sn)	355,00	378,00	366,63	6,980
Kancanın zemine indirilip ürünlerin çözülmesinin ardından kancanın vagona çekilmesidir (sn)	26,00	36,00	31,33	2,796
Döngü zamanı (sn)	566,00	620,00	592,57	13,271
Kayıp zaman (sn)	0,00	69,00	36,93	27,148
Toplam Çalışma Zamanı (sn)	575,00	683,00	629,50	32,256

4.1.3 Uygulama 3 (%50-70 eğim ve 100 m çekme mesafesi)

Uygulama 3 ile ilgi zaman ölçümleri ve değişkenlere ait temel bilgiler (minimum, maksimum, aritmetik ortalama ve standart sapma) Çizelge 4.5'de verilmiştir. Ortalama odun hammaddesi çapı 22,2 cm olup, minimum ve maksimum odun hammaddesi çapı ise sırasıyla 20 cm ve 25 cm olarak tespit edilmiştir. Ortalama odun hammaddesi boyu ise 3,4 m olup, minimum ve maksimum odun hammaddesi boyu sırasıyla 3,00 m ve 4,00 m olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.5 Uygulama 3 için verimi etkileyen değişkenlere ait istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Tomruk Boyu	m	3,00	4,00	3,40	0,498
Tomruk Çapı	cm	20,00	25,00	22,20	1,438
Tomruk Hacmi	m^3	0,09	0,18	0,13	0,025

Çizelge 4.6'da iş aşamalarının zaman ölçümlerine ait temel istatistiksel bilgiler (minimum, maksimum, aritmetik ortalama ve standart sapma) verilmiştir. Sonuçlara göre, odun hammaddesinin mini hava hattı ile bölmeden çıkarılmasında ortalama döngü zamanı (verimli çalışma zamanı), kayıp zaman ve toplam çalışma zamanı sırasıyla 432,57 saniye, 27,90 saniye ve 460,47 saniye olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.6 Uygulama 3 için toplam zamanı oluşturan iş aşamalarına ait bulgular.

İş Aşamaları	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Boş vagonun ana kablo üzerinde yükleme yerine yerçekimi ile ulaşması (sn)	75,00	87,00	80,37	3,855
Yükleme kancasının zemine inmesi ve kancanın ürünlerin yanına çekilmesi (sn)	16,00	21,00	18,43	1,407
Ürünlerin kancaya zincirle bağlanması (sn)	20,00	28,00	23,50	1,961
Kancanın vagona çekilmesi, kilitlenmesi ve yüklü vagonun yamaç yukarı ana kablo üzerinde rampaya çekilmesi (sn)	270,00	291,00	282,00	6,220
Kancanın zemine indirilip ürünlerin çözülmesinin ardından kancanın vagona çekilmesidir (sn)	23,00	35,00	28,27	3,823
Döngü zamanı (sn)	408,00	456,00	432,57	12,011
Kayıp zaman (sn)	0,00	58,00	27,90	25,413
Toplam Çalışma Zamanı (sn)	408,00	514,00	460,47	31,473

4.1.4 Uygulama 4 (%50-70 eğim ve 200 m çekme mesafesi)

Uygulama 4 ile ilgi zaman ölçümleri ve değişkenlere ait temel bilgiler (minimum, maksimum, aritmetik ortalama ve standart sapma) Çizelge 4.7'de verilmiştir. Ortalama odun hammaddesi çapı 22,1 cm olup, minimum ve maksimum odun hammaddesi çapı ise sırasıyla 20 cm ve 24 cm olarak tespit edilmiştir. Ortalama odun hammaddesi boyu ise 3,37 m olup, minimum ve maksimum odun hammaddesi boyu sırasıyla 3,00 m ve 4,00 m olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.7 Uygulama 4 için verimi etkileyen değişkenlere ait istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Tomruk Boyu	m	3,00	4,00	3,37	0,490
Tomruk Çapı	cm	20,00	24,00	22,10	1,447
Tomruk Hacmi	m^3	0,09	0,18	0,13	0,026

Çizelge 4.8'de iş aşamalarının zaman ölçümlerine ait temel istatistiksel bilgiler (minimum, maksimum, aritmetik ortalama ve standart sapma) verilmiştir. Sonuçlara göre, odun hammaddesinin mini hava hattı ile bölmeden çıkarılmasında ortalama döngü zamanı (verimli çalışma zamanı), kayıp zaman ve toplam çalışma zamanı (planlanmış çalışma zamanı) sırasıyla 650,17 saniye, 54,4 saniye ve 704,57 saniye olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.8 Uygulama 4 için toplam zamanı oluşturan iş aşamalarına ait bulgular.

İş Aşamaları	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Boş vagonun ana kablo üzerinde yükleme yerine yerçekimi ile ulaşması (sn)	127,00	144,00	133,93	4,870
Yükleme kancasının zemine inmesi ve kancanın ürünlerin yanına çekilmesi (sn)	17,00	23,00	20,10	1,882
Ürünlerin kancaya zincirle bağlanması (sn)	22,00	30,00	25,47	2,209
Kancanın vagona çekilmesi, kilitlenmesi ve yüklü vagonun yamaç yukarı ana kablo üzerinde rampaya çekilmesi (sn)	420,00	459,00	440,30	12,245
Kancanın zemine indirilip ürünlerin çözülmesinin ardından kancanın vagona çekilmesidir (sn)	26,00	34,00	30,37	2,297
Döngü zamanı (sn)	625,00	687,00	650,17	17,732
Kayıp zaman (sn)	0,00	93,00	54,40	34,405
Toplam Çalışma Zamanı (sn)	627,00	768,00	704,57	43,348

4.2 Verim Analizi Bulguları

4.2.1 Uygulama 1 (%34-50 eğim ve 100 m çekme mesafesi)

Verimli çalışma zamanına ve planlanmış çalışma zamanına göre mini hava hattının ortalama verimi sırasıyla 1,25 m^3/saat ve 1,20 m^3/saat olarak bulunmuştur. Hacim sınıflarının verim üzerine etkisi Tek Yönlü Varyans Analizi (One-Way ANOVA) ile incelenmiştir (Çizelge 4.9). İstatistiksel analizler hacim sınıflarının verim değerleri arasındaki farkların anlamlı ($p<0,001$) olduğunu göstermiştir. Sonuçlara göre, her iki çalışma zamanına göre ortalama verim değerleri, düşük hacim sınıfından orta ve yüksek hacim sınıfına doğru artarak değişmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.9 Uygulama 1 için varyans analizi sonuçları.

		Kareler toplamı	Sd	Kareler ortalaması	F	P
Verim (VÇZ)	Gruplar arası	0,989	2	0,495	111,033	0,000
	Gruplar arası	0,120	27	0,004		
	Toplam	1,110	29			
Verim (PÇZ)	Gruplar arası	0,951	2	0,475	63,812	0,000
	Gruplar arası	0,201	27	0,007		
	Toplam	1,152	29			

Çizelge 4.10 Uygulama 1 için hacim sınıflarına ilişkin istatistiksel değerler.

	Hacim Sınıfları	Toplam Gözlem Sayısı	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven Aralığında		Min.	Mak.
						Alt Sınır	Üst Sınır		
Verim (VÇZ)	Düşük	9	1,0333	0,05809	0,01936	0,9887	1,0780	0,96	1,12
	Orta	15	1,2640	0,05343	0,01379	1,2344	1,2936	1,17	1,35
	Yüksek	6	1,5567	0,10328	0,04216	1,4483	1,6651	1,45	1,71
	Toplam	30	1,2230	0,18775	0,03428	1,1529	1,2931	0,93	1,62
Verim (PÇZ)	Düşük	9	0,9778	0,04522	0,01507	0,9430	1,0125	0,91	1,02
	Orta	15	1,2113	0,07444	0,01922	1,1701	1,2526	1,08	1,30
	Yüksek	6	1,4900	0,14642	0,05978	1,3363	1,6437	1,31	1,71
	Toplam	30	1,1677	0,18898	0,03450	1,0971	1,2382	0,89	1,62

4.2.2 Uygulama 2 (%34-50 eğim ve 200 m çekme mesafesi)

Verimli çalışma zamanına ve planlanmış çalışma zamanına göre mini hava hattının ortalama verimi sırasıyla 0,77 m^3/saat ve 0,73 m^3/saat olarak bulunmuştur. Hacim sınıflarının verim üzerine etkisi Tek Yönlü Varyans Analizi (One-Way ANOVA) ile incelenmiştir (Çizelge 4.11). İstatistiksel analizler hacim sınıflarının verim değerleri arasındaki farkların anlamlı ($p<0,001$) olduğunu göstermiştir. Sonuçlara göre, her iki çalışma zamanına göre ortalama verim değerleri, düşük hacim sınıfından orta ve yüksek hacim sınıfına doğru artarak değişmiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.11 Uygulama 2 için varyans analizi sonuçları.

		Kareler toplamı	Sd	Kareler ortalaması	F	P
Verim (VÇZ	Gruplar arası	0,449	2	0,224	150,095	0,000
	Gruplar arası	0,040	27	0,001		
	Toplam	0,489	29			
Verim (PÇZ)	Gruplar arası	0,338	2	0,169	61,157	0,000
	Gruplar arası	0,075	27	0,003		
	Toplam	0,412	29			

Çizelge 4.12 Uygulama 2 için hacim sınıflarına ilişkin istatistiksel değerler.

	Hacim Sınıfları	Toplam Gözlem Sayısı	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven Aralığında		Min.	Mak.
						Alt Sınır	Üst Sınır		
Verim (VÇZ)	Düşük	11	0,6436	0,03906	0,0117	0,617	0,6699	0,59	0,70
	Orta	12	0,7817	0,03243	0,0093	0,761	0,8023	0,74	0,84
	Yükse	7	0,9671	0,04751	0,0179	0,923	1,0111	0,92	1,05
	Topla	30	0,7743	0,12987	0,0237	0,725	0,8228	0,59	1,05
Verim (PÇZ)	Düşük	11	0,6109	0,04657	0,01404	0,579	0,6422	0,54	0,69
	Orta	12	0,7450	0,05502	0,01588	0,710	0,7800	0,67	0,84
	Yükse	7	0,8900	0,05715	0,02160	0,837	0,9429	0,83	0,98
	Topla	30	0,7297	0,11926	0,02177	0,685	0,7742	0,54	0,98

4.2.3 Uygulama 3 (%50-70 eğim ve 100 m çekme mesafesi)

Verimli çalışma zamanına ve planlanmış çalışma zamanına göre mini hava hattının ortalama verimi sırasıyla 1,07 m^3/saat ve 1,01 m^3/saat olarak bulunmuştur. Hacim sınıflarının verim üzerine etkisi Tek Yönlü Varyans Analizi (One-Way ANOVA) ile incelenmiştir (Çizelge 4.13). İstatistiksel analizler hacim sınıflarının verim değerleri arasındaki farkların anlamlı ($p<0,001$) olduğunu göstermiştir. Sonuçlara göre, her iki çalışma zamanına göre ortalama verim değerleri, düşük hacim sınıfından orta ve yüksek hacim sınıfına doğru artarak değişmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.13 Uygulama 3 için varyans analizi sonuçları.

		Kareler toplamı	Sd	Kareler ortalaması	F	P
Verim (VÇZ)	Gruplar arası	0,720	2	0,360	100,166	0,000
	Gruplar arası	0,097	27	0,004		
	Toplam	0,817	29			
Verim (PÇZ)	Gruplar arası	0,440	2	0,220	45,111	0,000
	Gruplar arası	0,132	27	0,005		
	Toplam	0,572	29			

Çizelge 4.14 Uygulama 3 için hacim sınıflarına ilişkin istatistiksel değerler.

	Hacim Sınıfları	Toplam Gözlem Sayısı	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven Aralığında		Min.	Mak.
						Alt Sınır	Üst Sınır		
Verim (VÇZ)	Düşük	10	0,8950	0,04577	0,0144	0,862	0,9277	0,82	0,97
	Orta	13	1,0808	0,0529	0,0147	1,048	1,1128	1,00	1,16
	Yüksek	7	1,3129	0,0861	0,0325	1,233	1,3925	1,19	1,43
	Toplam	30	1,0730	0,1678	0,0306	1,010	1,1357	0,82	1,43
Verim (PÇZ)	Düşük	10	0,8690	0,0542	0,0171	0,830	0,9078	0,79	0,95
	Orta	13	1,0138	0,0805	0,0223	0,965	1,0625	0,90	1,16
	Yüksek	7	1,1957	0,0675	0,0255	1,133	1,2582	1,07	1,27
	Toplam	30	1,0080	0,1404	0,0256	0,955	1,0604	0,79	1,27

4.2.4 Uygulama 4 (%50-70 eğim ve 200 m çekme mesafesi)

Verimli çalışma zamanına ve planlanmış çalışma zamanına göre mini hava hattının ortalama verimi sırasıyla 0,72 m^3/saat ve 0,66 m^3/saat olarak bulunmuştur. Hacim sınıflarının verim üzerine etkisi Tek Yönlü Varyans Analizi (One-Way ANOVA) ile incelenmiştir (Çizelge 4.15). İstatistiksel analizler hacim sınıflarının verim değerleri arasındaki farkların anlamlı ($p<0,001$) olduğunu göstermiştir. Sonuçlara göre, her iki çalışma zamanına göre ortalama verim değerleri, düşük hacim sınıfından orta ve yüksek hacim sınıfına doğru artarak değişmiştir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.15 Uygulama 4 için varyans analizi sonuçları.

		Kareler toplamı	Sd	Kareler ortalaması	F	P
Verim (VÇZ)	Gruplar arası	0,386	2	0,193	104,106	0,000
	Gruplar arası	0,050	27	0,002		
	Toplam	0,436	29			
Verim (PÇZ)	Gruplar arası	0,270	2	0,135	65,325	0,000
	Gruplar arası	0,056	27	0,002		
	Toplam	0,326	29			

Çizelge 4.16 Uygulama 4 için hacim sınıflarına ilişkin istatistiksel değerler.

	Hacim Sınıfları	Toplam Gözlem Sayısı	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven Aralığında		Min.	Mak.
						Alt Sınır	Üst Sınır		
Verim (VÇZ)	Düşük	11	0,6000	0,04050	0,01221	0,5728	0,6272	0,54	0,64
	Orta	13	0,7208	0,03707	0,01028	0,6984	0,7432	0,67	0,78
	Yüksek	6	0,9150	0,05857	0,02391	0,8535	0,9765	0,84	0,96
	Toplam	30	0,7153	0,12261	0,02238	0,6696	0,7611	0,54	0,96
Verim (PÇZ)	Düşük	11	0,5591	0,03986	0,01202	0,5323	0,5859	0,48	0,63
	Orta	13	0,6708	0,05155	0,01430	0,6396	0,7019	0,60	0,78
	Yüksek	6	0,8217	0,04021	0,01641	0,7795	0,8639	0,77	0,85
	Toplam	30	0,6600	0,10606	0,01936	0,6204	0,6996	0,48	0,85

4.3 İstatistik Analiz Bulguları

4.3.1 Uygulama 1 (%34-50 eğim ve 100 m çekme mesafesi)

Mini hava hattının verimi ile çalışmada dikkate alınan bağımsız değişkenler (yandan çekme mesafesi, tomruk hacmi ve tomruk boyu) arasındaki ilişkiler Korelasyon testi ile belirlenmiştir. Sonuçlar tomruk hacmi, tomruk boyu ($p<0,001$) ve yandan çekme mesafesi ($p<0,05$) ile sistem verimi arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir. (Çizelge 4.17). Bu ilişkinin hacim ve boy için pozitif, yandan çekme mesafesi için ise negatif yönde olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.17 Uygulama 1 için korelasyon analizine ait bulgular.

		Yandan Çekme M.	T. Hacmi	T. Boyu	Verim (VÇZ)	Verim (PÇZ)
Yandan Çekme Mesafesi	Pearson Korelasyonu	1	-0,399*	-0,103	-0,421*	-0,381*
	P		0,029	0,589	0,020	0,038
	N	30	30	30	30	30
T. Hacmi	Pearson Korelasyonu	-0,399*	1	0,702**	0,986**	0,963**
	P	0,029		0,000	0,000	0,000
	N	30	30	30	30	30
T. Boyu	Pearson Korelasyonu	-0,103	0,702**	1	0,734**	0,700**
	Sig. (2-tailed)	0,589	0,000		0,000	0,000
	N	30	30	30	30	30
Verim (VÇZ)	Pearson Korelasyonu	-0,421	0,986**	0,734**	1	0,955**
	P	0,020	0,000	0,000		0,000
	N	30	30	30	30	30
Verim (PÇZ)	Pearson Korelasyonu	-0,381*	0,963**	0,700**	0,955**	1
	P	0,038	0,000	0,000	0,000	
	N	30	30	30	30	30
* p < 0,05	** p < 0,01					

Verim ile arasında korelasyon tespit edilen değişkenlere (tomruk hacmi ve tomruk boyu) ilişkin matematiksel modelin belirlenmesi amacıyla Regresyon Modeli geliştirilmiştir. ANOVA testi sonuçlarına göre her iki çalışma zamanı için de geliştirilen modelin anlamlı olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.18). Regresyon modeli katsayılar tablosu Çizelge 4.19'da verilmiştir. Her iki çalışma zamanı için verimliliği temsil eden bağımlı değişken (y) ve bunu etkileyen bağımsız değişkenlerin (x1 = tomruk hacmi; x2 = tomruk boyu; x3 = yandan çekme mesafesi) yer aldığı regresyon modelleri aşağıda verilmiştir. Sonuçlar, verimlilik üzerinde en fazla etkiye sahip olan faktörün hacim değeri olduğunu göstermiştir.

$$yVÇZ = 0,210 + (7,422)x1 + (0,041)x2 – (0,009)x3 \quad (3)$$

$$yPÇZ = 0,131 + (7,845)x1 + (0,020)x2 - (0,001)x3 \quad (4)$$

Çizelge 4.18 Uygulama 1 için ANOVA testi bulguları.

Model		Kareler toplamı	Sd	Kareler ortalaması	F	P
Verim (VÇZ)	Regresyon	1,085	3	0,362	380,612	0,000
	Artık	0,025	26	0,001		
	Toplam	1,110	29			
Verim (PÇZ)	Regresyon	1,070	3	0,357	114,004	0,000
	Artık	0,081	26	0,003		
	Toplam	1,152	29			

Çizelge 4.19 Uygulama 1 için regresyon modeli katsayılar tablosu.

Model		Standart Olmayan Katsayılar		Standart Katsayılar	t	P
		B	Std. Hata	Beta		
Verim (VÇZ)	(Sürekli)	0,210	0,053		3,978	0,000
	Hacim (x1)	7,422	0,385	0,893	19,273	0,000
	Boy (x2)	0,041	0,017	0,101	2,362	0,026
	Yandan Çekme (x3)	-0,009	0,006	-0,054	-1,630	0,115
Verim (PÇZ)	(Sürekli)	0,131	0,096		1,369	0,183
	Hacim (x1)	7,845	0,699	0,927	11,225	0,000
	Boy (x2)	0,020	0,032	0,048	0,634	0,532
	Yandan Çekme (x3)	-0,001	0,010	-0,006	-0,110	0,913

4.3.2 Uygulama 2 (%34-50 eğim ve 200 m çekme mesafesi)

Mini hava hattının verimi ile çalışmada dikkate alınan bağımsız değişkenler (yandan çekme mesafesi, tomruk hacmi ve tomruk boyu) arasındaki ilişkiler Korelasyon testi ile belirlenmiştir. Sonuçlar tomruk hacmi ve tomruk boyu ile sistem verimi arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir ($p<0,001$). Diğer taraftan yandan çekme mesafesi ile verim arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişkinin olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20 Uygulama 2 için korelasyon analizine ait bulgular.

		Yandan Çekme M.	T. Hacmi	T. Boyu	Verim (VÇZ)	Verim (PÇZ)
Yandan Çekme Mesafesi	Pearson Korelasyonu	1	-0,054	0,159	-0,056	-0,008
	P		0,775	0,400	0,769	0,967
	N	30	30	30	30	30
T. Hacmi	Pearson Korelasyonu	-0,054	1	0,755**	0,990**	0,966**
	P	0,775		0,000	0,000	0,000
	N	30	30	30	30	30
T. Boyu	Pearson Korelasyonu	0,159	0,755**	1	0,790**	0,768**
	Sig. (2-tailed)	0,400	0,000		0,000	0,000
	N	30	30	30	30	30
Verim (VÇZ)	Pearson Korelasyonu	-0,056	0,990**	0,790**	1	0,964**
	P	0,769	0,000	0,000		0,000
	N	30	30	30	30	30
Verim (PÇZ)	Pearson Korelasyonu	-0,008	0,966**	0,768**	0,964**	1
	P	0,967	0,000	0,000	0,000	
	N	30	30	30	30	30

* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$

Verim ile arasında korelasyon tespit edilen değişkenlere (tomruk hacmi ve tomruk boyu) ilişkin matematiksel modelin belirlenmesi amacıyla Regresyon Modeli geliştirilmiştir. ANOVA testi sonuçlarına göre her iki çalışma zamanı için de geliştirilen modelin anlamlı olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.21). Regresyon modeli katsayılar tablosu Çizelge 4.22'de verilmiştir. Her iki çalışma zamanı için verimliliği temsil eden bağımlı değişken (y) ve bunu etkileyen bağımsız değişkenlerin (x1 = tomruk hacmi; x2 = tomruk boyu) yer aldığı regresyon modelleri aşağıda verilmiştir. Sonuçlar, verimlilik üzerinde en fazla etkiye sahip olan faktörün hacim değeri olduğunu göstermiştir.

$$yVÇZ = 0,107 + (4,567)x1 + (0,027)x2 \quad (5)$$

$$yPÇZ = 0,134 + (4,109)x1 + (0,023)x2 \quad (6)$$

Çizelge 4.21 Uygulama 2 için ANOVA testi bulguları.

Model		Kareler toplamı	Sd	Kareler ortalaması	F	P
Verim (VÇZ)	Regresyon	0,482	2	0,241	885,331	0,000
	Artık	0,007	27	0,00		
	Toplam	0,489	29			
Verim (PÇZ)	Regresyon	0,386	2	0,193	196,878	0,000
	Artık	0,026	27	0,001		
	Toplam	0,412	29			

Çizelge 4.22 Uygulama 2 için regresyon modeli katsayılar tablosu.

Model		Standart Olmayan Katsayılar		Standart Katsayılar	t	P
		B	Std. Hata	Beta		
Verim (VÇZ)	(Sürekli)	0,107	0,022		4,943	0,000
	Hacim (x1)	4,567	0,179	0,916	25,468	0,000
	Boy (x2)	0,027	0,010	0,099	2,745	0,011
Verim (PÇZ)	(Sürekli)	0,134	0,041		3,273	0,003
	Hacim (x1)	4,109	0,340	0,897	12,070	0,000
	Boy (x2)	0,023	0,018	0,091	1,219	0,233

4.3.3 Uygulama 3 (%50-70 eğim ve 100 m çekme mesafesi)

Mini hava hattının verimi ile çalışmada dikkate alınan bağımsız değişkenler (yandan çekme mesafesi, tomruk hacmi ve tomruk boyu) arasındaki ilişkiler Korelasyon testi ile belirlenmiştir. Sonuçlar tomruk hacmi ve tomruk boyu ile sistem verimi arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir ($p<0,001$). Diğer taraftan yandan çekme mesafesi ile verim arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişkinin olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23 Uygulama 3 için korelasyon analizine ait bulgular.

		Yandan Çekme M.	T. Hacmi	T. Boyu	Verim (VÇZ)	Verim (PÇZ)
Yandan Çekme Mesafesi	Pearson Korelasyonu	1	-0,151	-0,043	-0,140	-0,127
	P		0,426	0,823	0,462	0,505
	N	30	30	30	30	30
T. Hacmi	Pearson Korelasyonu	-0,151	1	0,692**	0,990**	0,925**
	P	0,426		0,000	0,000	0,000
	N	30	30	30	30	30
T. Boyu	Pearson Korelasyonu	-0,043	0,692**	1	0,744**	0,736**
	Sig. (2-tailed)	0,823	0,000		0,000	0,000
	N	30	30	30	30	30
Verim (VÇZ)	Pearson Korelasyonu	-0,140	0,990**	0,744**	1	0,937**
	P	0,462	0,000	0,000		0,000
	N	30	30	30	30	30
Verim (PÇZ)	Pearson Korelasyonu	-0,127	0,925**	0,736**	0,937**	1
	P	0,5050	,000	0,000	0,000	
	N	30	30	30	30	30
* p < 0,05 ** p < 0,01						

Verim ile arasında korelasyon tespit edilen değişkenlere (tomruk hacmi ve tomruk boyu) ait Regresyon Modeli geliştirilmiştir. ANOVA testi sonuçlarına göre her iki çalışma zamanı için de geliştirilen modelin anlamlı olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.24). Regresyon modeli katsayılar tablosu Çizelge 4.25'de verilmiştir. Verimliliği temsil eden bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenlerin (x1 = tomruk hacmi; x2 = tomruk boyu) yer aldığı regresyon modelleri aşağıda verilmiştir. Sonuçlar, verimlilik üzerinde en fazla etkiye sahip olan faktörün hacim değeri olduğunu göstermiştir.

$$yVÇZ = 0,143 + (6,233)x1 + (0,038)x2 \quad (7)$$

$$yPÇZ = 0,246 + (4,559)x1 + (0,052)x2 \quad (8)$$

Çizelge 4.24 Uygulama 3 için ANOVA testi bulguları.

Model		Kareler toplamı	Sd	Kareler ortalaması	F	P
Verim (VÇZ)	Regresyon	0,807	2	0,404	106,500	0,000
	Artık	0,010	27	0,000		
	Toplam	0,817	29			
Verim (PÇZ)	Regresyon	0,500	2	0,250	93,635	0,000
	Artık	0,072	27	0,003		
	Toplam	0,572	29			

Çizelge 4.25 Uygulama 3 için regresyon modeli katsayılar tablosu.

Model		Standart Olmayan Katsayılar		Standart Katsayılar	t	P
		B	Std. Hata	Beta		
Verim (VÇZ)	(Sürekli)	0,143	0,025		5,717	0,000
	Hacim (x1)	6,233	0,204	0,913	30,618	0,000
	Boy (x2)	0,038	0,010	0,112	3,739	0,001
Verim (PÇZ)	(Sürekli)	0,246	0,066		3,692	0,001
	Hacim (x1)	4,559	0,540	0,798	8,436	0,000
	Boy (x2)	0,052	0,027	0,184	1,939	0,063

4.3.4 Uygulama 4 (%50-70 eğim ve 200 m çekme mesafesi)

Mini hava hattının verimi ile çalışmada dikkate alınan bağımsız değişkenler (yandan çekme mesafesi, tomruk hacmi ve tomruk boyu) arasındaki ilişkiler Korelasyon testi ile belirlenmiştir. Sonuçlar tomruk hacmi ve tomruk boyu ile sistem verimi arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir ($p<0,001$). Diğer taraftan yandan çekme mesafesi ile verim arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişkinin olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.26 Uygulama 4 için korelasyon analizine ait bulgular.

		Yandan Çekme M.	T. Hacmi	T. Boyu	Verim (VÇZ)	Verim (PÇZ)
Yandan Çekme Mesafesi	Pearson Korelasyonu	1	-0,153	-0,113	-0,165	-0,168
	P		0,419	0,554	0,382	0,375
	N	30	30	30	30	30
T. Hacmi	Pearson Korelasyonu	-0,153	1	0,722**	0,991**	0,953**
	P	0,419		0,000	0,000	0,000
	N	30	30	30	30	30
T. Boyu	Pearson Korelasyonu	-0,113	0,722**	1	0,764**	0,756**
	Sig. (2-tailed)	0,554	0,000		0,000	0,000
	N	30	30	30	30	30
Verim (VÇZ)	Pearson Korelasyonu	-0,165	0,991**	0,764**	1	0,958**
	P	0,382	0,000	0,000		0,000
	N	30	30	30	30	30
Verim (PÇZ)	Pearson Korelasyonu	-0,168	0,953**	0,756**	0,958**	1
	P	0,375	0,000	0,000	0,000	
	N	30	30	30	30	30

* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$

Verim ile arasında korelasyon tespit edilen değişkenlere (tomruk hacmi ve tomruk boyu) ilişkin matematiksel modelin belirlenmesi amacıyla Regresyon Modeli geliştirilmiştir. ANOVA testi sonuçlarına göre her iki çalışma zamanı için de geliştirilen modelin anlamlı olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.27). Regresyon modeli katsayılar tablosu Çizelge 4.28'de verilmiştir. Her iki çalışma zamanı için verimliliği temsil eden bağımlı değişken (y) ve bunu etkileyen bağımsız değişkenlerin (x1 = tomruk hacmi; x2 = tomruk boyu) yer aldığı regresyon modelleri aşağıda verilmiştir. Sonuçlar, verimlilik üzerinde en fazla etkiye sahip olan faktörün hacim değeri olduğunu göstermiştir.

$$yVÇZ = 0{,}078 + (4{,}302)x1 + (0{,}025)x2 \quad (9)$$

$$yPÇZ = 0{,}114 + (3{,}448)x1 + (0{,}031)x2 \quad (10)$$

Çizelge 4.27 Uygulama 4 için ANOVA testi bulguları.

Model		Kareler toplamı	Sd	Kareler ortalaması	F	P
Verim (VÇZ)	Regresyon	0,430	2	0,215	957,502	0,000
	Artık	0,006	27	0,000		
	Toplam	0,436	29			
Verim (PÇZ)	Regresyon	0,299	2	0,150	149,970	0,000
	Artık	0,027	27	0,001		
	Toplam	0,326	29			

Çizelge 4.28 Uygulama 4 için regresyon modeli katsayılar tablosu.

Model		Standart Olmayan Katsayılar		Standart Katsayılar	t	P
		B	Std. Hata	Beta		
Verim (VÇZ)	(Sürekli)	0,078	0,019		4,026	0,000
	Hacim (x1)	4,302	0,154	0,917	27,958	0,000
	Boy (x2)	0,025	0,008	0,102	3,096	0,005
Verim (PÇZ)	(Sürekli)	0,114	0,041		2,794	0,009
	Hacim (x1)	3,448	0,324	0,850	10,629	0,000
	Boy (x2)	0,031	0,017	0,142	1,782	0,086

5. TARTIŞMA

Hassas ormancılık yaklaşımı ile odun esaslı orman ürünlerinin üretiminde uygulanan "küçük ölçekli ormancılık operasyonları" kapsamında kullanılan mini hava hattının performansı saatlik verim açısından incelenmiştir. Bu bölümde, iki farklı eğim grubunda (%34-50, %50-70) ve iki farklı hat uzunluğunda (100 m ve 200 m) yürütülen dört bölmeden çıkarma uygulamasına ait zaman ölçümü ve verim değerleri irdelenmiştir. Zaman ölçümleri kronometre yardımıyla tekrarlı zaman ölçme tekniği kullanılarak yapılmıştır. Arazi çalışmalarından elde edilen zaman değerlerinin kıyaslayabilir duruma getirilebilmesi amacıyla yapılan iş sırasında üretilen bir birim (1 m^3) ürün için harcanan zaman dikkate alınmıştır.

5.1 Zaman Ölçümleri

Mini hava hattı uygulamaları için iş aşamalarının verimli çalışma zamanına göre ortalama yüzde değerleri Çizelge 5.1'de verilmiştir. Kancanın vagona çekilmesi, kilitlenmesi, yüklü vagonun yamaç yukarı ana kablo üzerinde rampaya çekilmesi her dört sistemde de en fazla zamanı alan iş aşaması olmuştur. Boş vagonun ana kablo üzerinde yükleme yerine yerçekimi ile ulaşması ise en fazla zaman alan ikinci iş aşamasıdır. Acar (2017), mini hava hattı ile yamaç yukarı çekme zamanının en fazla zaman alan aşama olduğunu bunu da boş gidiş süresinin takip ettiğini belirlenmiştir.

Arazi eğiminin en çok zaman alan iş aşaması üzerindeki etkisi incelendiğinde, ürünleri yukarı çekme zamanının eğim arttıkça artış gösterdiği, boş gidiş zamanının ise azaldığı belirlenmiştir. Erdaş ve Eroğlu (1998) kısa mesafeli hava hattını değerlendirdikleri bir çalışmada arazi eğiminin yukarı çekme ve boş gidiş zamanı ile benzer ilişki gösterdiğini belirtmiştir. Diğer iş aşamaları incelendiğinde, rampada ürünlerin çözülmesi dışındaki iş aşmalarının eğim artışına paralel olarak daha fazla zaman aldığı tespit edilmiştir. Çekme mesafesi dikkate alındığında ise yüklü vagonun yukarı çekme zamanının çekme mesafesi ile doğru orantılı olarak artış gösterdiği belirlenmiştir. Önceki çalışmalar da hava hattı çekme mesafesinin vagonun rampaya çekme zamanı üzerinde etkili olduğunu göstermiştir (Spinelli vd., 2010; Proto vd., 2016).

Çizelge 5.1 Dört uygulama için iş aşamalarının toplam VÇZ'na göre ortalama yüzde değerleri.

İş Aşamaları	%34-50 Eğim		%50-70 Eğim	
	100 m	200 m	100 m	200 m
Boş vagonun ana kablo üzerinde yükleme yerine yerçekimi ile ulaşması	27,30	26,90	18,58	20,60
Yükleme kancasının zemine inmesi ve kancanın ürünlerin yanına çekilmesi	3,88	2,62	4,26	3,09
Ürünlerin kancaya zincirle bağlanması	5,35	3,32	5,43	3,92
Kancanın vagona çekilmesi, kilitlenmesi, yüklü vagonun yamaç yukarı ana kablo üzerinde rampaya çekilmesi	59,56	61,87	65,19	67,72
Kancanın zemine indirilip ürünlerin çözülmesinin ardından kancanın vagona çekilmesidir	3,91	5,29	6,53	4,67
Toplam	100	100	100	100

Mini hava hattı uygulamaları için iş aşamalarının planlanmış çalışma zamanına göre ortalama yüzde değerleri Çizelge 5.2'de verilmiştir. Planlanmış kullanma zamanında ekipman veya personelden kaynaklanan kayıp zaman dikkate alınmıştır. Dört uygulamada da yine en fazla zamanı kancanın vagona çekilmesi, kilitlenmesi, yüklü vagonun yamaç yukarı ana kablo üzerinde rampaya çekilmesi alırken bunu boş vagonun ana kablo üzerinde yükleme yerine yerçekimi ile ulaşması takip etmiştir.

Çizelge 5.2 Dört uygulama için iş aşamalarının toplam PÇZ'na göre ortalama yüzde değerleri.

İş Aşamaları	%34-50 Eğim		%50-70 Eğim	
	100 m	200 m	100 m	200 m
Boş vagonun ana kablo üzerinde yükleme yerine yerçekimi ile ulaşması	26,00	25,32	17,45	19,01
Yükleme kancasının zemine inmesi ve kancanın ürünlerin yanına çekilmesi	3,70	2,47	4,00	2,85
Ürünlerin kancaya zincirle bağlanması	5,10	3,12	5,10	3,61
Kancanın vagona çekilmesi, kilitlenmesi, yüklü vagonun yamaç yukarı ana kablo üzerinde rampaya çekilmesi	56,73	58,24	61,24	62,49
Kancanın zemine indirilip ürünlerin çözülmesinin ardından kancanın vagona çekilmesidir	3,73	4,98	6,14	4,31
Kayıp zaman	4,75	5,87	6,06	7,72
Toplam	100	100	100	100

İş aşaması ile arazi eğimi arasındaki ilişki incelendiğinde, eğim arttıkça ürünleri yukarı çekme zamanının arttığı buna karşılık boş gidiş zamanının ise azaldığı bulunmuştur. Çekme mesafesinin 200 m olduğu uygulamada rampada ürünlerin çözülmesi ve çekme mesafesinin 100 m olduğu uygulamada ürünlerin kancaya bağlanması dışındaki diğer iş aşmalarında, eğim arttıkça iş aşamalarının süresinin uzadığı tespit edilmiştir. Arazi eğimi arttıkça hava hattı uygulamalarında kayıp zaman değerinin artış gösterdiği belirlenmiştir. Lee vd. (2018) eğim artışının küçük ölçekli hava hattında kayıp zamanı arttırdığını belirlemiştir. Ayrıca, aynı eğim grubunda iki çekme mesafesi dikkate alındığında, daha uzun hava hattı mesafesinde takılma ve buna benzer gecikme ihtimalinin daha fazla olması nedeniyle kayıp zamanın daha yüksek değere sahip olduğu bulunmuştur. Acar (2017) mini hava hattını değerlendirdiği benzer bir çalışmada yukarı çekme zamanının artmasına paralel olarak kayıp zamanın da artış gösterdiğini belirmiştir.

Mini hava hattının kurulum ve sökümü için harcanan ortalama zamanın sırasıyla 1,5 saat ve 45 dakika olduğu belirlenmiştir. Bu süre kısa mesafe hava hattı kurulumu (3-5 saat) ve sökümü (1-2 saat) için ayrılan zamandan çok daha kısadır (Erdaş ve Eroğlu, 1998). Lee vd. (2018) tarafından yürütülen küçük ölçekli hava hattı çalışmasında yamaç yukarı taşımada kurulum ve söküm üçün ayrılan toplam zamanın yaklaşık 3,5 saat olduğu belirtilmiştir. Acar (2017) tarafından değerlendirilen mini hava hattının kurlumu ortalama 2,5 saat ve sökümü ise 1 saat almıştır. Bu çalışma kapsamında hava hattının kurulum ve söküm işlerinin önemli oranda daha az zaman almasının temel nedeni sistemde taşınabilir el vincinin, nispeten hafif bir vagonun (40 kg) ve çelik halat yerine sentetik halatlarının kullanılmış olmasıdır. Diğer taraftan sentetik halatın zor arazi koşullarına daha az dayanıklı olması, taşınabilir vincin ve vagonun yük kapasitesinin sınırlı olması gibi faktörlerin sistemin planlamasında, kurulumunda ve uygulanmasında dikkate alınması gerekmektedir.

5.2 Verim

Verimli çalışma zamanına ve planlanmış çalışma zamanına göre mini hava hattının ortalama verimi sırasıyla 0,95 m^3/saat ve 0,90 m^3/saat olarak belirlenmiştir. Buna göre kayıp zamanın dikkate alınmadığı verimli kullanma zamanında verim değerinin %5,83 oranında daha fazla bulunmuştur. Spinelli vd. (2010) tarafında yürütülen bir çalışmada %60 ortalama eğime sahip bir arazide kurulan mini hava hattı sisteminde, çekme

mesafesi ve ürün hacminin sırasıyla 118 m ve 0,202 m^3 olduğu bir uygulamada, verimli çalışma zamanına ve planlanmış çalışma zamanına göre verim 2,42 m^3/saat ve 1,52 m^3/saat olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada verim değerinin daha yüksek bulunmasının nedenleri arasında taşınan birim ürün hacminin daha yüksek olması ve sistemin traktör vinci ile entegre olmasıdır. Traktör gücü ile çalışan ve çekme mesafesinin 140 m, ortalama tomruk hacminin 0,287 m^3 olduğu diğer bir mini hava hattı uygulamasında ise ortalama verim 3,05 m^3/saat olarak belirlemiştir (Acar, 2017).

Mini hava hattı uygulamaları için verimli çalışma zamanına ve planlanmış çalışma zamanına göre ortalama verim değerleri Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4'de verilmiştir. Sonuçlara göre çekme mesafesinin daha kısa olduğu uygulamalarda verim değerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Cho vd. (2018)'nin dört farklı küçük ölçekli hava hattının verimlerini inceledikleri bir çalışmada, ortalama eğimin aynı olması durumunda çekme mesafesinin daha kısa olduğu uygulamanın daha yüksek verime sahip olduğu bulunmuştur. Diğer taraftan çekme mesafesinin sabit olması koşuluyla arazi eğimi ile mini hava hattının verimi arasında negatif yönde bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Spinelli vd. (2010) arazi profilinin hava hattı verimi üzerine etkisini incelediği çalışmada içbükey arazi yapısının dışbükey arazi yapısına göre daha tercih edilir olduğunu bildirmiştir. Erdaş ve Eroğlu (1999) arazi eğiminin birbirine yakın olduğu iki kısa mesafe hava hattı sistemini karşılaştırdığı bir çalışmada, çekme mesafesinin kısa olduğu alternatifte verimin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

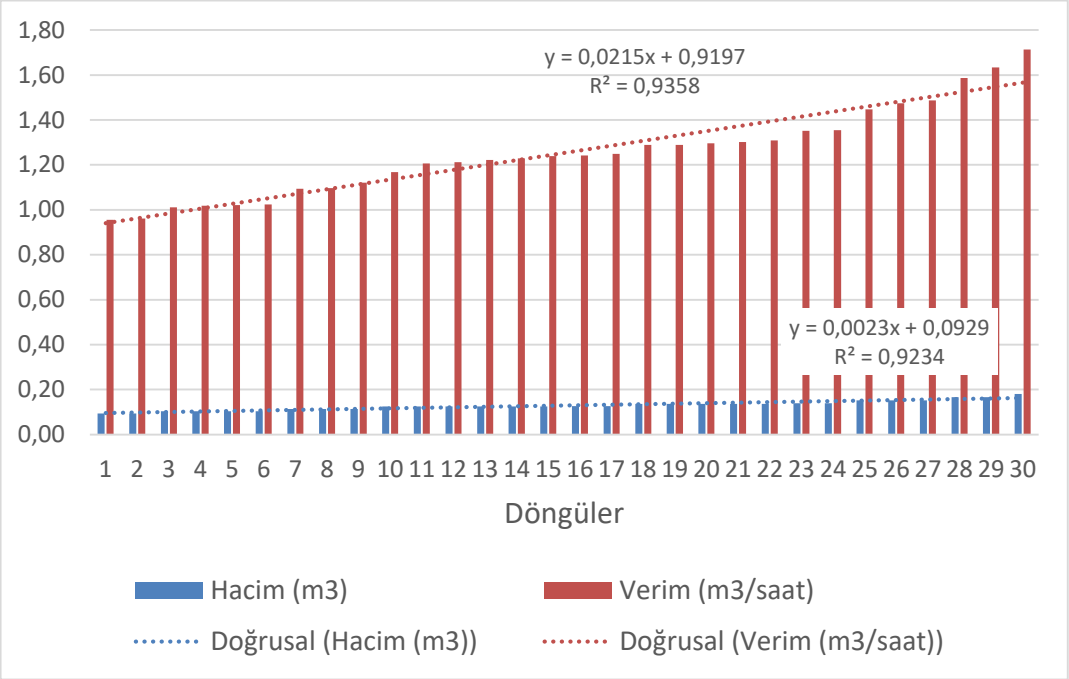
Çizelge 5.3 Dört uygulama için VÇZ'na göre ortalama verim değerleri (m^3/saat).

Uygulamalar	Ortalama Verim	Hacim Sınıfları		
		Düşük	Orta	Yüksek
Uygulama 1	1,25	1,03	1,26	1,56
Uygulama 2	0,77	0,64	0,78	0,97
Uygulama 3	1,07	0,90	1,08	1,31
Uygulama 4	0,72	0,60	0,72	0,92

Çizelge 5.4 Dört uygulama için PÇZ'na göre ortalama verim değerleri (m^3/saat).

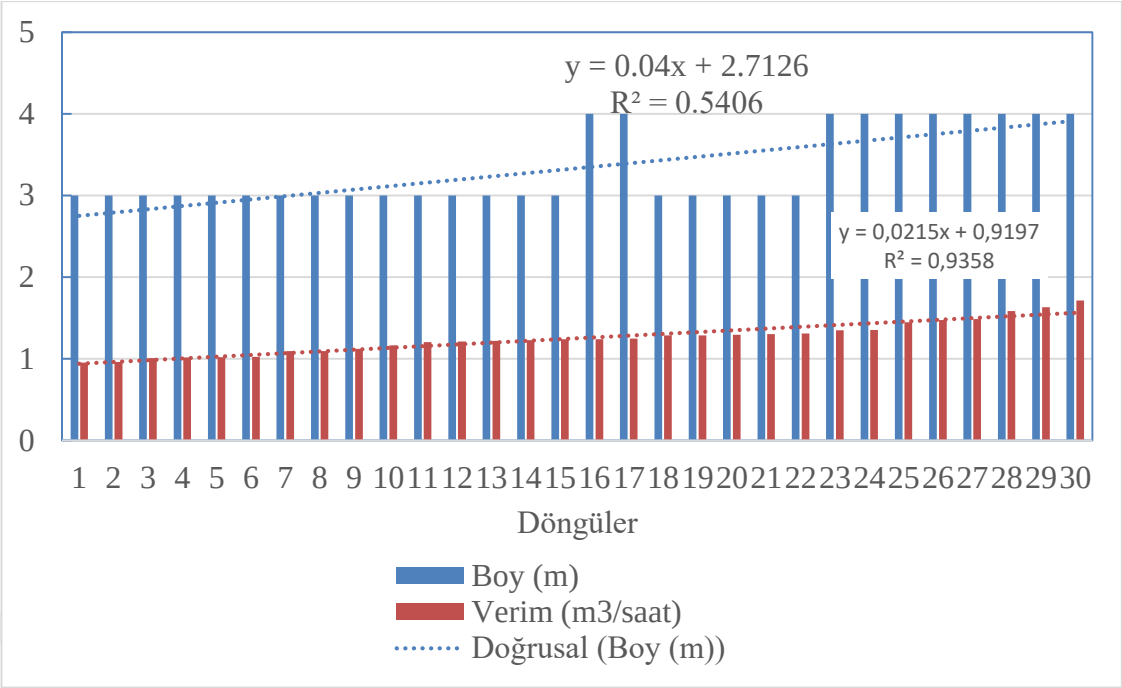
Uygulamalar	Ortalama Verim	Hacim Sınıfları		
		Düşük	Orta	Yüksek
Uygulama 1	1,20	0,98	1,21	1,49
Uygulama 2	0,73	0,61	0,75	0,89
Uygulama 3	1,01	0,87	1,01	1,20
Uygulama 4	0,66	0,56	0,67	0,82

Hacim sınıflarına göre mini hava hattı uygulamalarının verimleri karşılaştırıldığında, her dört uygulamada da düşük hacim sınıfında verim değerinin ortalama verim değerinin altındayken, yükse hacim sınıfında ortalama verim değerinin üstünde olduğu görülmüştür. Küçük ölçekli hava hattının değerlendirildiği benzer bir çalışmada, diğer değişkenler birbirlerine yakın veya aynı olmak koşuluyla bir döngüde taşınan ürün hacminin artışının verimi de arttırdığı belirlenmiştir (Cho vd., 2018) (Şekil 5.1).

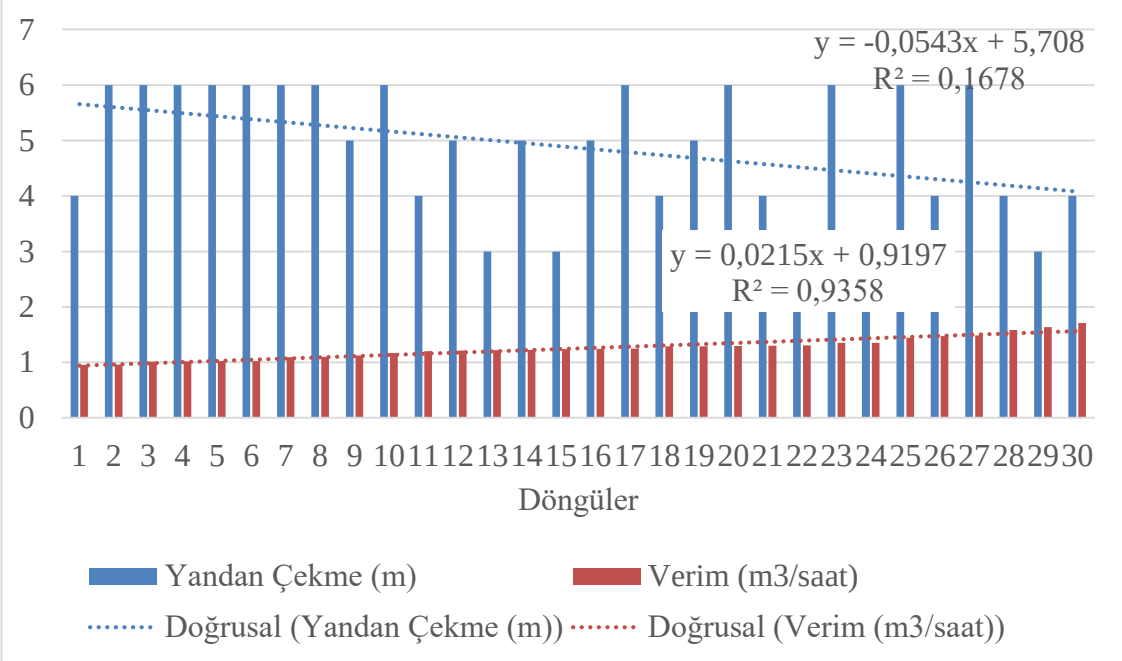


Şekil 5.1 Ürün hacmi ve hava hattı verimi arasındaki ilişki

Çalışmada tomruk boyu ve yandan çekme mesafesinin hava hattı verimi üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Sonuçlar, ürün boyu ve verim arasında pozitif yönde bir ilişki olduğunu gösterirken, yandan çekme mesafesi ve verim arasında negatif yönde bir ilişki olduğunu göstermiştir (Şekil 5.2, Şekil 5.3). Spinelli vd. (2015) dağlık ormanlarda yürüttüğü bir çalışmada, hava hattının veriminin taşınan tomrukların boyutlarına bağlı olarak artış gösterdiği görülmüştür. Erdaş ve Eroğlu (1999) yandan çekme mesafesinin artması durumunda kısa mesafe hava hatlarında verimin azaldığını bildirmiştir. Yandan çekme mesafesinin etkili olduğu yükleme kancasının ürünlerin olduğu noktaya çekilmesi ve yüklemeden sonra kancanın vagona çekilmesi için geçen toplam zamanının bir döngü içerisinde en fazla zamanı alan aşama olduğu belirtilmiştir.



Şekil 5.2 Ürün boyu ve hava hattı verimi arasındaki ilişki



Şekil 5.3 Yandan çekme mesafesi ve hava hattı verimi arasındaki ilişki

6. SONUÇLAR

Hassas ormancılık yaklaşımında, orman ürünleri üretiminde üretim maliyetini düşürmek, meşcere zararlarını azaltmak, üretilen ürünlerin kalitesini artırmak ve ekonomik değerini yükseltmek amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, modern teknikler ve teknolojiler kullanarak sahaya özel üretim çalışmalarının planlanması ve uygulanması gerekmektedir. Endüstriyel olmayan ve sahaya özel ormancılıkta kullanılan küçük ölçekli ormancılık operasyonları, hassas ormancılık konseptine uygun bölmeden çıkarma yöntemi alternatifleri sunmaktadır. Küçük ölçekli ormancılık operasyonlarında bölmeden çıkarma çalışmalarında daha çok modifiye edilmiş tarım traktörleri kullanılmakla birlikte orta ve ince çaplı ürünlerin bölmeden çıkarılmasında ve nispeten kısa mesafelerde taşınabilir el vinci, ATV (All Terrain Vehicle) ve oluk sistemi gibi diğer mekanik araçlar da kullanılabilmektedir. Eğiminin yüksek olduğu dağlık ve sarp bölgelerde ise küçük ölçekli hava hatları ile bölmeden çıkarma yöntemi önemli bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada taşınabilir vinçle çalışan kablolu hava hattı sistemi ülkemizde ilk defa bölmeden çıkarma çalışmalarında alternatif bir yöntem olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada değerlendirilen mini hava hattı ile bölmeden çıkarma çalışmasında Maxwald model taşıma vagonu (40 kg) ülkemizde ilk defa kullanılmıştır Çalışmada, hava hattı iki farklı eğim grubunda (%34-50, %50-70) ve iki farklı hat uzunluğunda (100 m ve 200 m) yürütülmüştür. Bursa Orman İşletme Müdürlüğü, Soğukpınar Orman İşletme Şefliği sınırlarında yürütülen üretim çalışmaları sırasında uygulanan yamaç yukarı bölmeden çıkarma çalışmaları saatlik verim açısından incelenmiştir. Çalışmada, hassas ormancılık uygulamalarında yaygın olarak tercih edilen tekrarlı zaman ölçme yöntemi kullanılarak hava hattının verim analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, bölmeden çıkarma çalışmasında verim üzerinde etkili olan faktörler (eğim, çekme mesafesi, yandan çekme mesafesi, tomruk hacmi, tomruk boyu) istatistiksel yöntemler kullanılarak belirlenmiş ve verimi temsil eden regresyon modelleri geliştirilmiştir.

Çalışma kapsamında bölmeden çıkarma çalışmasında değerlendirilen iş aşamaları; boş vagonun ana kablo üzerinde yükleme yerine yerçekimi ile ulaşması, yükleme kancasının zemine inmesi ve kancanın ürünlerin yanına çekilmesi, ürünlerin kancaya zincirle bağlanması, kancanın vagona çekilmesi ve yüklü vagonun yamaç yukarı ana kablo üzerinde rampaya çekilmesi, kancanın zemine indirilip ürünlerin çözülmesinin ardından kancanın vagona çekilmesidir. Çalışmada ayrıca bölmeden çıkarma sırasında her döngüde taşınan tomruk hacminin verim üzerinde etkisini araştırmak için ürün hacimleri üç sınıfta (düşük: <0,12 m^3, orta: 0,12-0,14 m^3, yüksek: >0,14 m^3) değerlendirilmiştir.

Zaman analizleri sonuçlarına göre en fazla zamanı alan iş aşamasının her dört uygulamada da kancanın vagona çekilmesi, kilitlenmesi, yüklü vagonun yamaç yukarı ana kablo üzerinde rampaya çekilmesi olduğu ve bunu boş vagonun ana kablo üzerinde yükleme yerine yerçekimi ile ulaşması aşamasının takip ettiği görülmüştür. Bu iki aşama ile çekme mesafesi arasında pozitif yönde bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Arazi eğimiyle olan ilişkisinin ise yukarı çekme zamanında pozitif, boş gidiş zamanında ise negatif yönde olduğu belirlenmiştir. Taşınabilir vinç ve sentetik halatın kullanıldığı mini hava hattının kurulum ve söküm zamanının gerek küçük ölçekli hava hatlarına gerekse diğer mini hava attı uygulamalarına göre daha kısa zaman aldığı ortaya çıkmıştır. Ayrıca, kayıp zamanın planlanmış çalışma saatine göre hesaplanan toplam zaman üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

Verim analizi sonuçlarına göre mini hava hattında verim değerinin çekme mesafesindeki ve arazi eğimindeki artışa bağlı olarak düştüğü tespit edilmiştir. Çalışmada taşınan ürünlerin hacimleri ve boyları ile mini hava hattının verim değeri arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, yandan çekme mesafesi ile verim arasında negatif yönde bir ilişki varken, sadece birinci uygulamada bu ilişkinin istatistik açıdan anlamlı olduğu görülmüştür. Uygulamalar arasında görünen bu varyasyonun bölmeden çıkarma sırasında taşınan ürünlerin bir arada veya dağınık halde olmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. İş aşamaları dikkate alındığında verim üzerinde en fazla etkili olan aşamaların sırasıyla yukarı çekme zamanı ve boş gidiş zamanı olduğu belirlenmiştir. Yandan çekme mesafesine bağlı olarak artan yandan çekme zamanı da hava hattının verimi üzerinde etkili olmuştur.

Mini hava hattının kurulumunda en fazla zamanı aşağı ve yukarı istasyon olarak seçilen ağaçlara bir işçinin çıkması suretiyle yapılan ana kablo ve çekme kablosu montajı almaktadır. Bu çalışma aynı zamanda hava hattının kurulması ve çalıştırılması sırasında iş sağlığı ve güvenliği açısından da en riskli iştir. Bu nedenle hava hattı kurulumu konusunda tecrübeli işçilerin bu görevi yerine getirmesi ve bu sırada gerekli iş güvenliği önlemlerinin alınması gerekmektedir.

Ana kablonun kurulum sırasında olabildiğince gergin olması sağlanmalıdır. Bu çalışmada olduğu gibi sentetik halat kullanılması durumunda sarkma payının çok düşük olduğu statik sentetik halatlar tercih edilmelidir. Ana kablonun gergin olması boş vagonun yamaç aşağı daha hızlı inmesine katkı sağlayacağı gibi gerek yandan çekme sırasında ve gerekse yüklü vagonun yukarı çekilmesi sırasında takılmalardan kaynaklanacak kayıp zamanı da azaltacaktır. Sentetik halat mini hava hattı sisteminin hafif ve ekonomik olmasına olumlu yönde katkı sağlasa da, çelik halatlara oranla verimli kullanma zamanı daha düşük ve deformasyon riski çok daha fazladır. Bu olumsuzluklar dikkate alınarak kurulum sırasında sentetik halatla ağaç gövdesinin veya dalların temasını engellemek için gerekli yerlere yön makaraları ve metal kancalar kullanılmalıdır.

Boş vagonun yamaç aşağı hızlı ve kontrollü olarak yükleme yapılacak noktaya ulaşabilmesi için vagonun bağlı olduğu çekme kablosunun taşınabilir vincin tamburuna birkaç tur dolandırılması gerekmektedir. Yükleme noktasına en yakın yerde vagonun durdurulabilmesi için aşağı istasyonda kullanılan firen aparatının ana kablo üzerinde uygun yere taşınması faydalı olacaktır.

Vagon yüklenecek ürünlere yakın yerde durdurulduktan sonra yükleme kancasının zemine tamamen inmesi beklenmeli ve daha sonra kanca ürünlerin yanına çekilmelidir. Yükleme ve yamaç yukarı çekme en fazla zaman alan aşama olduğundan, zaman kaybını en aza indirmek için kesimden sonra ürünlerin hava hattı koridoruna yakın noktalara kaydırılması yerinde olacaktır. İdeal olan hava hattı kullanılacak üretim sahalarında kesim düzeninin daha önce belirlenen hava hattı koridorları dikkate alınarak planlanmasıdır.

Yukarı istasyona çekilen ürünlerin boşaltılması işlerinin güvenli ve hızlı yürütülmesi için vagonun ana kablo üzerindeki firen aparatına bağlanarak sabitlenmesi gerekmektedir. Boşaltma işleminden sonra ürünlerin yukarı istasyondaki çalışmaları

etkilemeyecek şekilde istiflenmesi gerekmektedir. Ayrıca, ürünün çekilmesi sırasında boşa çıkan sentetik halatın yukarı istasyonda kontrollü olarak toplanması için vinç operatörüne yardımcı bir personelin bulunması faydalı olacaktır.

Bu çalışma; taşınabilir vinç, küçük ölçekli vagon ve sentetik halatın entegre bir şekilde mini hava hattında kullanıldığı ülkemizde yürütülen ilk bilimsel araştırma olmuştur. Bu nedenle, çalışma ileriye dönük yeni projelerin geliştirilmesi açısından önemli bir altlık olacaktır. Bu kapsamda yürütülecek yeni projelerde bu çalışmada öngörülen hedeflere ilave olarak araştırılması gereken bazı hususlar bulunmaktadır. Bu bağlamda, ileride yürütülecek çalışmalarda farklı tip ve güçte taşınabilir vinçlerin sistem verimi üzerine etkileri değerlendirilmelidir. Ayrıca, taşınabilir vinç yerine ormancılık çalışmalarında ülkemizde yaygın olarak kullanılan tarım traktörlerinin kullanıma imkanı araştırılmalıdır. Çalışmada kullanılan küçük ölçekli vagon baz alınarak ülkemiz şartlarına uygun mini hava hattı sisteminin bir Ar-Ge projesi kapsamında geliştirilmesi yerinde olacaktır.

KAYNAKLAR

Acar, H. H. (2004). *Ormancılıkta Transport Ders Notları.* Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 7-8.

Acar, H. H., Ünver, S., Özkaya, M.S. (2010). Artvin Orman Bölge Müdürlüğü'ndeki Odun Hammaddesi Üretim Araçlarının Verim Açısından İncelenmesi, *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 11 (2), 12-19.

Acar, H. H. (2017). Orman içinde tomruk transportu için bir mini hava hattı (AcarMHH300) sistemi geliştirilmesi, *Türkiye Ormancılık Dergisi,* 18 (3), 226-231.

Akay, A. E. (2005). Using Farm Tractors In Small-Scale Forest Harvesting Operations, *Journal of Applied Sciences Research,* 1 (2), 196-199.

Akay, A. E., Sert, M., Gülci, N., Gülci, S. (2014). Küçük Ölçekli Ormancılık Çalışmalarında Ekolojik Bir Yaklaşım: Benzinli El Vinci, *Ekoloji 2014 Sempozyumu.* Gazimağusa: Mayıs 01-04.

Akay, A. E., Sert, M., Gülci, N. (2014). Hafif Eğimli Arazilerde Benzinli El Vinci ile Bölmeden Çıkarma Çalışmalarının Verim Açısından Değerlendirilmesi, *II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu.* Isparta: Ekim 22-24.

Aykut T., Öztürk T. (1998). Vinçli Hava Hatlarında Yapılan Zaman Etüdleri ve Sonuçları, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi,* 48, 61-73.

Baillie, B. R. (2010). *Forest harvest practices in and around sensitive areas – a literature review.* SCION Technical Publication Number: S0001.

Batu, F. (1995). *Uygulamalı İstatistik Yöntemler.* Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, KTÜ Matbaası, Genel yayın No: 179, Fakülte yayın No: 22, 312.

Carus, S. (2002). Bazı Hacim Formüllerinin Seksiyon, Gövde ve Bağıl Uzunluklara Göre Kıyaslanması, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* A (1), 101-114.

Çağlar, S., Acar, H. H. (2005). Koller K300 Orman Hava Hattı İle Bölmeden Çıkarmada Çalışma Verimi Üzerine bir İnceleme, *Artvin Orman Fakültesi Dergisi,* 6 (1-2), 113-120.

Cho, M., Cho, K., Choi, B., Cha, D. (2018). Yarding productivity of tree-length harvesting using a small cable-yarder in steep slope, *Forest Science and Technology,* 14 (3), 132-137.

Erdaş, O. (1993). Bölmeden çıkarma sırasında traktör kullanımının orman toprağının mekanik özelliklerine etkisi ve bunun biyolojik sonuçları, *Doğa – Turkish Journal of Agricultural and Forestry,* 17, 1-10.

Erdaş, O. (2008). *Transport Tekniği.* Kahramanmaraş: KSÜ Rektörlüğü, Yayın No: 130(20), 554.

Eroğlu, H. (2012). Dağlık Arazide Farklı Bölmeden Çıkarma Tekniklerinin Orman Toprağının Sıkışmasına Etkisi, *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 13 (2), 213-225.

Gülci, N. (2014). *Üretim Planlamasında Hassas Ormancılık Üzerine Araştırmalar* (Doktora Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Kahramanmaraş.

Hoffmann, S., Jaeger, D., Lingenfelder, M., Schoenherr, S. (2016). Analyzing the Efficiency of a Start-Up Cable Yarding Crew in Southern China under New Forest Management Perspectives. *Forests*, 7(9), 188.

Hotta, N., Kayama, T., Suzuki, M. (2007). Analysis of suspended sediment yields after low impact forest harvesting, *Hydrological Processes,* 21, 3565-3575.

Jones, D. H. (1997). Log chute extraction of a broadleaved crop. *Forestry Commission Research Division Technical Note* 10/97.

Jourgholami M. (2014). Productivity and cost of a small-scale timber forwarding system using farm tractors in the Hyrcanian forest, Northern Iran, *Taiwan J For Sci,* 29 (2), 103-16.

Kovácsová P., Antalová M. (2010). Precision Forestry - Definition and Technologies, *Journal of Forestry Society of Croatia,* 134 (11-12), 603-611.

Kent T, Kofman PD, Coates E. (2011). Harvesting wood for energy; Cost-effective woodfuel supply chains in Irish forestry, *Dubli,* 96.

Lee, E., Im, S., Han, S. K. (2018). Productivity and cost of a small-scale cable yarder in an uphill and downhill area: a case study in South Korea, *Forest Science and Technology,* 14 (1), 16-22.

Lin2Value. (2014). Lin2Value. Erişim: 21 Temmuz, 2020, http://lin2value.uni-goettingen.de/en/leftmainnavigation/aktuell/news-single/artikel/second-yarding-training-accomblished.html

Lyons, J. (1994). *Low ground pressure small-scale harvesting machines*.

OGM. (2020). Orman Genel Müdürlüğü. Erişim: 20 Ekim, 2020, https://bursaobm.ogm.gov.tr/BursaOIM/Sayfalar/default.aspx

Öztürk, T. (2001). Bölmeden Çıkarma Çalışmalarında Kullanılan Özel Orman Traktörleri Üzerine Bir Araştırma, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 51 (2), 101-110.

Öztürk, T. (2004). Ormancılıkta Bölmeden Çıkarma Maliyetlerinin Karşılaştırılması Üzerine Bir İnceleme, *Artvin Orman Fakültesi Dergisi,* 2004 (3-4), 212-219.

Öztürk, T., Akay, A. E. (2007). Tarım Traktörlerinin Orman Ürünlerinin Üretiminde Kullanılmak Üzere Modifiye Edilmesi, *Orman Kaynaklarının İşlevleri Kapsamında Darboğazlar, Çözüm Önerileri ve Öncelikler,* (ss. 1111-1120). İstanbul: Harbiye Askeri Müze ve Kültür Sitesi, Ekim 01-04.

Proto, A. R., Skoupy, A., Macri, G., Zimbalatti, G. (2016). Time consumption and productivity of a medium size mobile tower yarder in downhill and uphill configurations: a case study in Czech Republic, *J Agr Eng. XLVII*, 551, 216-221.

Rickenbach, M., Steele, T. (2006). Logging firms, nonindustrial private forests, and forest parcelization: evidence of firm specialization and its impact on sustainable timber supply, *Can J For Res*, 36, 186-194.

Russell F, Mortimer D. (2005). A review of small-scale harvesting systems in use worldwide and their potential application in Irish.

Sennblad, G. (1993). Eurofortech Thinning Harvesting and Extraction, *Small-scale Technology.*

Spinelli, R., Magagnotti, N., Lombardini, C. (2010). Performance, capability and costs of smallscale cable yarding technology, *Small-scale Forestry*, 9, 123-135.

Spinelli, R., Magagnotti, N. (2012). Wood Extraction with Farm Tractor and Sulky: Estimating Productivity, Cost and Energy Consumption, *Small-scale Forestry,* 11, 73-85.

Stanczykiewicz A, Szewczyk, G., Kulak, D. (2015). Damage to advance growth resulting from timber harvesting during final cuttings, *Balt For.*, 21, 144-151.

Studier D. D. and Binkley V. W. (1991). *Cable Logging Systems.* Oregon: Division of Timber Management, Forest Services, US Department of Agriculture.

Taylor, S., Veal, M., Grift, T., Mcdonald, T., Corley, F. (2002). Precision Forestry: Operational tactics for today and tomorrow, *25th Annual Meeting of the Council of Forest Engineers*. Auburn: Auburn University, June 16-20.

Tunay, M., Melemez, K. (2005). Motorlu Testere ile Yapılan Üretim Çalışmaları Üzerine Bir Araştırma, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi,* B (1), 31-41.

Türk, Y. (2011). *Ormancılıkta Endüstriyel Odun Hammaddesinin Tarım Traktörleriyle Bölmeden Çıkarılmasında Sürütme Şeritlerinin Optimizasyonu.* (Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

Yıldırım, M. (1987). Orman İşlerinde Zaman Etüdü Değerlendirmesi, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 37(3), 67-85.

Yıldırım, M. Engür, O. (1989). Ormanda Bölmeden Çıkarma, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 39(4), 84-99.

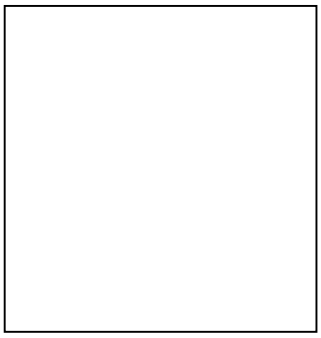
Yılmaz, M., Akay, A. E. (2008). Stand Damage of a Selection Cutting System in an Uneven Aged Mixed Forest of Çimendagi in Kahramanmaras-Turkey, *International Journal of Natural and Engineering Sciences,* 2(1), 77-82.

Yu, A., Gallagher, T., Mitchell, D., O'Neal, B. (2016). Application of a smallscale equipment system for biomass harvesting, *Small-scale Forestry*, 16(1),133-146.

Zarifoğlu, G. (2014). *Dağlık Arazide Kalın Çaplı Odun Hammaddesinin Bölmeden Çıkarılmasında Oluk Sistemi Uygulanmasının Ekonomik ve Ekolojik Açıdan Değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Kahramanmaraş.

Ziesak, M. (2006). Precision Forestry - An overview on the current status of Precision Forestry, *A literature review. In: Precision Forestry in plantations, semi-natural and natural forests IUFRO Precision Forestry Conference.* Munich: Technical University Munich, March 05-10.

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad **: Adil BAŞARAN**

Doğum Tarihi ve Yeri **:**

E-posta **:**

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** **:** 02/07/2009, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü
- **Yüksek Lisans** **:** 2021, Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Bursa Orman Bölge Müdürlüğü Orhaneli Orman İşletme Müdürlüğü, Orman Mühendisi
- Bursa Orman Bölge Müdürlüğü Orhaneli Orman İşletme Müdürlüğü Büyükorhan Orman İşletme Şefliği, Orman İşletme Şefi
- Bursa Orman Bölge Müdürlüğü Bilecik Orman İşletme Müdürlüğü Kadastro Mülkiyet Şefliği, Kadastro ve Mülkiyet Şefi
- Bursa Uludağ Üniversitesi Büyükorhan Meslek Yüksek Okulu, Kısmi Zamanlı Öğretim Görevlisi