



**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İNSANSIZ HAVA ARACI İLE ELDE EDİLEN SAYISAL GÖRÜNTÜLER
KULLANILARAK MEKANİK ÜRETİM ARAÇLARININ VERİM VE TOPRAK
DEFORMASYONU AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

Halit BÜYÜKSAKALLI

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Mühendisliği Doktora Programı

ARALIK 2023

**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İNSANSIZ HAVA ARACI İLE ELDE EDİLEN SAYISAL GÖRÜNTÜLER
KULLANILARAK MEKANİK ÜRETİM ARAÇLARININ VERİM VE TOPRAK
DEFORMASYONU AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

**Halit BÜYÜKSAKALLI
(182082603)
ORCID: 0000-0003-0331-6310**

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Mühendisliği Doktora Programı

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abdullah E. AKAY
ORCID: 000-0001-6558-9029**

ARALIK 2023



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 Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.



6 Şubat Depreminde Hayatını Kaybedenlere İthafen...

ÖNSÖZ

Artan dünya nüfusu ve tüketici talepleri doğal kaynakların üzerindeki baskının gittikçe artmasına neden olmuştur. Bu durumda orman kaynaklarının daha verimli, etkin ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Ormancılıkta odun tabanlı orman ürünleri üretim çalışmaları, kesme-devirme, dal alma, kabuk soyma, boylama, bölmeden çıkarma, yükleme, uzak nakliyat, boşaltma ve istifleme aşamalarından oluşmaktadır. Üretim çalışmalarında en güç ve maliyetli aşamalar ağaçların kesilmesi ve kesilen ağaçların bölmeden çıkarma yöntemleri ile üretim sahasından rampalara taşınmasıdır. Ülkemizde ağaçların kesilmesi aşaması çoğunlukla motorlu testere kullanılarak, odun hammaddelerini bölmeden çıkarma aşaması ise insan-hayvan gücü ve kısmen de makine gücü kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Son dönemlerde, entansif ormancılık yapılan bölgelerde mekanik üretim yöntemleri daha çok kullanılmaktadır. Mekanik üretim araçlarının, yüksek satın alma bedelleri ve ülkemizdeki yüksek yakıt fiyatları nedeniyle saatlik birim maliyetleri yüksektir. Bunun yanı sıra, toprak deformasyonunu mekanik bölmeden çıkarma araçları; lastik tekerleklerinin toprak ile temas ettiği yerlerde oluşturdukları derin tekerlek izleri sonucu meydana getirirler. Bu çalışma kapsamında, mekanik üretim araçlarının iş verimi ve toprak deformasyonu açısından değerlendirilmesi çalışmalarında İnsansız Hava Aracı (İHA) ile elde edilen sayısal görüntülerin kullanım olanakları araştırılmıştır. Çalışmada, mekanik araçların verimli çalışma zamanı ve verim değerleri üzerinde bazı parametrelerin (ürün boyu, ürün çapı, parça sayısı, hacim, sürütme ve taşıma mesafesi) etkileri incelenmiştir. Çalışmada yüksek çözünürlüklü İHA görüntüleri kullanılarak, tarım traktörü ile orman ürünlerinin sürütülmesi sırasında oluşan tekerlek izi derinlikleri ve hacimsel toprak deformasyonu hesaplanmıştır.

Çalışmalarımın her aşamasında bana yardımcı olan ve katkılarını esirgemeyen, çok değerli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY'a teşekkürlerimi sunarım. Yine tez ile ilgili değerli katkılarından dolayı jürimde yer alan Prof.Dr. Temel SARIYILDIZ'a, Doç.Dr. Mustafa AKGÜL'e, Doç.Dr. Ebru BİLİCİ'ye ve Dr. Öğr. Üyesi İnanç TAŞ'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, saha çalışmalarında katkı sağlayan Orman Mühendisi Hüseyin Ali ERGÜL'e, Orman Muhafaza Memuru Muammer KIRÇOVA'ya ve Orman Muhafaza Memuru Furkan AL'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım boyunca desteklerini benden esirgemeyen değerleri arkadaşlarım Orman Mühendisi Dr. Dursun ŞAKAR'a, Orman Yüksek Mühendisi Gökhan YILDIRIM'a, Öğr.Gör.Dr. Kenan AKBAŞ'a ve Dr.Öğr. Üyesi Engin GÜVENDİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım boyunca her zaman yanımda olan, bana inanan ve desteklerini esirgemeyen değerli eşime, çocuklarıma ve aileme şükranlarımı sunarım.

Aralık 2023

Halit BÜYÜKSAKALLI
(Öğretim Görevlisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xviii
ÖZET.....	xxii
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Bölmeden Çıkarma Yöntemleri.....	2
1.1.1 İnsan gücüyle bölmeden çıkarma.....	3
1.1.2 Hayvan gücü ile bölmeden çıkarma	4
1.1.3 Traktörlerle bölmeden çıkarma	5
1.1.3.1 Tarım traktörleriyle bölmeden çıkarma	5
1.1.3.2 Orman traktörleriyle bölmeden çıkarma	7
1.1.4 Kablo hatlar ile bölmeden çıkarma	8
1.1.4.1 Yerden kablo çekimi yapan küçük kablo vinçler	8
1.1.4.2 Motor gücü olmadan iki ucu askıda taşıma yapan kablo kaydıraklar ..	9
1.1.4.3 Çift tamburlu traktör vinçlerinin hava hattı biçiminde çalıştırılması.	10
1.1.4.4 Sabit taşıyıcı kablo içeren vinçli hava hatları	10
1.2 Yükleme	14
1.2.1 Elle yükleme	14
1.2.2 Çapraz yükleme.....	14
1.2.3 Makine gücüyle yükleme	15
1.3 İş Verimi.....	17
1.4 Toprak Deformasyonu.....	19
1.5 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	20
2. LİTERATÜR.....	21
2.1 İş Verimi.....	21
2.2 Toprak Deformasyonu.....	24
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	27
3.1 Çalışma Sahalarına Ait Genel Bilgiler	27
3.2 İnsansız Hava Aracı (İHA).....	32
3.3 Çalışmada Değerlendirilen Üretim Makineleri	33
3.3.1 Hasatçı.....	33
3.3.2 Hava hattı	34
3.3.3 Tarım traktörü	35
3.3.4 Yükleyci	36
3.4 Verim Analizleri.....	37
3.4.1 Zaman etüdü.....	38
3.4.1.1 Hasatçı uygulaması	38

3.4.1.2 Hava hattı uygulaması.....	39
3.4.1.3 Tarım traktörü uygulaması.....	40
3.4.1.4 Yükleyici uygulaması	41
3.4.2 İstatistik analizler	43
3.4.2.1 Hasatçı verileri	44
3.4.2.2 Hava hattı verileri.....	44
3.4.2.3 Tarım traktörü verileri.....	44
3.4.2.4 Yükleyici verileri	45
3.5 Verim Tahmin Modeli.....	45
3.5.1 Weibull olasılık dağılımı.....	45
3.5.2 Weibull olasılık dağılımı parametrelerinin tahmini	46
3.6 Toprak Etkisi Ölçümleri	47
3.6.1 Toprak deformasyonu ölçümleri.....	47
3.6.2 Tekerlek izi derinliği ölçümleri.....	50
3.6.3 Toprak analizleri	52
3.6.3.1 Toprak örneklerinin alınması ve hazırlanması.....	52
3.6.3.2 Hacim ağırlığı tayini	53
3.6.3.3 Higroskopik nem tayini.....	54
3.6.3.4 Tekstür analizi.....	55
3.6.3.5 Organik madde miktarının tayini	55
4. BULGULAR	57
4.1 Verim Analizi Bulguları.....	57
4.1.1 Hasatçıya ait bulgular.....	57
4.1.1.1 Karacasu OİŞ'ye ait bulguları	57
4.1.1.2 Hüyük OİŞ'ye ait bulgular	68
4.1.2 Hava hattına ait bulgular	78
4.1.3 Tarım traktörüne ait bulgular	82
4.1.3.1 Osmangazi OİŞ'ye ait bulgular.....	82
4.1.3.2 Yeşilyurt OİŞ'ye ait bulgular	85
4.1.4 Yükleyiciye ait bulgular.....	89
4.1.4.1 Muğla OİŞ'ye ait bulgular	89
4.1.4.2 Karaçam OİŞ'ye ait bulgular	92
4.2 Weibull Olasılık Dağılımına Ait Bulgular	95
4.2.1 Hasatçıya ait Weibull olasılık dağılımı bulguları	95
4.2.1.1 Karacasu OİŞ'ye ait Weibull olasılık dağılımı bulguları.....	95
4.2.1.2 Hüyük OİŞ'ye ait Weibull olasılık dağılımı bulguları.....	98
4.2.2 Hava hattına ait Weibull olasılık dağılımı bulguları.....	101
4.2.3 Tarım traktörüne ait Weibull olasılık dağılımı bulguları	102
4.2.3.1 Osmangazi OİŞ'ye ait Weibull olasılık dağılımına ait bulgular	102
4.2.3.2 Yeşilyurt OİŞ'ye ait Weibull olasılık dağılımı bulguları.....	103
4.2.4 Yükleyiciye ait Weibull olasılık dağılımı bulguları.....	104
4.2.4.1 Muğla OİŞ'ye ait Weibull olasılık dağılımı bulguları	104
4.2.4.2 Karaçam OİŞ'ye ait Weibull olasılık dağılımı bulguları	105
4.3 Toprak Etkisi Bulguları	106
4.3.1 Toprak deformasyonu bulguları.....	107
4.3.2 Tekerlek izi derinliği bulguları	108
4.3.2.1 10'uncu tur için bulgular.....	110
4.3.2.2 20'nci tur için bulgular.....	112
4.4 Toprak Analizi Bulguları	115
5. TARTIŞMA	118

5.1 Verim Analizi	118
5.1.1 Hasatçı verimi	118
5.1.1.1 Karacasu OİŞ’de hasatçı verimi	118
5.1.1.2 Hüyük OİŞ’de hasatçı verimi	119
5.1.2 Hava hattı verimi	122
5.1.3 Tarım traktörü verimi	125
5.1.3.1 Osmangazi OİŞ’de traktör verimi	125
5.1.3.2 Yeşilyurt OİŞ’de traktör verimi	125
5.1.4 Yükleyici verimi	129
5.1.4.1 Muğla OİŞ’de yükleyici verimi	129
5.1.4.2 Karaçam OİŞ’de yükleyici verimi	131
5.2 Weibull Olasılık Dağılımı Sonuçları	133
5.2.1 Hasatçı modeli	133
5.2.2 Hava hattı modeli	136
5.2.3 Tarım traktörü modeli	137
5.2.4 Yükleyici modeli	137
5.3 Toprak Etkisi	139
5.3.1 Toprak Deformasyonu	139
5.3.2 Tekerlek izi derinliği	140
5.4 Toprak Analizi	142
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	145
KAYNAKLAR	149
ÖZGEÇMİŞ	157

KISALTMALAR

BK	: Basıklık Katsayısı
ÇK	: Çarpıklık Katsayısı
DEM	: Sayısal Yükseklik Modeli
Dk_{1.30}	: Dikili Kabuklu Göğüs Yüzeyi Çapı
İHA	: İnsansız Hava Aracı
MP	: Mega Piksel
OBM	: Orman Bölge Müdürlüğü
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
OİM	: Orman İşletme Müdürlüğü
OİŞ	: Orman İşletme Şefliği
R	: Korelasyon Katsayısı
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
SYM	: Sayısal Yüzey Modeli
TDA	: Toprak Deformasyon Analizi
UAV	: Unmanned Aerial Vehicle
ZA	: Zaman Analizi

SEMBOLLER

\$	: Amerikan Doları
%	: Yüzde
cc	: Santimetreküp
cm	: Santimetre
dk	: Dakika
GB	: Gigabyte
gr	: Gram
gr/cm³	: gram/santimetreküp
ha	: Hektar
hp	: Horse Power
kg	: Kilogram
kN	: Kilo Newton
kW	: Kilovat
m	: Metre
m/s	: Metre/saat
m/sn.	: Metre/saniye
m³	: Metreküp
m³/saat	: Metreküp/saat
mm	: Milimetre
°	: Derece

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Nazilli OİM sınırlarındaki şefliklerinin orman varlığı (ha) bilgileri (OGM, 2023).....	28
Çizelge 3.2 : Hüyük OİM şefliklerinin orman varlığı (ha) bilgileri (OGM, 2023). ..	29
Çizelge 3.3 : Muğla OİM şefliklerinin orman varlığı (ha) bilgileri (OGM, 2023)....	30
Çizelge 3.4 : Köyceğiz OİM şefliklerinin orman varlığı (ha) bilgileri (OGM, 2023).....	31
Çizelge 3.5 : Bursa OİM şefliklerinin orman varlığı (ha) bilgileri (OGM, 2023).....	32
Çizelge 3.6 : DJI Mavic Pro İHA'ya ait teknik bilgiler.....	33
Çizelge 3.7 : Üretim makinelerinin şefliklere göre dağılımı.	33
Çizelge 3.8 : Hidromek 220 hasatçının teknik özellikleri.	34
Çizelge 3.9 : Tajfun MOZ 500GR orta mesafeli vinçli hava hattı ve Tümason 8105 tarım traktörün teknik özellikleri.....	35
Çizelge 3.10 : Zaman analizi çalışmasında değerlendirilen tarım traktörlerinin teknik özellikleri.....	35
Çizelge 3.11 : Toprak deformasyon analizlerinde değerlendirilen tarım traktörünün teknik özellikleri.....	36
Çizelge 3.12 : Zaman analizi çalışmasında değerlendirilen yükleyicilerin teknik özellikleri.....	37
Çizelge 4.1 : Karacasu OİŞ'de düşük eğimde bağımsız değişkenlere ait istatistiksel bulgular.....	58
Çizelge 4.2 : Karacasu OİŞ'de düşük eğimde bağımsız değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık katsayıları.....	58
Çizelge 4.3 : Karacasu OİŞ'de düşük eğimde iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve toplam verime ait istatistiksel bulgular.	58
Çizelge 4.4 : Karacasu OİŞ'de düşük eğimde toplam zaman için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.	59
Çizelge 4.5 : Karacasu OİŞ'de düşük eğimde verim için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.....	59
Çizelge 4.6 : Karacasu OİŞ'de düşük eğimde çalışma zamanı için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.	60
Çizelge 4.7 : Karacasu OİŞ'de düşük eğimde verim için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.	60
Çizelge 4.8 : Karacasu OİŞ'de orta eğim grubunda bağımsız değişkenlere ait betimleyici istatistiksel bulgular.....	61
Çizelge 4.9 : Karacasu OİŞ'de orta eğim grubunda bağımsız değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık katsayıları.....	61
Çizelge 4.10 : Karacasu OİŞ'de orta eğim grubunda iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve toplam verime ait betimleyici istatistiksel bulgular.	62
Çizelge 4.11 : Karacasu OİŞ'de orta eğim grubunda toplam zaman için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.	62

Çizelge 4.12 : Karacasu OİŞ’de orta eğitim grubunda verim için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.	63
Çizelge 4.13 : Karacasu OİŞ’de orta eğitimde çalışma zamanı için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.	63
Çizelge 4.14 : Karacasu OİŞ’de orta eğitimde verim için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.	64
Çizelge 4.15 : Karacasu OİŞ’de yüksek eğitim grubunda bağımsız değişkenlere ait betimleyici istatistiksel bulgular.....	65
Çizelge 4.16 : Karacasu OİŞ’de yüksek eğitim grubunda bağımsız değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık katsayıları.....	65
Çizelge 4.17 : Karacasu OİŞ’de yüksek eğitim grubunda iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve toplam verime ait betimleyici istatistiksel bulgular.	65
Çizelge 4.18 : Karacasu OİŞ’de yüksek eğitim grubunda toplam zaman için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.	66
Çizelge 4.19 : Karacasu OİŞ’de yüksek eğitim grubunda verim için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.	67
Çizelge 4.20 : Karacasu OİŞ’de yüksek eğitimde çalışma zamanı için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.	67
Çizelge 4.21 : Karacasu OİŞ’de yüksek eğitimde verim için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.	67
Çizelge 4.22 : Hüyük OİŞ’de düşük eğitimde bağımsız değişkenlere ait istatistiksel bulgular.....	68
Çizelge 4.23 : Hüyük OİŞ’de düşük eğitimde bağımsız değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık katsayıları.....	68
Çizelge 4.24 : Hüyük OİŞ’de düşük eğitimde iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve toplam verime ait istatistiksel bulgular.	69
Çizelge 4.25 : Hüyük OİŞ’de düşük eğitimde toplam zaman için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.	70
Çizelge 4.26 : Hüyük OİŞ’de düşük eğitimde verim için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.	70
Çizelge 4.27 : Hüyük OİŞ’de düşük eğitimde çalışma zamanı için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.	70
Çizelge 4.28 : Hüyük OİŞ’de düşük eğitimde verim için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.	71
Çizelge 4.29 : Hüyük OİŞ’de orta eğitim grubunda bağımsız değişkenlere ait betimleyici istatistiksel bulgular.....	72
Çizelge 4.30 : Hüyük OİŞ’de orta eğitim grubunda bağımsız değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık katsayıları.....	72
Çizelge 4.31 : Hüyük OİŞ’de orta eğitim grubunda iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve toplam verime ait betimleyici istatistiksel bulgular.....	72
Çizelge 4.32 : Hüyük OİŞ’de orta eğitim grubunda toplam zaman için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.	73
Çizelge 4.33 : Hüyük OİŞ’de orta eğitim grubunda verim için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.....	74
Çizelge 4.34 : Hüyük OİŞ’de orta eğitimde çalışma zamanı için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.	74
Çizelge 4.35 : Hüyük OİŞ’de orta eğitimde verim için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.	74
Çizelge 4.36 : Hüyük OİŞ’de yüksek eğitim grubunda bağımsız değişkenlere ait betimleyici istatistiksel bulgular.....	75

Çizelge 4.37 : Hüyük OİŞ’de yüksek eğitim grubunda bağımsız değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık katsayıları.....	75
Çizelge 4.38 : Hüyük OİŞ’de yüksek eğitim grubunda iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve toplam verime ait betimleyici istatistiksel bulgular.	76
Çizelge 4.39 : Hüyük OİŞ’de yüksek eğitim grubunda toplam zaman için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.	77
Çizelge 4.40 : Hüyük OİŞ’de yüksek eğitim grubunda verim için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.	77
Çizelge 4.41 : Hüyük OİŞ’de yüksek eğitimde çalışma zamanı için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.	78
Çizelge 4.42 : Hüyük OİŞ’de yüksek eğitimde verim için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.	78
Çizelge 4.43 : Hava hattı için bağımsız değişkenlere ait istatistiksel bulgular.	79
Çizelge 4.44 : Hava hattı için bağımsız değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık katsayıları.	79
Çizelge 4.45 : Hava hattı iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve toplam verime ait istatistiksel bulgular.....	79
Çizelge 4.46 : Toplam zaman için hava hattına ait korelasyon analizi bulguları.	80
Çizelge 4.47 : Verim için hava hattına ait korelasyon analizi bulguları.....	81
Çizelge 4.48 : Çalışma zamanı için hava hattına ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.	81
Çizelge 4.49 : Verim için hava hattına ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları. ...	81
Çizelge 4.50 : Osmangazi OİŞ’de tarım traktörü bağımsız değişkenlere ait istatistiksel bulgular.....	82
Çizelge 4.51 : Osmangazi OİŞ’de tarım traktörü bağımsız değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık katsayıları.....	83
Çizelge 4.52 : Osmangazi OİŞ’de tarım traktörü iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve toplam verime ait istatistiksel bulgular.....	83
Çizelge 4.53 : Osmangazi OİŞ’de toplam zaman için tarım traktörüne ait korelasyon analizi bulguları.	84
Çizelge 4.54 : Osmangazi OİŞ’de verim için tarım traktörüne ait korelasyon analizi bulguları.	84
Çizelge 4.55 : Osmangazi OİŞ’de çalışma zamanı için tarım traktörüne ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.	85
Çizelge 4.56 : Osmangazi OİŞ’de verim için tarım traktörüne ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.	85
Çizelge 4.57 : Yeşilyurt OİŞ’de tarım traktörü bağımsız değişkenlere ait istatistiksel bulgular.....	86
Çizelge 4.58 : Yeşilyurt OİŞ’de tarım traktörü bağımsız değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık katsayıları.....	86
Çizelge 4.59 : Yeşilyurt OİŞ’de tarım traktörü iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve toplam verime ait istatistiksel bulgular.	86
Çizelge 4.60 : Yeşilyurt OİŞ’de toplam zaman için tarım traktörüne ait korelasyon analizi bulguları.....	87
Çizelge 4.61 : Yeşilyurt OİŞ’de verim için tarım traktörüne ait korelasyon analizi bulguları.	87
Çizelge 4.62 : Yeşilyurt OİŞ’de çalışma zamanı için tarım traktörüne ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.	88
Çizelge 4.63 : Yeşilyurt OİŞ’de verim için tarım traktörüne ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.	88

Çizelge 4.64 : Muğla OİŞ’de yükleyici bağımsız değişkenlere ait istatistiksel bulgular.....	89
Çizelge 4.65 : Muğla OİŞ’de yükleyici bağımsız değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık katsayıları.....	89
Çizelge 4.66 : Muğla OİŞ’de yükleyici iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve toplam verime ait istatistiksel bulgular.	90
Çizelge 4.67 : Muğla OİŞ’de toplam zaman için yükleyiciye ait korelasyon analizi bulguları.	90
Çizelge 4.68 : Muğla OİŞ’de verim için yükleyiciye ait korelasyon analizi bulguları.	91
Çizelge 4.69 : Muğla OİŞ’de çalışma zamanı için yükleyiciye ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.	91
Çizelge 4.70 : Muğla OİŞ’de verim için yükleyiciye ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.	92
Çizelge 4.71 : Karaçam OİŞ’de yükleyici bağımsız değişkenlere ait istatistiksel bulgular.....	92
Çizelge 4.72 : Karaçam OİŞ’de Yükleyici bağımsız değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık katsayıları.....	92
Çizelge 4.73 : Karaçam OİŞ’de yükleyici iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve toplam verime ait istatistiksel bulgular.	93
Çizelge 4.74 : Karaçam OİŞ’de toplam zaman için yükleyiciye ait korelasyon analizi bulguları.	93
Çizelge 4.75 : Karaçam OİŞ’de verim için yükleyiciye ait korelasyon analizi bulguları.	94
Çizelge 4.76 : Karaçam OİŞ’de çalışma zamanı için yükleyiciye ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.	94
Çizelge 4.77 : Karaçam OİŞ’de verim için yükleyiciye ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.	95
Çizelge 4.78 : 10’uncu tur sonrası toprak yüzeyindeki hacimsel değişimler.	107
Çizelge 4.79 : 20’nci tur sonrası toprak yüzeyindeki hacimsel değişimler.	107
Çizelge 4.80 : 10’ncu tur için iki yöntemle elde edilen tekerlek izi derinlikleri (cm).	110
Çizelge 4.81 : 10’ncu tur için İHA ve cetvel ile yapılan ölçümlere ait tanımlayıcı istatistikler.	111
Çizelge 4.82 : 10’ncu tur için İHA ve cetvel ile yapılan ölçümlere ait normal dağılıma uygunluk testi.	111
Çizelge 4.83 : 10’uncu tur için İHA ve cetvel ölçümlerine ilişkin korelasyon analizi sonuçları.	112
Çizelge 4.84 : 10’uncu tur için İHA ve cetvel ölçümlerine ait eşleştirilmiş örneklem T-Testi sonuçları.	112
Çizelge 4.85 : 20’nci tur için iki yöntemle elde edilen tekerlek izi derinlikleri (cm)	113
Çizelge 4.86 : 20’nci tur için İHA ve cetvel yöntemi ile yapılan ölçümlere ait tanımlayıcı istatistikler.	113
Çizelge 4.87 : 20’nci tur için İHA ve cetvel ile yapılan ölçümlere ait normal dağılıma uygunluk testi.	114
Çizelge 4.88 : 20’nci tur için İHA ve cetvel ölçümlerine ilişkin korelasyon analizi sonuçları.	114
Çizelge 4.89 : 20’nci tur için İHA ve cetvel ölçümlerine ait eşleştirilmiş örneklem T-Testi sonuçları.	114

Çizelge 4.90 : Toprak örneklerinin hacim ağırlığı analizi bulguları.	115
Çizelge 4.91 : Toprak örneklerinin higroskopik nem analizi bulguları.	116
Çizelge 4.92 : Toprak örneklerinin tekstür analizi bulguları.	116
Çizelge 4.93 : Toprak örneklerinin organik madde analizi bulguları.	117
Çizelge 5.1 : Karacasu OİŞ’de hasatçıya ait verilerin ortalama değerleri.	118
Çizelge 5.2 : Hüyük OİŞ’de hasatçıya ait verilerin ortalama değerleri.	120
Çizelge 5.3 : Köyceğiz OİŞ’de hava hattına ait verilerin ortalama değerleri.	122
Çizelge 5.4 : Osmangazi OİŞ’de tarım traktörüne ait verilerin ortalama değerleri.	125
Çizelge 5.5 : Yeşilyurt OİŞ’de tarım traktörüne ait verilerin ortalama değerleri.	128
Çizelge 5.6 : Osmangazi OİŞ’de yükleyiciye ait verilerin ortalama değerleri.	129
Çizelge 5.7 : Karaçam OİŞ’de yükleyiciye ait verilerin ortalama değerleri.	131
Çizelge 5.8 : 10’uncu tura göre 20’nci turda oluşan hacimsel deformasyondaki artış.	140
Çizelge 5.9 : Toprak örneklerinin ortalama analiz bulguları.	142



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : At ile bölmeden çıkarma (Özkan, 2016).	4
Şekil 1.2 : Tarım Traktörü ile bölmeden çıkarma.....	5
Şekil 1.3 : Kablo çekimi yöntemiyle sayesinde tarım traktörü ile bölmeden çıkarma (Foto: T.Öztürk).	6
Şekil 1.4 : Tarım traktörü ve römork ile taşıma (Foto: T.Öztürk).	6
Şekil 1.5 : Tarım traktörüne entegre edilmiş Koller K300 hava hattı (Foto: T.Öztürk).	7
Şekil 1.6 : Orman traktörü ile bölmeden çıkarma çalışması (Sert, 2014).	8
Şekil 1.7 : ACKJA KMF model vinç sistemi.	8
Şekil 1.8 : KBF model vinç sistemi.	9
Şekil 1.9 : Radiotir vinç sistemi.	9
Şekil 1.10 : Motor gücü olmadan taşıma yapan kablo kaydıraklar (Eker, 2008).	10
Şekil 1.11 : Çift tamburlu traktör vinçlerin hava hattı olarak kullanılması (Eker, 2008).	10
Şekil 1.12 : Yamaç yukarı hava hattı (Acar, 2004).	11
Şekil 1.13 : Yamaç aşağı hava hattı (Acar, 2004).	11
Şekil 1.14 : Koller K300 model kısa mesafeli hava hattı.	12
Şekil 1.15 : URUS M-III (sol) ve Tajfun MOZ 500GR model (sağ) orta mesafeli hava hattı.	13
Şekil 1.16 : WYSEN marka uzun mesafeli hava hattı.	13
Şekil 1.17 : Yerden elle yükleme faaliyeti (Acar ve Ünver, 2004).	14
Şekil 1.18 : El vinci (sol) ve traktör yardımıyla (sağ) çapraz yükleme faaliyeti (Acar ve Ünver, 2004).	15
Şekil 1.19 : Hidrolik kreynler (Akay, 2010) a) LOGLIFT 111 F model kreyn, b) FORESTERI 655 model kreyn.	15
Şekil 1.20 : Hiab tipi vinçler (Akay, 2010) a) JONSERED 820/ model vinç, b) LOGLIFT 120 S model vinç, c) JONSERED 2490 model vinç.	15
Şekil 1.21 : Lastik tekerlekli kısıkaçlı yükleyici.	16
Şekil 1.22 : Yükleme kısıkaçları ile entegre edilen tarım traktörü.	16
Şekil 1.23 : Sürütme sırasında İHA ile alınan görüntü (Özkan, 2016).	18
Şekil 3.1 : Karacasu Orman İşletme Şefliğinin coğrafi konumu.	27
Şekil 3.2 : Hüyük Orman İşletme Şefliğinin coğrafi konumu.	28
Şekil 3.3 : Muğla ve Yeşilyurt Orman İşletme Şefliklerinin coğrafi konumları.	29
Şekil 3.4 : Karaçam, Beyobası ve Köyceğiz Orman İşletme Şefliklerinin coğrafi konumları.	30
Şekil 3.5 : Osmangazi Orman İşletme Şefliğinin coğrafi konumları.	31
Şekil 3.6 : DJI Mavic Pro.	32
Şekil 3.7 : DJI Mavic Pro çifti ve yedek piller.	32
Şekil 3.8 : Hidromek 220 (sol) ve AFM75 kesici başlık (sağ).	34
Şekil 3.9 : Tajfun MOZ 500GR vinçli hava hattı ve Tümason 8105 tarım traktörü.	34

Şekil 3.10 : New Holland TT55B (sol) ve Fiat 80-66 (sağ) model tarım traktörleri.	35
Şekil 3.11 : Massey Ferguson 2615 tarım traktörü.	36
Şekil 3.12 : Hitachi Zaxis-160 (sol) ve Sumitomo SH-160 (sağ) yükleyiciler.	36
Şekil 3.13 : Hidromek 220 hasatçı ile ağaç kesiminin İHA ile alınan bir görüntüsü.	39
Şekil 3.14 : Tajfun MOZ 500GR hava hattı sisteminin İHA ile alınan bir görüntüsü.	40
Şekil 3.15 : New Holland TT55B model traktör ile sürütmenin İHA ile alınan bir görüntüsü.	41
Şekil 3.16 : Fiat 80-66 model traktör ile sürütmenin İHA ile alınan bir görüntüsü.	41
Şekil 3.17 : Hitachi Zaxis-160 model yükleyicinin İHA ile alınan bir görüntüsü.	42
Şekil 3.18 : Sumitomo SH-160 model yükleyicinin İHA ile alınan bir görüntüsü.	42
Şekil 3.19 : Pix4d uçuş ayarları ekranı.	48
Şekil 3.20 : Hatalı (sol) ve düzeltilmiş (sağ) kontrol noktası.	49
Şekil 3.21 : Bağlantı noktaları (sol) ve yoğun nokta bulutu (sağ).	49
Şekil 3.22 : SYM (sol) ve ortofoto (sağ).	49
Şekil 3.23 : Sürütme yolu boyunca tekerlek izlerinin içinde kaldığı alanlar.	50
Şekil 3.24 : Cetvel ve lata ile yapılan örnek ölçüm.	51
Şekil 3.25 : Sürütme yolu boyunca üretilen 15 enkesit in plan görüntüsü.	51
Şekil 3.26 : Enkesit diyagramından tekerlek izi derinliğinin elde edilmesi örneği.	52
Şekil 3.27 : Toprak örneklerinin alınması.	53
Şekil 3.28 : Toprak örneklerinin hava kurusu haline getirilmesi.	53
Şekil 3.29 : Toprak örneklerinin fırın kurusu hale getirilmesi.	54
Şekil 3.30 : Tommeroup toprak tekstür üçgeni.	56
Şekil 4.1 : Karacasu OİŞ’de düşük eğimde ölçülen hacim (m^3) verileri ile tahmin verilerinin ilişkisi.	96
Şekil 4.2 : Karacasu OİŞ’de orta eğimde ölçülen hacim (m^3) verileri ile tahmin verilerinin ilişkisi.	96
Şekil 4.3: Karacasu OİŞ’de yüksek eğimde ölçülen hacim (m^3) verileri ile tahmin verilerinin ilişkisi.	97
Şekil 4.4 : Karacasu OİŞ’de düşük eğimde hacim verilerine dayalı Weibull olasılık dağılımı.	97
Şekil 4.5 : Karacasu OİŞ’de orta eğimde hacim verilerine dayalı Weibull olasılık dağılımı.	98
Şekil 4.6 : Karacasu OİŞ’de yüksek eğimde hacim verilerine dayalı Weibull olasılık dağılımı.	98
Şekil 4.7 : Hüyük OİŞ’de düşük eğimde ölçülen hacim (m^3) verileri ile tahmin verilerinin ilişkisi.	99
Şekil 4.8 : Hüyük OİŞ’de orta eğimde ölçülen hacim (m^3) verileri ile tahmin verilerinin ilişkisi.	99
Şekil 4.9 : Hüyük OİŞ’de yüksek eğimde ölçülen hacim (m^3) verileri ile tahmin verilerinin ilişkisi.	100
Şekil 4.10 : Hüyük OİŞ’de düşük eğimde hacim verilerine dayalı Weibull olasılık dağılımı.	100
Şekil 4.11 : Hüyük OİŞ’de orta eğimde hacim verilerine dayalı Weibull olasılık dağılımı.	101
Şekil 4.12 : Hüyük OİŞ’de yüksek eğimde hacim verilerine dayalı Weibull olasılık dağılımı.	101
Şekil 4.13 : Hava hattı için ölçülen hacim (m^3) verileri ile tahmin verilerinin ilişkisi.	102
Şekil 4.14 : Hava hattı için hacim verilerine dayalı Weibull olasılık dağılımı.	102

Şekil 4.15 : Osmangazi OİŞ’de tarım traktörü için ölçülen hacim (m^3) verileri ile tahmin verilerinin ilişkisi.	103
Şekil 4.16 : Osmangazi OİŞ’de tarım traktörü için hacim verilerine dayalı Weibull olasılık dağılımı.	103
Şekil 4.17 : Yeşilyurt OİŞ’de tarım traktörü için ölçülen hacim (m^3) verileri ile tahmin verilerinin ilişkisi.	104
Şekil 4.18 : Yeşilyurt OİŞ’de tarım traktörü için hacim verilerine dayalı Weibull olasılık dağılımı.	104
Şekil 4.19 : Muğla OİŞ’de yükleyici için ölçülen hacim (m^3) verileri ile tahmin verilerinin ilişkisi.	105
Şekil 4.20 : Muğla OİŞ’de yükleyici için hacim verilerine dayalı Weibull olasılık dağılımı.	105
Şekil 4.21 : Karaçam OİŞ’de yükleyici için ölçülen hacim (m^3) verileri ile tahmin verilerinin ilişkisi.	106
Şekil 4.22 : Karaçam OİŞ’de yükleyici için hacim verilerine dayalı Weibull olasılık dağılımı.	106
Şekil 4.23 : Tekerlek izlerinden kaynaklanan deformasyona ait nokta bulutu görüntüsü.	107
Şekil 4.24 : Hafif eğim grubunda 10’uncu (sol) ve 20’nci (sağ) turdan sonra oluşan en kesit profilleri.	108
Şekil 4.25 : Düz eğim grubunda 10’uncu (sol) ve 20’nci (sağ) turdan sonra oluşan en kesit profilleri.	109
Şekil 5.1 : Karacasu OİŞ’de hasatçı uygulamaları için ürün çapı ile verim arasındaki ilişki.	119
Şekil 5.2 : Karacasu OİŞ’de hasatçı uygulamaları için ürün hacmi ile verim arasındaki ilişki.	119
Şekil 5.3 : Hüyük OİŞ’de hasatçı uygulamaları için ürün çapıyla verim arasındaki ilişki.	120
Şekil 5.4 : Hüyük OİŞ’de hasatçı uygulamaları için ürün boyu ile verim arasındaki ilişki.	121
Şekil 5.5 : Hüyük OİŞ’de hasatçı uygulamaları için ürün hacmi ile verim arasındaki ilişki.	121
Şekil 5.6 : Hüyük OİŞ’de hasatçı uygulamaları için parça sayısı ile verim arasındaki ilişki.	122
Şekil 5.7 : Köyceğiz OİŞ’de hava hattı için ürün çapı ile verim arasındaki ilişki... ..	123
Şekil 5.8 : Köyceğiz OİŞ’de hava hattı için ürün boyu ile verim arasındaki ilişki.	123
Şekil 5.9 : Köyceğiz OİŞ’de hava hattı için ürün hacmi ile verim arasındaki ilişki.	124
Şekil 5.10 : Köyceğiz OİŞ’de hava hattı için yandan çekme mesafesi ile verim arasındaki ilişki.	124
Şekil 5.11 : Osmangazi OİŞ’de traktör için ürün çapı ile verim arasındaki ilişki.	126
Şekil 5.12 : Osmangazi OİŞ’de traktör için ürün boyu ile verim arasındaki ilişki.. ..	126
Şekil 5.13 : Osmangazi OİŞ’de traktör için ürün hacmi ile verim arasındaki ilişki.	127
Şekil 5.14 : Osmangazi OİŞ’de traktör için sürütme mesafesi ile verim arasındaki ilişki.	127
Şekil 5.15 : Yeşilyurt OİŞ’de traktör için ürün çapı ile verim arasındaki ilişki.	128
Şekil 5.16 : Yeşilyurt OİŞ’de traktör için ürün boyu ile verim arasındaki ilişki.	128
Şekil 5.17 : Yeşilyurt OİŞ’de traktör için ürün hacmi ile verim arasındaki ilişki.	129
Şekil 5.18 : Muğla OİŞ’de yükleyici için ürün çapı ile verim arasındaki ilişki.	130
Şekil 5.19 : Muğla OİŞ’de yükleyici için ürün hacmi ile verim arasındaki ilişki.	130

Şekil 5.20 : Karaçam OİŞ’de yükleyici için ürün çapı ile verim arasındaki ilişki. .	131
Şekil 5.21 : Karaçam OİŞ’de yükleyici için hacim ile verim arasındaki ilişki.....	132
Şekil 5.22 : Karaçam OİŞ’de yükleyici için parça sayısı ile verim arasındaki ilişki.....	132
Şekil 5.23 : Karacasu OİŞ’de düşük eğimde değişen şekil parametresinin dağılımın genel şekli üzerindeki etkisi.	133
Şekil 5.24 : Karacasu OİŞ’de orta eğimde değişen şekil parametresinin dağılımın genel şekli üzerindeki etkisi.	134
Şekil 5.25 : Karacasu OİŞ’de yüksek eğimde değişen şekil parametresinin dağılımın genel şekli üzerindeki etkisi.	134
Şekil 5.26 : Hüyük OİŞ’de düşük eğimde değişen şekil parametresinin dağılımın genel şekli üzerindeki etkisi.	135
Şekil 5.27 : Hüyük OİŞ’de orta eğimde değişen şekil parametresinin dağılımın genel şekli üzerindeki etkisi.....	135
Şekil 5.28 : Hüyük OİŞ’de yüksek eğimde değişen şekil parametresinin dağılımın genel şekli üzerindeki etkisi.	136
Şekil 5.29 : Hava hattı için değişen şekil parametresinin dağılımın genel şekli üzerindeki etkisi.	136
Şekil 5.30 : Osmangazi OİŞ’de tarım traktörü için değişen şekil parametresinin dağılımın genel şekli üzerindeki etkisi.....	137
Şekil 5.31 : Yeşilyurt OİŞ’de tarım traktörü için değişen şekil parametresinin dağılımın genel şekli üzerindeki etkisi.....	138
Şekil 5.32 : Muğla OİŞ’de tarım traktörü için değişen şekil parametresinin dağılımın genel şekli üzerindeki etkisi.	138
Şekil 5.33 : Karaçam OİŞ’de yükleyici için değişen şekil parametresinin dağılımın genel şekli üzerindeki etkisi.	139
Şekil 5.34 : 10’uncu tur için düz eğim grubunda sol ve sağ tekerlek izi derinlikleri.	140
Şekil 5.35 : 10’uncu tur için hafif eğim grubunda sol ve sağ tekerlek izi derinlikleri.	141
Şekil 5.36 : 20’nci tur için düz eğim grubunda sol ve sağ tekerlek izi derinlikleri.	141
Şekil 5.37 : 20’nci tur için hafif eğim grubunda sol ve sağ tekerlek izi derinlikleri.	141
Şekil 5.38 : Toprak örneklerinin ortalama hacim ağırlığı grafiği.	143
Şekil 5.39 : Toprak örneklerinin ortalama higroskopik nem grafiği.	143
Şekil 5.40 : Toprak örneklerinin ortalama organik madde grafiği.	144

İNSANSIZ HAVA ARACI İLE ELDE EDİLEN SAYISAL GÖRÜNTÜLER KULLANILARAK MEKANİK ÜRETİM ARAÇLARININ VERİM VE TOPRAK DEFORMASYONU AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Bu çalışma kapsamında, İnsansız Hava Aracı (İHA) ile elde edilen sayısal görüntüler kullanılarak mekanik üretim araçlarının iş verimi ve toprak deformasyonu açısından değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Çözüm aşamasında, İHA ile üretim makinelerinin (hasatçı, hava hattı, tarım traktörü, yükleyici) faaliyetlerine ait yüksek çözünürlüklü sayısal görüntüler elde edilmiş ve ofiste görüntüler üzerinde yürütülen zaman analizi ölçümleri ile verim hesaplamaları yapılmıştır. Çalışmada, istatistiksel analizler yapılarak bazı parametrelerin (ürün boyu, ürün çapı, parça sayısı, hacim, sürütme ve taşıma mesafesi vb.) mekanik araçların verimli çalışma zamanı ve verim değerleri üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Diğer taraftan, logaritmik modellerden Weibull dağılımı kullanılarak çalışmada dikkate alınan mekanik üretim araçları için verim tahmin modeli geliştirilmiştir. Çalışmada değerlendirilen tarım traktörü ile orman ürünlerinin sürütülmesi sırasında oluşan hacimsel toprak deformasyonu yüksek çözünürlüklü İHA görüntüleri kullanılarak hesaplanmıştır. Bu aşamada, tekerlek izi derinlikleri manuel yöntemle ve İHA görüntüleri ile belirlenmiş ve iki yöntemle elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmada ayrıca sürütme yolu boyunca toprak örnekleri alınarak farklı tur sayısı (10-20) ve arazi eğimleri (%0-10 ve %10-20) için üç derinlik kademesinde (0-5 cm, 5-10 cm ve 10-15 cm) hacim ağırlığı, higroskopik nem, toprak tekstürü ve toprak organik madde içeriği incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre hasatçı için ortalama verim $40,123 \text{ m}^3/\text{saat}$ bulunmuş ve verim üzerinde etkili olan faktörlerin ürün çapı ve ürün hacmi olduğu belirlenmiştir. Hava hattıyla bölmeden çıkarma yönteminde ortalama verim $11,756 \text{ m}^3/\text{saat}$ bulunmuş ve verim üzerinde etkili olan faktörlerin ürün çapı, ürün boyu ve ürün hacmi olduğu belirlenmiştir. Tarım traktörüyle bölmeden çıkarma yönteminde ortalama verim $5,671 \text{ m}^3/\text{saat}$ bulunmuş ve verim üzerinde yine ürün çapı, ürün boyu ve ürün hacminin etkili olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar, yükleyici için ortalama verimin $22,567 \text{ m}^3/\text{saat}$ olduğunu göstermiş ve verim üzerinde etkili olan faktörlerin ürün çapı ve ürün hacmi olduğu belirlenmiştir. Çalışmada dikkate alınan mekanik üretim araçları için Weibull dağılımı kullanılarak geliştirilen hacim tahmin modellerinin uygun olduğu tespit edilmiştir. Traktörle sürütme sırasında oluşan ve İHA ile belirlenen hacimsel deformasyonun, 10'uncu tura göre 20'nci turda $0,052 \text{ m}^3/\text{m}$ arttığı bulunmuştur. Çalışmada, 20'nci tur sonrasında 10'uncu tura göre ortalama tekerlek izi derinliğinin İHA yöntemine göre 4,88 cm, cetvel ile yapılan manuel ölçümlere göre ise 4,69 cm arttığı belirlenmiştir. Çalışma alanından alınan toprak örnekleri üzerinde yürütülen analizlere göre çalışma alanındaki hacim ağırlığı, higroskopik nem ve organik madde miktarının tur sayısına bağlı olarak değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Orman ürünlerinin üretimi, Mekanik üretim, Verim, Toprak deformasyonu, Tekerlek izi derinliği, İHA.

USING DIGITAL IMAGES OBTAINED FROM AN UNMANNED AERIAL VEHICLE FOR EVALUATING PRODUCTIVITY AND SOIL DEFORMATION OF MECHANIZED HARVESTING EQUIPMENT

SUMMARY

In this study, it was aimed to evaluate mechanized harvesting equipment in terms of productivity and soil deformation by using digital images obtained with an Unmanned Aerial Vehicle (UAV). During the solution phase, high-resolution digital images were obtained for the harvesting machines (harvester, skyline system, farm tractor, loader) with UAV and then productivity analysis was performed with time analysis measurements to be carried out on the images in the office. In the study, the effects of some parameters (product length, product diameter, number of pieces, volume, skidding distance) on the productive machine time and productivity of harvesting machines were determined by statistical analysis. On the other hand, a productivity estimation model was developed for the harvesting machines by using the Weibull distribution, one of the logarithmic models. The rut depths and volumetric soil deformation formed during the skidding of logs with the agricultural tractor were calculated using high-resolution UAV images. At this stage, rut depths were also determined by manual method and the results were compared with the results obtained by UAV. In the study, soil samples were taken along the skidding road and bulk density, hygroscopic moisture, soil texture and soil organic matter content were examined at three depth levels (0-5 cm, 5-10 cm and 10-15 cm) for different number of turns (10 - 20) and land slopes (0-10% and 10-20%). According to the results, the average productivity for the harvester was found to be 40.123 m³/hour and it was determined that the factors affecting the productivity were product diameter and product volume. In the skyline method, the average productivity 11.756 m³/hour and the factors affecting the productivity were product diameter, product length and product volume. In the method of harvesting with an agricultural tractor, the average productivity was found to be 5.671 m³/hour and the product diameter, length and volume were effective on the productivity. The results showed that the average productivity for the loader was 22,567 m³/hour, and the effective factors on the productivity were product diameter and volume. The volume estimation models developed using the Weibull distribution were suitable for the mechanical equipment. The volumetric deformation occurring during tractor skidding, measured by UAV method, increased by 0.052 m³/m in the 20th turn compared to the 10th. In the study, it was determined that after the 20th turn, the average rut depth increased by 4.88 cm according to UAV method and by 4.69 cm according to manual method with a ruler, compared to the 10th. According to the analyzes carried out on soil samples taken from the study area, it was determined that the volumetric weight, hygroscopic moisture and organic matter amount in the study area varied depending on the number of tours.

Keywords: Forest harvesting, mechanized harvesting, productivity, soil deformation, rut depth, UAV

1. GİRİŞ

Artan dünya nüfusu ve tüketici talepleri doğal kaynakların üzerindeki baskının gittikçe artmasına neden olmuştur. Bu durumda orman kaynaklarının daha verimli, etkin ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Orman kaynaklarından optimum verim almak ve çevre zararlarını en aza indirmek için ormancılık çalışmalarında ekonomik, çevresel ve sürdürülebilir kararlar alınmalıdır (Kovácsová ve Antalová, 2010). Orman ürünlerine olan talebin dünyada ve ülkemizde giderek artması öngörülürken, özellikle asli orman ürünlerinin üretiminde modern teknikler ve teknolojik araçların kullanılması büyük önem taşımaktadır.

Ormancılıkta odun tabanlı orman ürünleri üretim çalışmaları, kesme-devirme, dal alma, kabuk soyma, boylama, bölmeden çıkarma, yükleme, uzak nakliyat, boşaltma ve istifleme aşamalarından oluşmaktadır (Eker ve Acar, 2006). Bu aşamalar, işlerin ekonomik, güvenli, pratik ve hızlı bir şekilde yapılması amacıyla farklı teknikler kullanılarak gerçekleştirilmekte ve bu aşamalar ilk günden günümüze gelişimini sürekli olarak sürdürmektedir (Coşkun ve diğ, 2010). Ayrıca, doğru planlanmayan ve uygun organize edilmeyen üretim çalışmaları, maliyeti artırmakta, zaman ve değer kaybına neden olmakta, meşceredeki orman toprağına ve kalan ağaçlar üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır (Acar ve Şentürk, 2000; Akay ve diğ, 2007; Eroğlu, 2012).

Üretim çalışmalarında en zorlu ve maliyetli aşamalar, ağaçların kesilmesi ve kesilen ağaçların bölmeden çıkarma yöntemleri ile üretim sahasından rampalara taşınmasıdır. Ülkemizde ağaçların kesilmesi aşaması çoğunlukla motorlu testere kullanılarak, odun hammaddelerini bölmeden çıkarma aşaması ise insan-hayvan gücü ve kısmen de makine gücü kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Son dönemlerde, entansif ormancılık yapılan bölgelerde mekanik üretim yöntemleri daha yaygın olarak kullanılmaktadır (Akay ve diğ, 2016). Ayrıca, Avrupa'da ilk sırada yer alan ağaç bazlı panel endüstrisindeki kuruluşlar, odun hammaddesi taleplerinin önemli ve yüksek bir bölümünü ülkemizde bulunan ormanlık alanlardaki öz kaynaklardan sağlamaktadır. Bu taleplerini sürekli olarak karşılanabilmesi için görev alan tedarikçi firmalar, geniş ormanlık alanlarda hızlı bir şekilde odun hammaddesi üretimini tamamlayabilmek için

makine parkını geliştirmekte ve mekanik sistemleri yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu kapsamda ülkemizde kullanılan modern mekanik üretim araçları arasında hasatçı (harvester), kesici-istifleyici (feller-buncher) ve srtc (skidder) yer almaktadır (Akay ve diğ, 2017). Bu üç mekanik üretim aracı, Türkiye’de sadece Çanakkale Orman Bölge Müdürlüğü sınırlarında yer alan kızılçam meşcerelerinde yürütülen tıraşlama kesimlerinde bir arada kullanılmaktadır.

Mekanik retim araçlarının, yüksek satın alma bedelleri ve ülkemizdeki yüksek yakıt fiyatları nedeniyle saatlik birim maliyetleri yüksektir (Bilici ve diğ, 2018). Bunun yanı sıra, mekanik bölmeden çıkarma araçlarının toprak deformasyonuna etkisi de yüksektir (Grace ve diğ, 2006). Söz konusu durum, modern mekanik üretim araçlarının avantajlarından en düşük kayıpla yararlanmak için mekanik üretim sistemlerinin verim ve çevresel faktörler dikkate alınarak planlanmasını ve amaca en uygun aracın seçilmesini gerektirmektedir. Ancak yapılan literatür araştırması sonuçlarına göre, ülkemizde yeni yeni kullanılmaya başlanan modern mekanik üretim araçlarının verim ve çevresel etkilerini bir arada konu alan bilimsel çalışma ve/veya araştırma projesi bulunmamaktadır. Ormancılığımızda kendine henüz yeni yeni uygulama alanı bulan mekanik üretim araçlarının ülkemiz koşullarında performansını ortaya koymak için bu araçların verim analizleri yapılmalı ve çevresel etkileri belirlenmelidir.

Bu alışma kapsamında, mekanik üretim araçlarının iş verimi ve toprak deformasyonu açısından değeriendirilmesi amaçlı çalışmalarda, İnsansız Hava Aracı (İHA) ile elde edilen sayısal görüntülerin kullanım olanakları araştırılmıştır. Çalışmada, mekanik araçların verimli çalışma zamanı ve verim değerieleri üzerinde bazı parametrelerin (rn boyu, ürün çapı, parça sayısı, hacim, sürütme ve taşıma mesafesi) etkileri incelenmiştir. Çalışmada yüksek znrlkl İHA görüntüleri kullanılarak, tarım traktörü ile orman ürünlerinin sürütülmesi sırasında oluşan tekerlek izi derinlikleri ve hacimsel toprak deformasyonu hesaplanmıştır. Çalışmada ayrıca, sürütme yolu boyunca toprak örnekleri alınarak traktörle sürütme sırasında oluşan toprak hacim ağırlığı, higroskopik nem, toprak tekstürü ve toprak organik madde ieriğ-i incelenmiştir.

1.1 Bölmeden ıkarma Yöntemleri

Bölmeden ıkarma çalışmaları, üretim aşamasının en maliyetli, en zorlu ve en önemli aşamasıdır (Gülci ve diğ, 2020). Bölmeden ıkarma faaliyetleri esnasında uygun

olmayan bir yöntemin kullanılması sebebi ile ürünlerde ekonomik değer kayıpların oluşmasıyla birlikte (Holmes ve diğ, 2002), üretim aşamaları sonucunda; tazminat, sigorta ve taşıma giderlerinin arttığı ve orman habitatında deformasyonların oluştuğu (Dykstra ve Heinrich, 1996) görülmektedir (Eroğlu ve diğ, 2009).

1.1.1 İnsan gücüyle bölmeden çıkarma

Bölmeden çıkarma yöntemleri içinde bilinen en eski ve basit yöntem insan gücü ile bölmeden çıkarmadır. Bu yöntemde insan gücünden ve yer çekiminden yararlanılmaktadır (Yıldırım ve Engür, 1989). Yüksek arazi eğmine sahip alanlarda ürünlerin kendi ağırlığı ve yerçekimi etkisinin birlikte kullanılması mümkün bir yöntem olmakla beraber, düze yakın ve arazi eğiminin az yerlerde ise uygulama güçlüklerinden kaynaklı başka yöntemlere ihtiyaç duyulduğu bilinmektedir.

İnsan gücü ile bölmeden çıkarma yönteminde aşağıdaki konulara dikkat edilmesi gerekmektedir (Erdaş, 2008):

- Meşcere yapısına zarar vermemek için genç yaştaki meşcerelerde planlanan aralama kesimlerinde, ince çaplı endüstriyel odun, eğimin düşük olduğu arazilerde elle taşınmalıdır.
- Sırık gibi asli orman ürünleri ve endüstri odunu topoğrafik yapısı eğimli olan arazilerde eğim yönünde geçici istif yerlerine veya yol kenarına kadar el ve yardımcı araçlarla taşınabilmektedir. Fakat her defasında eğime ters istikamete bir tırmanış gerektirdiğinden dolayı bu durum orman işçisini bir hayli yormaktadır.
- İnsan gücü ile bölmeden çıkarma yöntemi orman işinde çalışabilecek insan sayısının ve işgücünün fazla olduğu, orman işçisi ücretlerinin düşük olduğu ormanlık alanlar tercih edilmedir.
- Kontrolsüz kaydırma yöntemi alt tabakası temiz olan ve gençliğin olmadığı ormanlık alanlarda kullanılabilir. Ancak zorunlu hallerde bu yöntemin kullanılması gerektiğini unutmamalıdır.

Elle, kucakta ve omuzda taşıma ile orman ürünlerini bölmeden çıkarma tekniği, alet ve araçların kullanımına bağlı olarak farklılık göstermektedir;

a) Doğrudan zemin üzerinde kaydırma

b) İnsan gücüyle taşıma

c) Basit el araç ve gereçlerini kullanarak

d) Oluklar içinde kaydırarak

1.1.2 Hayvan gücü ile bölmeden çıkarma

Hayvan gücü ile sürütme yaparak bölmeden çıkarma çalışmalarında ise genellikle at, öküz, katır vb. gibi koşum hayvanlarından yararlanılmaktadır (Şekil 1.1). Bölmeden çıkarma faaliyetinde kullanılacak hayvanlar sürütme mesafesi, arazi yapısı, hız, ağırlık, çekim gücü, cinsleri gibi faktörler göz önüne alınarak tercih edilir (Bayoğlu, 1996). Ormanlık alanlarda hazır bulunan sürütme yollarından faydalanılarak hayvan gücü ile bölmeden çıkarma yapılması durumunda, orman habitatına verilen zarar en aza indirilmiş olur (Acar, 2004). Ek olarak, mekanik üretim araçlarının ilk alım maliyeti veya kiralama maliyeti ve periyodik bakım maliyetinin yüksek olması nedeni ile bölmeden çıkarma işlemlerinde hayvan gücünden yararlanılmaktadır (Akay, 2005).



Şekil 1.1 : At ile bölmeden çıkarma (Özkan, 2016).

Bölmeden çıkarma faaliyetinin hayvan gücü kullanılarak üretim yapılan alanlarda verim, arazinin yapısı, çekme mesafesi, koşum hayvanının gücü, gibi değişkenlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Sürütme koşullarına göre en uygun alanlar yamaç aşağı %0-25 ve yamaç yukarı ise %0-15 eğimin hâkim olduğu alanlardır (Erdaş, 2008). Ülkemizde ormancılık faaliyetlerinde kullanılan hayvan gücü kullanımı, hayvanların bakımı, korunması ve düşük verim gibi sebeplerden dolayı önemli ölçüde azalmakta yerini mekanik üretim araçları almaktadır.

1.1.3 Traktörlerle bölmeden çıkarma

1.1.3.1 Tarım traktörleriyle bölmeden çıkarma

Orman üretim işlerinde kullanılacak tarım traktörlerinin motor gücü artırılarak ve gerekli ekipmanlar entegre edilerek, sürütmede, taşımada, kablo çekiminde ve vinçli hava hattı sistemlerinde kullanılabilir (Öztürk ve Akay, 2007). Orman ürünü üretimi gerçekleştirilen alanlarda, eğimin %30'dan az olması veya üretim alanında bulunan sürütme şeridi eğiminin %0-33 olduğu durumlarda hazır bulunan orman emvalleri tarım traktörü ile sürütülmektedir (Erdaş, 2008; Türk, 2011) (Şekil 1.2). Üretim alanlarında bölmeden çıkarma çalışmaları gerçekleştirilmeden önce optimum bir planlama yapılarak verimin üst seviyelere ulaşması hedeflenmelidir.



Şekil 1.2 : Tarım Traktörü ile bölmeden çıkarma.

Traktörlerin manevra kabiliyeti arazi eğiminin %30'dan yüksek olduğu alanlarda azaldığından ve kaza risk oranı yükseldiğinden, üretim alanları içerisinde uygun olan mevcut yollarda durarak kablo çekimi ile bölmeden çıkarmada traktörden faydalanılmaktadır (Şekil 1.3). Bu yöntemde, traktördeki tambura kablonun bir ucu bağlarken diğer ucu ise çekilecek olan ürüne uygun bir biçimde bağlanmaktadır (Acar, 2004). Kablo çekimi yöntemi, özellikle sürütme yol ve şeritlerinin ulaşamadığı alanlarda ve zorlu arazi koşullarının etkili olduğu alanlarda bulunan orman ürünlerinin bölmeden çıkarılması için kullanılmaktadır.



Şekil 1.3 : Kablo çekimi yöntemiyle sayesinde tarım traktörü ile bölmeden çıkarma (Foto: T.Öztürk).

Tarım traktörü kendisine entegre edilen treylar sayesinde taşıyıcı özelliği kazanmaktadır. Bölmeden çıkarılarak rampalara kadar taşınan ve burada istif edilen orman emvali, traktör treylere yüklenerek yakındaki orman deposuna nakliyatı gerçekleştirilmektedir. Üretilen orman emvalleri boylarının uzunluğuna göre treylar üzerine enine veya boyuna şekilde yüklenebilmektedir (Şekil 1.4) (Sert, 2014).



Şekil 1.4 : Tarım traktörü ve römork ile taşıma (Foto: T.Öztürk).

Tarım traktörlerinin arka tarafına monte edilen kısa mesafeli vinçli hava hatları (Koller K300 ve Tajfun MOZ 500GR gibi) bölmeden çıkarma faaliyetlerinde hava hatları ile kombine bir şekilde kullanılmaktadır (Şekil 1.5). Tarım traktörlerine entegre edilerek kullanılan hava hattı sistemleri ihtiyacı olan makine gücünü traktörün kuyruk milinden almakta, orman ürünlerini bir vagon aracılığı ile ana taşıma halatı üzerinde yukarı ve aşağı yönde taşıma yapabilmektedir (Öztürk ve Akay, 2007).



Şekil 1.5 : Tarım traktörüne entegre edilmiş Koller K300 hava hattı (Foto: T.Öztürk).

Kablo hava hattı ile kombine edilmiş tarım traktörü ormanlık sahada yapılan üretim işletmeciliğinde kullanılan en ideal araçlardandır. Bu kombine üretim aracı hem zorlu arazi şartlarına en uygun bölmeden çıkarma aracı hem de orman habitatına verilen zararı en aza indiren araçtır. Bu kombine sistem 300-500 m’lik çalışma mesafelerinde kullanılmaktadır. Bu sistemle ince çaplı odunların bakım çalışmaları sırasında yamaç aşağı ve yamaç yukarı yönde taşınması gerçekleştirilebilmektedir (Hatay, 2014).

1.1.3.2 Orman traktörleriyle bölmeden çıkarma

Orman traktörleri, dört tekeri aynı büyüklükte, dört tekerden çekme özelliği olan ve yılın her mevsimi gerçekleştirilen üretim çalışmalarında verimli bir şekilde kullanım için özel olarak tasarlanmış ve üretilmiş traktörlerdir. Bölmeden çıkarma çalışmalarında oldukça verimli kullanılan bu traktörler; ortadan mafsallı ve manevra kabiliyeti yüksek bir platform üzerine kurulmuştur. Söz konusu mafsal yapısı sayesinde orman traktörleri; tarım traktörlerine göre daha yüksek manevra kabiliyetine sahiptir. Orman traktörleri %40-50 eğimin hâkim olduğu arazilerde çalışma gerçekleştirilebilmektedir (Erdaş, 2008). Orman traktörlerinin büyük engelleri aşma kabiliyeti ön aksların hem yatay hem de düşey istikamette hareket etmesi ve zeminden yüksek olması sayesinde gerçekleşmektedir (Özkan, 2016). Orman traktörleri üzerine entegre edilmiş tamburlar sayesinde 150 m mesafeye kadar kablo çekimi yaparak bölmeden çıkarma esnasında kullanılmaktadırlar.

MB-Track 800, 900, 1000 ve 1100 modelleri ülkemizde en çok kullanılan orman traktörleridir. Bu orman traktörleri 80-120 HP motor gücüne sahiptirler. Özel orman traktörleri, arkasına monte edilen vinç tertibatı ve çelik halat sayesinde orman emvalini

zemin üzerinde doğrudan sürütülerek bölmeden çıkarma faaliyetinde kullanılmaktadırlar (Şekil 1.6) (Hatay, 2014).



Şekil 1.6 : Orman traktörü ile bölmeden çıkarma çalışması (Sert, 2014).

1.1.4 Kablo hatlar ile bölmeden çıkarma

1.1.4.1 Yerden kablo çekimi yapan küçük kablo vinçler

Küçük kablo vinçlerin en yaygın kullanılan tipleri arasında Ackja, KBF ve Radiotir vinçleri bulunmaktadır. Bu vinçler bölmeden çıkarma faaliyeti esnasında eğim aşağıdan yukarıya taşımada insan ve hayvan gücünün yetersiz kaldığı alanlarda küçük boyutlu orman emvallerini kablo çekimi sayesinde bölmeden çıkarabilmektedirler (Erdaş, 2008):

- ACKJA KMF kablo vinçler: Bakım çalışmaları esnasında kullanılmaktadır (Şekil 1.7). Bu vinç sistemi kızak ve kızığa monte edilmiş motordan oluşmaktadır. Sistemin ağırlığı yaklaşık 100 kg'dır. Bu sistemdeki güç kaynağı olan motor (STIHL 660) 9 kN çekme gücüne ve 5,2 kW motor gücüne sahiptir.



Şekil 1.7 : ACKJA KMF model vinç sistemi.

- KBF kablo vinçler: Vinç sistemi motorlu testereye entegre edilmiş kablo saran bir sistemden oluşmaktadır. Bu sistemin toplam ağırlığı 42 kg'dır (Şekil 1.8). Sistem, 10 kN çekme gücüne ve 3-5,2 kW motor gücüne sahiptir. Bu vinç sistemi yaygın olarak bakım ve tıraşlama sahalarında bölmeden çıkarma esnasında kullanılmaktadır.



Şekil 1.8 : KBF model vinç sistemi.

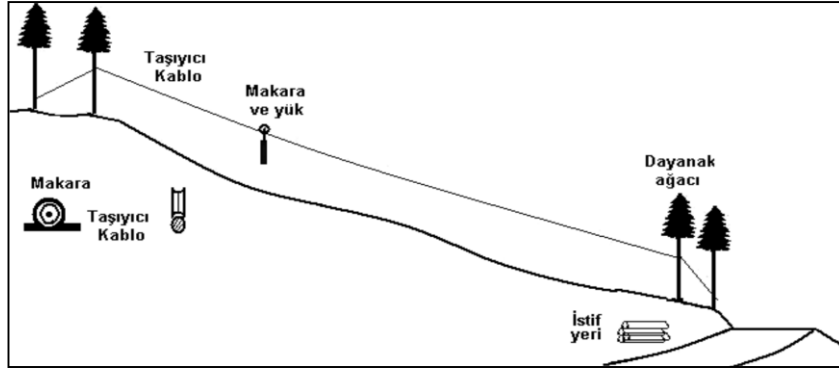
- Radiotir kablo vinçler: Askıda çalışma özelliğine sahip vinç sistemi bölmeden çıkarma operasyonu sırasında bir ağaca monte edilmektedir. Sistem, 8 kN çekme gücüne ve 4,5 kW motor gücüne sahip ve 150 kg ağırlığındadır (Şekil 1.9). Bu vinç sistemi radyo kontrolü uzaktan kumanda sistemine sahiptir. Radiotir kablo vinçler daha çok aralama çalışmaları sırasında kullanılmaktadır.



Şekil 1.9 : Radiotir vinç sistemi.

1.1.4.2 Motor gücü olmadan iki ucu askıda taşıma yapan kablo kaydıraklar

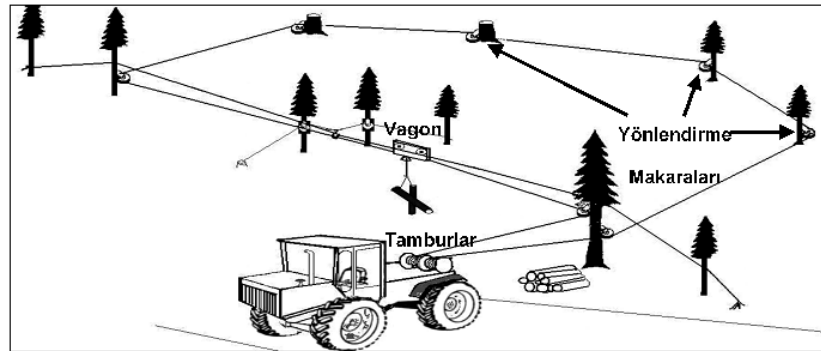
Söz konusu sistem, Gergin bir taşıyıcı kablo ve bu kabloya bağlı yer çekiminin etkisi ile hareket edebilen kaydıraktan oluşmaktadır. Bu sistemde, kaydırakın taşıma esnasındaki hızlarına müdahale edilememektedir (Erdaş, 2008). Bu sistemde taşınacak olan orman emvalleri kabloya asılırlar ve yer çekiminden faydalanılarak eğim aşağı yönde hareket ettirilir (Şekil 1.10). Taşınan ürünlerin yavaşlaması için aşağı istasyona doğru kabloda sehim (sarkma) oluşturulur.



Şekil 1.10 : Motor gücü olmadan taşıma yapan kablo kaydıraklar (Eker, 2008).

1.1.4.3 Çift tamburlu traktör vinçlerinin hava hattı biçiminde çalıştırılması

Hafif eğimli (düz ve düze yakın) ve %30'dan daha düşük eğime sahip alanlarda, kalitesi ve ekonomik değeri yüksek olan kalın çaplı, uzun boylu orman ürünlerinin bölmeden çıkarılması insan ve hayvan gücü ile gerçekleştirilememektedir. Zemin üzerinde sürütme ile bölmeden çıkarmada zemin yüzeyinin pürüzlü bir yapıya sahip olduğu alanlarda traktörle sürütülerek veya kablo çekimi ile bölmeden çıkarma yöntemlerinin tercih edilmesi, orman ürününde hacim ve değer kaybına neden olmaktadır. Bu sebeple, çift tamburlu traktör vinçleri arazi eğiminin düz ve düze yakın olduğu arazilerde, buna ek olarak zemin yüzeyinin pürüzlü olduğu alanlarda, 100-150 m mesafeye kadar hava hattı olarak kullanılmaları önerilmektedir (Şekil 1.11) (Türk, 2011).



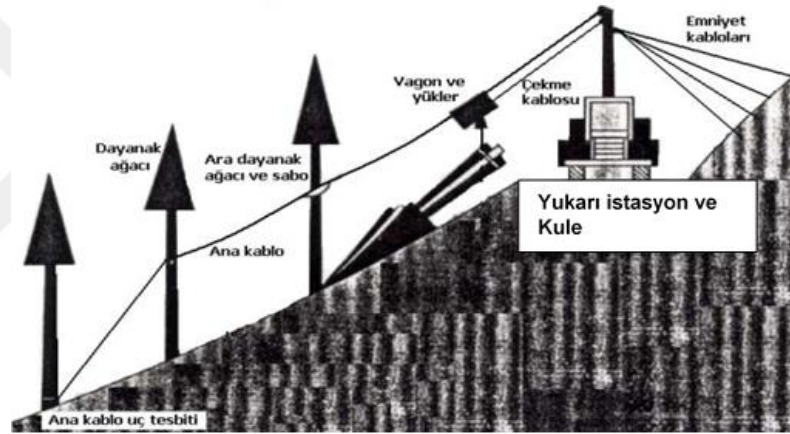
Şekil 1.11 : Çift tamburlu traktör vinçlerin hava hattı olarak kullanılması (Eker, 2008).

1.1.4.4 Sabit taşıyıcı kablo içeren vinçli hava hatları

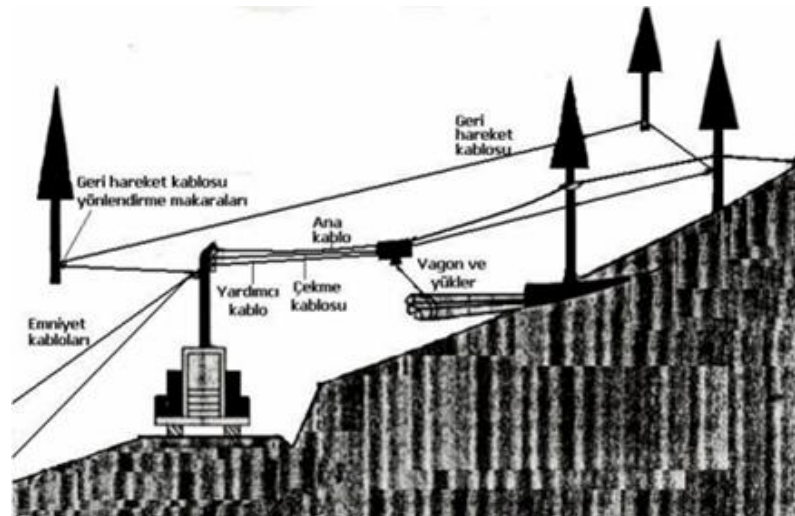
Bu sistemler, özellikle eğimin yüksek olduğu dağlık arazilerde yayılış gösteren ormanlık alanlardan elde edilecek olan asli orman ürünlerinin bölmeden çıkarma çalışmalarında kullanılması etkili ve ekonomik bir sonuç ortaya çıkarmaktadır (Erdaş, 2008). Bu sebeple, bu yöntem ile odunda oluşacak değer ve hacim kaybını geleneksel bölmeden çıkarma yöntemlerine göre azaltması mümkündür.

Vinçli hava hatları taşıma yönüne göre üç grupta sınıflandırılmaktadır (Acar, 2004):

- Yamaç yukarı taşıma yapan hava hattı: İlk yapılan vinçli hava hatları örneklerinden olan bu hava hattı iki tambura sahiptir (Şekil 1.12). Vagonun bir ucu ana çekme kablosuna sabit, diğer ucu ise boşta kalmaktadır. Hava hattı sisteminde motor yukarı istasyonda kuruludur. Vagon aşağı yönde hareketini yer çekimi sayesinde gerçekleştirmektedir. Bu nedenle bu hareketi sağlayacak olan eğime sahip alana hava hattı sisteminin kurulması gerekmektedir.
- Yamaç aşağı taşıma yapan hava hattı: Bu sistemde kızıklı vinçli hava hatları özellikle ürünleri yamaç aşağı yönde taşıırken kullanılmaktadır (Şekil 1.13). Bu sistemin kurulduğu alanlarda yamaç aşağısında yol bulunmaktadır. Boş vagon yamaç yukarı çekilmekte ve yüklenmektedir. Yüklenen vagon yerçekimi sayesinde yamaç aşağıya ürünleri taşımaktadır.



Şekil 1.12 : Yamaç yukarı hava hattı (Acar, 2004).



Şekil 1.13 : Yamaç aşağı hava hattı (Acar, 2004).

- Yamaç aşağı ve yukarı taşıma yapan hava hattı: Bu hava hattı sistemine üçüncü bir tambur daha eklenerek hem yamaç aşağı hem de yamaç yukarı taşıma yapması sağlanmaktadır. Hava hattı sistemine eklenen geri çekme kablosu sayesinde, hava hattı yamaç aşağı ve yukarı yönde taşıma için kullanılabilir. Hava hattı uzunluğuna göre vinçli hava hatları üç grupta sınıflandırılmaktadır (Acar, 2004):

- Kısa mesafeli hava hattı: Kısa mesafeli mobil vinçli hava hatları, traktörle sürütmenin veya kablo çekimi için sürütme mesafesinin uygun olmadığı alanlarda tercih edilmektedir (Şekil 1.14). Kısa mesafeli vinçli hava hatları 0-300 metre mesafede kullanılabilirler. Bu hava hatları hem yamaç aşağı hem de yamaç yukarı taşıma yapabilirler.



Şekil 1.14 : Koller K300 model kısa mesafeli hava hattı.

Bu sistemlerde çoğunlukla bir ucu askıda taşıma yapılmaktadır. Taşıma esnasında genellikle ürünler kalın uçlarından hava hattına bağlanıp kaldırılırken ince uçları ise zemin üzerinde sürütülerek bölmeden çıkarma işlemi gerçekleştirilmektedir. Ancak yer ile ana taşıma kablosu arasında uygun mesafe olması durumunda, ürünler tamamen askıda da taşınabilmektedir. Türkiye’de kullanılan kısa mesafeli vinçli hava hattı KOLLER K-300 ve URUS M-I modelleridir.

- Orta mesafeli hava hattı: Bu sistemler, yamaç aşağı ve yamaç yukarı taşıma yapabilen, 300-800 m taşıma mesafesinde kullanılan ve meşcere zararını minimize eden vinçli hava hatlarıdır. Türkiye’de yaygın olarak kullanılan orta mesafeli vinçli hava hattı URUS M-III modeli ve Tajfun MOZ 500GR modelleridir. Tajfun MOZ

500GR model hava hattı OGM tarafından satın alınmış ve 800 m'ye kadar taşıma mesafesi bulunmaktadır (Şekil 1.15).



Şekil 1.15 : URUS M-III (sol) ve Tajfun MOZ 500GR model (sağ) orta mesafeli hava hattı.

- Uzun mesafeli hava hattı: Bu sistem, 2000 m'ye kadar bölmeden çıkarma faaliyeti gerçekleştiren hava hattıdır. Bu hava hattında bir kızak ve üzerine monte edilmiş motor aksamı bulunmaktadır (Şekil 1.16). Hava hattı kuruluş güzergâhının 50 m yatay bölümünde bulunan ürünler hat güzergâhına çekilmelidir. Daha sonra ürünler hat istikametinde yamaç yukarı veya yamaç aşağı taşınabilmektedir. Bu yönüyle bakıldığında kurulan bu sistem 20 hektar büyüklüğünde bir alanda bölmeden çıkarma yaparak, çevre zararını en aza indirmeyi başarmaktadır. Ülkemizde uzun zamandır WYSEN, BACO, HINTEREGGER, GARTNER markalı uzun mesafe hava hatları kullanılırken, günümüzde sadece GARTNER markalı hava hatları kullanılmaktadır.



Şekil 1.16 : WYSEN marka uzun mesafeli hava hattı.

1.2 Yükleme

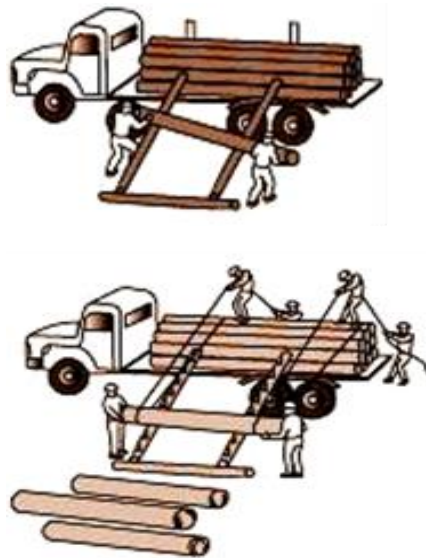
Ormancılık üretim çalışmaları içerisinde bulunan yükleme aşaması, üretilmiş olan asli orman ürünlerinin rampalara taşınmasına müteakip hiç zaman kaybetmeden son depolara taşınması önem teşkil etmektedir. Bu safhada iyi bir planlama ve diğer üretim aşamaları ile olan uyum elde edilecek verimi doğrudan etkilemektedir. Yükleme faaliyeti; makine gücü ile elle ve çapraz yükleme olmak üzere (Aykut. 1984), üç sınıfa ayrılmaktadır.

1.2.1 Elle yükleme

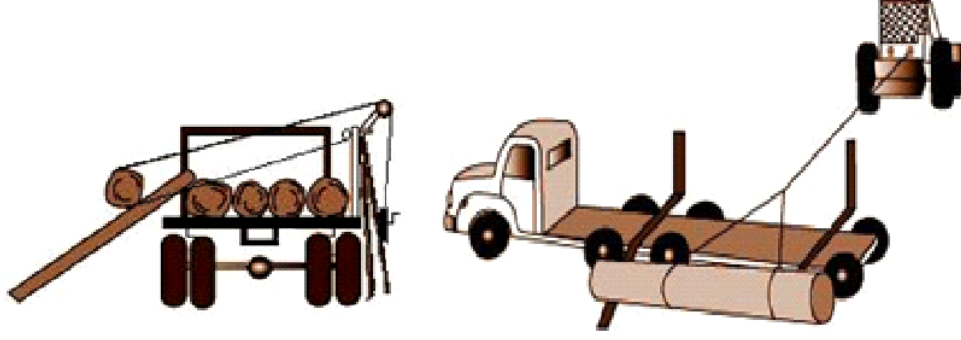
Elle yükleme, ince çapa sahip olan kâğıtlık ve yakacak odunlar gibi endüstri sektörünün ihtiyacı olan odunların yüklenmesinde kullanılan eski bir yöntemdir. Elle yükleme günümüzde hem ince çaplı (kâğıtlık ve yakacak) endüstriyel odunların yüklenmesinde hem de uzun boya ve kalın çapa sahip (tomruk, maden direk, tel direk) ürünlerin yüklenmesinde de tercih edilmektedir. Yükleme faaliyetinin insan tarafından yapılması durumunda çeşitli yardımcı araç, gereç ve insan gücü ile çalışan vinçler kullanılmaktadır (Acar ve Ünver, 2004, Erdaş, 2008) (Şekil 1.17).

1.2.2 Çapraz yükleme

Elle yüklemenin daha gelişmiş biçimi çapraz yüklemedir. Orman ürünü bir rampa sayesinde iki uçundan kablo bağlanarak ve bu kablo çekilerek aşağıdan yukarıya doğru yükleme gerçekleştirilmektedir. Bu yükleme yöntemine insan, hayvan ve makine olarak da traktör ve el vinci entegre edilebilir (Şekil 1.18) (Erdaş, 2008).



Şekil 1.17 : Yerden elle yükleme faaliyeti (Acar ve Ünver, 2004).



Şekil 1.18 : El vinç (sol) ve traktör yardımıyla (sağ) çapraz yükleme faaliyeti (Acar ve Ünver, 2004).

1.2.3 Makine gücüyle yükleme

Makine gücü ile yükleme faaliyeti iki grupta ele alınmaktadır. Bunlar; taşıma aracına monte edilen vinçle ve taşıyacak araçtan başka yükleme yapan bir araçla yapılan yüklemedir. Taşıma aracına entegre edilmiş olan yükleyici motor gücü ihtiyacını taşıma aracından karşılamaktadır. Bu sistemi kullanan yükleyiciler üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar çift tamburlu vinçler, kablolu veya hidrolik kreynler ve hiab tipi vinçlerdir (Acar, 2004) (Şekil 1.19 ve Şekil 1.20).



a)



b)

Şekil 1.19 : Hidrolik kreynler (Akay, 2010) a) LOGLIFT 111 F model kreyn, b) FORESTERI 655 model kreyn.



a)



b)



c)

Şekil 1.20 : Hiab tipi vinçler (Akay, 2010) a) JONSERED 820/ model vinç, b) LOGLIFT 120 S model vinç, c) JONSERED 2490 model vinç.

Taşıma aracından ayrı olan hareketli yükleme araçları dört grupta sınıflandırılmaktadırlar. Bunlar elevatör, traktöre monte edilen döner vinç, hareketli döner kreyin ve hidrolik kıskaçlı hareketli yükleyicidir (Erdaş, 2008). Hidrolik kıskaçlı hareketli yükleyici ülkemizde en sık kullanılan yükleme aracıdır. Bu araçlar üzerinde tomruk kavrama sistemi bulunan, kavrama kısıkaçlarının ise yükleyicinin ön veya arkasında konuşturıldığı hidrolik sistem prensibiyle çalışan yükleyicilerdir (Şekil 1.21). Bu yükleyici lastikli ve paletli olarak sert zemin üzerinde manevra kabiliyetine sahiptir. Orman ürünlerini kavramayı sağlayan düzenek genel olarak üç parçadan oluşmaktadır. Bu parçalar bir üst tırnak ve iki alt tırnaktır.



Şekil 1.21 : Lastik tekerlekli kıskaçlı yükleyici.

Bölmeden çıkarma işlemi gerçekleşen ve son rampaya getirilen orman ürünleri tarım traktörlerine entegre edilmiş kıskaç sistemi sayesinde uzak nakliyat araçlarına yüklenerek uzak nakliyat işlemi gerçekleştirilir (Şekil 1.22) (Öztürk ve Akay, 2007). Bu kısıkaçların monte edildiği tarım traktörleri sayesinde sadece yükleme çalışmalarında kullanılmaz aynı zamanda boşaltma ve istifleme çalışmalarında da kullanılmaktadırlar.



Şekil 1.22 : Yükleme kısıkaçları ile entegre edilen tarım traktörü.

1.3 İş Verimi

Üretim çalışmalarında kullanılan mekanik araçların verimleri çoğunlukla üretim zamanına etkisi sayesinde belirlenmektedir. Zaman etüdü yöntemi üretim zamanının hesaplanmasında en etkili ve yaygın kullanılan iş ölçümü tekniğidir (Gülci, 2014). Zaman etüdü kapsamında, ölçümü yapılacak olan iş, alt aşamalara bölünerek standart tamamlanma zamanı hesaplanmış olur. Bu nedenle, değerlendirilmek istenen işin alt aşamaları oluşturan bölümlere ayrılabilmesi zaman etüdü çalışmasının uygulanması için gereklidir. Zaman etüt formları ve zaman ölçer zaman etüdünde kullanılan iki temel araçtır. Zaman etüt yöntemleri; sürekli zaman ölçme, tekrarlı zaman ölçme ve iş örnekleme olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır (Yıldırım, 1989). Sürekli zaman ölçme tekniğinde, iş aşamaları sürekli olarak izlenmekte ve iş aşamalarının bitiminde kronometrede okuma yapılmakta ve okunan değer kayıt altına alınmaktadır. Tekrarlı zaman ölçme tekniğinde, çalışmanın ilk aşamasında kronometre çalıştırılmakta, çalışmanın son aşamasında ise kronometre sıfırlanarak yeniden çalıştırılmak için hazır hale getirilmektedir. İş örnekleme tekniğinde takip edilen iş eşit zaman aralıkları ile izlenmekte ve o esnada yapılan iş aşamaları kayıt altına alınmaktadır (Gülci, 2014).

Öztürk (2001) tarafından yapılan bir verim analizi çalışmasında, MB-Trac 900 marka orman traktörünün kayın tomruklarını bölmeden çıkartma çalışmalarında etüt formu ile zaman değerleri kaydedilmiş ve verim analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada sürütme mesafesi sürütmede verim üzerine etkili olan en önemli faktör olduğu vurgulanmıştır. Tunay ve Melemez (2005) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, zaman etüdü yöntemini kullanarak motorlu testerenin verimini değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, üretim tomruk metoduna göre yapılmış ve değerlendirmede bu metot göz önünde bulundurulmuştur. Çalışmada iş aşamaları; hazırlık zamanı, kesme zamanı, tomruklama zamanı ve bekleme zamanı olarak ayrılmış ve zaman verileri etüt formuna işlenmiştir. Çalışma sonucunda, motorlu testere verimi üzerinde kesme ve tomruklama iş aşamalarının daha etkili olduğu belirtilmiştir. Acar ve diğ. (2010), bölmeden çıkarma çalışmalarında kullanılan farklı orman traktörlerinin (MB-Trac 800 ve 900) ve hava hatlarının (Koller K300, Urus M III, Gantner, Liebherr 902) performanslarını araştırılmıştır. Bu çalışmada verimi değerlendirilen araçların ortalama çalışma verimleri yıl içerisindeki aylık çalışma zamanları ve taşıdıkları ürün hacimleri göz önün alınarak hesaplanmıştır. Çalışmanın

sonucunda kısa sürütme mesafelerinde orman traktörlerinin daha verimli oldukları vurgulanmıştır.

Ülkemizde modern üretim makinelerini konu alan verim analizi çalışmaları sınırlı sayıdadır. Enez ve Arıçak (2012) yaptıkları çalışmada ülkemizde ilk defa kullanılmaya başlanan Volvo FC2121C model hasatçının ülkemiz koşullarına olan adaptasyonunu ve hasatçının daha verimli kullanılacağı koşulları araştırılmıştır. Akay ve diğ. (2016) Türkiye’de ilk defa bölmeden çıkarma çalışmalarında kullanılmaya başlanan Tigercat 635D sürütücüde yapılan bölmeden çıkarma çalışmalarını performans açısından değerlendirmişler ve bu mekanik üretim aracının verimini artırmak için öneriler sunmuşlardır. Başka bir çalışmada, Bilici ve diğ. (2017) yaptıkları çalışmada Doosan DX 300LC hasatçının kızılçam sahalarında tıraşlama kesiminde verim analizini değerlendirmişler ve istatistiksel olarak verim üzerine etkili olan faktörleri ortaya çıkarmışlardır. Bilici ve diğ. (2018) yaptıkları diğer bir çalışmada da odun üretiminde ülkemizde ilk kez kullanılmaya başlanan WoodCraker C450 kesici-istifleyicinin performansı üzerinde etkili olan faktörleri belirlemişlerdir. Çalışmada verimi saatlik bazda hesaplamışlardır.

Ülkemizde modern mekanik üretim makinelerini konu alan tüm verim çalışmalarda zaman ölçümleri zaman kayıt cihazları (kronometre) kullanılarak iş aşamalarının makinenin çalıştığı alanda gözlemek suretiyle gerçekleştirilmiştir. Orman ürünlerinin üretimi çoğu zaman dik ve güç arazi koşullarında gerçekleştiğinden, zaman analizinin sahada uygulanmasında güçlüklerle karşılaşabilmektedir. İnsansız Hava Aracı (İHA) ile üretim makinelerinin faaliyetlerine ait yüksek çözünürlüklü sayısal video görüntüleri elde ederek, bu görüntüler üzerinden yapılacak zaman analizi ölçümleri ile verim hesaplaması yapılması önemli katkılar sunacaktır (Şekil 1.23).



Şekil 1.23 : Sürütme sırasında İHA ile alınan görüntü (Özkan, 2016).

1.4 Toprak Deformasyonu

Mekanik bölmeden çıkarma sistemi, geleneksel bölmeden çıkarma sisteminden (İnsan gücü ve Hayvan gücü) daha yüksek kalitede ürünler ve daha güvenli çalışma ortamı sağlamaktadırlar (Akay ve Erdaş, 2007). Ancak, üretim çalışmalarının uygun şekilde planlanmaması durumunda mekanik üretim araçları meşcerede bırakılan ağaçlar ve fidanlar üzerinde zararlara neden olmakta, ayrıca lastik tekerlekli ve paletli ağır bölmeden çıkarma araçları orman toprağının fiziksel özelliklerine zarar verebilmektedir (Heninger ve diğ, 2002; Thawornwog, 2006; Erdaş, 2008; Eroğlu, 2012). Üretim çalışmaları sırasında kesilerek devrilen ağaçların alanda bırakılan diğer ağaçlara veya fidanlara çarpması sonucu ağaçlarda hasar ve yaralanmalar. Ayrıca fidanlarda ise devrilme ve tepe kırılması gibi zararlar oluşmaktadır. Buna bağlı olarak, üretim sırasında yaralanan ağaçlarda, meşcereye zararlı böceklerin ve mantarların arız olmasına neden olabilmektedir (Gülci, 2014).

Mekanik araçlar kullanılarak gerçekleştirilen bölmeden çıkarma çalışmaları esnasında kullanılan mekanik araçlar ve zemin üzerinde sürütülen ürünler orman toprağı üzerinde çeşitli deformasyonlar meydana getirmektedir. Bu zararlardan bazıları toprak sıkışması, tekerlek izi derinliği, toprak verimi ve besin maddesi içeriğinde kayıplar, yüzeysel akış nedeniyle erozyon ve humus tabakasında tahribattır (Ballard, 2000; Akay ve diğ, 2007; Eroğlu, 2012). Bölmeden çıkarma çalışmalarında orman toprağı üzerinde oluşan zararın miktarı ve şiddeti; kullanılan mekanik üretim aracına, operasyonun yoğunluğuna, arazi eğimine ve toprak özelliklerine bağlı olarak farklılık göstermektedir (Heninger ve diğ, 2002; Ünver, 2008). Mekanik üretim araçlarının ağırlığı nedeni ile lastik tekerleklerinin toprak ile temas ettiği yüzeyde derin tekerlek izleri oluşmaktadır.

Mekanik bölmeden çıkarma araçlarının orman ürünleri üreten kullanıcılara sunduğu avantajların sürdürülebilirliğini sağlamak için, derin tekerlek izlerin neden olduğu biyolojik ve ekonomik olumsuzlukların ortadan kaldırılması veya kabul edilebilir sınır değerlere çekilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, bölmeden çıkarma araçları arasında bir tercih yapılacaksa bu araçların orman toprağına vereceğı zarar göz önüne alınarak bölmeden çıkarma yöntemi ona göre planlanmalıdır. Bu plana göre en uygun bölmeden çıkarma yöntemi ve aracı tercih edilmelidir.

İHA ekipmanları ile mekanik araçların orman ürünlerinin sürütülmesi sırasında oluşturduğu tekerlek izi derinlikleri yüksek çözünürlüklü görüntüler kullanılarak değerlendirilebilmektedir. İHA yardımıyla üretilecek sayısal yüzey modelleri kullanılarak önemli bir toprak deformasyon göstergesi olan tekerlek izi derinlikleri etkin bir şekilde belirlenebilmektedir (Pierzchała ve diğ, 2014). Mekanik üretim araçlarının orman toprağı üzerinde neden olduğu tekerlek izi derinliklerinin İHA görüntüleri kullanılarak incelendiğı sınırlı ve az sayıda çalışma bulunmaktadır (Yurtseven ve diğ, 2016; Aydın ve diğ, 2019).

1.5 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Ülkemizde son yıllarda topoğrafik açıdan uygun ve entansif ormancılık yapılan bölgelerde mekanik üretim araçları daha sık kullanılmaya başlanmıştır. Mekanik üretim araçlarının yüksek satın alma maliyetleri ve yüksek yakıt fiyatları nedeniyle saatlik birim maliyeti yüksektir. bu üretim araçlarından maksimum faydanın sağlanabilmesi için mekanik üretim sistemlerinin bu araçlardan en yüksek verimi elde edecek şekilde planlanması ve amaca en uygun üretim aracının seçilmesi gerekmektedir. Ayrıca, mekanik bölmeden çıkarma araçlarının sürütme yolu boyunca oluşturdukları teker izleri orman toprağında deformasyona neden olmaktadır. Bu çalışmada, İHA ile elde edilen sayısal görüntüler ve yüksek çözünürlüklü yüzey modelleri kullanılarak mekanik üretim araçlarının verim ve toprak deformasyonu açısından yüksek hassasiyetlerde değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Çözüm aşamasında, İHA ile üretim makinelerinin faaliyetlerine ait yüksek çözünürlüklü video görüntüleri elde edilerek ofiste görüntüler üzerinde yürütülen zaman analizi ölçümleri ile verim hesaplamaları yapılmıştır. Çalışmada, ayrıca istatistiksel analizler yapılarak ürün boyu, ürün çapı, hacim, parça sayısı ve sürütme mesafesi gibi faktörlerin mekanik araçların verimli çalışma zamanı ve verim değerleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bir diğer değerlendirme aşamasında ise, orman ürünlerinin tarım traktörüyle sürütülmesi sırasında oluşturduğu tekerlek izi derinlikleri yine yüksek çözünürlüklü İHA görüntüleri kullanılarak hesaplanmıştır. Aynı zamanda, sürütücünden kaynaklanan tekerlek izi derinlikleri sahada manuel yöntemle (cetvel yöntemi) belirlenmiş ve sonuçlar İHA ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Ayrıca, sahada sürütme şeritleri boyunca toprak örnekleri alınarak toprak deformasyonunun toprak özelliklerine göre değişimi incelenmiştir.

2. LİTERATÜR

2.1 İş Verimi

Ülkemizde orman ürünleri üretiminin büyük bir kısmı insan ve hayvan gücü ile sağlanmaktadır. Ancak, mekanik üretim yöntemleri Teknik, ekonomik, çevresel ve ergonomik açıdan insan ve hayvan gücü ile üretim yöntemine göre daha verimli sonuçlar sağlamaktadır. Bu bağlamda, Mekanik üretim sürecinde kullanılan makinelerin başlıca avantajları arasında; tomruk üretim maliyetinin azaltılması, üretim süreci sonunda kesim artıklarını ormanda bırakarak orman ekosistemine organik madde sağlanması, üretim faaliyetlerini küçük alanlarla sınırlayarak üretimden zarar gören ormanlık alanları azaltılması, seçme kesimlerini daha az meşcere zararı ile gerçekleştirilmesi ve üretim çalışmalarında işgücü potansiyelini attırması bulunmaktadır (Akay ve Sessions, 2004).

Ülkemizde tarım traktörleri sürütme sırasında bölmeden çıkarma çalışmalarında en yaygın olarak kullanılan mekanik üretim araçlarıdır. Büyüksakallı (2010), Kahramanmaraş, Andırın ve Osmaniye İşletme Şefliklerinde yaptığı çalışmada, kış aylarında yürütülen bölmeden çıkarma çalışmalarına ilişkin zaman analizi ve iş güvenliği değerlendirme açısından geleneksel bölmeden çıkarma yöntemleri (insan gücü ve hayvan gücü ile) ile tarım traktörü ile bölmeden çıkarma yöntemini kıyaslamıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre geleneksel bölmeden çıkarma yöntemi ile orman emvallerinin kontrolsüz sürütülmesi suretiyle uygulanan bölmeden çıkarma yönteminin tarım traktörü ile bölmeden çıkarmaya göre kaza riskinin, kalite ve kantite kaybının arttığını ifade etmiştir.

Bir diğer çalışmada (Türk, 2011), odun hammaddesi üretiminde tarım traktörü ile bölmeden çıkarmada sırasında ekonomik, teknik ve çevresel alanlarda incelemeler yapmış ve tespit edilen olumsuz yanları en aza indirecek bir sürütme modeli oluşturmuştur. Bu modelin uygulayarak tarım traktörleriyle bölmeden çıkarma çalışmalarında verimi %32,21 arttırmış ve 100 m³'de 1 m³ tomruğun sürütülmesiyle, bir turda 0,10 \$ tasarruf sağlandığı vurgulanmıştır.

Stanczykiewicz ve diğ. (2015), tarafından yapılan çalışmada ise, küçük ölçekli hava hatlarının kalitesi yüksek odun hammaddesi üretiminde verimli bir şekilde kullanılabileceğini belirlemiştir. Bununla birlikte arazi tabanlı bölmeden çıkarma yöntemlerine göre hava hattı ile bölmeden çıkarma yönteminin orman toprağına daha az zararda bulunduğunu tespit edilmiştir. Öte yandan, Yu ve diğ. (2016), küçük ölçekli hava hatlarının, bölmeden çıkarma çalışmalarında ekonomik yönden en elverişli seçenek olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca, bu sistemlerin küçük ölçekli alanlarla sınırlı kaldıklarında saf meşcerelerde bölmeden çıkarma çalışmalarında verimin arttığını ve birim maliyetin düşürüldüğünü ifade edilmiştir.

Acar (2017), dağlık arazilerde orman ürünlerinin kesim alanından rampalara nakliyatında ülkemizdeki hava hattı ile bölmeden çıkarma yöntemlerine alternatif olacak ergonomik ve ekonomik yeni bir sistem geliştirmiştir. Bu sistemin güç ihtiyacını tamburlu orman traktörü sağlamaktadır. Bu sistemde taşıyıcı vagon ana taşıma kablo üzerinde kilitlenme özelliğine sahiptir. Hava hattının test edildiği yamaç yukarı havadan taşıma uygulamasında, ortalama 140 m çekme mesafesi için verim $3,057 \text{ m}^3/\text{saat}$ olarak hesaplanmıştır.

Lee ve diğ. (2018), Güney Kore’de yamaç yukarı ve yamaç aşağı yönde taşıma yapabilen küçük ölçekli bir hava hattının (HAM300) verimini değerlendirmiştir. Çalışmada, duyarlılık analizi yaparak farklı taşıma yönlerinin ve mesafelerinin hava hattı verimi ve maliyeti üzerinde etkilerini belirlenmiştir. Çalışmanın sonuçlarında ise, yamaç yukarı ve yamaç aşağı yönde hava hattı veriminin sırasıyla $6,29 \text{ m}^3/\text{saat}$ ve $4,65 \text{ m}^3/\text{saat}$ olduğunu bulmuşlardır. Birim maliyet ise sırasıyla $9,06 \text{ \$/m}^3$ ve $10,04 \text{ \$/m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada hava hattı taşıma yönünün maliyet ve verim üzerinde etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Szewczyk ve Sowa (2017) tarafından Polonya’da Sarıçamda yapılan bir çalışmada hasatçının verim analizinde iki yöntem kullanmıştır. Bu yöntemlerden biri video kayıt diğeri de PSION bilgisayar sistemidir. Bu iki yöntemde sıfırlama ve kümülatif zaman ölçüm tekniklerini kullanılmış ve kümülatif zaman ölçüm tekniğinin daha doğru sonuç verdiği tespit edilmiştir.

Bilici ve diğ. (2017), Osmangazi Orman İşletme Şefliğinde yaptığı çalışmada, Doosan DX 300LC hasatçının kızılçam meşceresinin hâkim olduğu tıraşlama kesiminde verim analizini yapmıştır. Bu analiz verilerini istatistiksel olarak yorumlamış ve verime etki

eden temel birleşenleri belirlemiştir. Sonuçlar hasatçının verimliliğinin 23,91 m³/saat olduğunu göstermiştir. Hasatçının verimliliğinin esas olarak ağaç boyutundan etkilendiği ve çalışma alanında kesilen ağaçların toplam işlem süresini doğrudan etkilediği belirlenmiştir. Bilici (2021) tarafından Çanakkale Orman İşletme Şefliğinde yapılan çalışmada ise, kesici-istifleyiciyle (feller-buncher) birim zamanda üretilen odun hammaddesi hacmini modellemek amacıyla Weibull olasılık dağılımı yöntemi kullanmıştır. Weibull olasılık dağılımının şekil parametresi arttıkça hacim verilerinin frekansının 0'dan uzaklaştığı tespit edilmiştir. Sonuçlar, şekil parametresinin hacim frekansının dağılımı hakkında yeterli ölçüde ön bilgi verdiğini göstermiştir.

Kemmerer ve Labelle (2020), hasatçının 1993-2019 yılları arasındaki verim analiz değerlerini kullanarak derleme bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada hasatçıdan elde edilen boy ve çap ölçümleri, zaman, konum ve yakıt verileri ve zaman etüdü verilerini kullanmışlardır. Bu veriler sayesinde ağaç ve meşcere parametrelerini tahmin edilebileceğini tespit etmişlerdir. Ancak, ağaçların geometrisinin kesici başlıktaki ölçüm cihazında temas problemine neden olduğu ve bunun ölçümlerde hataya yol açabileceği vurgulanmıştır.

Tunay ve Varol (1999), Batı Karadeniz Bölgesi ormanlarında yaptığı çalışmada, orman depolarındaki tomrukların yüklenmesi, boşaltması ve istiflemesi aşamalarında uygulanan yöntemlerin performanslarını ve maliyetini değerlendirmişlerdir. Zaman analizi yöntemi ile Caterpillar 920 ve Granab 4515 marka yükleyicilerin performansını değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında sürekli zaman ölçme tekniğiyle yükleme, boşaltma ve istifleme çalışmaları, verim analiz yapılmıştır. Sonuçlara göre, bir deponun yıllık yükleme hacminin 8.500 m³ ve üzerinde olduğu depolarda, Granab 4515 marka yükleyicinin maksimum yükleme verimliliğine sahip olduğu ve bu yükleyici seçilerek işletme maliyetlerini en aza indirebileceğini ifade etmiştir. Yıllık istifleme kapasitesinin 148.000 m³ ve üzeri olduğu alanlarda, istifleme verimliliğinin maksimum olduğu yükleyicinin Caterpillar 920 olduğu belirlenmiştir.

Akay ve diğ. (2020), Topçam Orman İşletme Şefliğinde yaptıkları çalışmada sürekli zaman ölçümü yöntemi kullanılarak Liebherr L 514 Stereo yükleyicinin performansını incelemişlerdir. Üretim sahalarında yapılan zaman ölçümleri sonucunda en fazla zaman alan iş aşamasını yüklü halde olan yükleyicinin yükleme yapılan aracın yanına ulaşma süresi olduğu tespit etmişlerdir. Bu iş aşamasından sonra en fazla zaman harcayan aşama ise boş olan yükleyicinin yükleme yapılacak ürünlerin yanına

ulaşması aşamasıdır. Yapılan analiz sonuçlarına göre yükleyicinin ortalama saatlik verimini 34,27 m³ olarak bulmuşlar ve tomruk çapı ve hacminin verimliliği direk olarak etkilediğini tespit etmişler. Ancak, tomruk uzunluğunun verimliliğe önemli ölçüde bir katkı sağlamadığını vurgulamışlardır.

2.2 Toprak Deformasyonu

Mekanik bölmeden çıkarma araçlarının orman toprağına oluşturdukları deformasyonun en önemli göstergesi teker izi derinliğidir. Tekerlek izi derinliği orman toprağı üzerinde çeşitli olumsuzlukların göstergesidir (Akay ve Erdaş, 2007). Tekerlek izi derinliği birçok faktörden etkilenmektedir. Toprağın taşıma yeteneğı, mekanik üretim araçlarının aksları üzerindeki yük baskısı ve lastik tekerlerin iç basıncı gibi etmenler bunlardan bazılarıdır (Nipkow, 1983). Tekerlekler toprak yüzeyinde oluşturdukları temas alanıyla aksları üzerindeki yükleri toprağı zemin basıncı olarak iletirler. Toprak yapısı gereğı kendisine iletilen basıncı absorbe etme kabiliyetine sahipse tekerleklerin zemin üzerinde oluşturdukları temas alanı artar, bu durum tekerlekte sarkma oluşturarak yüzey alanını genişletir ve bu sarkma sonucu, temas yüzeyi arttığından birim alana uygulanan basınç azalmış olur (Abeels, 1983). Tekerdeki sarkmaya neden olan bir diğer etmende iç basıncın düşük olmasıdır. Bunun sonucu olarak temas yüzeyi genişler ve toprağı yapılan basınç azalmış olur (Koger ve diğ., 1985). Toprak kendine iletilen basıncı absorbe edecek kabiliyete sahip değilse ya da eşitse bu durumda toprak teker tarafından iletilen basınca kabiliyeti kadar karşı koyar. Tekerlek tarafından yapılan basınç toprak kabiliyetinin üstünde ise teker orman toprağının biçimini değiştirir ve toprak içine gömülmeye başlar (Erdaş, 1993). Tekerleklerin toprak yüzeyinde oluşturduğu zemin basıncı tekerlek izi derinliğinde etkili faktördür (Wronski ve Humpherys, 1994). Toprak zeminine yapılan basınç araçların boyutu ve taşıma kapasitesi ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Tekerleklerin boyutundaki artış tekerleklerin toprak zeminine olan yüzey alanını artırmakta ve bunun sonucu olarak toprağı yapılan basınç azalmaktadır (Greene ve Stuart, 1985).

Akay ve Erdaş (2007), yaptıkları çalışmada bir model geliştirerek lastik tekerlekli orman traktöründen meydana gelen tekerlek izi derinliğini hesaplamışlardır. Bu modelin doğruluğı arazi çalışmaları ile test edilmiş ve model arazi verileri ile uyum göstermiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre düşük tekerlek iç basıncı teker izi derinliğini

%11 oranında azalttığı ifade etmişlerdir. Ayrıca yükleme ağırlığının teker iz derinliği ile doğru orantılı olduğu tespit edilmiştir. Turgut (2012), orman örtüsü altındaki topraklarda görülen deformasyon sorununun nedenlerini araştırdığı çalışmada, toprakların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri ile bitkilerin fizyolojisinde ortaya çıkardığı olumsuzlukları değerlendirmiştir. Sonuçlar, ormanlık alanlarda araç trafiğinin fazla olması, üretim, bölmeden çıkarma ve mekaniksel hazırlık gibi ormancılık uygulamaları, yoğun rekreasyonel alan kullanımları ve hayvan baskıları gibi nedenlerden dolayı orman örtüsü altındaki topraklarda önemli miktarda deformasyon problemi oluştuğunu göstermiştir.

Öztürk (2014), İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Şile Orman İşletme Müdürlüğü, Sahilköy Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde bir sürütme yolu üzerinde sürütme sonrası oluşan toprak deformasyonlarını tespit etmiştir. Sürütme yolu üzerinde belirli bir tur sayısından sonra yol üzerinde oluşan deformasyonu ölçmüş ve bu ölçümleri değerlendirmiştir. Sonuçlar sürütme yolunda 40 turdan sonra 6-8 cm arasında teker derinliği oluşabileceğini göstermiştir.

Türk ve Gümüş (2015), Balıklı Orman İşletme Şefliğinde gerçekleştirilen çalışmada tarım traktörü ile sürütme şeritleri üzerindeki toprak ve fidan zararını araştırmışlardır. Çalışmada sürütme yolu üstünde 10 m aralıkla toprak örnekleme yapmışlardır. Toprak örnekleri alınan noktalarda 0-5 cm ve 5-10 cm derinlikte el penetrometresi kullanılarak toprak sıkışması ölçülmüş, sürütme şeritlerindeki toprak kayıpları ve fidan zararları tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda hektarda 703 m² alanın toprak sıkışıklığına maruz kaldığı ve hektarda 53,39 m³ toprak kaybı olduğu bildirilmiştir.

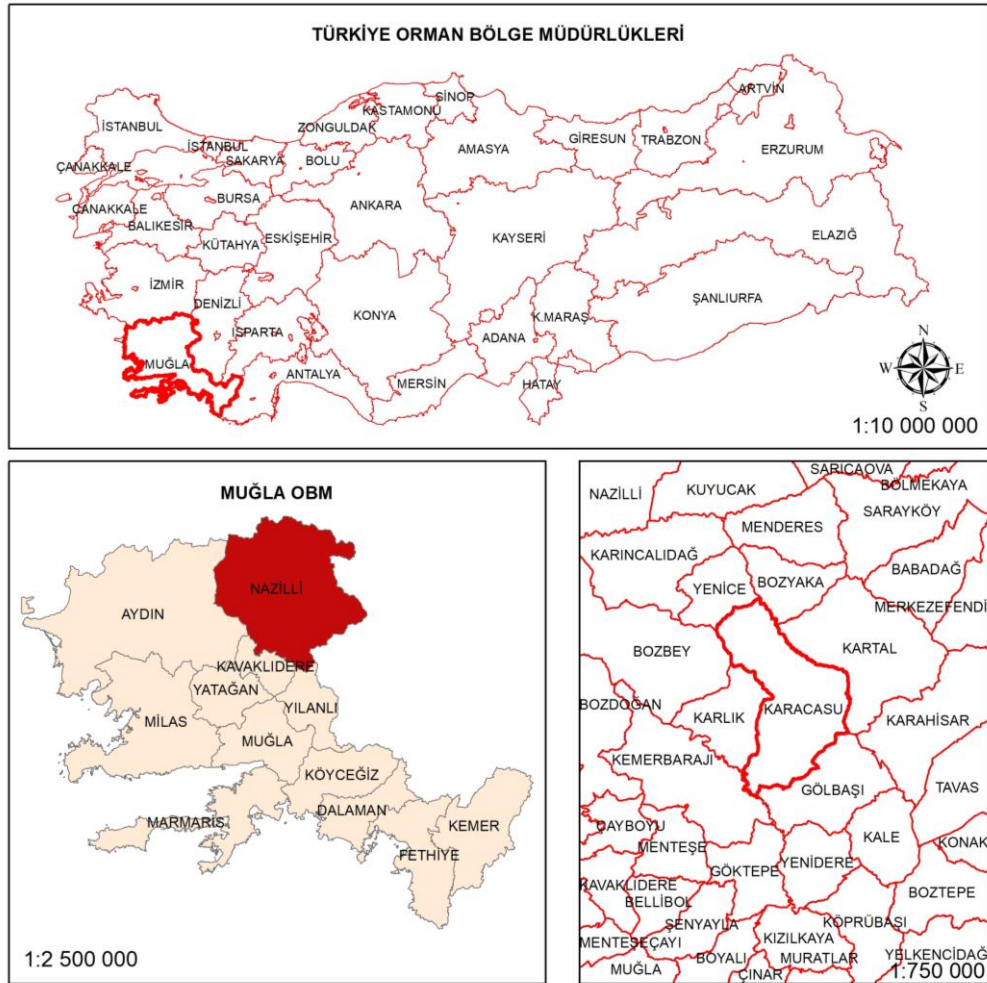
Pierzchała ve diğ. (2014), İHA görüntüleri kullanarak üretim sonrası sürütme yollarını içeren ayrıntılı bir arazi modeli oluşturmuştur. Daha sonra bu modeli lazer tarayıcı ile elde edilen üretim öncesi arazi modeli ile karşılaştırarak, sürütme yollarındaki toprak deformasyonlarını hacimsel olarak tespit etmişlerdir. Sonuçlar İHA tabanlı verilerle küçük üretim sahalarında toprak deformasyonlarının etkili ve hızlı bir şekilde hesaplanabileceğini göstermiştir. Nevalainen ve diğ. (2017) İHA görüntüleri ile üretilen nokta bulutlarını kullanarak sürütme yolu üzerinde oluşan deformasyonları tespit etmişlerdir. Sonuç olarak, İHA tabanlı yöntemle %65'in üzerinde doğrulukla sahada gerçekleşen toprak deformasyonunu tespit etmişlerdir.

Genç (2020), çalışmasında bölmeden çıkarma yöntemlerinin (traktör ile askıda sürütme, el vinci ile sürütme, kablo yöntemi ile çekim) farklı eğim (%0-20, %20-33, >%33), meşcere çağı (b-bc, c-cd), toprak derinlik kademesi (0-5 cm, 5-10 cm) ve tur sayısına (5 ve 10) bağlı olarak toprak üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Sonuçlar, her iki toprak derinlik kademesi için %0-20 eğim grubunda ve b-bc meşcere çağıında en ideal bölmeden çıkarma yönteminin traktör ile askıda sürütme olduğu belirlenmiştir. Aynı eğim grubunda, c-cd meşcere çağı ve 0-5 cm toprak derinliği için en ideal bölmeden çıkarma yönteminin el vinci ile sürütme, 5-10 cm derinlik için ise traktör ile askıda sürütme olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, %20-33 eğim grubunda ve b-bc meşcere çağıında, 0-5 cm derinlik için en ideal yöntemin traktör ile askıda sürütme, 5-10 cm için ise el vinci ile sürütme olduğu bildirilmiştir. Çalışmada, aynı eğim grubunda, c-cd meşcere çağıında her iki toprak derinliği için kablo ile bölmeden çıkarma yönteminin en ideal bölmeden çıkarma yöntemi olduğu ifade edilmiştir. Eğimin %33'ün üzerinde olduğu alanlarda ise, her iki meşcere çağıında ve her iki toprak derinliğinde en ideal yöntemin el vinci ile sürütme olduğu belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1 Çalışma Sahalarına Ait Genel Bilgiler

Tez kapsamında ilk arazi çalışması Muğla Orman Bölge Müdürlüğü (OBM), Nazilli Orman İşletme Müdürlüğü (OİM), Karacasu Orman İşletme Şefliği (OİŞ) sınırları içerisinde, 575 numaralı bölmede yer alan Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) tensil sahasında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1). Karacasu Orman İşletme Şefliği'nin toplam orman alanı 31.831,90 hektar ve çalışma sahası alanı ise yaklaşık 46 hektardır. Bölmenin ortalama eğimi %25'dir. Çizelge 3.1'de Nazilli OİM altında bulunan OİŞ'lerine ait orman varlığının alansal dağılımı verilmiştir.

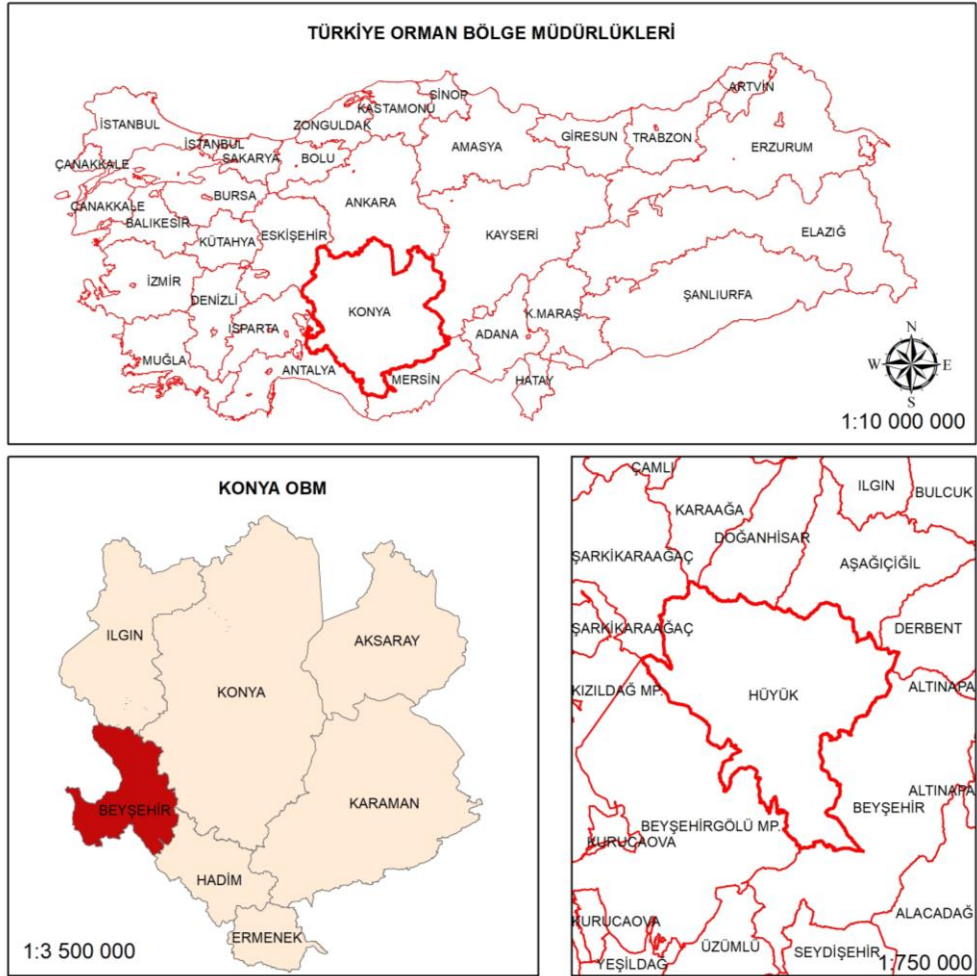


Şekil 3.1 : Karacasu Orman İşletme Şefliğinin coğrafi konumu.

Çizelge 3.1 : Nazilli OİM sınırlarındaki şefliklerinin orman varlığı (ha) bilgileri (OGM, 2023).

İşletme şeflikleri	Normal orman	Bozuk orman	Toplam orman	Ormansız alan	Genel alan
Nazilli	7.525,70	3.879,40	11.405,10	43.607,80	55.012,90
Bozdoğan	13.968,00	7.865,10	21.833,10	26.329,40	48.162,50
Karacasu	18.621,90	13.210,00	31.831,90	24.895,80	56.727,70
Karıncalıdağ	6.586,60	2.531,30	9.117,90	12.129,10	21.247,00
Kemer Barajı	14.833,70	5.215,00	20.048,70	16.220,20	36.268,90
Kuyucak	15.580,50	5.672,10	21.252,60	18.973,40	40.226,00
Sarıcaova	9.237,70	3.005,70	12.243,40	10.034,90	22.278,30
Yenice	12.101,70	1.198,40	13.300,10	5.229,50	18.529,60
Yenipazar	8.486,50	3.661,20	12.147,70	34.595,40	46.743,10

İkinci arazi çalışması Konya OBM, Beyşehir OİM'ye bağlı Hüyük OİŞ sınırları içerisinde, 114 numaralı bölmede kalan, Karaçam (*Pinus nigra Arnold*) meşçeresinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2). Hüyük OİŞ'nin toplam orman alanı 16.338,10 hektar ve çalışma sahasının alanı ise 49 hektardır. Çizelge 3.2' de Beyşehir OİM'ye bağlı OİŞ'lerinin orman varlığının alansal dağılımı gösterilmektedir.

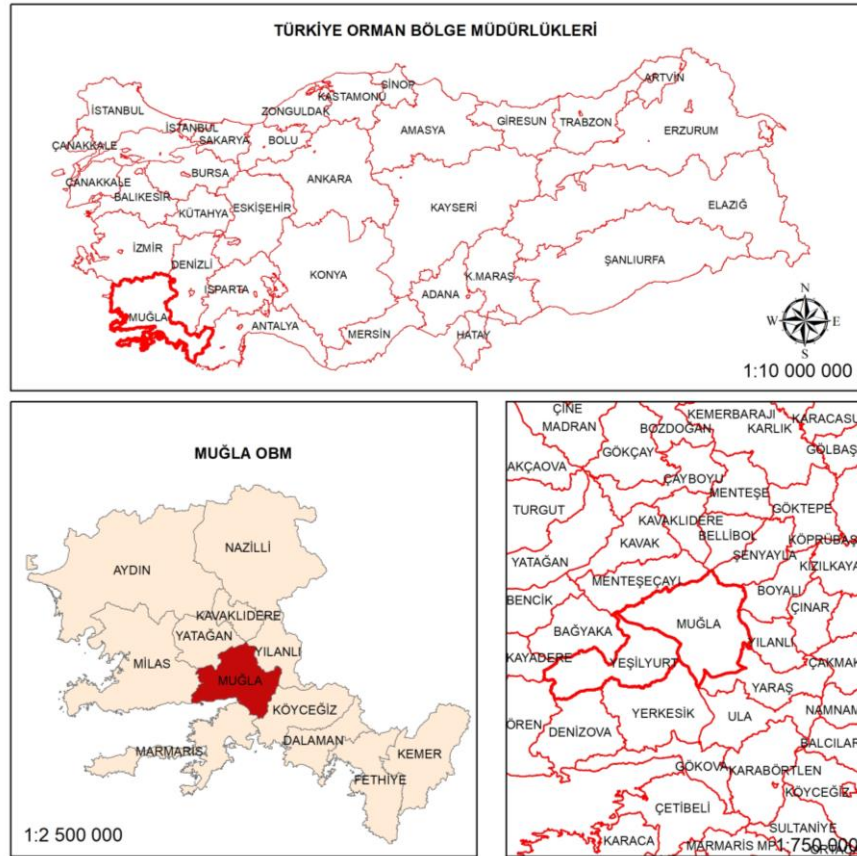


Şekil 3.2 : Hüyük Orman İşletme Şefliğinin coğrafi konumu.

Çizelge 3.2 : Hüyük OİM şefliklerinin orman varlığı (ha) bilgileri (OGM, 2023).

İşletme şeflikleri	Normal orman	Bozuk orman	Toplam orman	Ormansız alan	Genel alan
Beyşehir	15.098,10	11.890,20	26.988,30	42.387,50	69.375,80
Kızıldağ	9.737,10	8.143,10	17.880,20	6.802,60	24.682,80
Kurucuova	2.813,10	533,20	3.346,30	2.675,20	6.021,50
Seydişehir	13.603,90	13.714,10	2.73180	42.200,90	72.518,90
Yeşildağ	10.237,40	2.564,70	12.802,10	5.677,80	18.479,90
Alacadağ	12.090,20	25.407,30	37.497,50	31.732,70	69.230,20
Derebucak	10.144,50	11.267,90	21.412,40	7.197,20	28.609,60
Hüyük	10.226,20	6.111,90	16.338,10	58.804,20	7.5142,30
Üzümlü	11.695,90	3.366,00	15.061,90	7.557,40	2.2619,30

Üçüncü çalışma alanı, Muğla OBM, Muğla İşletme Şefliği 7 numaralı bölmede yer alan Kızıldağ tensil sahasıdır (Şekil 3.3). Muğla OİŞ'ye ait ormanlık alan 14.729,10 hektardır. Çizelge 3.3'te Muğla OİM'ye bağlı orman işletme şefliklerinin orman varlığının alansal dağılımı gösterilmektedir. Dördüncü çalışma alanı, biri de OİM altında yer alan Yeşilyurt OİŞ, 158 numaralı bölmede yer alan Kızıldağ sahasıdır. Yeşilyurt OİŞ'ye ait toplam ormanlık alan 10.060,10 hektardır (Şekil 3.3). Çizelge 3.3'te Muğla OİM'ye bağlı OİŞ'lerinin orman varlığının alansal dağılımı gösterilmektedir.

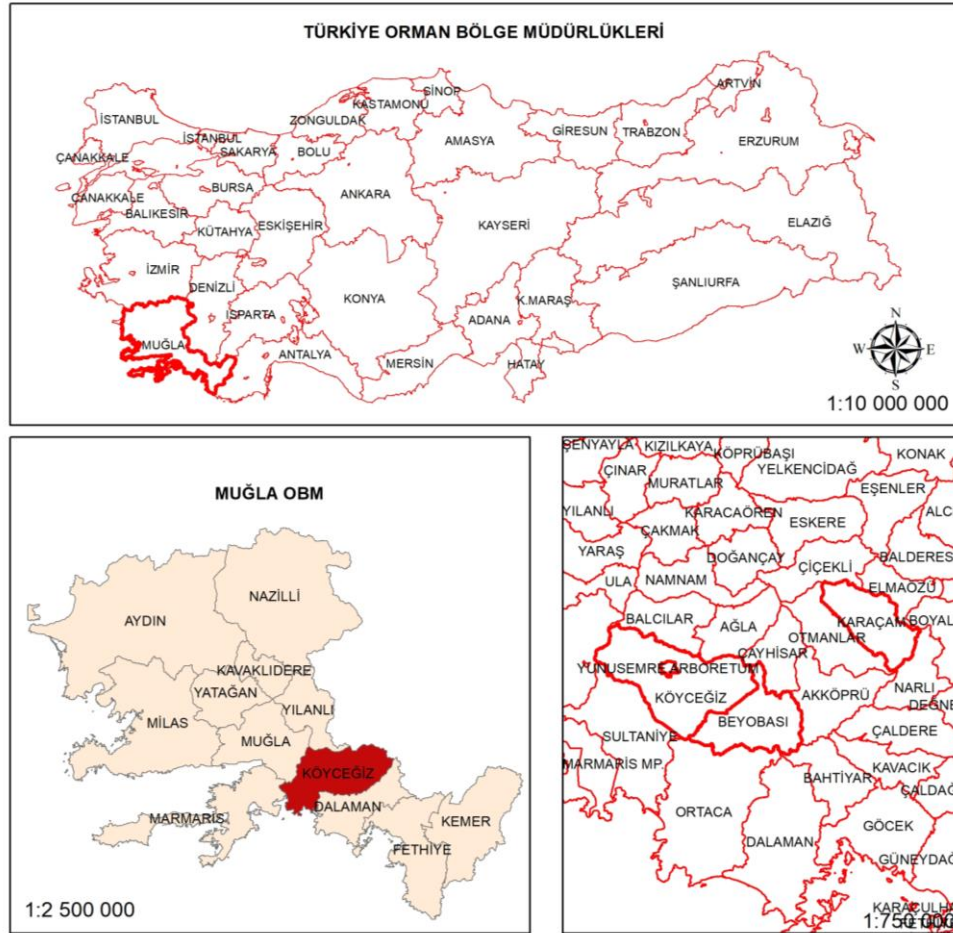


Şekil 3.3 : Muğla ve Yeşilyurt Orman İşletme Şefliklerinin coğrafi konumları.

Çizelge 3.3 : Muğla OİM şefliklerinin orman varlığı (ha) bilgileri (OGM, 2023).

İşletme şeflikleri	Normal orman	Bozuk orman	Toplam orman	Ormansız alan	Genel alan
Muğla	7.257,30	7.471,80	14.729,10	7.458,90	22.188,00
Yeşilyurt	5.059,70	5.000,40	10.060,10	5.394,80	15.454,90
Yerkesik	6.265,50	3.649,60	9.915,10	7.641,70	17.556,80
Denizova	5.220,20	3.912,40	9.132,60	4.376,80	13.509,40
Yaraş	6.964,30	2.118,50	9.082,80	2.123,70	11.206,50
Karabörtlen	8.534,10	874,60	9.408,70	3.752,60	13.161,30
Ula	6.474,00	3.311,20	9.785,20	2.494,20	12.279,40
Gökova	5.637,90	798,60	6.436,50	3.103,90	9.540,40
Gökova Arş.	1.018,70	30,20	1.048,90	944,30	1.993,20

Beşinci, altıncı ve yedinci çalışma alanları sırasıyla Muğla OBM, Köyceğiz OİM altında yer alan; Karaçam OİŞ’de yer alan 49 numaralı bölmedeki Kızılçam tensil sahası, Beyobası OİŞ’de yer alan 85 numaralı bölmedeki Kızılçam yangın sahası ve Köyceğiz OİŞ’de yer alan 111 numaralı bölmedeki Kızılçam yangın sahasından seçilmiştir (Şekil 3.4). İlgili sahaları ilişkin bilgiler Çizelge 3.4’te verilmiştir.

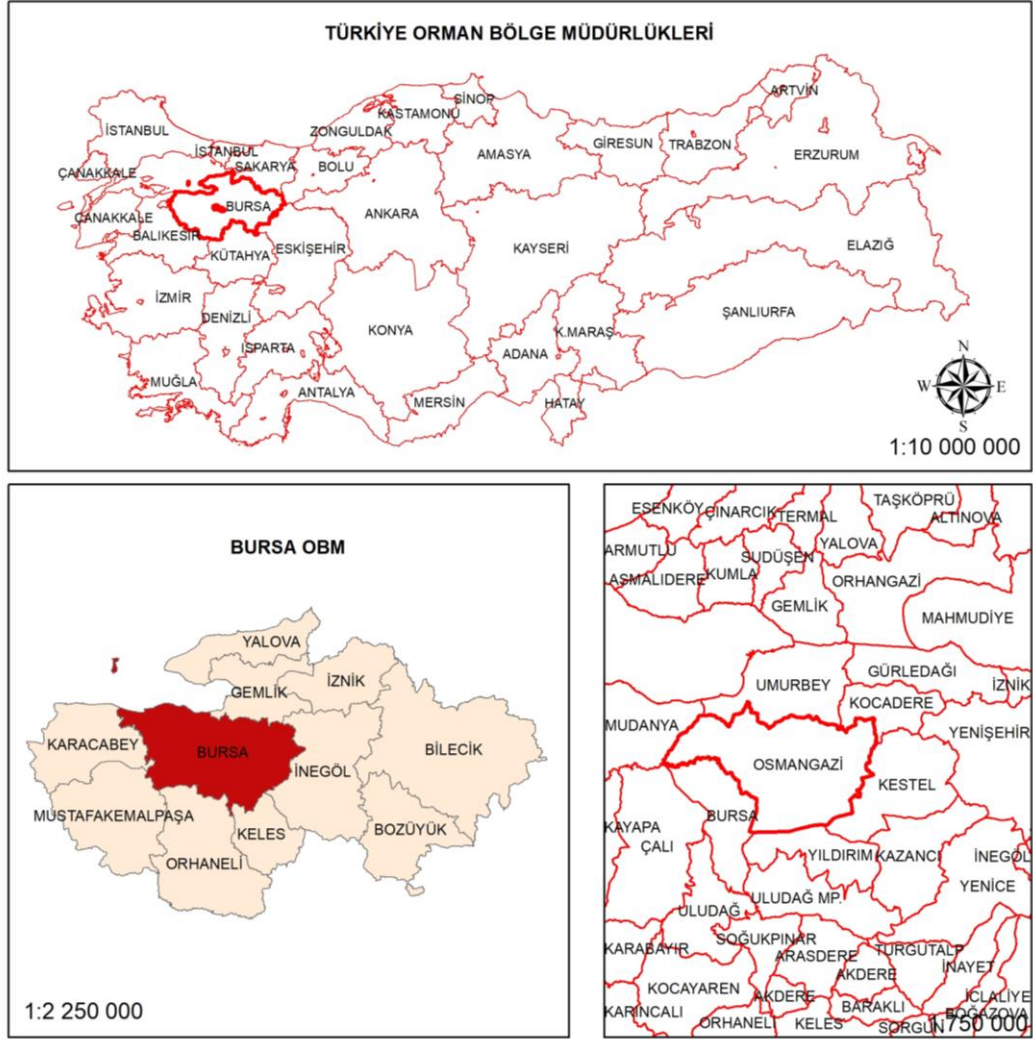


Şekil 3.4 : Karaçam, Beyobası ve Köyceğiz Orman İşletme Şefliklerinin coğrafi konumları.

Çizelge 3.4 : Köyceğiz OİM şefliklerinin orman varlığı (ha) bilgileri (OGM, 2023).

İşletme şeflikleri	Normal orman	Bozuk orman	Toplam orman	Ormansız alan	Genel alan
Ağla	13.371,90	3.218,80	16.590,70	732,20	17.322,90
Akköprü	8.421,70	1.828,70	10.250,40	1.249,70	11.500,10
Karaçam	14.302,20	3.659,30	17.961,50	1.676,00	19.637,50
Beyobası	11.457,30	3.579,20	15.036,50	4.160,90	19.197,40
Köyceğiz	7.109,60	3.543,70	10.653,30	10.188,40	20.841,70
Sultaniye	9.805,70	8.195,10	18.000,80	3.827,20	21.828,00
Marmaris M.P.	3.090,78	4.231,60	7.322,40	69,49	7.391,90
Arboretum	201,50	176,40	377,90	24,20	402,10

Sekizinci çalışma alanı, Bursa OBM, Osmangazi OİŞ, 6 numaralı bölmede bulunan Kızılçam meşceresinde gerçekleştirilmiştir. Osmangazi OİŞ'ye ait toplam ormanlık alan 10842,10 hektardır (Şekil 3.5). Çizelge 3.5'te Bursa OİM'ye bağlı OİŞ'lerinin orman varlığının alansal dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 3.5 : Osmangazi Orman İşletme Şefliğinin coğrafi konumları.

Çizelge 3.5 : Bursa OİM şefliklerinin orman varlığı (ha) bilgileri (OGM, 2023).

İşletme şeflikleri	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

3.2 İnsansız Hava Aracı (İHA)

Tez çalışmaları sırasında zaman ölçümlerinin kaydedilmesi için “DJI Mavic Pro” model İHA çifti kullanılmıştır (Şekil 3.6 ve Şekil 3.7). Yüksek çözünürlüklü görüntü (fotoğraf için 12 MP, video için 4K) sağlama, üç eksenli “gimbal” aparatı ile rüzgârlı havalardan kaynaklanan vibrasyon etkisini önleme özelliklerine sahip olan DJI Mavic Pro, ayrıca kolay taşınabilir olması ve dayanıklı yapısıyla da yaygın olarak kullanılan insansız hava araçlarından biridir. İHA’ya ilişkin teknik bilgiler Çizelge 3.6’da verilmiştir.



Şekil 3.6 : DJI Mavic Pro.



Şekil 3.7 : DJI Mavic Pro çifti ve yedek piller.

Çizelge 3.6 : DJI Mavic Pro İHA'ya ait teknik bilgiler.

Teknik özellikler	Değerler
Görüş açısı	94°
Diyafram açıklığı	2,8 /f
Sensor türü	CMOS
Sensor boyutu	1/2,3 inç
Etkin piksel	12 MP
Video çözünürlüğü	4K
Video kare hızı	30 fps
Titreşim engelleme	Var
Titreşim engelleme türü	3 Eksenli
Fotoğraf çekebilme	Var
Fotoğraf çözünürlüğü	4000x3000
Dahili kamera	Var
Ağırlık	734 gr
Maksimum uçuş süresi	17 dakika

3.3 Çalışmada Değerlendirilen Üretim Makineleri

Çalışma kapsamında yürütülen analizler sekiz şeflikte uygulanmıştır. Zaman analizleri (ZA) yedi işletme şefliğinde, toprak deformasyon analizi (TDA) ise bir şeflikte gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.7). Çalışmada değerlendirilen üretim makinelerinin şefliklere dağılımı Çizelge 3.7’de verilmiştir.

Çizelge 3.7: Üretim makinelerinin şefliklere göre dağılımı.

Orman İşletme Şeflikleri	Hasatçı	Hava hattı	Tarım traktörü	Yükleyici
Karacasu	ZA			
Hüyük	ZA			
Köyceğiz		ZA		
Yeşilyurt			ZA	
Osmangazi			ZA	
Beyobası			TDA	
Muğla				ZA
Karaçam				ZA

3.3.1 Hasatçı

Çalışmada Karacasu ve Hüyük OİŞ’lerdeki zaman analizi uygulamalarında Hidromek 220 model hasatçı değerlendirilmiştir. Hasatçı, üretim çalışmaları sırasında kesici-başlık yardımıyla ağacı kesme-devirme, dalları temizleme ve ağacı seksiyonlara ayırma işlemlerini sahada gerçekleştirebilme yeteneklerine sahip bir üretim aracıdır (Şekil 3.8). Çalışmada değerlendirilen hasatçının bazı teknik özellikleri Çizelge 3.8’de verilmiştir.



Şekil 3.8 : Hidromek 220 (sol) ve AFM75 kesici başlık (sağ).

Çizelge 3.8 : Hidromek 220 hasatçının teknik özellikleri.

Teknik özellikler	Değerler
Ağırlık	22950 kg
Motor gücü	162 HP
HD boom	5800 mm
Palet	600 mm
Kesici başlık	AFM 75 model
Ağırlık	1982 kg
Ağaç çapı	40-60 cm
İşlem hızı	0-5 m/s

3.3.2 Hava hattı

Çalışmada Köyceğiz OİŞ’de gerçekleştirilen zaman analizi uygulamasında Moz 500GR model hava hattı değerlendirilmiştir (Şekil 3.9). Orta mesafeli bu hava hattı gücünü Tümason 8105 model traktörün kuyruk milinden almaktadır. Bu iki üretim aracının teknik özellikleri Çizelge 3.9’da verilmiştir.



Şekil 3.9 : Tajfun MOZ 500GR vinçli hava hattı ve Tümason 8105 tarım traktörü.

Çizelge 3.9 : Tajfun MOZ 500GR orta mesafeli vinçli hava hattı ve Tümason 8105 tarım traktörün teknik özellikleri.

Teknik özellikler	Değer	Teknik özellikler	Değer
Taşıma mesafesi	500 m	Motor gücü	105
Nakliye hızı	28 kN	Tork	400
Minimum traktör gücü	60 kW (80 hp)	Yakıt deposu	115 lt
Nakliye hızı	4 m/sn	Çeker durumu	4 WD
Halatlar olmadan ağırlık	4.000 kg	Kaldırma kapasitesi	4.000 kg
Taşıma kablosu çap/boyu	18 mm /500 m	Silindir sayısı	4 Adet
Cer kablosu çap/boyu	9 mm / 500 m	Silindir hacmi	3,9 lt
Emniyet kablosu	16 mm /45 m	Ağırlık	3500 kg

3.3.3 Tarım traktörü

Çalışmada zaman analizi uygulamalarında Osmangazi OİŞ’de New Holland TT55B model tarım traktörü ve Yeşilyurt OİŞ’de Fiat 80-66 model tarım traktörü değerlendirilmiştir (Şekil 3.10, Çizelge 3.10). Bu tarım traktörlerine ait teknik özellikler Çizelge 3.11’de verilmiştir. Beyobası OİŞ’de yürütülen toprak deformasyonu analizlerinde ise Massey Ferguson 2615 model tarım traktörü değerlendirilmiştir (Şekil 3.11, Çizelge 3.11).



Şekil 3.10 : New Holland TT55B (sol) ve Fiat 80-66 (sağ) model tarım traktörleri.

Çizelge 3.10 : Zaman analizi çalışmasında değerlendirilen tarım traktörlerinin teknik özellikleri.

Teknik özellikler	New Holland TT55B	Fiat 80-66
Uzunluk	3.610 mm	3.822 mm
Ön iz genişlik	1.445 mm	1.630-19.60 mm
Arka iz genişlik	1.938	1.500-2.000 mm
Yerden yükseklik	334 mm	405 mm
Ağırlık	2.320 kg	3.090 kg
Motor	55 ps	80 hp
Sürütme materyali	Zincir	Halat



Şekil 3.11 : Massey Ferguson 2615 tarım traktörü.

Çizelge 3.11 : Toprak deformasyon analizlerinde değerlendirilen tarım traktörünün teknik özellikleri.

Teknik özellikler	Değerler
Uzunluk	3.788 mm
Ön iz genişlik	1.630 mm
Arka iz genişlik	1.670 mm
Yerden yükseklik	405 mm
Ağırlık	2.505 kg
Motor	50 hp
Motor hacmi	2.700 cc
Sürütme materyali	Halat
Çeker	4 Çeker

3.3.4 Yükleyici

Çalışmada zaman analizi uygulamalarında Muğla OİŞ’de Hitachi Zaxis-160 model ve Karaçam OİŞ’de Sumitomo SH-160 yükleyiciler değerlendirilmiştir (Şekil 3.12). Bu yükleyicilere ait teknik özellikler Çizelge 3.12’de verilmiştir.



Şekil 3.12 : Hitachi Zaxis-160 (sol) ve Sumitomo SH-160 (sağ) yükleyiciler.

Çizelge 3.12 : Zaman analizi çalışmasında değerlendirilen yükleyicilerin teknik özellikleri.

Model	Hitachi Zaxis-160	Sumitomo SH-160
Motor Gücü	136 ps	121 ps
Motor Devri	1.900 devir/dk	2.200 devir/da
Yakıt deposu kapasitesi	285 lt	300 lt
Ağırlık	18.800 kg	16.000-19.200 kg
Araç Genişliği	2.520 mm	2.590 mm
Palet Genişliği	500 mm	600 mm
Kaldırma yüksekliği	8.800 mm	6.380 mm
Kabin türü	Kapalı Kabin	Kapalı kabin

3.4 Verim Analizleri

Mekanik üretim makinelerinin verimleri zaman analizleri ile belirlenmiştir. Bu kapsamda, sahada İHA ile üretim makinelerinin faaliyetlerine ait yüksek çözünürlüklü sayısal görüntüler elde edilmiş ve görüntüler üzerinde yürütülen zaman analizi ölçümleri ile verimli çalışma zamanı ve verim hesaplamaları yapılmıştır. Zaman etüdü ile bir döngüde ölçülen toplam süre ile üretim çalışmalarının verimi (m³/saat) saatlik olarak hesaplanmıştır. Verim hesaplamak için Formül 3.1 kullanılmıştır (Gülci, 2014):

$$Verim = \frac{O\ddot{U}H}{TS} * 60 \quad (3.1)$$

$O\ddot{U}H$ = Bir döngüdeki ortalama ürün hacmi (m³)

TS = Bir döngüdeki ortalama toplam süre (dk)

60 = Süreyi dakikadan saate çevirmek için kullanılan katsayı

Verimliliği hesaplamak için ürün hacimlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ürün hacimlerinin hesaplanması için ormancılıkta yaygın olarak kullanılan formüllerden biri olan “Orta Yüzey Formülü (Huber Formülü)” kullanılmıştır. Bu formül ile döngülerdeki hacimleri bulmak için orta çap ve ürün boylarından faydalanılarak hesaplamalar yapılmıştır (Carus, 2002):

$$V_i = \frac{\pi}{40000} d_i^2 L_i \quad (3.2)$$

d_i = Ürünün orta çapı (cm)

L_i = Ürünün boyu (m)

Arazide yapılan ölçümlerde şerit metre ve çap ölçer kullanarak her bir döngü için bağımsız değişkenler olarak ürün boyu, ürün çapı ($d_{1.3}$ ve/veya orta çap), ürün hacmi (Formül 3.2), parça sayısı, toplam ürün hacmi (döngüdeki ürünlerin toplam hacmi), sürütme mesafesi ve taşıma mesafesi gibi parametreler belirlenmiştir. Daha sonra, elde edilen veriler kullanılarak istatistiksel analizler yardımıyla bu parametrelerin mekanik araçların verimli çalışma zamanı ve saatlik verimleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Son aşamada, Weibull olasılık dağılımı kullanılarak mekanik üretim araçları için verim tahmin modelleri geliştirilmiştir.

3.4.1 Zaman etüdü

Tezin bu aşamasında, çalışmada değerlendirilen mekanik araçların zaman ölçümünde “DJI Mavic Pro” İHA kullanılarak saha görüntüleri kaydedilmiştir. Daha sonra, ofis ortamında görüntüler analiz edilerek iş aşamalarına ait zaman değerlerinin yüksek doğrulukla hesaplanması sağlanmıştır. Yüksek çözünürlüklü görüntü (fotoğraf için 12 MP, video için 4K) sağlama, üç eksenli “gimbal” aparatı ile rüzgârlı havalardan kaynaklanan vibrasyon etkisini önleme özelliklerine sahip olan DJI Mavic Pro, kolay taşınabilir olması ve dayanıklı yapısıyla da yaygın olarak kullanılan insansız hava araçlarından biridir. İHA ile yapılan uçuşlarda maksimum uçuş süresi yaklaşık 20 dakika olarak kaydedilmiştir. Kısa pil ömründen kaynaklanan zaman sınırlamasının olumsuz etkilerine karşı uçuş sürekliliğini sağlamak amacıyla aynı model iki İHA ile uçuşlar gerçekleştirilmiştir. Bunun yanında 10 adet yedek pil bulundurulmuştur. Sahada elde edilen görüntüler İHA’nın 128 GB’lık hafıza kartlarına kaydedilmiş ve daha sonra bilgisayar ortamında aktarılmıştır. Uçuşlar mekanik araçları en iyi görecekt ve güvenli uçuş sağlayacak irtifalarda (40 m - 60 m) gerçekleştirilmiştir. Uçuş sırasında iş güvenliği açısından sahada çalışan işçilerden ve makine ekipmanlarından uzak kalmaya dikkat edilmiştir. Ayrıca, manyetik enerji kaynaklarından etkilenmemek için elektrik direklerinden ve yüksek gerilim hatlarından uzak bölgelerde yürütülen çalışmalar seçilmiştir. Mekanik araçlarla gerçekleşen üretim çalışmaları sırasında personelden (dinlenme, yemek, vb.) veya makineden (tamir, bakım vb.) kaynaklanan toplam kayıp zaman ayrıca kaydedilmiş ve iş aşamalarına dahil edilmemiştir.

3.4.1.1 Hasatçı uygulaması

Hasatçı ile üretim çalışması, makinenin bir önceki seferde kesilen ağacın proses işlemleri (dal alma, kabuk soyma, tepenin alınması ve boylama) tamamlandıktan sonra

bir sonra kesilecek ağaca hareket etmesi ile başlamaktadır. Hasatçının kesilecek ağaca ulaşması ile ilk iş aşaması tamamlanmaktadır. İkinci iş aşaması, hasatçının boom uzatması ve kesici başlığı ile ağacı kavranması sırasında geçen zamandır. Üçüncü iş aşaması, kesici başlıkta yer alan testere aparatı ile ağacın kesilmesi için geçen süreyi kapsamaktadır. Dördüncü iş aşaması, ağacın kesilmesi ile kontrollü olarak devrilen ağacın tepe tacının zemine temas etmesi sırasında geçen zamandır. Son aşama ise kesici başlığın dal alma, kabuk soyma, tepenin alınması ve boylamadan oluşan proses işlemleri için kullanıldığı zamanı kapsamaktadır.

Zaman ölçümlerinde İHA tabanlı zaman etüdü, çalışma alanında alınan video kayıtları kullanılarak ofis ortamında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.13). Karacasu OİŞ sınırlarındaki çalışma sahasında 100 adet ağacın, Hüyük OİŞ sınırlarındaki çalışmada ise 98 adet ağacın kesim süreçlerinin İHA ile video kayıtları alınmıştır. Arazi eğiminin toplam zaman ve verim üzerine etkisini değerlendirmek için hasatçılarla ölçümü yapılan iş döngüleri üç eğim grubuna (düşük: %0-10; orta: %10-20; yüksek: %20-30) ayrılmıştır.



Şekil 3.13 : Hidromek 220 hasatçı ile ağaç kesiminin İHA ile alınan bir görüntüsü.

3.4.1.2 Hava hattı uygulaması

Yamaç yukarı gerçekleşen hava hattı ile bölmeden çıkarma çalışmasında ilk aşama vagonun vincin ve kulenin yer aldığı yukarı istasyondan aşağı istasyon olarak kullanılan dayanak ağacı istikametinde doğru ana hava hattı üzerinde yerçekimi vasıtasıyla hareket etmesiyle başlayıp, vagonun yükleme noktasına ulaşmasıyla sona

ermektedir. İkinci aşama, bağlama kablosunun vagondan aşağıya yükleme noktasında zemine indirilmesini kapsamaktadır. Üçüncü aşama, zemine inen yükleme kablosunun ürünlerin olduğu yere lateral olarak çekilmesi ile başlayıp, ürünlerin bağlama kablosuna bağlanması ile sona ermektedir. Dördüncü aşama, ürünlerin bağlı olduğu yükleme kablosunun zeminden vagona çekilmesini kapsamaktadır. Beşinci aşama, yüklü vagonun yamaç yukarı olarak ana hava hattı üzerinde yukarı istasyona (rampa) çekilmesi sırasında geçen zamanı ifade etmektedir. Altıncı aşama, bağlama kablosunun ürünlerle beraber rampada zemine indirilmesini ve yedince aşama ürünlerin bağlama kablosundan çözülmesini kapsamaktadır. Son aşamada ise bağlama kablosunun vagona çekilmesini ifade etmektedir. Köyceğiz OİŞ’de yapılan ölçümlerde hava hattı ile gerçekleştirilen toplam 30 turun İHA ile video kayıtları alınmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 : Tajfun MOZ 500GR hava hattı sisteminin İHA ile alınan bir görüntüsü.

3.4.1.3 Tarım traktörü uygulaması

Çalışmada sürütme operasyonları sırasında değerlendirilen her iki tarım traktörleri için de aynı iş aşamaları ölçülmüştür. Bölmeden çıkarma çalışması tarım traktörünün rampadan kesim sahasına doğru hareket etmesiyle başlayıp, rampa veya yol kenarında ürünlerin sürütme kışkacından boşaltılmasıyla son bulmaktadır. İlk aşama, traktörün ürünlerin istiflendiği rampa alanından hareket etmesiyle başlayıp, ürünlerin zeminde yer aldığı kesim sahasına ulaşmasıyla sona ermektedir. İkinci aşama, ürünlerin traktörün yükleme aparatına bağlanmasını kapsamaktadır. Üçüncü aşama, traktörün yüklü olarak kesim sahasından hareket ederek rampaya ulaşması sırasında geçen

zamanı ifade etmektedir. Son aşama ise rampada ürünlerin çözülerek traktörün boşaltılmasını kapsamaktadır.

Osmangazi OİŞ’de New Holland TT55B model tarım traktörü ile tomrukların sürütülmesi sırasında yapılan ölçümlerde toplam 30 turun İHA ile video kayıtları alınmıştır (Şekil 3.15). Yeşilyurt OİŞ’de ise Fiat 80-66 model tarım traktörü ile tüm ağaçların sürütüldüğü çalışmada ise toplam 35 turun İHA ile video kayıtları alınmıştır (Şekil 3.16).



Şekil 3.15 : New Holland TT55B model traktör ile sürütmenin İHA ile alınan bir görüntüsü.



Şekil 3.16 : Fiat 80-66 model traktör ile sürütmenin İHA ile alınan bir görüntüsü.

3.4.1.4 Yükleyici uygulaması

Çalışmada, yükleme sırasında değerlendirilen her iki yükleyici için de aynı iş aşamaları ölçülmüştür. İlk iş aşaması, yükleyicinin bir önceki döngüde ürünü kamyonu

yükledikten sonra başlayıp, bir sonraki yükleme yapacağı ürünün yanına ulaşması ile sona ermektedir. İkinci aşama, yükleyicinin boomu uzatması, ürünü kavraması ve kaldırmasını kapsamaktadır. Üçüncü aşama, yükleyicinin yükleme yapacağı kamyonun yanına ulaşması için geçen zamanı ifade etmektedir. Son aşama ise yükleyicinin kamyonu ürünü boşaltması ve istifini düzeltmesi için geçen zamanı kapsamaktadır.

Çalışmada yükleme sırasında Muğla OİŞ’de kullanılan Hitachi Zaxis-160 model yükleyici ile gerçekleşen 30 turun İHA ile video kayıtları alınmıştır (Şekil 3.17). Karaçam OİŞ’de kullanılan Sumitomo SH-160 yükleyici ile ise toplam 51 turun İHA ile video kayıtları alınmıştır (Şekil 3.18).



Şekil 3.17 : Hitachi Zaxis-160 model yükleyicinin İHA ile alınan bir görüntüsü.



Şekil 3.18 : Sumitomo SH-160 model yükleyicinin İHA ile alınan bir görüntüsü.

3.4.2 İstatistik analizler

Mekanik üretim araçları (hasatçı, hava hattı, tarım traktörü ve yükleyici) ile yürütülen üretim çalışmaları sırasında elde edilen verim ve zaman ölçümüne ait veriler SPSS 20.0 istatistik yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmada değerlendirilen parametrelerin normal dağılım özellikleri gösterebilmesi için örnek büyüklüğü olarak en az 30 adet olması gerekliliği dikkate alınmıştır (Batu, 1995).

İstatistiksel analizlerde ilk olarak her bir mekanik araç için bir çalışma döngüsünü oluşturan iş aşamalarına ait zaman değerlerinin, bağımsız değişkenlerin, toplam zamanın ve saatlik verimin tanımlayıcı (descriptive) istatistik değerleri (ortalama, minimum, maksimum, standart sapma) hesaplanmıştır. Normallik testleri için çarpıklık (skewness) ve basıklık (kurtosis) değerlerine bakılmıştır. Çarpıklık bir dağılımın normal olmama derecesini ölçerken, basıklık dağılımın ortasında çok fazla veya çok az örneğin bulunma derecesini gösteren bir indekstir. Çarpıklık katsayısı (χ) 0 olması dağılımın normal olduğunu, $\chi > 0$ olması dağılımın pozitif (sağa) çarpık olduğunu, $\chi < 0$ olması ise dağılımın negatif (sola) çarpık olduğunu gösterir. Basıklık ise verilerin tepe noktalarının durumunun normalden sapması (basık veya sivri olması) hakkında bilgi verir. Basıklık katsayısı (b_k) 0 ise dağılım normal olduğunu, $b_k < 0$ olması eğrinin normale göre daha basık olduğunu, $b_k > 0$ ise eğrinin normale göre daha sivri olduğunu gösterir (Tabachnick ve Fidell, 2013). Çarpıklık ve basıklık aşırı değilse, örneğin ± 3 'ün üzerinde olmadıkça normal dağılıma uygunluk olmaması normal dağılım açısından bir sorun teşkil etmemektedir (Ross ve Willson, 2018).

Çalışmada dikkate alınan bağımsız değişkenler ile araçların verimli çalışma zamanı ve saatlik verimleri arasındaki ilişkilerin araştırılması için Korelasyon Testi uygulanmıştır. 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. Değerlerin + yönde olması değişkenlerin her ikisinin de yükselmesini veya alçalmasını ifade ederken, - yönde olması değişkenlerden birinin yükselirken diğerinin alçaldığı anlamına gelmektedir. Son aşamada ise, çalışma zamanı ve saatlik verimler istatistiksel olarak anlamlı ilişki olduğu belirlenen bağımsız değişkenlere ilişkin matematiksel modellerin belirlenmesi için Regresyon Analizi uygulanmıştır.

3.4.2.1 Hasatçı verileri

Hasatçı ile gerçekleşen üretim çalışmalarında dikkate alınan bağımsız değişkenler; ürün boyu, ürün çapı (orta çap), kabuklu göğüs çapı ($d_{1.30}$), parça sayısı, ürün hacmi ve mesafedir. Çalışmada verimli çalışma zamanı içinde gerçekleşen iş aşamaları H1-5 rumuzları ile ifade edilmiş ve bunlar aşağıda açıklanmıştır:

H1: Boş gidiş

H2: Boom uzatma ve ağacı kavrama

H3: Kesiş

H4: Tepe tacının zemine teması

H5: Proses işlemleri

3.4.2.2 Hava hattı verileri

Hava hattı ile gerçekleşen bölmeden çıkarma çalışmalarında dikkate alınan bağımsız değişkenler; ortalama ürün boyu, ortalama ürün çapı (orta çap), yandan çekme mesafesi, parça sayısı ve toplam ürün hacmidir. Çalışmada verimli çalışma zamanı içinde gerçekleşen iş aşamaları HH1-8 rumuzları ile ifade edilmiş ve bunlar aşağıda açıklanmıştır:

HH1: Vagonunun yükleme noktasına ulaşması

HH2: Bağlama kablosunun yükleme noktasına indirilmesi

HH3: Kablonun ürüne çekilmesi ve bağlanması

HH4: Bağlanan ürünün vagona çekilmesi

HH5: Yüklü vagonun rampaya ulaşması

HH6: Ürünün zemine indirilmesi

HH7: Ürünün kablodan çözülmesi

HH8: Boş kabloun vagona çekilmesi

3.4.2.3 Tarım traktörü verileri

Tarım traktörü ile gerçekleşen bölmeden çıkarma çalışmalarında dikkate alınan bağımsız değişkenler; ortalama ürün boyu, ortalama ürün çapı (orta çap), parça sayısı, toplam ürün hacmi ve mesafedir. Çalışmada verimli çalışma zamanı içinde

gerçekleşen iş aşamaları TT1-4 rumuzları ile ifade edilmiş ve bunlar aşağıda açıklanmıştır:

TT1: Boş gidiş

TT2: Ürünün bağlanması

TT3: Rampaya dolu dönüş

TT4: Ürünün boşaltılması

3.4.2.4 Yükleyici verileri

Yükleyici ile gerçekleşen yükleme çalışmalarında dikkate alınan bağımsız değişkenler; ortalama ürün çapı (orta çap), parça sayısı ve toplam ürün hacmidir. Çalışmada verimli çalışma zamanı içinde gerçekleşen iş aşamaları Y1-4 rumuzları ile ifade edilmiş ve bunlar aşağıda açıklanmıştır:

Y1: Yükleyicinin ürüne ulaşması

Y2: Boomu uzatması ve ürünün kavraması

Y3: Kamyonu ulaşması

Y4: Ürünü yükleme ve istifleme

3.5 Verim Tahmin Modeli

Çalışmada dikkate alınan mekanik üretim araçları için hacim tahmin modellerinin geliştirilmesi için logaritmik modellerden Weibull olasılık dağılımı kullanılmıştır. Tahmin modelleri ile belirlenen hacim ve toplam çalışma zamanı değerleri arazi ölçümleri ile belirlenen verilerle karşılaştırılmıştır. Verilerin doğal dağılımını kullanan bu yaklaşım, üretim yöntemlerinin modellenmesinde klasik regresyon yaklaşımlarını tercih edilir kılmaktadır. Bu aşamada analizler Microsoft Excel 2019 yazılımında gerçekleştirilmiştir.

3.5.1 Weibull olasılık dağılımı

İlk olarak 1951 yılında Waloddi Weibull tarafından tanıtılan Weibull olasılık dağılımı, yaşam süresini tahmin etmek için geliştirilen bir dağılımdır (Zeytinoğlu, 2009). Weibull olasılık dağılımı, rüzgâr enerjisi potansiyelinin tahmini ve inşaat ekipmanlarının güvenilirlik analizlerinin yanı sıra ormancılıkta mekanik üretim

araçlarının verimliliğinin modellenmesi ve orman ağaçlarının çap dağılımlarının modellenmesi gibi alanlarda tahmin modeli olarak kullanılmaktadır (Hawkins ve diğ, 1988; Carta ve diğ, 2009; Wang ve diğ, 2016; Bala ve diğ, 2018; Zarnoch ve Dell, 1985; Özdemir, 2015; Bolat, 2015; Lei, 2008; Liu ve diğ, 2013; Borders ve diğ, 1987; Bolat, 2015).

Rastgele değişken setleri için, iki parametrelili Weibull olasılık dağılımının olasılığı (f) ve kümülatif dağılımı (F) aşağıda verilmiştir (Weibull, 1951):

$$\begin{aligned} f(x; b, c) &= \frac{c}{b} \left(\frac{x}{b}\right)^{c-1} e^{-\left(\frac{x}{b}\right)^c} \quad \text{for } x \geq 0 \\ F(x; b, c) &= 1 - e^{-\left(\frac{x}{b}\right)^c} \quad \text{for } x \geq 0 \end{aligned} \quad (3.3)$$

Weibull olasılık dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonunda (Formül 3.3), $f(x)$ fonksiyonu üretim hacmini tahmin etme olasılığını, c birimsiz şekil parametresini, b üretilen ağaç hacminin birimi cinsinden ölçek parametresini ve x rasgele değişkeni temsil etmektedir. Daha küçük c değeri, daha büyük bir sapmayı gösterirken, daha büyük c değeri, ortalamadan daha küçük bir sapmayı temsil etmektedir (Stout ve diğ, 2016).

Orman ürünlerinin üretimi çalışmalarında hacim tahmininde, Weibull olasılık dağılımının önemli özelliklerinden biri, bir seviye için tahminler yapıldığında, bu parametreleri farklı seviyelere ayarlamak veya kümülatif olarak çok daha büyük hacimleri tahmin etme kolaylığını sağlamasıdır. Benzer şekilde, bilinen bir ölçek için tahmin yapıldığında, üretimi değişen seviyelerde tahmin etmek de mümkündür. Sonuç olarak, Weibull olasılık dağılımı orman ürünlerinin üretimi sırasında verim tahminlerinde etkili bir şekilde kullanılabilir (Bilici, 2021).

3.5.2 Weibull olasılık dağılımı parametrelerinin tahmini

Weibull olasılık dağılımını kullanmak için öncelikle şekil ve ölçek parametrelerinin tahmin edilmesi gerekir. Her bir parametreyi tahmin etmek için sıklıkla kullanılan dört yöntem vardır: (1) Grafiksel yöntem, (2) En küçük kareler tahminleri, (3) Maksimum olabilirlik ve (4) Moment yöntemi (Genç ve diğ, 2005; Zhang ve Xie, 2007; Zeytinoğlu, 2009; Chellali ve diğ, 2012). Bu çalışmada, grafik yöntem kullanılarak tahminler yapılmıştır. Grafik yöntem, basitliği ve etkinliği nedeniyle birçok çalışmada Weibull parametrelerini tahmin etmek amacıyla tercih edilmektedir (Dong ve diğ,

2013; Wu ve diğ, 2013). Grafiksel yöntemde kümülatif dağılım fonksiyonu kullanılmaktadır. Hacim verilerinin dönüştürülmesinde aşağıdaki fonksiyon kullanılır (Stout ve diğ, 2016):

$$\ln\{-\ln(1 - F(x))\} = k\ln(x) - k\ln(b) \quad (3.4)$$

Bu fonksiyonda, X ve Y eksenleri için sırasıyla $\ln(x)$ ve $\ln\{-\ln[(1-F(x))]\}$ kullanıldığında oluşan düz çizginin eğimi k ve Y eksenindeki intersept ise $-k\ln(b)$ 'dir. Hem şekil hem de ölçek parametrelerinin tahmininden sonra, ölçek parametresi, gözlemlenen ve hesaplanan hacim verilerinin en küçük kareler optimizasyonu kullanılarak yeniden tahmin edilmiştir. Bu işlemde tahmin edilen şekil parametresi sabit tutularak, ölçek parametreleri en az hatayı elde edecek şekilde değiştirilmiştir (Bilici, 2021).

3.6 Toprak Etkisi Ölçümleri

Beyobası OİŞ'de yapılan saha çalışmaları sırasında Massey Ferguson 2615 tarım traktörünün sürütme yolu boyunca zemin üzerinde oluşturduğu hacimsel toprak deformasyonuna ve tekerlek izi derinliklerine ilişkin ölçümler yapılmıştır. Sürütme yolu eğiminin toprak deformasyonu ve tekerlek izi derinliği üzerindeki muhtemel etkisini incelemek için sürütme yolu iki eğim grubuna (düz: %0-10 ve hafif eğimli: %10-20) ayrılmıştır. Toplam 120 m uzunluğunda olan sürütme yolunun 80 m'lik bölümü düz ve 40 m'lik bölümü ise hafif eğimli gruba girmektedir. Sürütme sırasında 10'uncu ve 20'nci turdan sonra orman toprağında meydana gelen hacimsel deformasyonun belirlenmesi amacıyla İHA görüntüleriyle üretilen üç boyutlu model kullanılmıştır. Ayrıca, İHA görüntüleri ile sürütme yolu boyunca toplam 15 noktada üretilen enkesitler yardımıyla her iki tekerlek için tekerlek izi derinlikleri belirlenmiş ve bu değerler aynı noktalardan cetvel ve lata yardımıyla ölçülen tekerlek izi derinlikleri ile karşılaştırılmıştır.

3.6.1 Toprak deformasyonu ölçümleri

Çalışma kapsamında toprak deformasyonunun incelenmesi için insansız hava aracı (İHA) ile çalışma sahasında operasyon öncesi (kontrol), 10'uncu ve 20'inci tur sonrası hava fotoğrafları alınmıştır. Bu işlem için İHA kumandasına bağlı bir akıllı telefona kurulmuş Pix4d programı kullanılmıştır. Programın ara yüzünden tek ızgaralı uçuş modu (Grid Mission) seçilerek diğer uçuş ayarları belirlenmiştir. Uçuş yüksekliği 70

m, ileri ve yanal bindirme oranları (%80-%80), uçuş hızı orta seviye ve uçuş alanı 300 m x 300 m olarak belirlenmiştir. Bu ayarlara bağlı olarak uçuş süresi 11 dk olarak ortaya çıkmıştır. Pix4d programında uçuş bilgilerine ilişkin görüntü Şekil 3.19’da verilmiştir.



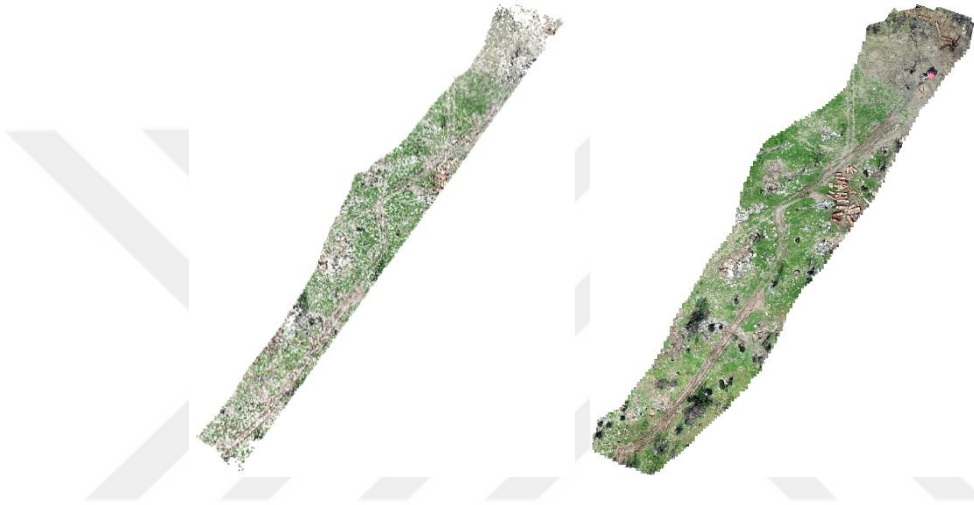
Şekil 3.19 : Pix4d uçuş ayarları ekranı.

Uçuş sonrası elde edilen hava fotoğrafları Agisoft Metashape 1.8.3 yazılımı ile işlenmiştir. Bir dizi işlem aşaması uygulanarak sayısal yükseklik modeli (SYM) üretilmiştir. Bu işlemlerin tamamı uçuş öncesi, 10’uncu tur ve 20’inci tur için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. İşlemler ilk olarak fotoğrafların program arayüzüne alınarak bağlantı noktalarının oluşturulması (Align Photos) işleminin uygulanması ile başlamaktadır. Bu işlemden sonra arayüz üzerinde bağlantı noktaları (Tie Points) oluşturulmuştur. Bu kapsamda, toplamda 45.567 adet bağlantı noktası yüksek kalitede olarak üretilmiştir. Bu aşamayı çalışma alanından alınan sekiz adet yer kontrol noktası ile yürütülen doğrulama işlemleri takip etmiştir. Daha sonra, yer kontrol noktası üzerinde sağ tıklanarak “Filter by Photos” işlemi ile seçili olan yer kontrol noktasının bulunduğu bölgeyi içine alan hava fotoğrafları filtrelenmiştir. Bu fotoğraflarda görünen yer kontrol noktalarının merkezi doğru noktalara taşınmıştır. Bu işlem tüm yer kontrol noktaları için uygulanmıştır. Şekil 3.20’de hatalı konumda bulunan bir hava fotoğrafının yer kontrol noktası yardımı ile doğru konuma taşınmasına ilişkin bir görsel verilmiştir. Tüm fotoğrafların doğru konumlara yerleşmesi için “Optimize Cameras” işlemi ile aynı bölgede yer alan fotoğraflar ile yer kontrol noktası merkezleri karşılaştırılmıştır.

Düzeltilme işlemleri sayesinde İHA kaynaklı yersel hatalar giderilerek verilerin doğruluğu gerçeğe daha yakın hale getirilmiştir. Düzeltilme işlemlerinden sonraki aşamada bağlantı noktalarından yararlanılarak “Build Dense Cloud” işlemi ile “Dense Cloud” (yoğun nokta bulutu) üretimine geçilmiştir (Şekil 3.21).

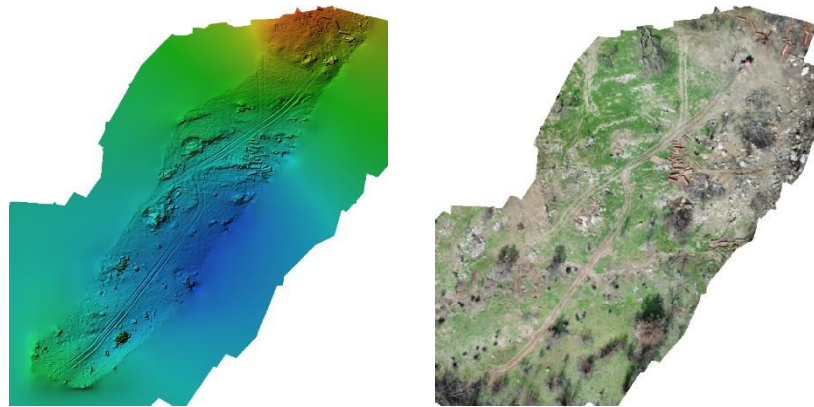


Şekil 3.20 : Hatalı (sol) ve düzeltilmiş (sağ) kontrol noktası.



Şekil 3.21 : Bağlantı noktaları (sol) ve yoğun nokta bulutu (sağ).

Yoğun nokta bulutu yüksek kalitede oluşturulmuş ve toplamda 8.748.954 adet nokta elde edilmiştir. Daha sonra, “Build DEM” işlemi kullanılarak çalışma alanına ait SYM üretilmiştir. Yoğun nokta bulutundan yararlanılarak elde edilen SYM’de çözünürlük 2,14 cm olarak tercih edilmiştir. Son aşamada ise ortofoto üretimi için Build Orthomosaic işlemi uygulanmıştır. Elde edilen ortofotonun çözünürlüğü 1,07 cm’dir. Üretilen SYM ve ortofotoya ait görüntüler Şekil 3.22’de verilmiştir.



Şekil 3.22 : SYM (sol) ve ortofoto (sağ).

Son aşamada, 10'uncu ve 20'inci turlardan sonra meydana gelen hacimsel toprak deformasyonunu belirlemek için bu turlardan sonraki iki uçuşa ait hava görüntülerinden elde edilen ortofoto ve SYM'ler kullanılarak hacim hesaplamaları yapılmıştır. İlk olarak ortofoto üzerinden tekerlek izlerinin bulunduğu alanlar “Draw Polygon” aracı ile çizilerek hacim hesaplamalarında kullanılan alan belirlenmiştir (Şekil 3.23). Daha sonra, Agisoft Metashape 1.8.3 yazılımında referans yüzeyi (uçuş öncesi SYM) üzerine sağ tıklanarak “Measure” işleminin seçilmesi ile belirlenen alan için hacim hesabı gerçekleştirilmiştir. Açılan pencere üzerinde hacim değerleri seçildiğinde referans yüzey ile arazi yüzeyi (10'uncu ve 20'inci tur sonrasına ait SYM'ler) arasındaki hacim farkları sunulmaktadır. Sunulan verilerde, tekerlek izi içinde ve referans yüzeyi altında kalan hacim değerleri kayıp hacim (loss volume), tekerlek izi boyunca kenarda biriken ve referans yüzeyinin üzerinde kalan hacim ise kazanılan hacim (gain volume) olarak verilmektedir.



Şekil 3.23 : Sürütme yolu boyunca tekerlek izlerinin içinde kaldığı alanlar.

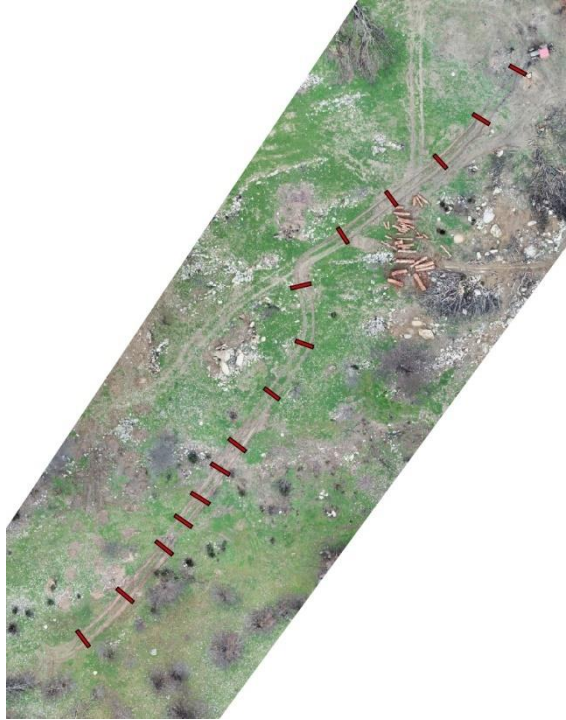
3.6.2 Tekerlek izi derinliği ölçümleri

Çalışmalar sırasında tarım traktörünün toprak üzerinde oluşturduğu tekerlek izi derinliklerinin ölçülmesi amacıyla 10'uncu ve 20'nci turdan sonra cetvel kullanılarak manuel ölçümler yapılmıştır. Ölçümler sürütme yolu güzergâhı boyunca toplamda 15 adet kesit üzerinden alınmıştır. Kesitlerin üst bölgelerine yerleştirilen lataya dik olacak şekilde cetvel yerleştirilmiş ve tekerlek izi derinlikleri cetvel üzerinden okunmuştur (Şekil 3.24). Belirlenen turlar (10 ve 20) için her bir kesitte iki adet tekerlek izinden olmak üzere toplam 60 adet (2 tur x 15 kesit x 2 tekerlek) ölçüm yapılmıştır. Hafif eğimli bölümde beş en kesit (1-5), düz eğimli bölümde ise 11 en kesit (5-15) bulunmakta olup, 5. En kesit her iki bölümde de ortak olarak yer almaktadır.

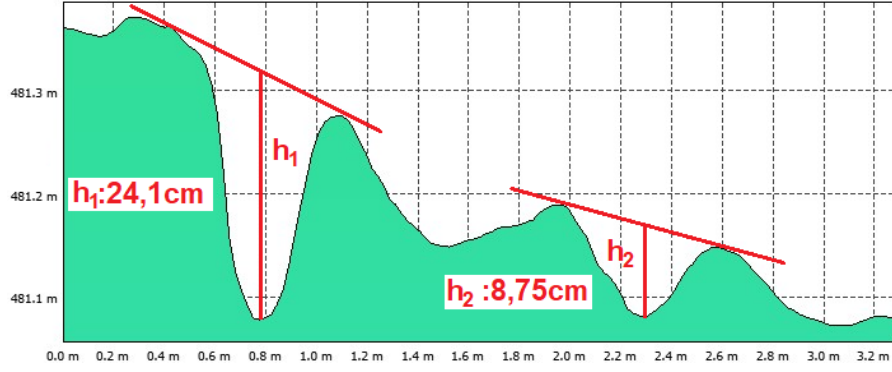


Şekil 3.24 : Cetvel ve lata ile yapılan örnek ölçüm.

Sonraki aşamada 15 adet kesit için Agisoft Metashape 1.8.3 programı ortamında enkesitler çizilmiştir (Şekil 3.25). İHA görüntülerinden elde edilen SYM kullanılarak bu enkesitlere için diyagramlar oluşturulmuştur. Diyagramların oluşturulmasında hacim hesaplamalarında kullanılan alanın sınırları dikkate alınmıştır. Daha sonra bu enkesitler üzerinde Agisoft Metashape 1.8.3 programı ile her iki tekerlek için iz derinlikleri belirlenmiştir. Enkesit diyagramlarından tekerlek izi derinliklerinin (h_1 ve h_2) elde edilmesi örnek olarak Şekil 3.26’da resmedilmiştir. Son olarak, SPSS 20.0 istatistik programı ortamında Paired Sample T-Test (Eşleştirilmiş Örneklem T-Testi) kullanılarak İHA ve cetvel yöntemi ile yapılan tekerlek izi derinliği ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığı araştırılmıştır.



Şekil 3.25 : Sürütme yolu boyunca üretilen 15 enkesit in plan görüntüsü.



Şekil 3.26 : Enkesit diyagramından tekerlek izi derinliğinin elde edilmesi örneği.

3.6.3 Toprak analizleri

Çalışma alanından alınan toprak örnekleri üzerinde hacim ağırlığı tayini Bursa Teknik Üniversitesi toprak laboratuvarlarında gerçekleştirilirken; toprak tekstürü, organik madde ve higroskopik nem analizleri ise Eskişehir Toprak ve Ekoloji Araştırma Enstitüsü tarafından yürütülmüştür.

3.6.3.1 Toprak örneklerinin alınması ve hazırlanması

Çalışma kapsamında traktörle sürütme yönteminin toprak özellikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi için çalışma sahasında sürütme yapılmadan önce (kontrol), iki farklı eğim (düz: %0-10 ve hafif eğimli: %10-20) grubundan 10'uncu tur sonrası ve 20'nci tur sonrası ve üç derinlik kademesinden (0-5 cm, 5-10 cm ve 10-15 cm) toprak örnekleri alınmıştır. Böylece toplamda 3 adet kontrol, 6 adet düz eğimli alandan ve 6 adet hafif eğimli alandan olmak üzere toplamda 15 adet toprak örneği alınmıştır. Alınan bu örnekler iki torba şeklinde polietilen torbalara konulmuştur. Eğim sınıfı, derinlik ve örnek alan tanıttıcı etiketleri bu iki torbanın arasına yerleştirilmiştir (Şekil 3.27).

Araştırmanın bu aşamasında araziden laboratuvara getirilen toprak örnekleri üzerinde gerekli analizlerin yapılması için öncelikle toprak örnekleri analize hazır hale getirilmiştir. Araziden getirilen toprak örnekleri, üzerindeki etiketler kontrol edilerek tartılmış, laboratuvarların uygun bölümlerinde kâğıtlar üzerine serilmiş ve hava kurusu haline gelinceye kadar kurutmak için bekletilmiştir (Şekil 3.28). Kurutmayı takiben örnekler; hassas terazilerde tartılmış ve porselen havanlarda öğütülmüştür. Daha sonra 2 mm'lik elekten geçirilerek ince kısım cam kavanozlara, iri kısım (iskelet) ise polietilen torbalara konularak analizlere hazır hale getirilmiştirler (Karaöz, 1989).



Şekil 3.27 : Toprak örneklerinin alınması.



Şekil 3.28 : Toprak örneklerinin hava kurusu haline getirilmesi.

3.6.3.2 Hacim ağırlığı tayini

Hacim ağırlığını belirlemek için çalışma alanından demir silindirler yardımıyla (5x5 cm) toprak örnekleri alınmıştır. Silindir örnekleri alınırken toprağın yapısının bozulmamasına ve sıkıştırılmamasına özen gösterilmiştir. Çalışma alanında silindir önce toprağın 0-5 cm'lik kısmına çakılmış ve buradan toprak örneği alınmıştır. Daha sonra silindir sırası ile 5-10 cm ve 10-15 cm derinliğe çakılmış ve toprak örnekleri alınmıştır. Alınan toprak örnekleri laboratuvara geldiği anda ıslak olarak hassas terazi ile yaş ağırlıkları tartılmıştır. Daha sonra bu örnekler 105°C'de 24 saat fırında kurutularak fırın kurusu ağırlıkları bulunmuştur (Brown ve Lugo, 1990). Bulunan bu

fırın kurusu ağırlıkları silindir hacmine bölünerek hacim ağırlığı değerleri hesaplanmıştır (Özyuvacı, 1971; Blake ve Hartge, 1986). Aşağıdaki eşitlikte, HA = hacim ağırlığı, Ka = toprağın kuru ağırlığı ve Sh = silindirin hacmidir.

$$HA (gr/cm^3) = \frac{Ka}{Sh} \quad (3.5)$$

3.6.3.3 Higroskopik nem tayini

Karelere ayırma metodu ile yaklaşık 10 gr hava kurusu 2 mm'den ince toprak darası alınan ve 105°C'de kurutulan tartı kabına konulmuştur. Bu tartı kapları ve toprak örnekleri 105°C'ye ayarlanmış kurutma dolabına bırakılmıştır. Toprak örnekleri bu dolapta bir gece bekletilmiş ve desikatörde soğutulmuş ve hassas terazi ile tartılmıştır (Şekil 3.29). Toprak nemi, bu iki tartım arasındaki farkın bulunması ve bu farkın fırın kurusu ağırlığa oranlanmasıyla yüzde (%) olarak hesaplanmıştır (Gülçur, 1974). Aşağıdaki eşitlikte HKTA = Hava kurusu toprak ağırlığı (gr) ve FKTA = Fırın kurusu toprak ağırlığıdır (gr).

$$\% Nem = \frac{HKTA - FKTA}{FKTA} \times 100 \quad (3.6)$$



Şekil 3.29 : Toprak örneklerinin fırın kurusu hale getirilmesi.

3.6.3.4 Tekstür analizi

Analize hazır hale getirilmiş ve 2 mm elekten elenmiş ince toprak örnekleri, mekanik analize tabi tutularak kum, toz, kil oranları hesaplanmış, Bouyoucos'un hidrometre yöntemine göre bu oranlar belirlenmiştir. Kum, kil ve toz oranları toprak türü sınıfları için hazırlanmış olan E.C. Tommerup'a göre uyarlanarak, toprak türü belirlenmiştir (Gülçur, 1974). Toprak örnekleri hava kurusu hale geldikten sonra elenerek hassas terazi ile 100'er gram olacak şekilde ölçülüp 400 ml'lik beherlere konulmuştur. Beherdeki bu örneklerinin üzerine %5'lik 10 ml Na-Hegzametafosfat (calgon) ilave edilmiş ve bu karışımı 200 ml olacak şekilde saf su eklenmiştir. Kil tanecikleri arasında bağlayıcı görev yapan Ca ve Na'nın yer değiştirmesini sağlamak için karışım 24 saat bekletilmiştir. Çırpıcı kabına alınan karışım en az 5 dakika karıştırılmıştır. Karışım daha sonra 1000 ml olacak şekilde saf su eklenerek tekstür kabına alınmıştır. Tekstür kabına alınan bu karışım köpürmeyecek şekilde karıştırıcı yardımı ile 1 dakika süre ile karıştırılmıştır. İlk okuma için 4 dakika 48 saniye sonra hidrometre aleti karışıma yavaş bir şekilde bırakılmıştır. Denge haline gelmesi için beklenilmiş ve tam dengede olduğu zamanda ilk okuma yapılmıştır. Daha sonra termometre ile sıcaklığı ölçülmüştür. İki saat bekledikten sonra ikinci okuma yapılmıştır. Yapılan analiz sonucu bulunan kum, kil ve toz miktarları "Tommeroup Toprak Tekstür Üçgeninde ilgili kısımlara taşınır ve ilişkiye getirilirse toprak tekstürünün tayini işlemi de gerçekleşmiş olur (Özyuvacı, 1971) (Şekil 3.30). Toprak bünyesini belirlemek için Formül 3.7, Formül 3.8, Formül 3.9 ve Formül 3.10 kullanılmaktadır.

$$\% \text{ Kil} + \text{Toz} = 1. \text{okuma} / \text{toplam ağırlık} \times 100 \quad (3.7)$$

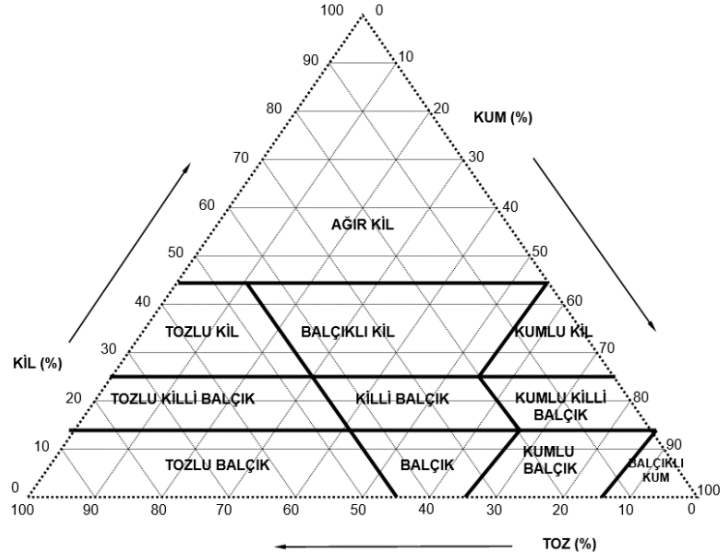
$$\% \text{ Kil} = 2. \text{okuma} / \text{toplam ağırlık} \times 100 \quad (3.8)$$

$$\% \text{ Toz} = (\% \text{ kil} + \text{toz}) - (\% \text{ kil}) \quad (3.9)$$

$$\% \text{ Kum} = 100 - (\% \text{ kil} + \text{toz}) \quad (3.10)$$

3.6.3.5 Organik madde miktarının tayini

Walkley-Black ıslak yakma metodu kullanılarak topraktaki organik karbon tespit edilmiştir. Yöntemin esası, toprak örneğini kromik ve sülfürik asit ile işleme tabi tutarak, kapsadığı organik karbonun kromat (Cr₂O₇)-2 ile oksitlenmesini sağlamak ve bu oksidasyon için kullanılan miktardan arta kalan kromatın demir sülfat ya da mohr tuzu ile titre edilip örnekte bulunan karbonu saptayarak, organik madde miktarını (%) yüzde olarak belirlenmiştir (Gülçur, 1974).



Şekil 3.30 : Tommeroup toprak tekstür üçgeni.

$$(a - b) * 3.9 \rightarrow \% C^0 \rightarrow \% O.M (\% C * 1.72) \quad (3.11)$$

a : Alınan $K_2Cr_2O_7$ (ml) * Faktörü

b : $T * F / 2$

T : Mohr tuzu tüketimi

F : Mohr tuzu faktörü

(K^*) : Konsantre

(O^*) : Orto

(C^*) : $\% C = (a - b) * 3.9 * 100$

* : Yanma sırasında çözeltinin rengi kahverengi olmalıdır. Şayet yeşil ise, organik madde fazladır. Bu takdirde yeşil renk kahverengine dönesiye kadar $K_2Cr_2O_7$ ilave edilir. İlave edilen $K_2Cr_2O_7$ hesaplamada dikkate alınır.

4. BULGULAR

4.1 Verim Analizi Bulguları

4.1.1 Hasatçıya ait bulgular

Toplam zaman ve verim üzerine arazi eğiminin etkisini belirlemek için verim analizi bulguları üç eğim grubunda değerlendirilmiştir. Bu eğim grupları şunlardır; düşük: %0-10, orta: %10-20 ve yüksek: %20-30. Üç eğim grubunu için üretim çalışmaları sırasında personelden veya makineden kaynaklanan toplam kayıp zaman Karacasu OİŞ ve Hüyük OİŞ için sırasıyla 90 dakika ve 70 dakika olarak ölçülmüştür.

4.1.1.1 Karacasu OİŞ'ye ait bulguları

Düşük eğim grubu

Hasatçı ile üretim çalışmaları sırasında toplam zamanı ve verimi etkileyen bağımsız değişkenlere (ürün boyu, ürün çapı, kabuklu göğüs çapı veya Dk 1.30, parça sayısı, ürün hacmi ve mesafe) ait betimleyici istatistik bulgular (minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma) Çizelge 4.1'de verilmiştir. Aynı verilerin normallik testleri sonucu elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarına ilişkin değerler ise Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. Bağımsız değişkenler için çarpıklık ve basıklık değerlerinin ± 3 sınır değerleri arasında kaldığı görülmüştür.

Hasatçı ile düşük eğim grubunda iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve verime ait betimleyici istatistiksel değerleri (minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma) Çizelge 4.3'de verilmiştir. Sonuçlara göre, zaman ölçümleri sırasında kaydedilen toplam 34 döngüdeki iş aşamaları kendi aralarında değerlendirildiğinde, bir döngüde en fazla zaman alan aşamanın proses işlemleri (0,4691 dakika) olduğu ve bunu hasatçının kesilecek ağacın yanına ulaşma zamanının (0,2212 dakika) takip ettiği bulunmuştur. Hasatçı ile üretim çalışmasında verimli çalışma saatine göre ortalama verim 39,031 m³/saat olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.1 : Karacasu OİŞ’de düşük eğimde bağımsız değişkenlere ait istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Ürün boyu	cm	7,4	12,5	10,456	1,437
Ürün çapı	cm	18	35	26,677	5,777
Dk 1.30	cm	22	44	33,294	7,351
Parça sayısı	adet	3	5	4,029	0,717
Ürün hacmi	m ³	0,192	1,216	0,616	0,301
Mesafe	m	0	20	4,794	5,121

Çizelge 4.2 : Karacasu OİŞ’de düşük eğimde bağımsız değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık katsayıları.

Değişkenler	Çarpıklık Katsayısı	Basıklık Katsayısı
Ürün boyu	-0,207	-0,577
Ürün çapı	0,385	-1,372
Dk 1.30	0,420	-1,331
Parça sayısı	-0,044	-0,961
Ürün hacmi	0,757	-0,742
Mesafe	1,138	0,957

Çizelge 4.3 : Karacasu OİŞ’de düşük eğimde iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve toplam verime ait istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
H1	dakika	0,03	0,56	0,2212	0,14445
H2	dakika	0,05	0,18	0,0926	0,02810
H3	dakika	0,04	0,15	0,0959	0,02862
H4	dakika	0,04	0,13	0,0865	0,02533
H5	dakika	0,20	0,68	0,4691	0,11071
Verim	m ³ /saat	10,13	82,04	39,0306	18,45081

Çalışmada dikkate alınan hasatçı için verimli çalışma zamanı ve saatlik verim ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin araştırılması amacıyla Pearson Korelasyon Testi uygulanmıştır. Hasatçı ile üretim çalışmasına ait korelasyon testi sonuçları Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5’de verilmiştir. Korelasyon testi sonuçlarına göre parça sayısı ve mesafe ile çalışma zamanı arasında %99 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p<0,01$) bir ilişki olduğu, ürün boyu ile çalışma zamanı arasında ise %95 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p<0,05$) bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Hasatçı verimi dikkate alındığında, kabuklu göğüs çapı, ürün çapı ve ürün hacmi ile verim arasında %99 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p<0,01$) bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.4 : Karacasu OİŞ’de düşük eğitimde toplam zaman için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.

		Toplam Zaman	Dk 1.30	Çap	Boy	Hacim	Parça Sayısı	Mesafe
Toplam Zaman	Korelasyon	1	0,132	0,127	0,408*	0,275	0,439**	0,570**
	P değeri		0,455	0,476	0,017	0,115	0,009	0,000
Dk 1.30	Korelasyon	0,132	1	0,999**	0,172	,939**	0,154	0,133
	P değeri	0,455		0,000	0,329	0,000	0,386	0,454
Çap	Korelasyon	0,127	0,999**	1	0,171	,938**	0,156	0,128
	P değeri	0,476	0,000		0,333	0,000	0,378	0,472
Boy	Korelasyon	0,408*	0,172	0,171	1	0,465**	0,901**	-0,044
	P değeri	0,017	0,329	0,333		0,006	0,000	0,803
Hacim	Korelasyon	0,275	0,939**	,938**	0,465*	1	0,423*	0,128
	P değeri	0,115	0,000	0,000	0,006		0,013	0,470
Parça Sayısı	Korelasyon	0,439**	0,154	0,156	0,901**	0,423*	1	-0,114
	P değeri	0,009	0,386	0,378	0,000	0,013		0,522
Mesafe	Korelasyon	0,570**	0,133	0,128	-0,044	0,128	-0,114	1
	P değeri	0,000	0,454	0,472	0,803	0,470	0,522	

* %95 güven düzeyinde anlamlıdır; ** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Çizelge 4.5 : Karacasu OİŞ’de düşük eğitimde verim için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.

		Verim	Dk 1.30	Çap	Boy	Hacim	Parça Sayısı	Mesafe
Verim	Korelasyon	1	0,908**	0,907**	0,210	0,869**	0,163	-0,080
	P değeri		0,000	0,000	0,233	0,000	0,358	0,655
Dk 1.30	Korelasyon	0,908**	1	0,999**	0,172	0,939**	0,154	0,133
	P değeri	0,000		0,000	0,329	0,000	0,386	0,454
Çap	Korelasyon	0,907**	0,999**	1	0,171	0,938**	0,156	0,128
	P değeri	0,000	0,000		0,333	0,000	0,378	0,472
Boy	Korelasyon	0,210	0,172	0,171	1	0,465**	0,901**	-0,044
	P değeri	0,233	0,329	0,333		0,006	0,000	0,803
Hacim	Korelasyon	0,869**	0,939**	0,938**	0,465**	1	0,423*	0,128
	P değeri	0,000	0,000	0,000	0,006		0,013	0,470
Parça Sayısı	Korelasyon	0,163	0,154	0,156	0,901**	0,423*	1	-0,114
	P değeri	0,358	0,386	0,378	0,000	0,013		0,522
Mesafe	Korelasyon	-0,080	0,133	0,128	-0,044	0,128	-0,114	1
	P değeri	0,655	0,454	0,472	0,803	0,470	0,522	

* %95 güven düzeyinde anlamlıdır; ** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Korelasyon testi sonuçları dikkate alınarak, bağımsız değişkenler (ürün boyu, parça sayısı ve mesafe) ile çalışma zamanı arasındaki ilişkinin ortaya konulması için Doğrusal (Linear) Regresyon Analizi kullanılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi (One-Way ANOVA) sonuçlarına göre, hasatçı çalışma zamanı ile bağımsız değişkenlere ilişkin regresyon modelinin %99 güven düzeyinde anlamlı ($p<0,01$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.6). Elde edilen R^2 değeri (0,585) regresyon modelinin hasatçı çalışma zamanını orta düzeyde açıkladığını göstermiştir.

Çizelge 4.6 : Karacasu OİŞ’de düşük eğimde çalışma zamanı için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	0,793	3	0,264	14,091	0,000 ^b
	Residual	0,563	30	0,019		
	Total	1,356	33			

a. Bağımsız Değişken: Ürün boyu, parça sayısı ve mesafe

b. Bağımlı Değişken: Çalışma zamanı

Bağımsız değişkenler (Dk 1.30, ürün çapı ve hacim) ile verim arasındaki ilişkinin ortaya konulması için yine Doğrusal Regresyon Analizi kullanılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçlarına göre, hasatçı verimi ile bağımsız değişkenlere ilişkin regresyon modelinin %99 güven düzeyinde anlamlı ($p<0,01$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.7). Elde edilen R^2 değeri (0,826) regresyon modelinin hasatçı verimini orta düzeyde açıkladığını göstermiştir.

Çizelge 4.7 : Karacasu OİŞ’de düşük eğimde verim için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	9.282,003	3	3.094,001	47,545	0,000 ^b
	Residual	1.952,265	30	65,075		
	Total	11.234,267	33			

a. Bağımsız Değişken: Dk 1.30, ürün çapı ve hacim

b. Bağımlı Değişken: Verim

Çalışma zamanını temsil eden bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenlerin (x_1 =ürün boyu; x_2 =parça sayısı; x_3 =mesafe) yer aldığı regresyon modeli aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

$$y = 0,319 - (0,018)x_1 + (0,178)x_2 + (0,025)x_3 \quad (4.1)$$

Verimi temsil eden bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenlerin (x_1 = Dk 1.30; x_2 =ürün çapı; x_3 =hacim) yer aldığı regresyon modeli aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

$$y = -31,257 + (1,959)x_1 - (0,004)x_2 + (8,398)x_3 \quad (4.2)$$

Orta eğim grubu

Hasatçı ile üretim çalışmaları sırasında toplam zamanı ve verimi etkileyen bağımsız değişkenlere ait betimleyici istatistik bulgular Çizelge 4.8’de verilmiştir. Aynı verilerin normallik testleri sonucu elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarına ilişkin değerler ise Çizelge 4.9’da gösterilmiştir. Bağımsız değişkenler için çarpıklık değerlerinin ± 3 sınır değerleri arasında kaldığı, basıklık değerlerinin ise mesafe hariç tamamında ± 3 sınır değerleri arasında olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.8 : Karacasu OİŞ’de orta eğim grubunda bağımsız değişkenlere ait betimleyici istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Ürün boyu	cm	5,4	15,8	9,876	2,171
Ürün çapı	cm	18	38	26,457	6,617
Dk 1.30	cm	22	48	33,200	8,348
Parça sayısı	adet	2	6	4,029	0,923
Ürün hacmi	m ³	0,175	1,829	0,599	0,374
Mesafe	m	0	35	5,543	6,818

Çizelge 4.9 : Karacasu OİŞ’de orta eğim grubunda bağımsız değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık katsayıları.

Değişkenler	Çarpıklık Katsayısı	Basıklık Katsayısı
Ürün boyu	0,098	0,897
Ürün çapı	0,575	-1,119
Dk 1.30	0,588	-1,030
Parça sayısı	-0,059	0,439
Ürün hacmi	1,369	2,135
Mesafe	2,625	9,609

Hasatçı ile orta eğim grubunda iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve verime ait betimleyici istatistiksel değerleri Çizelge 4.10’da verilmiştir. Sonuçlara göre, zaman ölçümleri sırasında kaydedilen toplam 35 döngüdeki iş aşamaları kendi aralarında değerlendirildiğinde, bir döngüde en fazla zaman alan aşamanın proses işlemleri (0,5017 dakika) olduğu ve bunu hasatçının kesilecek ağacın yanına ulaşma zamanının (0,2763 dakika) takip ettiği bulunmuştur. Hasatçı ile üretim çalışmasında verimli çalışma saatine göre ortalama verim 32,061 m³/saat olarak belirlenmiştir.

Çalışmada dikkate alınan hasatçı için verimli çalışma zamanı ve saatlik verim ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin araştırılması amacıyla Pearson Korelasyon

Çizelge 4.10 : Karacasu OİŞ’de orta eğitim grubunda iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve toplam verime ait betimleyici istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
H1	dakika	0,04	1,28	0,2763	0,24649
H2	dakika	0,05	0,26	0,1140	0,04265
H3	dakika	0,05	0,27	0,1043	0,04448
H4	dakika	0,04	0,39	0,0986	0,07612
H5	dakika	0,14	1,28	0,5017	0,23430
Verim	m ³ /saat	9,97	62,73	32,0609	13,26540

Testi uygulanmıştır. Hasatçı ile üretim çalışmasına ait korelasyon testi sonuçları Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12’de verilmiştir. Korelasyon testi sonuçlarına göre kabuklu göğüs çapı, ürün çapı, hacim ve mesafe ile çalışma zamanı arasında %99 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p<0,01$) bir ilişki olduğu, ürün boyu ve parça sayısı ile çalışma zamanı arasında ise %95 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p<0,05$) bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan, kabuklu göğüs çapı, ürün çapı, ürün boyu, ürün hacmi ve parça sayısı ile verim arasında ise %99 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p<0,01$) bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.11 : Karacasu OİŞ’de orta eğitim grubunda toplam zaman için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.

		Toplam Zaman	Dk 1.30	Çap	Boy	Hacim	Parça Sayısı	Mesafe
Toplam Zaman	Korelasyon	1	0,640**	0,639**	0,408*	0,686**	0,374*	0,605**
	P değeri		0,000	0,000	0,015	0,000	0,027	0,000
Dk 1.30	Korelasyon	0,640**	1	0,999**	0,293	0,916**	0,278	0,513**
	P değeri	0,000		0,000	0,088	0,000	0,106	0,002
Çap	Korelasyon	0,639**	0,999**	1	0,288	0,914**	0,272	0,515**
	P değeri	0,000	0,000		0,094	0,000	0,114	0,002
Boy	Korelasyon	0,408*	0,293	0,288	1	0,580**	0,971**	-0,041
	P değeri	0,015	0,088	0,094		0,000	0,000	0,813
Hacim	Korelasyon	0,686**	0,916**	0,914**	0,580**	1	0,543**	0,373*
	P değeri	0,000	0,000	0,000	0,000		0,001	0,027
Parça Sayısı	Korelasyon	0,374*	0,278	0,272	0,971**	0,543**	1	-0,073
	P değeri	0,027	0,106	0,114	0,000	0,001		0,678
Mesafe	Korelasyon	0,605**	0,513**	0,515**	-0,041	0,373*	-0,073	1
	P değeri	0,000	0,002	0,002	0,813	0,027	0,678	

* %95 güven düzeyinde anlamlıdır; ** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Çizelge 4.12 : Karacasu OİŞ’de orta eğitim grubunda verim için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.

		Verim	Dk 1.30	Çap	Boy	Hacim	Parça Sayısı	Mesafe
Verim	Korelasyon	1	0,763 **	0,763 **	0,512 **	0,797 **	0,499 **	0,085
	P değeri		0,000	0,000	0,002	0,000	0,002	0,626
Dk 1.30	Korelasyon	0,763 **	1	0,999 **	0,293	0,916 **	0,278	0,513 **
	P değeri	0,000		0,000	0,088	0,000	0,106	0,002
Çap	Korelasyon	0,763 **	0,999 **	1	0,288	0,914 **	0,272	0,515 **
	P değeri	0,000	0,000		0,094	0,000	0,114	0,002
Boy	Korelasyon	0,512 **	0,293	0,288	1	0,580 **	0,971 **	-0,041
	P değeri	0,002	0,088	0,094		0,000	0,000	0,813
Hacim	Korelasyon	0,797 **	0,916 **	0,914 **	0,580 **	1	0,543 **	0,373*
	P değeri	0,000	0,000	0,000	0,000		0,001	0,027
Parça Sayısı	Korelasyon	0,499 **	0,278	0,272	0,971 **	0,543 **	1	-0,073
	P değeri	0,002	0,106	0,114	0,000	0,001		0,678
Mesafe	Korelasyon	0,085	0,513 **	0,515 **	-0,041	0,373*	-0,073	1
	P değeri	0,626	0,002	0,002	0,813	0,027	0,678	

* %95 güven düzeyinde anlamlıdır; ** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Korelasyon testi sonuçları dikkate alınarak, bağımsız değişkenler (Dk 1.30, ürün çapı, ürün boyu, hacim, parça sayısı ve mesafe) ile çalışma zamanı arasındaki ilişkinin ortaya konulması için Doğrusal Regresyon Analizi kullanılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçlarına göre, hasatçı çalışma zamanı ile bağımsız değişkenlere ilişkin regresyon modelinin %99 güven düzeyinde anlamlı ($p < 0,01$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.13). Elde edilen R^2 değeri (0,642) regresyon modelinin hasatçı çalışma zamanını orta düzeyde açıkladığını göstermiştir.

Çizelge 4.13 : Karacasu OİŞ’de orta eğitimde çalışma zamanı için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3,506	6	0,584	8,384	0,000 ^b
	Residual	1,951	28	0,070		
	Total	5,457	34			

a. Bağımsız Değişken: Dk 1.30, ürün çapı, ürün boyu, hacim, parça sayısı ve mesafe

b. Bağımlı Değişken: Çalışma zamanı

Bağımsız değişkenler (Dk 1.30, ürün çapı, ürün boyu, hacim ve parça sayısı) ile verim arasındaki ilişkinin ortaya konulması için yine Doğrusal Regresyon Analizi kullanılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçlarına göre, hasatçı verimi ile bağımsız değişkenlere ilişkin regresyon modelinin %99 güven düzeyinde anlamlı ($p<0,01$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.14). Elde edilen R^2 değeri (0,677) regresyon modelinin hasatçı verimini orta düzeyde açıkladığını göstermiştir.

Çizelge 4.14 : Karacasu OİŞ’de orta eğitimde verim için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	4.049,893	5	809,979	12,151	0,000 ^b
	Residual	1.933,116	29	66,659		
	Total	5.983,008	34			

a. Bağımsız Değişken: Dk 1.30, ürün çapı, ürün boyu, hacim ve parça sayısı

b. Bağımlı Değişken: Verim

Çalışma zamanını temsil eden bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenlerin (x_1 =Dk 1.30; x_2 =ürün çapı; x_3 =ürün boyu; x_4 =hacim; x_5 =parça sayısı; x_6 =mesafe) yer aldığı regresyon modeli aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

$$y = 0,857 - (0,011)x_1 - (0,007)x_2 - (0,010)x_3 + (0,838)x_4 + (0,061)x_5 + (0,030)x_6 \quad (4.3)$$

Verimi temsil eden bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenlerin (x_1 =Dk 1.30; x_2 =ürün çapı; x_3 =ürün boyu; x_4 =hacim; x_5 =parça sayısı) yer aldığı regresyon modeli aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

$$y = -21,362 - (1,411)x_1 + (3,056)x_2 + (0,994)x_3 + (1,472)x_4 + (2,164)x_5 \quad (4.4)$$

Yüksek eğitim grubu

Hasatçı ile üretim çalışmaları sırasında toplam zamanı ve verimi etkileyen bağımsız değişkenlere ait betimleyici istatistik bulgular Çizelge 4.15’de verilmiştir. Aynı verilerin normallik testleri sonucu elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarına ilişkin değerler ise Çizelge 4.16’da gösterilmiştir. Bağımsız değişkenler için çarpıklık ve basıklık değerlerinin ± 3 sınır değerleri arasında kaldığı görülmüştür.

Çizelge 4.15 : Karacasu OİŞ’de yüksek eğitim grubunda bağımsız değişkenlere ait betimleyici istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Ürün boyu	cm	4,6	15,8	10,823	2,641
Ürün çapı	cm	18	38	28,323	6,327
Dk 1.30	cm	22	48	35,419	7,953
Parça sayısı	adet	2	6	4,355	1,082
Ürün hacmi	m ³	0,200	1,759	0,719	0,387
Mesafe	m	0	11	3,903	3,177

Çizelge 4.16 : Karacasu OİŞ’de yüksek eğitim grubunda bağımsız değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık katsayıları.

Değişkenler	Çarpıklık Katsayısı	Basıklık Katsayısı
Ürün boyu	-0,021	-0,013
Ürün çapı	-0,101	-1,398
Dk 1.30	-0,053	-1,364
Parça sayısı	0,063	-0,564
Ürün hacmi	1,135	1,311
Mesafe	0,435	-0,534

Hasatçı ile yüksek eğitim grubunda iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve verime ait betimleyici istatistiksel değerleri Çizelge 4.17’de verilmiştir. Sonuçlara göre, zaman ölçümleri sırasında kaydedilen toplam 31 döngüdeki iş aşamaları kendi aralarında değerlendirildiğinde, bir döngüde en fazla zaman alan aşamanın proses işlemleri (0,4719 dakika) olduğu ve bunu hasatçının kesilecek ağacın yanına ulaşma zamanının (0,1990 dakika) takip ettiği bulunmuştur. Hasatçı ile üretim çalışmasında verimli çalışma saatine göre ortalama verim 45,297 m³/saat olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.17 : Karacasu OİŞ’de yüksek eğitim grubunda iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve toplam verime ait betimleyici istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
H1	dakika	0,05	0,55	0,1990	0,13848
H2	dakika	0,06	0,18	0,1016	0,02660
H3	dakika	0,05	0,28	0,1013	0,04248
H4	dakika	0,04	0,39	0,1013	0,07758
H5	dakika	0,17	1,61	0,4719	0,28905
Verim	m ³ /saat	19,590	103,480	45,2965	19,883151

Çalışmada dikkate alınan hasatçı için verimli çalışma zamanı ve saatlik verim ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin araştırılması amacıyla Pearson Korelasyon

Testi uygulanmıştır. Korelasyon testi sonuçlarına göre parça sayısı ve ürün boyu ile çalışma zamanı arasında %99 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p<0,01$) bir ilişki olduğu, mesafe ile çalışma zamanı arasında ise %95 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p<0,05$) bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan, kabuklu göğüs çapı, ürün çapı ve ürün hacmi ile verim arasında %99 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p<0,01$) bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.18 ve Çizelge 4.19).

Korelasyon testi sonuçları dikkate alınarak, bağımsız değişkenler (ürün boyu, parça sayısı ve mesafe) ile çalışma zamanı arasındaki ilişkinin ortaya konulması için Doğrusal Regresyon Analizi kullanılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçlarına göre, hasatçı çalışma zamanı ile bağımsız değişkenlere ilişkin regresyon modelinin %99 güven düzeyinde anlamlı ($p<0,01$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.20). Elde edilen R^2 değeri (0,505) regresyon modelinin hasatçı çalışma zamanını orta düzeyde açıkladığını göstermiştir.

Çizelge 4.18 : Karacasu OİŞ’de yüksek eğim grubunda toplam zaman için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.

		Toplam Zaman	Dk 1.30	Çap	Boy	Hacim	Parça Sayısı	Mesafe
Toplam Zaman	Korelasyon	1	0,352	0,342	0,610**	0,609**	0,579**	0,385*
	P değeri		0,052	0,059	0,000	0,000	0,001	0,032
Dk 1.30	Korelasyon	0,352	1	0,999**	0,055	0,821**	0,071	0,124
	P değeri	0,052		0,000	0,770	0,000	0,703	0,505
Çap	Korelasyon	0,342	0,999**	1	0,043	0,810**	0,061	0,121
	P değeri	0,059	0,000		0,820	0,000	0,746	0,517
Boy	Korelasyon	0,610**	0,055	0,043	1	0,562**	0,981**	0,049
	P değeri	0,000	0,770	0,820		0,001	0,000	0,793
Hacim	Korelasyon	0,609**	0,821**	0,810*	0,562**	1	0,559**	0,113
	P değeri	0,000	0,000	0,000	0,001		0,001	0,546
Parça Sayısı	Korelasyon	0,579**	0,071	0,061	0,981**	0,559**	1	0,039
	P değeri	0,001	0,703	0,746	0,000	0,001		0,833
Mesafe	Korelasyon	0,385*	0,124	0,121	0,049	0,113	0,039	1
	P değeri	0,032	0,505	0,517	0,793	0,546	0,833	

* %95 güven düzeyinde anlamlıdır; ** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Çizelge 4.19 : Karacasu OİŞ’de yüksek eğitim grubunda verim için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.

		Verim	Dk 1.30	Çap	Boy	Hacim	Parça Sayısı	Mesafe
Verim	Korelasyon	1	0,757**	0,756**	0,130	0,686**	0,160	-0,220
	P değeri		0,000	0,000	0,486	0,000	0,391	0,234
Dk 1.30	Korelasyon	0,757**	1	0,999**	0,055	0,821**	0,071	0,124
	P değeri	0,000		0,000	0,770	0,000	0,703	0,505
Çap	Korelasyon	0,756**	0,999**	1	0,043	0,810**	0,061	0,121
	P değeri	0,000	0,000		0,820	0,000	0,746	0,517
Boy	Korelasyon	0,130	0,055	0,043	1	0,562**	0,981**	0,049
	P değeri	0,486	0,770	0,820		0,001	0,000	0,793
Hacim	Korelasyon	0,686**	0,821**	0,810**	0,562**	1	0,559**	0,113
	P değeri	0,000	0,000	0,000	0,001		0,001	0,546
Parça Sayısı	Korelasyon	0,160	0,071	0,061	0,981**	0,559**	1	0,039
	P değeri	0,391	0,703	0,746	0,000	0,001		0,833
Mesafe	Korelasyon	-0,220	0,124	0,121	0,049	0,113	0,039	1
	P değeri	0,234	0,505	0,517	0,793	0,546	0,833	

* %95 güven düzeyinde anlamlıdır; ** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Çizelge 4.20 : Karacasu OİŞ’de yüksek eğitimde çalışma zamanı için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2,518	3	0,839	9,180	0,000 ^b
	Residual	2,469	27	0,091		
	Total	4,987	30			

a. Bağımsız Değişken: Ürün boyu, parça sayısı ve mesafe

b. Bağımlı Değişken: Çalışma zamanı

Bağımsız değişkenler (Dk 1.30, ürün çapı ve hacim) ile verim arasındaki ilişkinin ortaya konulması için yine Doğrusal Regresyon Analizi kullanılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçlarına göre, hasatçı verimi ile bağımsız değişkenlere ilişkin regresyon modelinin %99 güven düzeyinde anlamlı ($p < 0,01$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.21). Elde edilen R^2 değeri (0,588) regresyon modelinin hasatçı verimini orta düzeyde açıkladığını göstermiştir.

Çizelge 4.21 : Karacasu OİŞ’de yüksek eğitimde verim için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6.969,172	3	2.323,057	12,824	0,000 ^b
	Residual	4.891,019	27	181,149		
	Total	11.860,191	30			

a. Bağımsız Değişken: Dk 1.30, ürün çapı ve hacim

b. Bağımlı Değişken: Verim

Çalışma zamanını temsil eden bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenlerin (x1= ürün boyu; x2= parça sayısı; x3=mesafe) yer aldığı regresyon modeli aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

$$y = -0,0191 + (0,156)x_1 - (0,161)x_2 + (0,045)x_3 \quad (4.5)$$

Verimi temsil eden bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenlerin (x1=Dk 1.30; x2=ürün çapı; x3=hacim) yer aldığı regresyon modeli aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

$$y = -14,144 - (0,999)x_1 + (3,051)x_2 + (11,711)x_3 \quad (4.6)$$

4.1.1.2 Hüyük OİŞ'ye ait bulgular

Düşük eğim grubu

Hasatçı ile üretim çalışmaları sırasında toplam zamanı ve verimi etkileyen bağımsız değişkenlere ait betimleyici istatistik bulgular Çizelge 4.22'de verilmiştir. Aynı verilerin normallik testleri sonucu elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarına ilişkin değerler ise Çizelge 4.23'de gösterilmiştir. Bağımsız değişkenler için çarpıklık ve basıklık değerlerinin ± 3 sınır değerleri arasında kaldığı görülmüştür.

Çizelge 4.22 : Hüyük OİŞ'de düşük eğimde bağımsız değişkenlere ait istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Ürün boyu	cm	6,90	19,00	13,8188	2,41052
Ürün çapı	cm	16,00	40,00	23,3438	6,70873
Dk 1.30	cm	26,00	66,00	38,6875	11,02033
Parça sayısı	adet	3,00	8,00	5,8438	1,05063
Ürün hacmi	m ³	0,153	1,699	0,63928	0,409920
Mesafe	m	0,00	15,00	4,1563	3,84464

Çizelge 4.23 : Hüyük OİŞ'de düşük eğimde bağımsız değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık katsayıları.

Değişkenler	Çarpıklık Katsayısı	Basıklık Katsayısı
Ürün boyu	-0,202	2,031
Ürün çapı	0,773	-0,539
Dk 1.30	0,749	-0,538
Parça sayısı	-0,025	1,489
Ürün hacmi	1,208	0,771
Mesafe	0,934	0,713

Hasatçı ile düşük eğim grubunda iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve verime ait betimleyici istatistiksel değerleri (minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma) Çizelge 4.24'de verilmiştir. Sonuçlara göre, zaman ölçümleri sırasında kaydedilen toplam 32 döngüdeki iş aşamaları kendi aralarında değerlendirildiğinde, bir döngüde en fazla zaman alan aşamanın proses işlemleri (0,7919 dakika) olduğu ve bunu hasatçının kesilecek ağacın yanına ulaşma zamanının (0,2291 dakika) takip ettiği bulunmuştur. Hasatçı ile üretim çalışmasında verimli çalışma saatine göre ortalama verim 38,864 m³/saat olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.24 : Hüyük OİŞ’de düşük eğimde iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve toplam verime ait istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
H1	dakika	0,04	0,75	0,2291	0,20100
H2	dakika	0,06	0,27	0,1138	0,04210
H3	dakika	0,05	0,31	0,1072	0,07140
H4	dakika	0,00	0,68	0,1081	0,12151
H5	dakika	0,22	2,59	0,7919	0,60133
Verim	m ³ /saat	9,392	103,997	38,86416	25,185635

Çalışmada dikkate alınan hasatçı için verimli çalışma zamanı ve saatlik verim ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin araştırılması amacıyla Pearson Korelasyon Testi uygulanmıştır. Hasatçı ile üretim çalışmasına ait korelasyon testi sonuçları Çizelge 4.25 ve Çizelge 4.26’da verilmiştir. Korelasyon testi sonuçlarına göre ürün boyu, hacim ve parça sayısı ile çalışma zamanı arasında %99 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p<0,01$) bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Hasatçı verimi dikkate alındığında, kabuklu göğüs çapı, ürün çapı ve ürün hacmi ile verim arasında %99 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p<0,01$) bir ilişki olduğu, ürün boyu ve parça sayısı ile verim arasında ise %95 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p<0,05$) bir ilişki olduğu tespit edilmiştir belirlenmiştir.

Korelasyon testi sonuçları dikkate alınarak, bağımsız değişkenler (ürün boyu, parça sayısı ve hacim) ile çalışma zamanı arasındaki ilişkinin ortaya konulması için Doğrusal Regresyon Analizi kullanılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçlarına göre, hasatçı çalışma zamanı ile bağımsız değişkenlere ilişkin regresyon modelinin %99 güven düzeyinde anlamlı ($p<0,01$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.27). Elde edilen R^2 değeri (0,455) regresyon modelinin hasatçı çalışma zamanını orta düzeyde açıkladığını göstermiştir.

Çizelge 4.25 : Hüyük OİŞ’de düşük eğimde toplam zaman için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.

		Toplam Zaman	Dk 1.30	Çap	Boy	Hacim	Parça Sayısı	Mesafe
Toplam Zaman	Korelasyon	1	0,310	0,310	0,623**	0,473**	0,623**	0,322
	P değeri		0,084	0,084	0,000	0,006	0,000	0,072
Dk 1.30	Korelasyon	0,310	1	0,999**	0,135	0,952**	0,160	0,176
	P değeri	0,084		0,000	0,461	0,000	0,382	0,337
Çap	Korelasyon	0,310	0,999**	1	0,141	0,954**	0,168	0,175
	P değeri	0,084	0,000		0,441	0,000	0,358	0,337
Boy	Korelasyon	0,623**	0,135	0,141	1	0,376*	0,977**	0,263
	P değeri	0,000	0,461	0,441		0,034	0,000	0,146
Hacim	Korelasyon	0,473**	0,952**	0,954**	0,376*	1	0,400*	0,226
	P değeri	0,006	0,000	0,000	0,034		0,023	0,214
Parça Sayısı	Korelasyon	0,623**	0,160	0,168	0,977**	0,400*	1	0,214
	P değeri	0,000	0,382	0,358	0,000	0,023		0,240
Mesafe	Korelasyon	0,322	0,176	0,175	0,263	0,226	0,214	1
	P değeri	0,072	0,337	0,337	0,146	0,214	0,240	

* %95 güven düzeyinde anlamlıdır; ** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Çizelge 4.26 : Hüyük OİŞ’de düşük eğimde verim için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.

		Verim	Dk 1.30	Çap	Boy	Hacim	Parça Sayısı	Mesafe
Verim	Korelasyon	1	0,952**	0,954**	0,376*	1,0**	0,400*	0,226
	P değeri		0,000	0,000	0,034	0,000	0,023	0,214
Dk 1.30	Korelasyon	0,952**	1	0,999**	0,135	0,952**	0,160	0,176
	P değeri	0,000		0,000	0,461	0,000	0,382	0,337
Çap	Korelasyon	0,954**	0,999**	1	0,141	0,954**	0,168	0,175
	P değeri	0,000	0,000		0,441	0,000	0,358	0,337
Boy	Korelasyon	0,376*	0,135	0,141	1	0,376*	0,977**	0,263
	P değeri	0,034	0,461	0,441		0,034	0,000	0,146
Hacim	Korelasyon	1,0**	0,952**	0,954**	0,376*	1	0,400*	0,226
	P değeri	0,000	0,000	0,000	0,034		0,023	0,214
Parça Sayısı	Korelasyon	0,400*	0,160	0,168	0,977**	0,400*	1	0,214
	P değeri	0,023	0,382	0,358	0,000	0,023		0,240
Mesafe	Korelasyon	0,226	0,176	0,175	0,263	0,226	0,214	1
	P değeri	0,214	0,337	0,337	0,146	0,214	0,240	

* %95 güven düzeyinde anlamlıdır; ** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Çizelge 4.27 : Hüyük OİŞ’de düşük eğimde çalışma zamanı için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6,261	3	2,087	7,795	0,001 ^b
	Residual	7,496	28	0,268		
	Total	13,757	31			

a. Bağımsız Değişken: Ürün boyu, parça sayısı ve mesafe

b. Bağımlı Değişken: Çalışma zamanı

Bağımsız değişkenler (Dk 1.30, ürün çapı, ürün boyu, hacim ve parça sayısı) ile verim arasındaki ilişkinin ortaya konulması için yine Doğrusal Regresyon Analizi kullanılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçlarına göre, hasatçı verimi ile bağımsız değişkenlere ilişkin regresyon modelinin %99 güven düzeyinde anlamlı ($p<0,01$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.28). Elde edilen R^2 değeri (1,00) regresyon modelinin hasatçı verimini çok yüksek düzeyde açıkladığını göstermiştir.

Çizelge 4.28 : Hüyük OİŞ’de düşük eğimde verim için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	18749,691	5	3749,938	1527779	0,000 ^b
	Residual	0,006	26	0,0002454		
	Total	18749,697	31			

a. Bağımsız Değişken: Dk 1.30, ürün çapı ve hacim

b. Bağımlı Değişken: Verim

Çalışma zamanını temsil eden bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenlerin (x_1 =ürün boyu; x_2 =hacim; x_3 =parça sayısı) yer aldığı regresyon modeli aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

$$y = -0,970 + (0,109)x_1 + (0,455)x_2 + (0,082)x_3 \quad (4.7)$$

Verimi temsil eden bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenlerin (x_1 = Dk 1.30; x_2 =ürün çapı; x_3 =ürün boyu; x_4 =hacim; x_5 =parça sayısı) yer aldığı regresyon modeli aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

$$y = -0,032 + (0,003)x_1 - (0,004)x_2 + (0,012)x_3 + (59,984)x_4 - (0,024)x_5 \quad (4.8)$$

Orta eğim grubu

Hasatçı ile üretim çalışmaları sırasında toplam zamanı ve verimi etkileyen bağımsız değişkenlere ait betimleyici istatistik bulgular Çizelge 4.29’da verilmiştir. Aynı verilerin normallik testleri sonucu elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarına ilişkin değerler ise Çizelge 4.30’da gösterilmiştir. Bağımsız değişkenler için çarpıklık ve basıklık değerlerinin ± 3 sınır değerleri arasında kaldığı görülmüştür.

Çizelge 4.29 : Hüyük OİŞ’de orta eğim grubunda bağımsız değişkenlere ait betimleyici istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Ürün boyu	cm	9,20	20,70	13,7229	2,44565
Ürün çapı	cm	17,00	37,00	25,5143	5,20391
Dk 1.30	cm	28,00	62,00	42,5143	8,69541
Parça sayısı	adet	4,00	9,00	5,6571	1,08310
Ürün hacmi	m ³	0,204	1,716	0,74220	0,367708
Mesafe	m	0,00	20,00	5,0000	5,28594

Çizelge 4.30 : Hüyük OİŞ’de orta eğim grubunda bağımsız değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık katsayıları.

Değişkenler	Çarpıklık Katsayısı	Basıklık Katsayısı
Ürün boyu	0,543	0,864
Ürün çapı	0,250	-0,832
Dk 1.30	0,300	-0,798
Parça sayısı	0,747	1,845
Ürün hacmi	1,013	0,433
Mesafe	1,261	1,298

Hasatçı ile orta eğim grubunda iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve verime ait betimleyici istatistiksel değerleri Çizelge 4.31’de verilmiştir. Sonuçlara göre, zaman ölçümleri sırasında kaydedilen toplam 35 döngüdeki iş aşamaları kendi aralarında değerlendirildiğinde, bir döngüde en fazla zaman alan aşamanın proses işlemleri (1,0163 dakika) olduğu ve bunu hasatçının kesilecek ağacın yanına ulaşma zamanının (0,2066 dakika) takip ettiği bulunmuştur. Hasatçı ile üretim çalışmasında verimli çalışma saatine göre ortalama verim 44,542 m³/saat olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.31 : Hüyük OİŞ’de orta eğim grubunda iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve toplam verime ait betimleyici istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
H1	dakika	0,02	0,62	0,2066	0,16918
H2	dakika	0,05	0,25	0,0974	0,03608
H3	dakika	0,05	0,40	0,1131	0,09267
H4	dakika	0,03	0,22	0,0763	0,03663
H5	dakika	0,18	4,83	1,0163	0,97240
Verim	m ³ /saat	12,523	101,878	44,54211	21,99242

Çalışmada dikkate alınan hasatçı için verimli çalışma zamanı ve saatlik verim ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin araştırılması amacıyla Pearson Korelasyon

Testi uygulanmıştır. Hasatçı ile üretim çalışmasına ait korelasyon testi sonuçları Çizelge 4.32 ve Çizelge 4.33’de verilmiştir. Korelasyon testi sonuçlarına göre ürün boyu, ürün hacmi ve parça sayısı ile çalışma zamanı arasında %99 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p<0,01$) bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan, kabuklu göğüs çapı (Dk 1.30), ürün çapı, ürün boyu, ürün hacmi, parça sayısı ve mesafe ile verim arasında %99 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p<0,01$) bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Korelasyon testi sonuçları dikkate alınarak, bağımsız değişkenler (ürün boyu, hacim ve parça sayısı) ile çalışma zamanı arasındaki ilişkinin ortaya konulması için Doğrusal Regresyon Analizi kullanılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçlarına göre, hasatçı çalışma zamanı ile bağımsız değişkenlere ilişkin regresyon modelinin %99 güven düzeyinde anlamlı ($p<0,01$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.34). Elde edilen R^2 değeri (0,452) regresyon modelinin hasatçı çalışma zamanını orta düzeyde açıkladığını göstermiştir.

Çizelge 4.32 : Hüyük OİŞ’de orta eğim grubunda toplam zaman için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.

		Toplam Zaman	Dk 1.30	Çap	Boy	Hacim	Parça Sayısı	Mesafe
Toplam Zaman	Korelasyon	1	0,427*	0,426*	0,559**	0,573**	0,590**	0,145
	P değeri		0,011	0,011	0,000	0,000	0,000	0,406
Dk 1.30	Korelasyon	0,427*	1	0,999**	0,245	0,911**	0,225	0,082
	P değeri	,011		0,000	0,156	0,000	0,193	0,640
Çap	Korelasyon	0,426*	0,999**	1	0,244	0,910**	0,225	0,096
	P değeri	0,011	0,000		0,157	0,000	0,193	0,582
Boy	Korelasyon	0,559**	0,245	0,244	1	0,582**	0,953**	0,336*
	P değeri	0,000	0,156	0,157		0,000	0,000	0,048
Hacim	Korelasyon	0,573**	0,911**	0,910**	0,582**	1	0,533**	0,180
	P değeri	0,000	0,000	0,000	0,000		0,001	0,301
Parça Sayısı	Korelasyon	0,590**	0,225	0,225	0,953**	0,533**	1	0,380*
	P değeri	0,000	0,193	0,193	0,000	0,001		0,024
Mesafe	Korelasyon	0,145	0,082	0,096	0,336*	0,180	0,380*	1
	P değeri	0,406	0,640	0,582	0,048	0,301	0,024	

* %95 güven düzeyinde anlamlıdır; ** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Çizelge 4.33 : Hüyük OİŞ’de orta eğitim grubunda verim için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.

		Verim	Dk 1.30	Çap	Boy	Hacim	Parça Sayısı	Mesafe
Verim	Korelasyon	1	0,911**	0,910**	0,583**	1,000**	0,534**	0,180
	P değeri		0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,300
Dk 1.30	Korelasyon	0,911**	1	0,999**	0,245	0,911**	0,225	0,082
	P değeri	0,000		0,000	0,156	0,000	0,193	0,640
Çap	Korelasyon	0,910**	0,999**	1	0,244	0,910**	0,225	0,096
	P değeri	0,000	0,000		0,157	0,000	0,193	0,582
Boy	Korelasyon	0,583**	0,245	0,244	1	0,582**	0,953**	0,336*
	P değeri	0,000	0,156	0,157		0,000	0,000	0,048
Hacim	Korelasyon	1,000**	0,911**	0,910**	0,582**	1	0,533**	0,180
	P değeri	0,000	0,000	0,000	0,000		0,001	0,301
Parça Sayısı	Korelasyon	0,534**	0,225	0,225	0,953**	0,533**	1	0,380*
	P değeri	0,001	0,193	0,193	0,000	0,001		0,024
Mesafe	Korelasyon	0,180	0,082	0,096	0,336*	0,180	0,380*	1
	P değeri	0,300	0,640	0,582	0,048	0,301	0,024	

* %95 güven düzeyinde anlamlıdır; ** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Çizelge 4.34 : Hüyük OİŞ’de orta eğitimde çalışma zamanı için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	13,187	3	4,396	8,510	0,000 ^b
	Residual	16,012	31	0,517		
	Total	29,198	34			

a. Bağımsız Değişken: Ürün boyu, hacim ve parça sayısı

b. Bağımlı Değişken: Çalışma zamanı

Bağımsız değişkenler (Dk 1.30, ürün çapı, ürün boyu, hacim ve parça sayısı) ile verim arasındaki ilişkinin ortaya konulması için yine Doğrusal Regresyon Analizi kullanılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçlarına göre, hasatçı verimi ile bağımsız değişkenlere ilişkin regresyon modelinin %99 güven düzeyinde anlamlı ($p < 0,01$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.35). R^2 değeri (1,000) regresyon modelinin hasatçı verimini yüksek düzeyde açıkladığını göstermiştir.

Çizelge 4.35 : Hüyük OİŞ’de orta eğitimde verim için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	16.546,667	5	3.309,333	13.66703	0,000 ^b
	Residual	0,007	29	0,0002421		
	Total	16.546,674	34			

a. Bağımsız Değişken: Dk 1.30, ürün çapı, ürün boyu, hacim ve parça sayısı

b. Bağımlı Değişken: Verim

Çalışma zamanını temsil eden bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenlerin (x1=ürün boyu; x2=hacim; x3=parça sayısı) yer aldığı regresyon modeli aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

$$y = -0,915 - (0,137)x_1 + (1,003)x_2 + (0,618)x_3 \quad (4.9)$$

Verimi temsil eden bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenlerin (x1=Dk 1.30; x2=ürün çapı; x3=ürün boyu; x4=hacim; x5=parça sayısı) yer aldığı regresyon modeli aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

$$y = 0,40 - (0,008)x_1 + (0,010)x_2 - (0,0004)x_3 + (60,027)x_4 + (0,002)x_5 \quad (4.10)$$

Yüksek eğim grubu

Hasatçı ile üretim çalışmaları sırasında toplam zamanı ve verimi etkileyen bağımsız değişkenlere ait betimleyici istatistik bulgular Çizelge 4.36'da verilmiştir. Aynı verilerin normallik testleri sonucu elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarına ilişkin değerler ise Çizelge 4.37'de gösterilmiştir. Bağımsız değişkenler için çarpıklık ve basıklık değerlerinin ± 3 sınır değerleri arasında kaldığı görülmüştür.

Çizelge 4.36 : Hüyük OİŞ'de yüksek eğim grubunda bağımsız değişkenlere ait betimleyici istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Ürün boyu	cm	7,40	16,10	12,3065	1,88165
Ürün çapı	cm	16,00	37,00	25,0968	4,56329
Dk 1.30	cm	26,00	62,00	41,8065	7,73485
Parça sayısı	adet	3,00	7,00	5,2258	0,88354
Ürün hacmi	m ³	0,176	1,499	0,64484	0,296030
Mesafe	m	0,00	14,00	4,3548	4,10324

Çizelge 4.37 : Hüyük OİŞ'de yüksek eğim grubunda bağımsız değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık katsayıları.

Değişkenler	Çarpıklık Katsayısı	Basıklık Katsayısı
Ürün boyu	-0,328	0,791
Ürün çapı	0,597	0,629
Dk 1.30	0,548	0,570
Parça sayısı	-0,166	0,461
Ürün hacmi	0,929	1,089
Mesafe	0,764	-0,387

Hasatçı ile yüksek eğim grubunda iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve verime ait betimleyici istatistiksel değerleri Çizelge 4.38'de verilmiştir. Sonuçlara göre, zaman ölçümleri sırasında kaydedilen toplam 31 döngüdeki iş aşamaları kendi aralarında değerlendirildiğinde, bir döngüde en fazla zaman alan aşamanın proses işlemleri (0,8471 dakika) olduğu ve bunu hasatçının kesilecek ağacın yanına ulaşma zamanının (0,1971 dakika) takip ettiği bulunmuştur. Hasatçı ile üretim çalışmasında verimli çalışma saatine göre ortalama verim 40,944 m³/saat olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.38 : Hüyük OİŞ’de yüksek eğim grubunda iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve toplam verime ait betimleyici istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
H1	dakika	0,04	0,47	0,1971	0,11875
H2	dakika	0,05	0,21	0,1035	0,03996
H3	dakika	0,04	0,27	0,1145	0,06990
H4	dakika	0,02	0,22	0,0745	0,04426
H5	dakika	0,18	2,58	0,8471	0,75875
Verim	m ³ /saat	11,093	161,200	40,9443	26,87966

Çalışmada dikkate alınan hasatçı için verimli çalışma zamanı ve saatlik verim ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin araştırılması amacıyla Pearson Korelasyon Testi uygulanmıştır. Hasatçı ile üretim çalışmasına ait korelasyon testi sonuçları Çizelge 4.39 ve Çizelge 4.40’da verilmiştir. Korelasyon testi sonuçlarına göre kabuklu göğüs çapı, ürün çapı ve hacim ile çalışma zamanı arasında %99 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p<0,01$) bir ilişki olduğu, parça sayısı ve ürün boyu ile çalışma zamanı arasında ise %95 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p<0,05$) bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan, kabuklu göğüs çapı, ürün çapı, ürün boyu, ürün hacmi ve parça sayısı ile verim arasında %99 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p<0,01$) bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Korelasyon testi sonuçları dikkate alınarak, bağımsız değişkenler (Dk 1.30, ürün çapı, ürün boyu, hacim ve parça sayısı) ile çalışma zamanı arasındaki ilişkinin ortaya konulması için Doğrusal Regresyon Analizi kullanılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçlarına göre, hasatçı çalışma zamanı ile bağımsız değişkenlere ilişkin regresyon modelinin %99 güven düzeyinde anlamlı ($p<0,01$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.41). Elde edilen R^2 değeri (0,560) regresyon modelinin hasatçı çalışma zamanını orta düzeyde açıkladığını göstermiştir.

Çizelge 4.39 : Hüyük OİŞ’de yüksek eğitim grubunda toplam zaman için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.

		Toplam Zaman	Dk 1.30	Çap	Boy	Hacim	Parça Sayısı	Mesafe
Toplam Zaman	Korelasyon	1	0,691**	0,688**	0,362*	0,661**	0,441*	0,233
	P değeri		0,000	0,000	0,046	0,000	0,013	0,208
Dk 1.30	Korelasyon	0,691**	1	0,998**	0,515**	0,961**	0,553**	0,298
	P değeri	0,000		0,000	0,003	0,000	0,001	0,103
Çap	Korelasyon	0,688**	0,998**	1	0,502**	0,958**	0,540**	0,313
	P değeri	0,000	0,000		0,004	0,000	0,002	0,086
Boy	Korelasyon	0,362*	0,515**	0,502**	1	0,678**	0,980**	0,193
	P değeri	0,046	0,003	0,004		0,000	0,000	0,299
Hacim	Korelasyon	0,661**	0,961**	0,958**	0,678**	1	0,709**	0,308
	P değeri	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,092
Parça Sayısı	Korelasyon	0,441*	0,553**	0,540**	0,980**	0,709**	1	0,170
	P değeri	0,013	0,001	0,002	0,000	0,000		0,360
Mesafe	Korelasyon	0,233	0,298	0,313	0,193	0,308	0,170	1
	P değeri	0,208	0,103	0,086	0,299	0,092	0,360	

* %95 güven düzeyinde anlamlıdır; ** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Çizelge 4.40 : Hüyük OİŞ’de yüksek eğitim grubunda verim için hasatçıya ait korelasyon analizi bulguları.

		Verim	Dk 1.30	Çap	Boy	Hacim	Parça Sayısı	Mesafe
Verim	Korelasyon	1	0,960**	0,958**	0,678**	1,000**	0,709**	0,308
	P değeri		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,092
Dk 1.30	Korelasyon	0,960**	1	0,998**	0,515**	0,961**	0,553**	0,298
	P değeri	0,000		0,000	0,003	0,000	0,001	0,103
Çap	Korelasyon	0,958**	0,998**	1	0,502**	0,958**	0,540**	0,313
	P değeri	0,000	0,000		0,004	0,000	0,002	0,086
Boy	Korelasyon	0,678**	0,515**	0,502**	1	0,678**	0,980**	0,193
	P değeri	0,000	0,003	0,004		0,000	0,000	0,299
Hacim	Korelasyon	1,000**	0,961**	0,958**	0,678**	1	0,709**	0,308
	P değeri	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,092
Parça Sayısı	Korelasyon	0,709**	0,553**	0,540**	0,980**	0,709**	1	0,170
	P değeri	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000		0,360
Mesafe	Korelasyon	0,308	0,298	0,313	0,193	0,308	0,170	1
	P değeri	0,092	0,103	0,086	0,299	0,092	0,360	

* %95 güven düzeyinde anlamlıdır; ** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Çizelge 4.41 : Hüyük OİŞ’de yüksek eğimde çalışma zamanı için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	12,052	5	2,410	6,361	0,001 ^b
	Residual	9,472	25	0,379		
	Total	21,524	30			

a. Bağımsız Değişken: Dk 1.30, ürün çapı, ürün boyu, hacim ve parça sayısı

b. Bağımlı Değişken: Çalışma zamanı

Bağımsız değişkenler (Dk 1.30, ürün çapı, ürün boyu, hacim ve parça sayısı) ile verim arasındaki ilişkinin ortaya konulması için yine Doğrusal Regresyon Analizi kullanılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçlarına göre, hasatçı verimi ile bağımsız değişkenlere ilişkin regresyon modelinin %99 güven düzeyinde anlamlı ($p < 0,01$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.42). Elde edilen R^2 değeri (1,00) regresyon modelinin hasatçı verimini yüksek düzeyde açıkladığını göstermiştir.

Çizelge 4.42 : Hüyük OİŞ’de yüksek eğimde verim için hasatçıya ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	9461,938	5	1892,388	8361233	0,000 ^b
	Residual	0,006	25	0,0002263		
	Total	9461,943	30			

a. Bağımsız Değişken: Dk 1.30, ürün çapı, ürün boyu, hacim ve parça sayısı

b. Bağımlı Değişken: Verim

Çalışma zamanını temsil eden bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenlerin (x_1 =Dk 1.30; x_2 =ürün çapı; x_3 =ürün boyu; x_4 =hacim; x_5 =parça sayısı) yer aldığı regresyon modeli aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

$$y = -2,156 + (0,122)x_1 - (0,045)x_2 - (0,592)x_3 - (0,963)x_4 + (1,420)x_5 \quad (4.11)$$

Verimi temsil eden bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenlerin (x_1 =Dk 1.30; x_2 =ürün çapı; x_3 =ürün boyu; x_4 =hacim; x_5 =parça sayısı) yer aldığı regresyon modeli aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

$$y = 0,035 + (0,001)x_1 - (0,005)x_2 + (0,009)x_3 + (60,031)x_4 - (0,022)x_5 \quad (4.12)$$

4.1.2 Hava hattına ait bulgular

Çalışmada Köyceğiz OİŞ’de hava hattı ile üretim çalışmaları sırasında toplam zamanı ve verimi etkileyen bağımsız değişkenlere (ürün boyu, ürün çapı, parça sayısı, ürün

hacmi, mesafe ve yandan çekme mesafesi) ait betimleyici istatistik bulgular (minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma) Çizelge 4.43’de verilmiştir. Bölmeden çıkarma çalışmaları sırasında personelden veya makineden kaynaklanan çok düşük bir miktar kayıp zaman (1,58 dakika) ölçülmüştür.

Verilerin normallik testleri sonucu elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarına ilişkin değerler ise Çizelge 4.44’de gösterilmiştir. Bağımsız değişkenler için çarpıklık ve basıklık değerlerinin ± 3 sınır değerleri arasında kaldığı görülmüştür. Hava hattı ile iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve verime ait betimleyici istatistiksel değerleri (minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma) Çizelge 4.45’te verilmiştir.

Çizelge 4.43 : Hava hattı için bağımsız değişkenlere ait istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Ürün boyu	cm	7,40	17,50	11,675	3,148
Ürün çapı	cm	12	27	20,30	3,505
Parça sayısı	adet	3,00	10,00	5,00	1,682
Ürün hacmi	m ³	1,008	3,942	1,931	0,760
Mesafe	m	150	200	185,00	23,305
Yandan çekme	m	5	30	18,77	7,655

Çizelge 4.44 : Hava hattı için bağımsız değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık katsayıları.

Değişkenler	Çarpıklık Katsayısı	Basıklık Katsayısı
Ürün boyu	0,520	-0,877
Ürün çapı	-0,175	-0,220
Parça sayısı	1,539	2,255
Ürün hacmi	0,936	0,435
Mesafe	-0,920	-1,242
Y.Ç. mesafesi	-0,045	-0,929

Çizelge 4.45 : Hava hattı iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve toplam verime ait istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
HH1	dakika	1,14	2,01	1,3801	0,1762
HH2	dakika	0,17	0,56	0,2866	0,0898
HH3	dakika	2,18	4,69	2,9876	0,5851
HH4	dakika	0,40	1,40	0,7327	0,2538
HH5	dakika	1,47	3,39	2,4325	0,5370
HH6	dakika	0,08	0,47	0,2596	0,0850
HH7	dakika	0,68	3,08	1,4252	0,4835
HH8	dakika	0,12	0,99	0,3140	0,2304
Verim	m ³ /saat	6,638	26,351	11,756	4,3826

Sonuçlara göre, zaman ölçümleri sırasında kaydedilen toplam 30 döngüdeki iş aşamaları kendi aralarında değerlendirildiğinde, bir döngüde en fazla zaman alan aşamanın kablonun ürüne çekilmesi ve bağlanması için geçen zaman (2,98 dakika) olduğu ve bunu yüklü vagonun rampaya ulaşma zamanının (2,43 dakika) takip ettiği bulunmuştur. Hava hattı ile bölmeden çıkarma çalışmasında verimli çalışma saatine göre ortalama verim 11,756 m³/saat olarak bulunmuştur.

Hava hattı ile üretim çalışmasına ait korelasyon testi sonuçları Çizelge 4.46 ve Çizelge 4.47’de verilmiştir. Korelasyon testi sonuçlarına göre hacim ile çalışma zamanı arasında %95 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p < 0,05$) bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Hava hattı verimi dikkate alındığında, ürün çapı, ürün boyu ve ürün hacmi ile verim arasında %99 güven düzeyinde pozitif yönde ($p < 0,01$) bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Korelasyon testi sonuçları dikkate alınarak, bağımsız değişkenler (hacim) ile çalışma zamanı arasındaki ilişkinin ortaya konulması için Doğrusal Regresyon Analizi kullanılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçlarına göre, hava hattı çalışma zamanı ile bağımsız değişkenlere ilişkin regresyon modelinin %99 güven düzeyinde anlamlı ($p < 0,01$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.48). Elde edilen R^2 değeri (0,157) regresyon modelinin hava hattı çalışma zamanını düşük düzeyde açıkladığını göstermiştir.

Çizelge 4.46 : Toplam zaman için hava hattına ait korelasyon analizi bulguları.

		Toplam Zaman	Ürün Çapı	Boy	Hacim	Yandan Çekme Mesafesi	Parça Sayısı
Toplam Zaman	Korelasyon	1	0,290	0,006	0,397	0,182	0,134
	P değeri		0,120	0,973	0,030	0,335	0,480
Ürün Çapı	Korelasyon	0,290	1	0,390	0,680	-0,153	-0,608
	P değeri	0,120		0,033	0,000	0,420	0,000
Boy	Korelasyon	0,006	0,390	1	0,594	-0,175	-0,318
	P değeri	0,973	0,033		0,001	0,356	0,087
Hacim	Korelasyon	0,397	0,680	0,594	1	-0,142	0,004
	P değeri	0,030*	0,000	0,001		0,453	0,982
Yandan Çekme Mesafesi	Korelasyon	0,182	-0,153	-0,175	-0,142	1	0,115
	P değeri	0,335	0,420	0,356	0,453		0,544
Parça Sayısı	Korelasyon	0,134	-0,608	-0,318	0,004	0,115	1
	P değeri	0,480	0,000	0,087	0,982	0,544	

* %95 güven düzeyinde anlamlıdır; ** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Çizelge 4.47 : Verim için hava hattına ait korelasyon analizi bulguları.

		Verim	Ürün Çapı	Boy	Hacim	Yandan Çekme Mesafesi	Parça Sayısı
Verim	Korelasyon	1	0,650**	0,659**	0,944**	-0,204	-0,063
	P değeri		0,000	0,000	0,000	0,280	0,739
Ürün Çapı	Korelasyon	0,650**	1	0,390*	0,680**	-0,153	-0,608**
	P değeri	0,000		0,033	0,000	0,420	0,000
Boy	Korelasyon	0,659**	0,390*	1	0,594**	-0,175	-0,318
	P değeri	0,000	0,033		0,001	0,356	0,087
Hacim	Korelasyon	0,944**	0,680**	0,594**	1	-0,142	0,004
	P değeri	0,000	0,000	0,001		0,453	0,982
Yandan Çekme Mesafesi	Korelasyon	-0,204	-0,153	-0,175	-0,142	1	0,115
	P değeri	0,280	0,420	0,356	0,453		0,544
Parça Sayısı	Korelasyon	-0,063	-0,608**	-0,318	0,004	0,115	1
	P değeri	0,739	0,000	0,087	0,982	0,544	

* %95 güven düzeyinde anlamlıdır; ** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Çizelge 4.48 : Çalışma zamanı için hava hattına ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6,900	1	6,900	5,224	0,030 ^b
	Residual	36,985	28	1,321		
	Total	43,885	29			

a. Bağımsız Değişken: Hacim

b. Bağımlı Değişken: Çalışma zamanı

Bağımsız değişkenler (ürün çapı, ürün boyu ve hacim) ile verim arasındaki ilişkinin ortaya konulması için yine Doğrusal Regresyon Analizi kullanılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçlarına göre, hava hattı verimi ile bağımsız değişkenlere ilişkin regresyon modelinin %99 güven düzeyinde anlamlı ($p < 0,01$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.49). Elde edilen R^2 değeri (0,906) regresyon modelinin hava hattı verimini yüksek düzeyde açıkladığını göstermiştir.

Çizelge 4.49 : Verim için hava hattına ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	504,394	3	168,131	83,090	0,000 ^b
	Residual	52,610	26	2,023		
	Total	557,004	29			

a. Bağımsız Değişken: Ürün çapı, ürün boyu ve hacim

b. Bağımlı Değişken: Verim

Çalışma zamanını temsil eden bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenlerin (x1=hacim) yer aldığı regresyon modeli aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

$$y = 8,579 + (0,642)x1 \quad (4.13)$$

Verimi temsil eden bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenlerin (x1= Ürün çapı; x2=ürün boyu; x3=hacim) yer aldığı regresyon modeli aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

$$y = -0,568 + (0,025)x1 + (0,212)x2 + (4,842)x3 \quad (4.14)$$

4.1.3 Tarım traktörüne ait bulgular

Çalışmada Osmangazi OİŞ ve Yeşilyurt OİŞ’de tarım traktörleri ile gerçekleşen bölmeden çıkarma çalışmalarına ait toplam zaman ve verim üzerine istatistiksel analizler yürütülmüştür. Bölmeden çıkarma çalışmaları sırasında her iki işletme için de personelden veya makineden kaynaklanan kayda değer bir kayıp zaman ölçülmemiştir.

4.1.3.1 Osmangazi OİŞ’ye ait bulgular

Tarım traktörü ile üretim çalışmaları sırasında toplam zamanı ve verimi etkileyen bağımsız değişkenlere (ürün boyu, ürün çapı, ürün hacmi ve mesafe) ait betimleyici istatistik bulgular (minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma) Çizelge 4.50’de verilmiştir. Aynı verilerin normallik testleri sonucu elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarına ilişkin değerler ise Çizelge 4.51’de gösterilmiştir. Bağımsız değişkenler için çarpıklık ve basıklık değerlerinin ± 3 sınır değerleri arasında kaldığı görülmüştür.

Çizelge 4.50 : Osmangazi OİŞ’de tarım traktörü bağımsız değişkenlere ait istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Ürün boyu	cm	8,80	13,80	10,883	1,138
Ürün çapı	cm	16	28	20,69	3,141
Ürün hacmi	m ³	0,239	0,975	0,457	0,171
Mesafe	m	110	150	124,86	12,336

Çizelge 4.51 : Osmangazi OİŞ’de tarım traktörü bağımsız değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık katsayıları.

Değişkenler	Çarpıklık Katsayısı	Basıklık Katsayısı
Ürün boyu	0,740	0,898
Ürün çapı	0,260	-0,470
Ürün hacmi	1,115	1,190
Mesafe	0,309	-1,096

Tarım traktörü ile iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve verime ait betimleyici istatistiksel değerleri (minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma) Çizelge 4.52’de verilmiştir. Sonuçlara göre, zaman ölçümleri sırasında kaydedilen toplam 35 döngüdeki iş aşamaları kendi aralarında değerlendirildiğinde, bir döngüde en fazla zaman alan aşamanın tarım traktörünün boş gidişi için geçen zaman (2,67 dakika) olduğu ve bunu tarım traktörünün rampaya dolu dönüş zamanı (2,30 dakika) takip ettiği bulunmuştur. Tarım traktörü ile bölmeden çıkarma çalışmasında verimli çalışma saatine göre ortalama verim 4,898 m³/saat olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.52 : Osmangazi OİŞ’de tarım traktörü iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve toplam verime ait istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
TT1	dakika	1,83	4,05	2,67	0,4645
TT2	dakika	0,17	1,40	0,43	0,2044
TT3	dakika	1,68	3,16	2,30	0,3818
TT4	dakika	0,12	0,42	0,21	0,0717
Verim	m ³ /saat	1,9093	8,8236	4,8982	1,6394

Çalışmada dikkate alınan tarım traktörü için verimli çalışma zamanı ve saatlik verim ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin araştırılması amacıyla Pearson Korelasyon Testi uygulanmıştır. Korelasyon testi sonuçlarına göre ürün boyu, ürün hacmi ve mesafe ile çalışma zamanı arasında %95 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p<0,05$) bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Traktör verimi dikkate alındığında, ürün çapı, ürün boyu ve ürün hacmi ile verim arasında %99 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p<0,01$) ilişki olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.53 ve Çizelge 4.54).

Çizelge 4.53 : Osmangazi OİŞ’de toplam zaman için tarım traktörüne ait korelasyon analizi bulguları.

		Toplam Zaman	Ürün Çapı	Boy	Hacim	Parça Sayısı
Toplam Zaman	Korelasyon	1	0,254	0,391*	0,345*	0,395*
	P değeri		0,142	0,020	0,043	0,019
Ürün Çapı	Korelasyon	0,254	1	0,675**	0,957**	-0,126
	P değeri	0,142		0,000	0,000	0,469
Boy	Korelasyon	0,391*	0,675**	1	0,838**	0,072
	P değeri	0,020	0,000		0,000	0,681
Hacim	Korelasyon	0,345*	0,957**	0,838**	1	-0,054
	P değeri	0,043	0,000	0,000		0,760
Mesafesi	Korelasyon	0,395*	-0,126	0,072	-0,054	1
	P değeri	0,019	0,469	0,681	0,760	

* %95 güven düzeyinde anlamlıdır; ** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Çizelge 4.54 : Osmangazi OİŞ’de verim için tarım traktörüne ait korelasyon analizi bulguları.

		Verim	Ürün Çapı	Boy	Hacim	Parça Sayısı
Verim	Korelasyon	1	0,923**	0,705**	0,915**	-0,222
	P değeri		0,000	0,000	0,000	0,199
Ürün Çapı	Korelasyon	0,923**	1	0,675**	0,957**	-0,126
	P değeri	0,000		0,000	0,000	0,469
Boy	Korelasyon	0,705**	0,675**	1	0,838**	0,072
	P değeri	0,000	0,000		0,000	0,681
Hacim	Korelasyon	0,915**	0,957**	0,838**	1	-0,054
	P değeri	0,000	0,000	0,000		0,760
Mesafesi	Korelasyon	-0,222	-0,126	0,072	-0,054	1
	P değeri	0,199	0,469	0,681	0,760	

* %95 güven düzeyinde anlamlıdır; ** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Korelasyon testi sonuçları dikkate alınarak, bağımsız değişkenler (ürün boyu, hacim ve mesafe) ile çalışma zamanı arasındaki ilişkinin ortaya konulması için Doğrusal Regresyon Analizi kullanılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçlarına göre, tarım traktörü çalışma zamanı ile bağımsız değişkenlere ilişkin regresyon modelinin %95 güven düzeyinde anlamlı ($p < 0,05$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.55). Elde edilen R^2 değeri (0,300) regresyon modelinin tarım traktörü çalışma zamanını düşük düzeyde açıkladığını göstermiştir.

Çizelge 4.55 : Osmangazi OİŞ’de çalışma zamanı için tarım traktörüne ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6,224	3	2,075	4,433	0,011 ^b
	Residual	14,510	31	0,468		
	Total	20,734	34			

a. Bağımsız Değişken: Ürün boyu, hacim ve mesafe

b. Bağımlı Değişken: Çalışma zamanı

Bağımsız değişkenler (ürün çapı ve hacim) ile verim arasındaki ilişkinin ortaya konulması için yine Doğrusal Regresyon Analizi kullanılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçlarına göre, tarım traktörü verimi ile bağımsız değişkenlere ilişkin regresyon modelinin %99 güven düzeyinde anlamlı ($p < 0,01$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.56). Elde edilen R^2 değeri (0,865) regresyon modelinin tarım traktörü verimini yüksek düzeyde açıkladığını göstermiştir.

Çizelge 4.56 : Osmangazi OİŞ’de verim için tarım traktörüne ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	78,993	3	26,331	65,987	0,000 ^b
	Residual	12,370	31	0,399		
	Total	91,364	34			

a. Bağımsız Değişken: Ürün çapı, ürün boyu ve hacim

b. Bağımlı Değişken: Verim

Çalışma zamanını temsil eden bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenlerin (x_1 =ürün boyu; x_2 =hacim ve x_3 =mesafe) yer aldığı regresyon modeli aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

$$y = 0,656 + (0,130)x_1 + (0,948)x_2 + (0,025)x_3 \quad (4.15)$$

Verimi temsil eden bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenlerin (x_1 =Ürün çapı; x_2 =hacim) yer aldığı regresyon modeli aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

$$y = -5,099 + (0,148)x_1 + (1,337)x_2 \quad (4.16)$$

4.1.3.2 Yeşilyurt OİŞ’ye ait bulgular

Tarım traktörü ile üretim çalışmaları sırasında toplam zamanı ve verimi etkileyen bağımsız değişkenlere ait betimleyici istatistik bulgular Çizelge 4.57’te verilmiştir. Aynı verilerin normallik testleri sonucu elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarına ilişkin değerler ise Çizelge 4.58’de gösterilmiştir. Bağımsız değişkenler için çarpıklık ve basıklık değerleri ürün boyu hariç tamamında ± 3 arasında kaldığı görülmüştür.

Çizelge 4.57 : Yeşilyurt OİŞ’de tarım traktörü bağımsız değişkenlere ait istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Ürün boyu	cm	9,50	13,60	11,54	0,994
Ürün çapı	cm	12	28	20,17	4,284
Parça sayısı	adet	1	2	1,77	0,430
Ürün hacmi	m ³	0,246	1,449	0,6781	0,3082
Mesafe	m	270	350	304,67	20,841

Çizelge 4.58 : Yeşilyurt OİŞ’de tarım traktörü bağımsız değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık katsayıları.

Değişkenler	Çarpıklık Katsayısı	Basıklık Katsayısı
Ürün boyu	0,050	-0,487
Ürün çapı	0,075	-0,280
Parça sayısı	-1,328	-0,257
Ürün hacmi	0,755	0,677
Mesafe	0,308	-0,592

Tarım traktörü ile iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve verime ait betimleyici istatistiksel değerleri (minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma) Çizelge 4.59’da verilmiştir. Sonuçlara göre, zaman ölçümleri sırasında kaydedilen toplam 30 döngüdeki iş aşamaları kendi aralarında değerlendirildiğinde, bir döngüde en fazla zaman alan aşamanın tarım traktörünün rampaya dolu dönüşü için geçen zaman (2,49 dakika) olduğu ve bunu tarım traktörünün boş gidişi zamanı (2,317 dakika) takip ettiği bulunmuştur. Tarım traktörü ile bölmeden çıkarma çalışmasında verimli çalışma saatine göre ortalama verim 6,444 m³/saat olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.59 : Yeşilyurt OİŞ’de tarım traktörü iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve toplam verime ait istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
TT1	dakika	1,85	2,44	2,17	0,1659
TT2	dakika	0,58	3,25	1,39	0,6053
TT3	dakika	1,99	3,96	2,49	0,3794
TT4	dakika	0,08	0,34	0,18	0,0762
Verim	m ³ /saat	2,3462	11,0732	6,444	2,4733

Çalışmada dikkate alınan tarım traktörü için verimli çalışma zamanı ve saatlik verim ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin araştırılması amacıyla Pearson Korelasyon Testi uygulanmıştır. Korelasyon testi sonuçlarına göre ürün hacmi, mesafe ve parça sayısı ile çalışma zamanı arasında %99 güven düzeyinde pozitif yönde

anlamlı ($p < 0,01$) bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Tarım traktörü verimi dikkate alındığında, ürün çapı, ürün boyu ve ürün hacmi ile verim arasında %99 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p < 0,01$) bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.60 ve 4. Çizelge 61).

Çizelge 4.60 : Yeşilyurt OİŞ’de toplam zaman için tarım traktörüne ait korelasyon analizi bulguları.

		Toplam Zaman	Ürün Çapı	Boy	Hacim	Parça Sayısı	Mesafe
Toplam Zaman	Korelasyon	1	0,084	0,069	0,613**	0,625**	0,693**
	P değeri		0,660	0,718	0,000	0,000	0,000
Ürün Çapı	Korelasyon	0,084	1	0,684**	0,755**	-0,352	-0,131
	P değeri	0,660		0,000	0,000	0,056	0,491
Boy	Korelasyon	0,069	0,684**	1	0,515**	-0,421*	-0,022
	P değeri	0,718	0,000		0,004	0,021	0,909
Hacim	Korelasyon	0,613**	0,755**	0,515**	1	0,277	0,331
	P değeri	0,000	0,000	0,004		0,138	0,074
Parça Sayısı	Korelasyon	0,625**	-0,352	-0,421*	0,277	1	0,472**
	P değeri	0,000	0,056	0,021	0,138		0,008
Mesafesi	Korelasyon	0,693**	-0,131	-0,022	0,331	0,472**	1
	P değeri	0,000	0,491	0,909	0,074	0,008	

* %95 güven düzeyinde anlamlıdır; ** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Çizelge 4.61 : Yeşilyurt OİŞ’de verim için tarım traktörüne ait korelasyon analizi bulguları.

		Verim	Ürün Çapı	Boy	Hacim	Parça Sayısı	Mesafe
Verim	Korelasyon	1	0,864**	0,581**	0,925**	0,088	0,069
	P değeri		0,000	0,001	0,000	0,646	0,719
Ürün Çapı	Korelasyon	0,864**	1	0,684**	0,755**	-0,352	-0,131
	P değeri	0,000		0,000	0,000	0,056	0,491
Boy	Korelasyon	0,581**	0,684**	1	0,515**	-0,421*	-0,022
	P değeri	0,001	0,000		0,004	0,021	0,909
Hacim	Korelasyon	0,925**	0,755**	0,515**	1	0,277	0,331
	P değeri	0,000	0,000	0,004		0,138	0,074
Parça Sayısı	Korelasyon	0,088	-0,352	-0,421*	0,277	1	0,472**
	P değeri	0,646	0,056	0,021	0,138		0,008
Mesafesi	Korelasyon	0,069	-0,131	-0,022	0,331	0,472**	1
	P değeri	0,719	0,491	0,909	0,074	0,008	

* %95 güven düzeyinde anlamlıdır; ** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Korelasyon testi sonuçları dikkate alınarak, bağımsız değişkenler (ürün boyu, hacim parça sayısı ve mesafe) ile çalışma zamanı arasındaki ilişkinin ortaya konulması için Doğrusal Regresyon Analizi kullanılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçlarına göre, tarım traktörü çalışma zamanı ile bağımsız değişkenlere ilişkin regresyon modelinin %99 güven düzeyinde anlamlı ($p<0,01$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.62). Elde edilen R^2 değeri (0,725) regresyon modelinin tarım traktörü çalışma zamanını yüksek düzeyde açıkladığını göstermiştir.

Çizelge 4.62 : Yeşilyurt OİŞ’de çalışma zamanı için tarım traktörüne ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	14,420	3	4,807	22,830	0,000b
	Residual	5,474	26	0,211		
	Total	19,894	29			

a. Bağımsız Değişken: Ürün boyu, hacim, parça sayısı ve mesafe

b. Bağımlı Değişken: Çalışma zamanı

Bağımsız değişkenler (ürün çapı ve hacim) ile verim arasındaki ilişkinin ortaya konulması için yine Doğrusal Regresyon Analizi kullanılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçlarına göre, tarım traktörü verimi ile bağımsız değişkenlere ilişkin regresyon modelinin %99 güven düzeyinde anlamlı ($p<0,01$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.63). Elde edilen R^2 değeri (0,919) regresyon modelinin tarım traktörü verimini yüksek düzeyde açıkladığını göstermiştir.

Çizelge 4.63 : Yeşilyurt OİŞ’de verim için tarım traktörüne ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	163,063	3	54,354	98,625	0,000b
	Residual	14,329	26	0,551		
	Total	177,393	29			

a. Bağımsız Değişken: Ürün çapı ve hacim

b. Bağımlı Değişken: Verim

Çalışma zamanını temsil eden bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenlerin (x_1 =hacim; x_2 =parça sayısı ve x_3 =mesafe) yer aldığı regresyon modeli aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

$$y = -0,572 + (1,038)x_1 + (0,623)x_2 + (0,016)x_3 \quad (4.17)$$

Verimi temsil eden bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenlerin (x_1 = Ürün çapı; x_2 =ürün boyu ve x_3 =hacim) yer aldığı model aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

$$y = -1,126 + (0,230)x_1 - (0,044)x_2 + (5,081)x_3 \quad (4.18)$$

4.1.4 Yükleyiciye ait bulgular

Çalışmada Muğla OİŞ ve Karaçam OİŞ’de yükleyici ile gerçekleşen yükleme çalışmalarına ait toplam zaman ve verim üzerine istatistiksel analizler yürütülmüştür. Bölmeden çıkarma çalışmaları sırasında Muğla OİŞ’de personelden veya makineden kaynaklanan kayıp zaman yaklaşık 7 dakika olarak ölçülürken, Karaçam OİŞ’de 3 dk kayıp zaman ölçülmüştür.

4.1.4.1 Muğla OİŞ’ye ait bulgular

Yükleyici ile üretim çalışmaları sırasında toplam zamanı ve verimi etkileyen bağımsız değişkenlere (ürün çapı, hacim ve parça sayısı) ait betimleyici istatistik bulgular (minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma) Çizelge 4.64’de verilmiştir. Aynı verilerin normallik testleri sonucu elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarına ilişkin değerler ise Çizelge 4.65’te gösterilmiştir. Bağımsız değişkenler için çarpıklık ve basıklık değerlerinin ± 3 sınır değerleri arasında kaldığı görülmüştür.

Çizelge 4.64 : Muğla OİŞ’de yükleyici bağımsız değişkenlere ait istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Ürün çapı	cm	16	52	28,63	9,946
Ürün hacmi	m ³	0,032	0,317	0,1654	0,08124
Parça sayısı	adet	1	4	2,03	0,809

Çizelge 4.65 : Muğla OİŞ’de yükleyici bağımsız değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık katsayıları.

Değişkenler	Çarpıklık Katsayısı	Basıklık Katsayısı
Ürün çapı	0,872	-0,161
Ürün hacmi	0,414	-0,798
Parça sayısı	0,356	-0,343

Yükleyici ile iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve verime ait betimleyici istatistiksel değerleri (minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma) Çizelge 4.66’te verilmiştir. Sonuçlara göre, zaman ölçümleri sırasında kaydedilen toplam 30 döngüdeki iş aşamaları kendi aralarında değerlendirildiğinde, bir döngüde en fazla zaman alan aşamanın Boomu uzatması ve ürünün kavranması için geçen zaman (0,232 dakika) olduğu ve bunu ürünü yüklemesi ve istiflemesi zamanı (0,184 dakika) takip ettiği bulunmuştur. Yükleyici ile bölmeden çıkarma çalışmasında verimli çalışma saatine göre ortalama verim 17,286 m³/saat olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.66 : Muğla OİŞ’de yükleyici iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve toplam verime ait istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Y1	dakika	0,049	0,196	0,088	0,0272
Y2	dakika	0,038	0,530	0,232	0,1237
Y3	dakika	0,043	0,361	0,115	0,0681
Y4	dakika	0,072	0,526	0,184	0,0990
Verim	m ³ /saat	4,633	38,770	17,2864	8,9484

Çalışmada dikkate alınan yükleyici için verimli çalışma zamanı ve saatlik verim ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin araştırılması amacıyla Pearson Korelasyon Testi uygulanmıştır. Yükleyici ile üretim çalışmasına ait korelasyon testi sonuçları Çizelge 4.67 ve Çizelge 4.68’de verilmiştir. Korelasyon testi sonuçlarına göre parça sayısı ile çalışma zamanı arasında %99 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p < 0,01$) bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Yükleyici verimi dikkate alındığında, ürün çapı ve ürün hacmi ile verim arasında %99 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p < 0,01$) bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.67 : Muğla OİŞ’de toplam zaman için yükleyiciye ait korelasyon analizi bulguları.

		Toplam Zaman	Ürün Çapı	Hacim	Parça Sayısı
Toplam Zaman	Korelasyon	1	-0,029	0,196	0,468 **
	P değeri		0,879	0,299	0,009
Ürün Çapı	Korelasyon	-0,029	1	0,596 **	-0,504 **
	P değeri	0,879		0,001	0,004
Hacim	Korelasyon	0,196	0,596 **	1	0,128
	P değeri	0,299	0,001		0,499
Parça Sayısı	Korelasyon	0,468 **	-0,504 **	0,128	1
	P değeri	0,009	0,004	0,499	

* %95 güven düzeyinde anlamlıdır; ** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Çizelge 4.68 : Muğla OİŞ’de verim için yükleyiciye ait korelasyon analizi bulguları.

		Verim	Ürün Çapı	Hacim	Parça Sayısı
Verim	Korelasyon	1	0,592 **	0,780 **	-.133
	P değeri		.001	.000	.484
Ürün Çapı	Korelasyon	0,592 **	1	0,596 **	-0,504 **
	P değeri	0,001		0,001	0,004
Hacim	Korelasyon	0,780 **	0,596 **	1	0,128
	P değeri	0,000	0,001		0,499
Parça Sayısı	Korelasyon	-0,133	-0,504 **	0,128	1
	P değeri	0,484	0,004	0,499	

* %95 güven düzeyinde anlamlıdır; ** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Korelasyon testi sonuçları dikkate alınarak, bağımsız değişkenler ile çalışma zamanı arasındaki ilişkinin ortaya konulması için Doğrusal Regresyon Analizi kullanılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçlarına göre, yükleyici çalışma zamanı ile bağımsız değişkene ilişkin regresyon modelinin %99 güven düzeyinde anlamlı ($p < 0,01$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.69). Elde edilen R^2 değeri (0,219) regresyon modelinin yükleyici çalışma zamanını düşük düzeyde açıkladığını göstermiştir.

Bağımsız değişkenler (ürün çapı ve hacim) ile verim arasındaki ilişkinin ortaya konulması için yine Doğrusal Regresyon Analizi kullanılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçlarına göre, yükleyici verimi ile bağımsız değişkenlere ilişkin regresyon modelinin %99 güven düzeyinde anlamlı ($p < 0,01$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.70). Elde edilen R^2 değeri (0,633) regresyon modelinin tarım traktörü verimini orta düzeyde açıkladığını göstermiştir.

Çizelge 4.69 : Muğla OİŞ’de çalışma zamanı için yükleyiciye ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	0,204	1	0,204	7,833	0,009 ^b
	Residual	0,731	28	0,026		
	Total	0,935	29			

a. Bağımsız Değişken: Parça sayısı

b. Bağımlı Değişken: Çalışma zamanı

Çizelge 4.70 : Muğla OİŞ’de verim için yükleyiciye ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.469,341	2	734,670	23,260	0,000 ^b
	Residual	852,813	27	31,586		
	Total	2.322,154	29			

a. Bağımsız Değişken: Ürün çapı ve hacim

b. Bağımlı Değişken: Verim

Çalışma zamanını temsil eden bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenlerin (x1=parça sayısı) yer aldığı regresyon modeli aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

$$y = 0,410 + (0,104)x1 \quad (4.19)$$

Verimi temsil eden bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenlerin (x1= Ürün çapı; x2=ürün hacmi) yer aldığı regresyon modeli aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

$$y = 0,147+(0,177)x1 + (72,943)x2 \quad (4.20)$$

4.1.4.2 Karaçam OİŞ’ye ait bulgular

Yükleyici ile üretim çalışmaları sırasında toplam zamanı ve verimi etkileyen bağımsız değişkenlere (ürün çapı, hacim ve parça sayısı) ait betimleyici istatistik bulgular Çizelge 4.71’de verilmiştir. Aynı verilerin normallik testleri sonucu elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarına ilişkin değerler ise Çizelge 4.72’de gösterilmiştir. Bağımsız değişkenler için çarpıklık ve basıklık (parça sayısı hariç) değerlerinin ± 3 sınır değerleri arasında kaldığı görülmüştür.

Çizelge 4.71 : Karaçam OİŞ’de yükleyici bağımsız değişkenlere ait istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Ürün çapı	cm	14	52	29,27	8,796
Ürün hacmi	m ³	0,019	0,531	0,1340	0,1138
Parça sayısı	adet	1	4,00	1,3529	0,6268

Çizelge 4.72 : Karaçam OİŞ’de Yükleyici bağımsız değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık katsayıları.

Değişkenler	Çarpıklık Katsayısı	Basıklık Katsayısı
Ürün çapı	0,841	0,443
Ürün hacmi	1,444	2,048
Parça sayısı	2,109	5,471

Yükleyici ile iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve verime ait betimleyici istatistiksel değerleri (minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma) Çizelge 4.73'de verilmiştir. Sonuçlara göre, zaman ölçümleri sırasında kaydedilen toplam 51 döngüdeki iş aşamaları kendi aralarında değerlendirildiğinde, bir döngüde en fazla zaman alan aşamanın ürünü yüklemesi ve istiflemesi zamanı (0,086 dakika) olduğu ve bunu Boomu uzatması ve ürünün kavranması için geçen zamanın (0,530 dakika) takip ettiği bulunmuştur. Yükleyici ile bölmeden çıkarma çalışmasında verimli çalışma saatine göre ortalama verim 27,848 m³/saat olarak bulunmuştur.

Çalışmada dikkate alınan yükleyici için verimli çalışma zamanı ve saatlik verim ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin araştırılması amacıyla Pearson Korelasyon Testi uygulanmıştır. Yükleyici ile üretim çalışmasına ait korelasyon testi sonuçları Çizelge 4.74 ve Çizelge 4.75'te verilmiştir.

Çizelge 4.73 : Karaçam OİŞ'de yükleyici iş aşamalarının zaman ölçümlerine ve toplam verime ait istatistiksel bulgular.

Değişkenler	Birimi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Y1	dakika	0,022	0,241	0,069	0,0529
Y2	dakika	0,020	0,204	0,071	0,0455
Y3	dakika	0,017	0,274	0,070	0,0443
Y4	dakika	0,004	0,779	0,086	0,1312
Verim	m ³ /saat	4,171	84,692	27,848	18,3987

Çizelge 4.74 : Karaçam OİŞ'de toplam zaman için yükleyiciye ait korelasyon analizi bulguları.

		Toplam Zaman	Ürün Çapı	Hacim	Parça Sayısı
Toplam Zaman	Korelasyon	1	0,356*	0,584**	0,577**
	P değeri		0,010	0,000	0,000
Ürün Çapı	Korelasyon	0,356*	1	0,841**	0,348*
	P değeri	0,010		0,000	0,012
Hacim	Korelasyon	0,584**	0,841**	1	0,722**
	P değeri	0,000	0,000		0,000
Parça Sayısı	Korelasyon	0,577**	0,348*	0,722**	1
	P değeri	0,000	0,012	0,000	

* %95 güven düzeyinde anlamlıdır; ** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Çizelge 4.75 : Karaçam OİŞ’de verim için yükleyiciye ait korelasyon analizi bulguları.

		Verim	Ürün Çapı	Hacim	Parça Sayısı
Verim	Korelasyon	1	0,801**	0,737**	0,390**
	P değeri		0,000	0,000	0,005
Ürün Çapı	Korelasyon	0,801**	1	0,841**	0,348*
	P değeri	0,000		0,000	0,012
Hacim	Korelasyon	0,737**	0,841**	1	0,722**
	P değeri	0,000	0,000		0,000
Parça Sayısı	Korelasyon	0,390**	0,348*	0,722**	1
	P değeri	0,005	0,012	0,000	

* %95 güven düzeyinde anlamlıdır; ** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Korelasyon testi sonuçlarına göre hacim ve parça sayısı ile çalışma zamanı arasında %99 güven düzeyinde ($p<0,01$), ürün çapı ile ise %95 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p<0,05$) bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Yükleyici verimi dikkate alındığında, ürün çapı, hacim ve parça sayısı ile verim arasında %99 güven düzeyinde pozitif yönde anlamlı ($p<0,01$) bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Korelasyon testi sonuçları dikkate alınarak, bağımsız değişkenler (ürün çapı, hacim ve parça sayısı) ile çalışma zamanı arasındaki ilişkinin ortaya konulması için Doğrusal Regresyon Analizi kullanılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçlarına göre, yükleyici çalışma zamanı ile bağımsız değişkene ilişkin regresyon modelinin %99 güven düzeyinde anlamlı ($p<0,01$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.76). Elde edilen R^2 değeri (0,408) regresyon modelinin yükleyici çalışma zamanını düşük düzeyde açıkladığını göstermiştir.

Çizelge 4.76 : Karaçam OİŞ’de çalışma zamanı için yükleyiciye ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	0,709	3	0,236	10,815	0,000 ^b
	Residual	1,027	47	0,022		
	Total	1,735	50			

a. Bağımsız Değişken: Ürün çapı, hacim ve parça sayısı

b. Bağımlı Değişken: Çalışma zamanı

Bağımsız değişkenler (ürün çapı, hacim ve parça sayısı) ile verim arasındaki ilişkinin ortaya konulması için yine Doğrusal Regresyon Analizi kullanılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçlarına göre, yükleyici verimi ile bağımsız değişkenlere ilişkin

regresyon modelinin %99 güven düzeyinde anlamlı ($p<0,01$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.77). Elde edilen R^2 değeri (0,657) regresyon modelinin tarım traktörü verimini orta düzeyde açıkladığını göstermiştir.

Çizelge 4.77 : Karaçam OİŞ’de verim için yükleyiciye ait Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	11120,852	3	3706,951	30,014	0,000 ^b
	Residual	5804,753	47	123,505		
	Total	16925,605	50			

a. Bağımsız Değişken: Ürün çapı, hacim ve parça sayısı

b. Bağımlı Değişken: Verim

Çalışma zamanını temsil eden bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenlerin (x_1 =ürün çapı, x_2 =hacim ve x_3 =parça sayısı) yer aldığı regresyon modeli aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

$$y = 0,279 - (0,007)x_1 + (1,246)x_2 + (0,043)x_3 \quad (4.21)$$

Verimi temsil eden bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenlerin (x_1 =ürün çapı, x_2 =hacim ve x_3 =parça sayısı) yer aldığı regresyon modeli aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

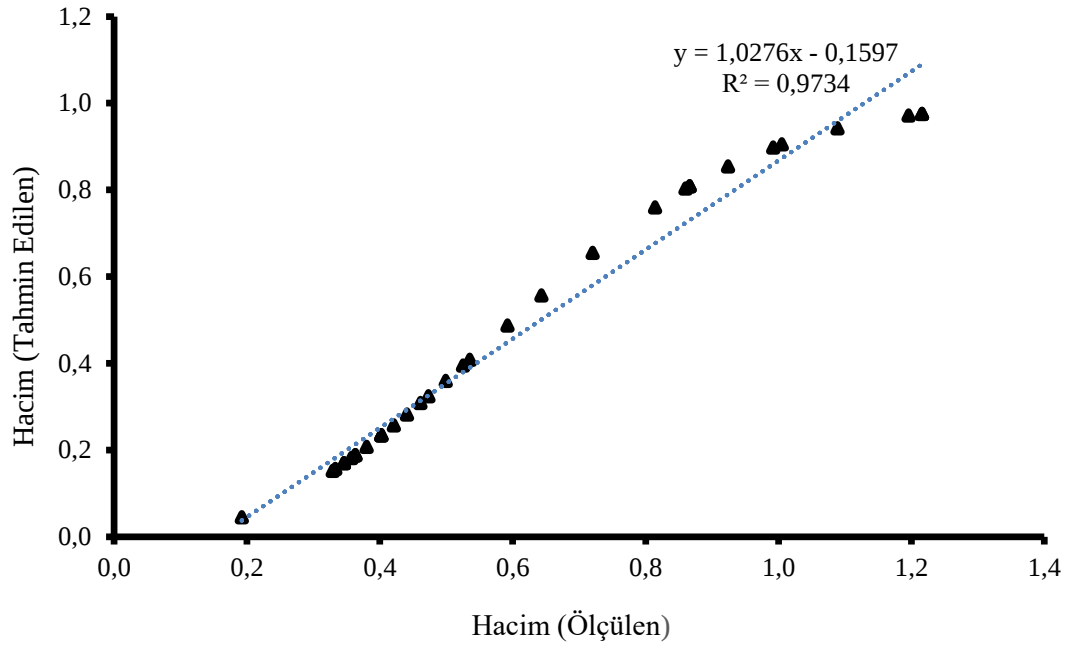
$$y = -19,290 + (1,430)x_1 + (17,734)x_2 + (2,146)x_3 \quad (4.22)$$

4.2 Weibull Olasılık Dağılımına Ait Bulgular

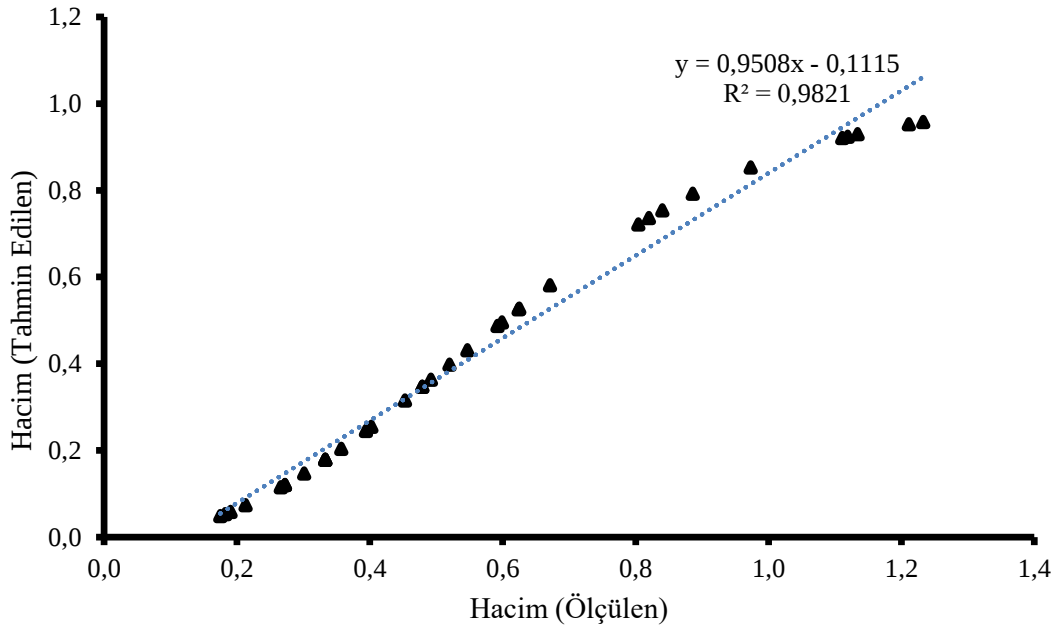
4.2.1 Hasatçıya ait Weibull olasılık dağılımı bulguları

4.2.1.1 Karacasu OİŞ’ye ait Weibull olasılık dağılımı bulguları

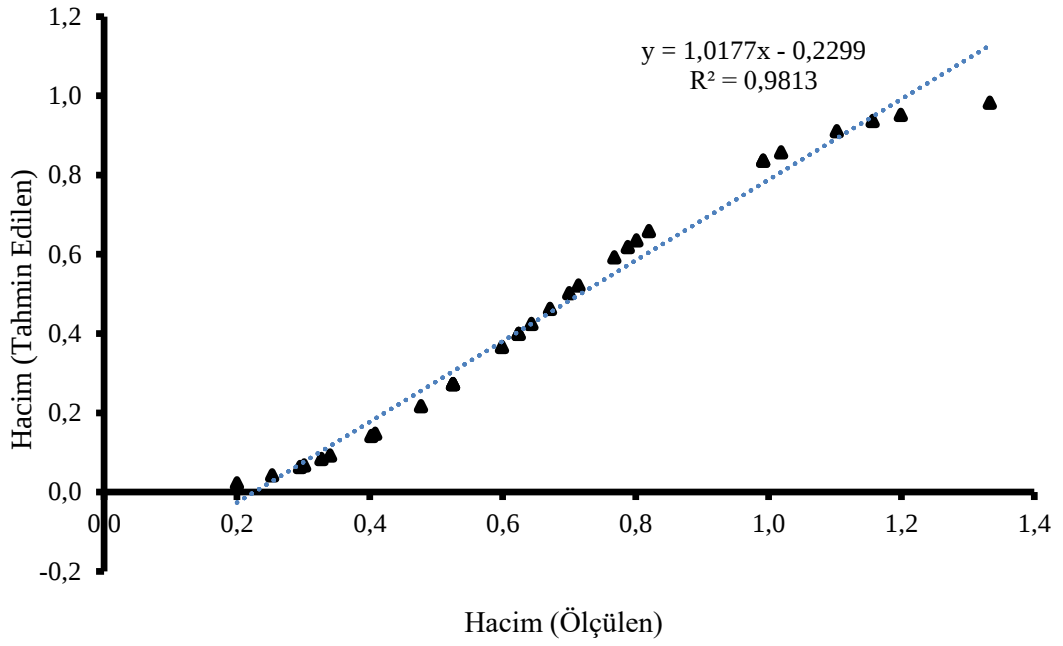
Çalışma kapsamında hasatçı uygulamalarında ölçülen hacim ve çalışma zamanı veri setlerinin Weibull olasılık dağılımıyla uygunluğu test edilmiştir. Bu uygunluğu belirlemek için grafik yöntem kullanılmıştır. Karacasu OİŞ’de üç eğim grubunda yürütülen saha ölçümlerinden, düşük (34), orta (35) ve yüksek (31) eğim grubundan olmak üzere toplam 100 adet hacim verisi kullanılmıştır. Düşük eğim grubunda toplam çalışma zamanı 1.966 saniye olan veri seti test edilmiştir. Orta ve yüksek eğim grubunda ise toplam çalışma zamanı sırasıyla 2.297 saniye ve 1.811 saniyedir. Her bir eğim grubunda, Weibull olasılık dağılımının tahmin için uygun olduğu (sırasıyla $R^2 = 0,97$; $R^2 = 0,98$; $R^2 = 0,98$) görülmüştür (Şekil 4.1-4.3).



Şekil 4.1 : Karacasu OİŞ’de düşük eğimde ölçülen hacim (m³) verileri ile tahmin verilerinin ilişkisi.

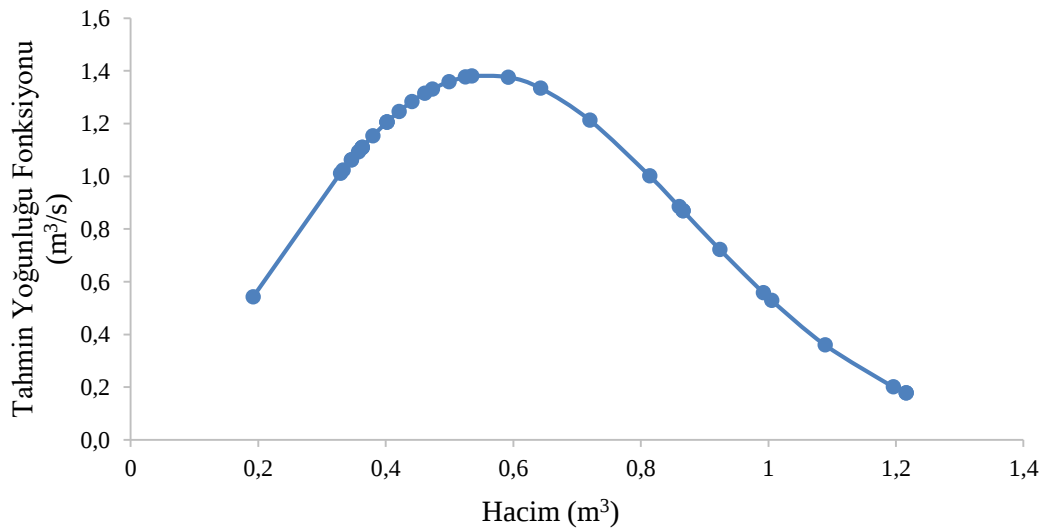


Şekil 4.2 : Karacasu OİŞ’de orta eğimde ölçülen hacim (m³) verileri ile tahmin verilerinin ilişkisi.

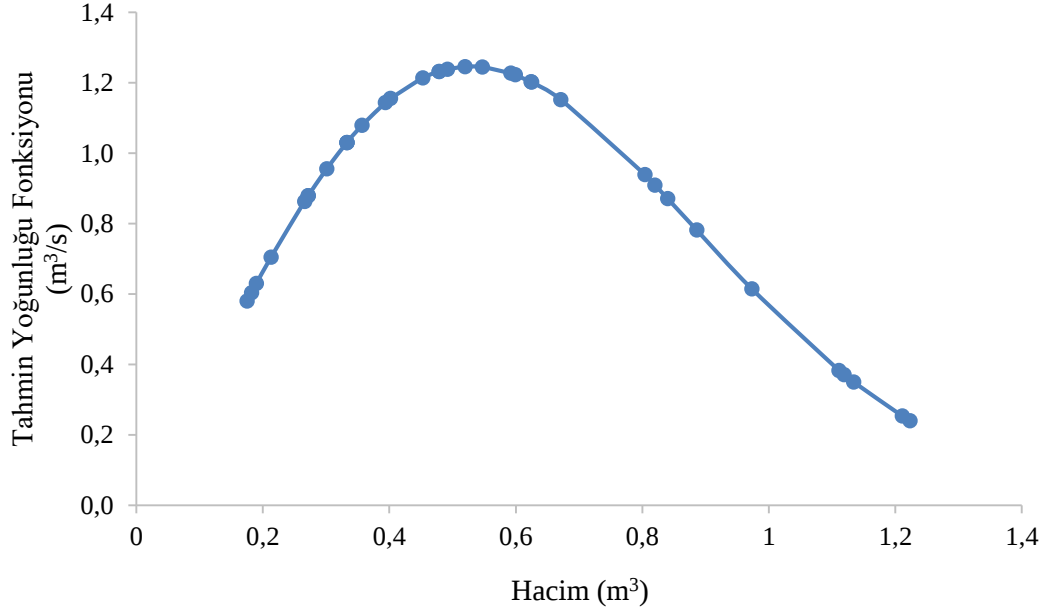


Şekil 4.3: Karacasu OİŞ’de yüksek eğimde ölçülen hacim (m³) verileri ile tahmin verilerinin ilişkisi.

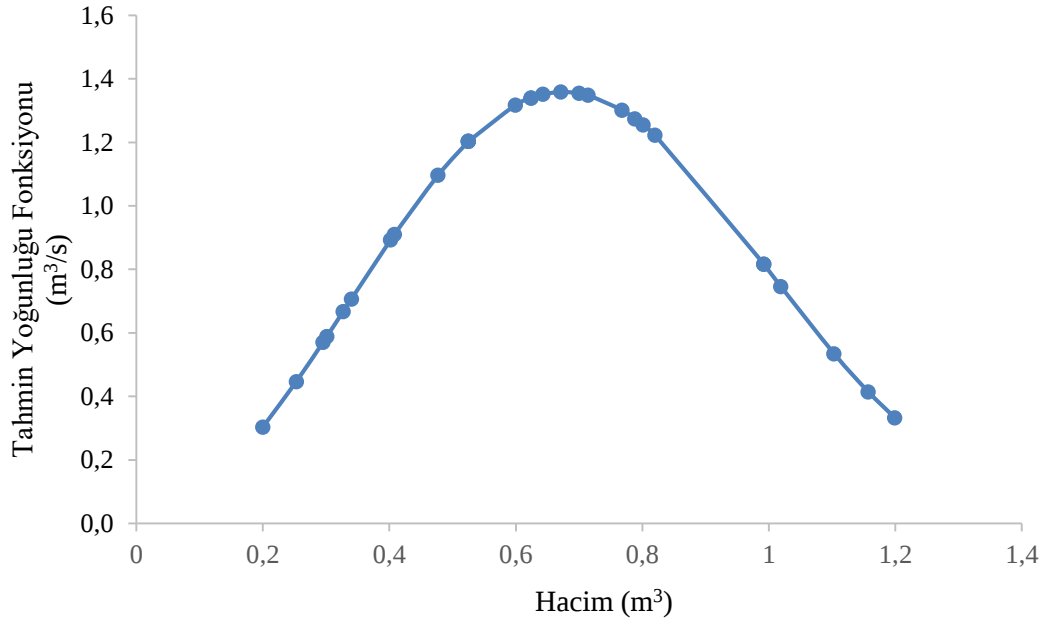
Grafiksel yöntem ile elde edilen fonksiyonlar kullanılarak c (şekil parametresi) ve b (ölçek parametresi)'nin Weibull parametreleri hesaplanmıştır. Sonuçlara göre düşük eğim grubunda c değeri 2,379 ve b değeri ise 0,70 olarak bulunmuştur. Orta eğim grubunda c ve b değerleri sırasıyla 1,957 ve 0,58 iken, yüksek eğim grubunda bu değerler 2,732 ve 0,80 bulunmuştur. Her bir eğim grubunda, ürün hacmine dayalı olasılık yoğunluk fonksiyonları birim zaman başına düşen hacim verileri ve elde edilen hacim verileri Şekil 4.4, 4.5 ve 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.4 : Karacasu OİŞ’de düşük eğimde hacim verilerine dayalı Weibull olasılık dağılımı.



Şekil 4.5 : Karacasu OİŞ’de orta eğimde hacim verilerine dayalı Weibull olasılık dağılımı.

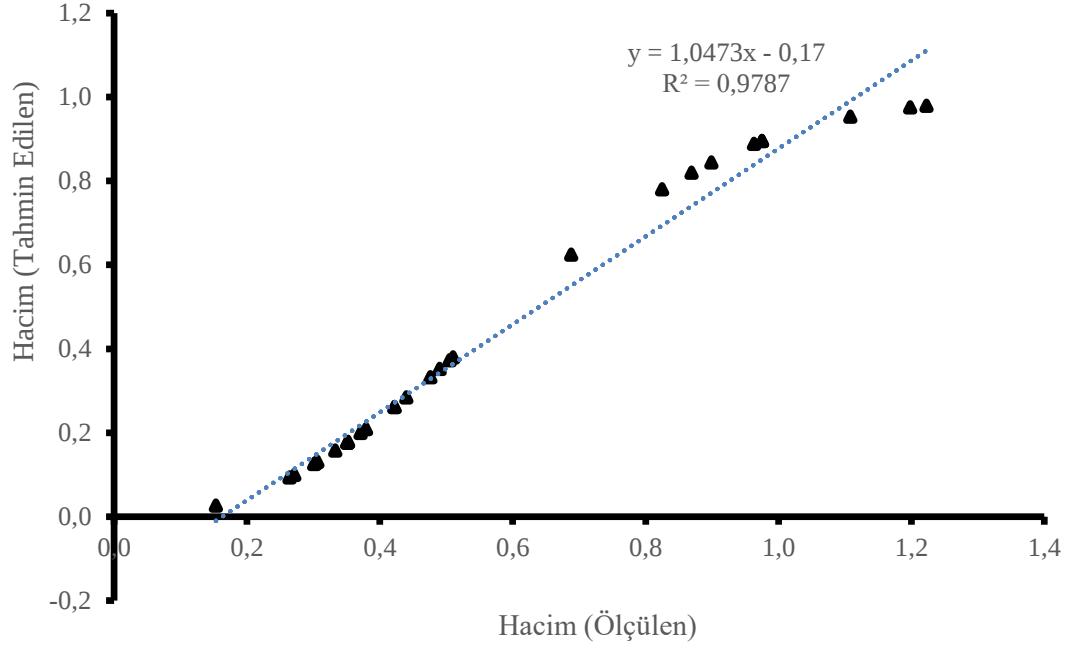


Şekil 4.6 : Karacasu OİŞ’de yüksek eğimde hacim verilerine dayalı Weibull olasılık dağılımı.

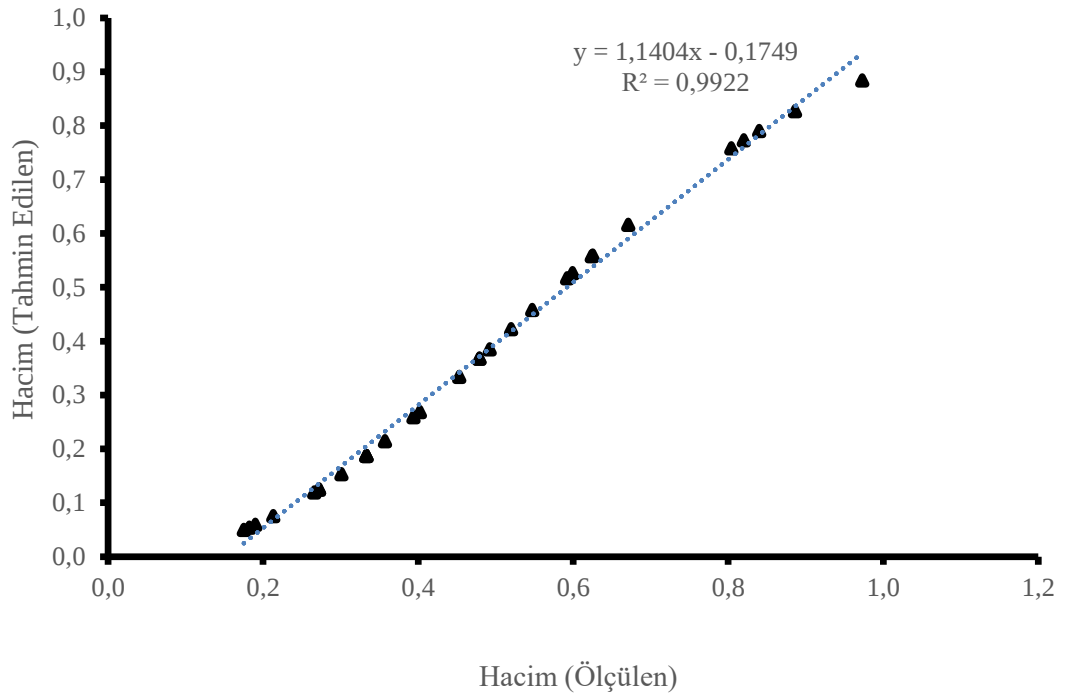
4.2.1.2 Hüyük OİŞ’ye ait Weibull olasılık dağılımı bulguları

Hüyük OİŞ’de üç eğim grubunda yürütülen saha ölçümlerinden, düşük (32), orta (35) ve yüksek (31) eğim grubundan olmak üzere toplam 98 adet hacim verisi kullanılmıştır. Düşük eğim grubunda toplam çalışma zamanı 1.843 saniye olan veri seti test edilmiştir. Orta ve yüksek eğim grubunda ise toplam çalışma zamanı sırasıyla

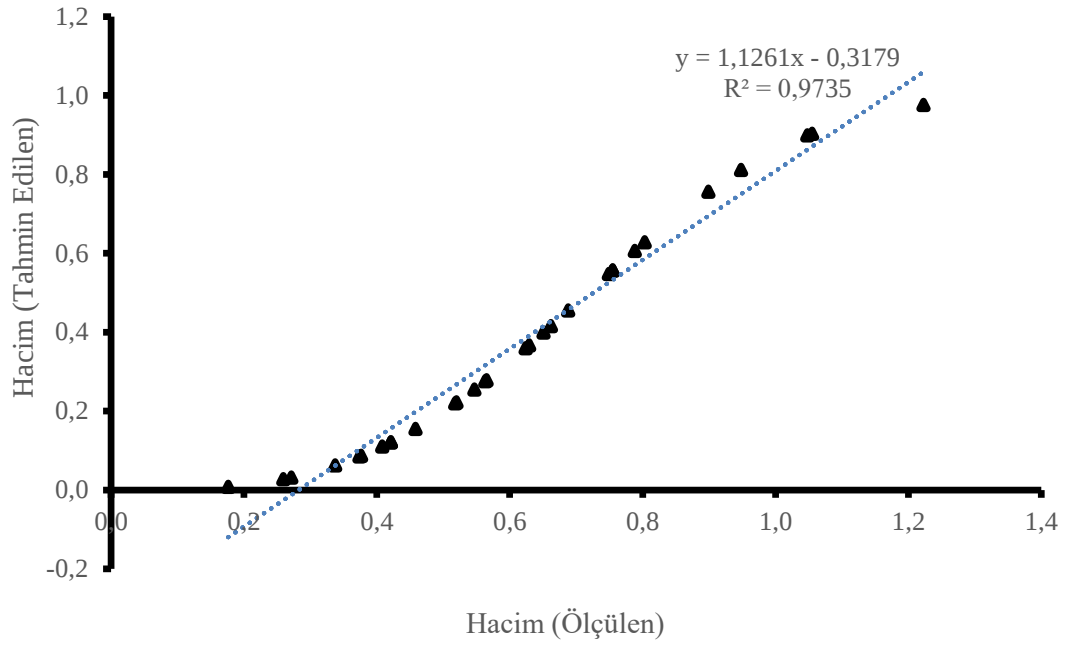
2.176 saniye ve 1.899 saniyedir. Her bir eğim grubunda, Weibull olasılık dağılımının tahmin için uygun olduğu (sırasıyla $R^2 = 0,98$; $R^2 = 0,99$; $R^2 = 0,97$) görülmüştür (Şekil 4.7, 4.8, 4.9).



Şekil 4.7 : Hüyük OİŞ’de düşük eğimde ölçülen hacim (m^3) verileri ile tahmin verilerinin ilişkisi.

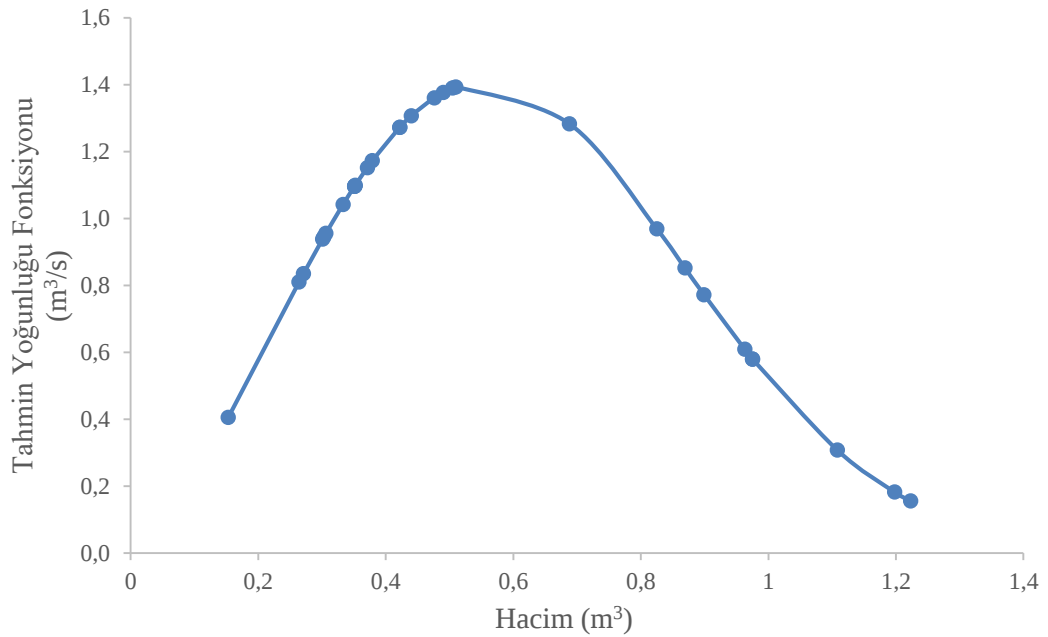


Şekil 4.8 : Hüyük OİŞ’de orta eğimde ölçülen hacim (m^3) verileri ile tahmin verilerinin ilişkisi.

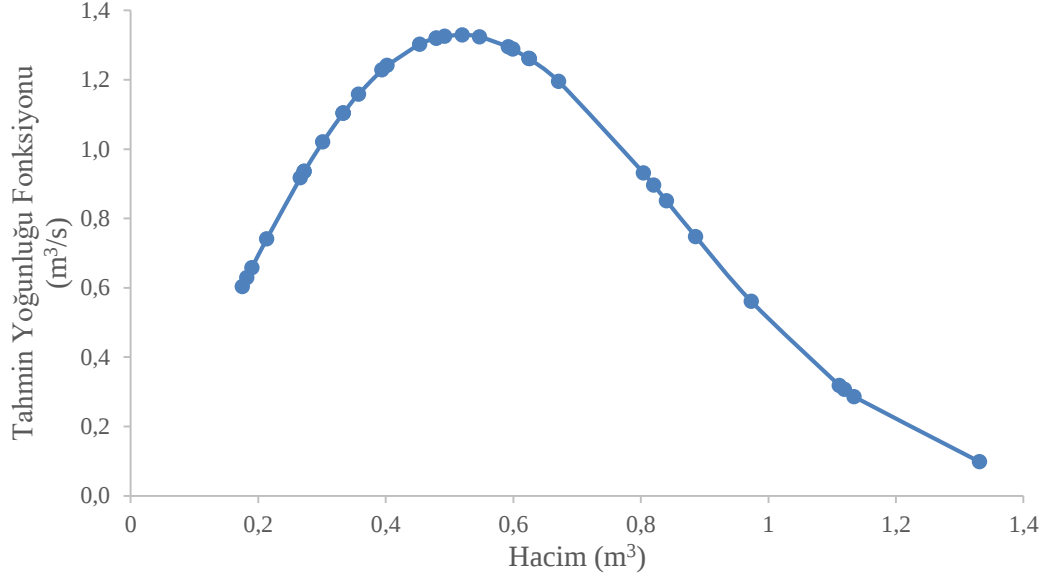


Şekil 4.9 : Hüyük OİŞ’de yüksek eğimde ölçülen hacim (m^3) verileri ile tahmin verilerinin ilişkisi.

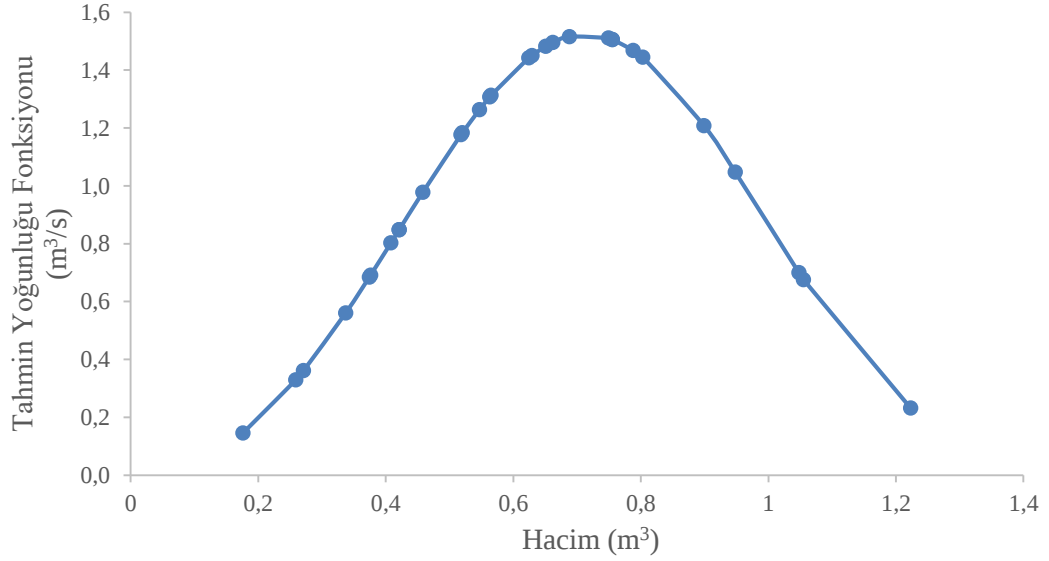
Sonuçlara göre düşük eğim grubunda c değeri 2,4 ve b değeri ise 0,69 olarak bulunmuştur. Orta eğim grubunda c ve b değerleri sırasıyla 2,182 ve 0,68 iken, yüksek eğim grubunda bu değerler 3,153 ve 0,81 bulunmuştur. Her bir eğim grubunda, ürün hacmine dayalı olasılık yoğunluk fonksiyonları birim zaman başına düşen hacim verileri ve elde edilen hacim verileri Şekil 4.10, 4.11 ve 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.10 : Hüyük OİŞ’de düşük eğimde hacim verilerine dayalı Weibull olasılık dağılımı.



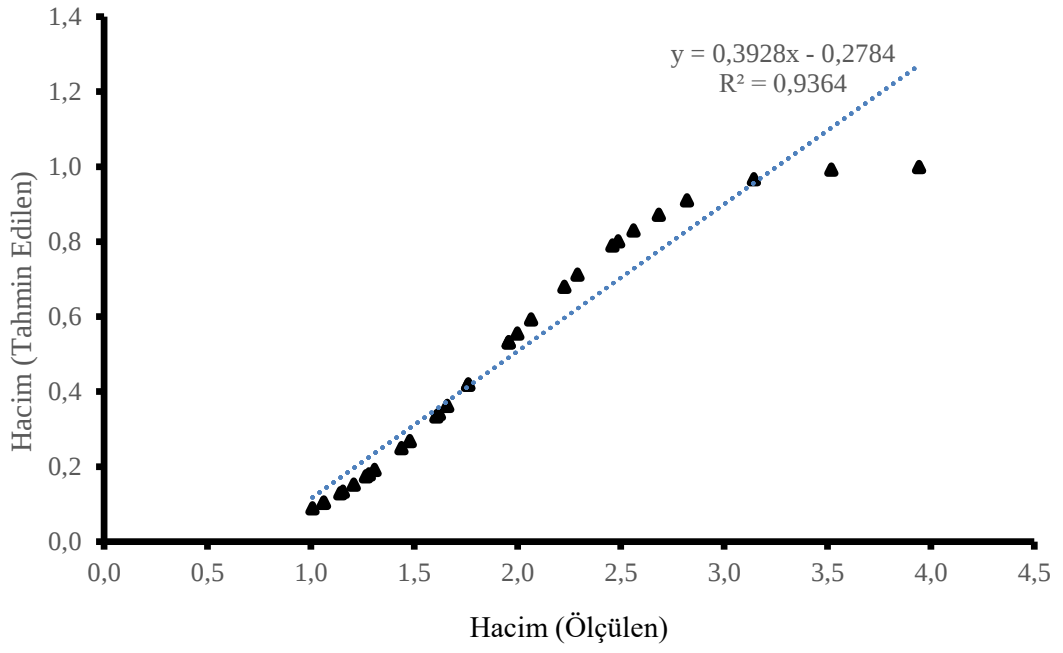
Şekil 4.11 : Hüyük OİŞ’de orta eğimde hacim verilerine dayalı Weibull olasılık dağılımı.



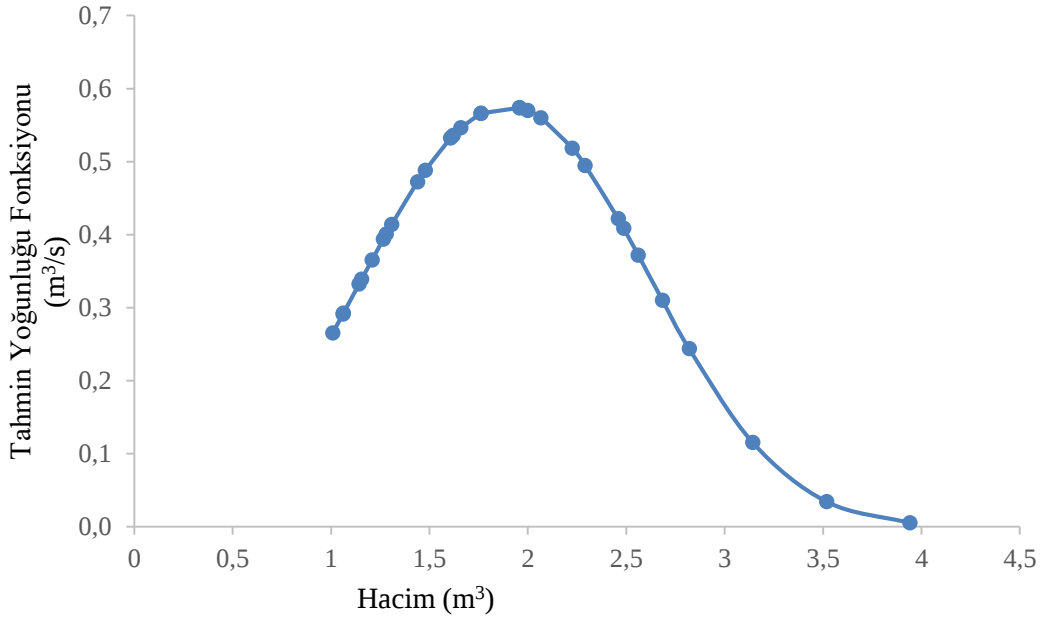
Şekil 4.12 : Hüyük OİŞ’de yüksek eğimde hacim verilerine dayalı Weibull olasılık dağılımı.

4.2.2 Hava hattına ait Weibull olasılık dağılımı bulguları

Köyceğiz OİŞ’de yürütülen saha ölçümlerinden elde edilen toplam 30 adet hacim verisi kullanılmıştır. Toplam çalışma zamanı 295 dakika olan veri seti test edilmiştir. Sonuçlara göre Weibull olasılık dağılımının tahmin için uygun olduğu ($R^2 = 0,94$) görülmüştür (Şekil 4.13). Sonuçlara göre, c değeri 3,16 ve b değeri ise 2,14 olarak bulunmuştur. Ürün hacmine dayalı olasılık yoğunluk fonksiyonları birim zaman başına düşen hacim verileri ve elde edilen hacim verileri Şekil 4.14’te verilmiştir.



Şekil 4.13 : Hava hattı için ölçülen hacim (m^3) verileri ile tahmin verilerinin ilişkisi.



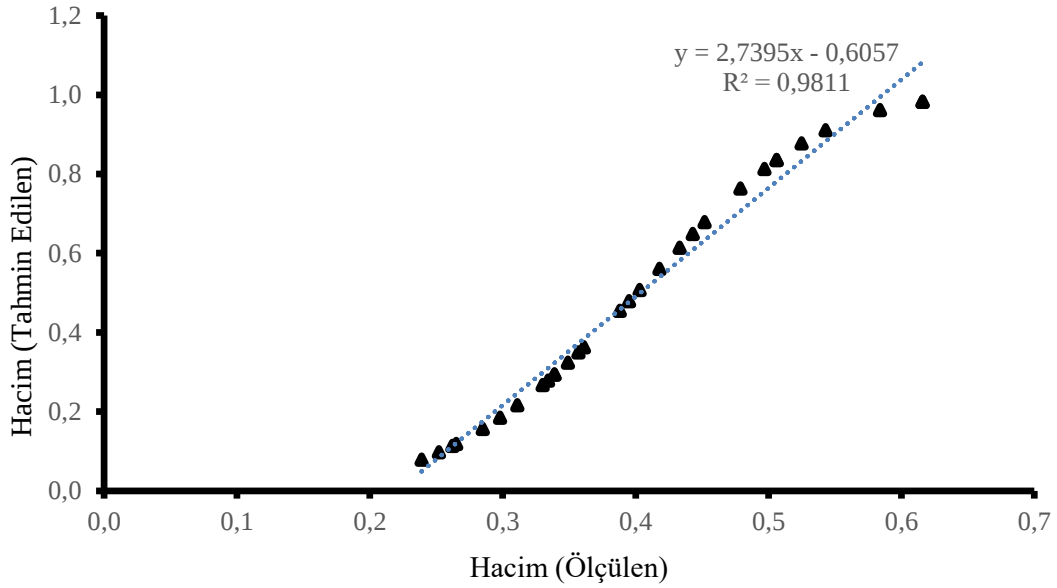
Şekil 4.14 : Hava hattı için hacim verilerine dayalı Weibull olasılık dağılımı.

4.2.3 Tarım traktörüne ait Weibull olasılık dağılımı bulguları

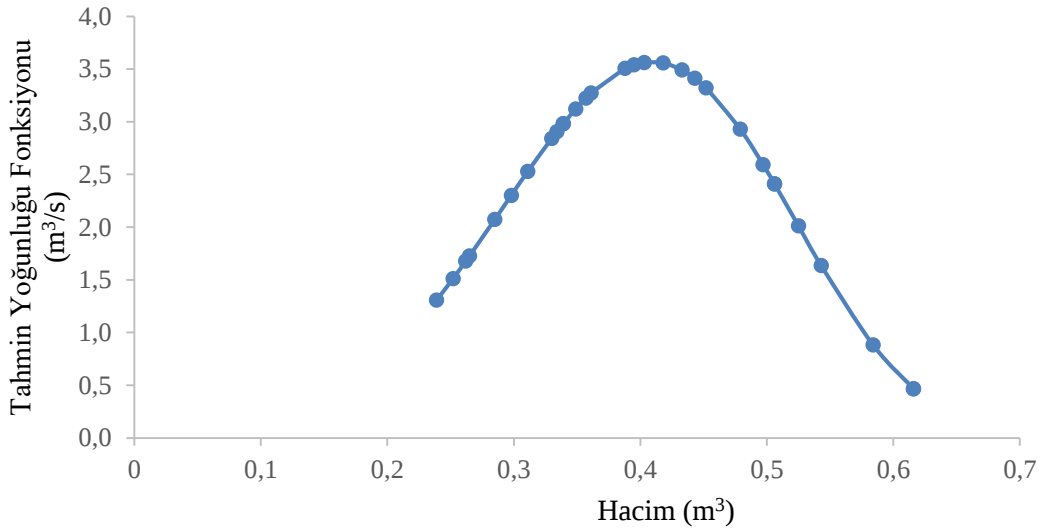
4.2.3.1 Osmangazi OİŞ'ye ait Weibull olasılık dağılımına ait bulgular

Osmangazi OİŞ'de yürütülen saha ölçümlerinden elde edilen toplam 35 adet hacim verisi kullanılmıştır. Toplam çalışma zamanı 196 dakika olan veri seti test edilmiştir. Sonuçlara göre Weibull olasılık dağılımının tahmin için uygun olduğu ($R^2 = 0,98$)

görülmüştür (Şekil 4.15). Sonuçlara göre, c değeri 4,11 ve b değeri ise 2,44 olarak bulunmuştur. Ürün hacmine dayalı olasılık yoğunluk fonksiyonları birim zaman başına düşen hacim verileri ve elde edilen hacim verileri Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.15 : Osmangazi OİŞ’de tarım traktörü için ölçülen hacim (m^3) verileri ile tahmin verilerinin ilişkisi.

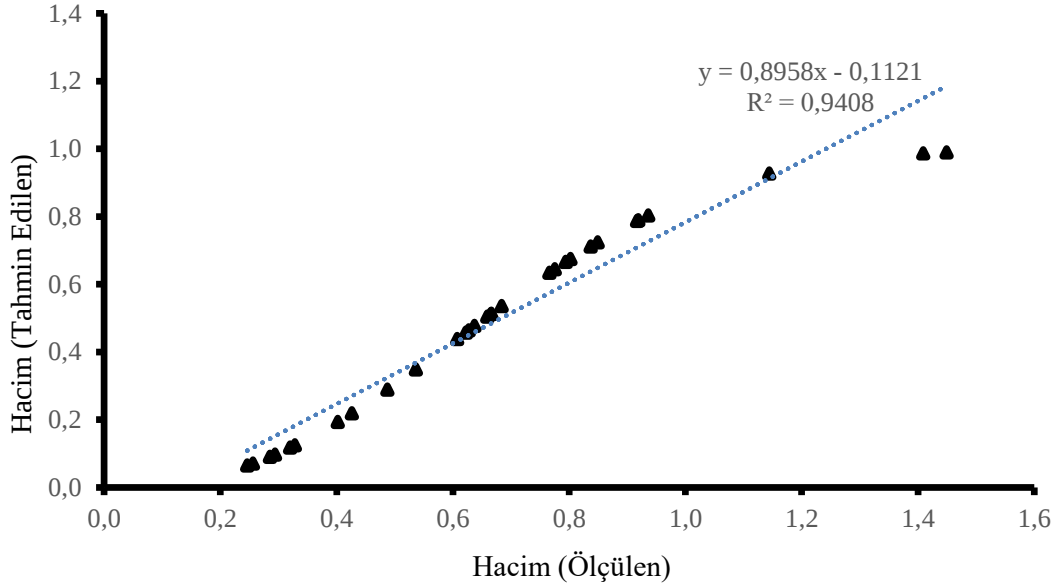


Şekil 4.16 : Osmangazi OİŞ’de tarım traktörü için hacim verilerine dayalı Weibull olasılık dağılımı.

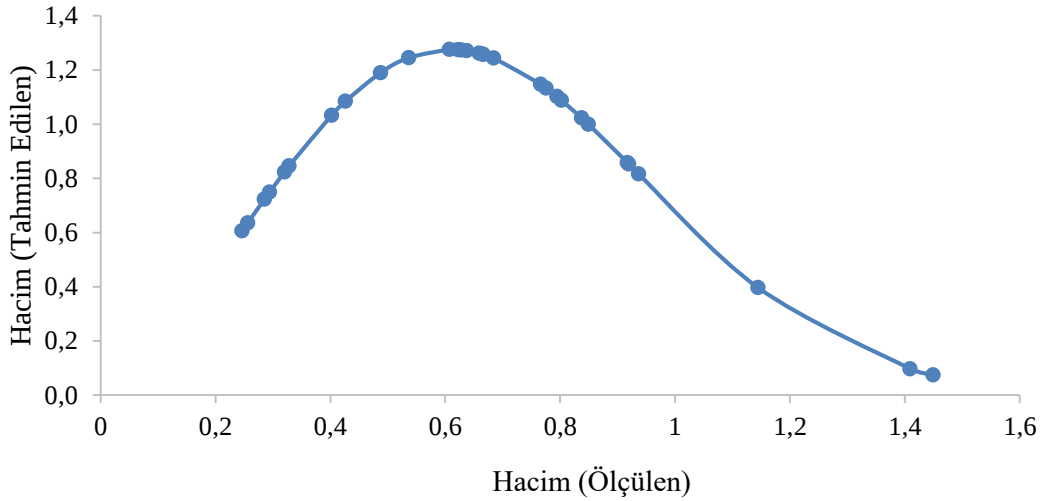
4.2.3.2 Yeşilyurt OİŞ’ye ait Weibull olasılık dağılımı bulguları

Yeşilyurt OİŞ’de yürütülen saha ölçümlerinden elde edilen toplam 30 adet hacim verisi kullanılmıştır. Toplam çalışma zamanı 187 dakika olan veri seti test edilmiştir. Sonuçlara göre Weibull olasılık dağılımının tahmin için uygun olduğu ($R^2 = 0,94$)

görülmüştür (Şekil 4.17). Sonuçlara göre, c değeri 2,39 ve b değeri ise 0,76 olarak bulunmuştur. Ürün hacmine dayalı olasılık yoğunluk fonksiyonları birim zaman başına düşen hacim verileri ve elde edilen hacim verileri Şekil 4.18'de verilmiştir.



Şekil 4.17 : Yeşilyurt OİŞ’de tarım traktörü için ölçülen hacim (m^3) verileri ile tahmin verilerinin ilişkisi.



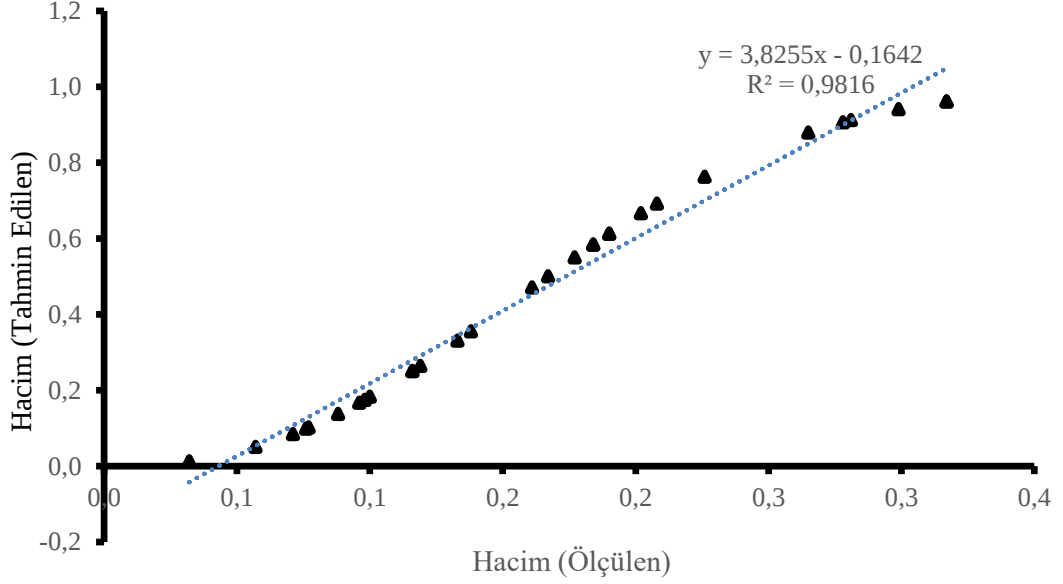
Şekil 4.18 : Yeşilyurt OİŞ’de tarım traktörü için hacim verilerine dayalı Weibull olasılık dağılımı.

4.2.4 Yükleyiciye ait Weibull olasılık dağılımı bulguları

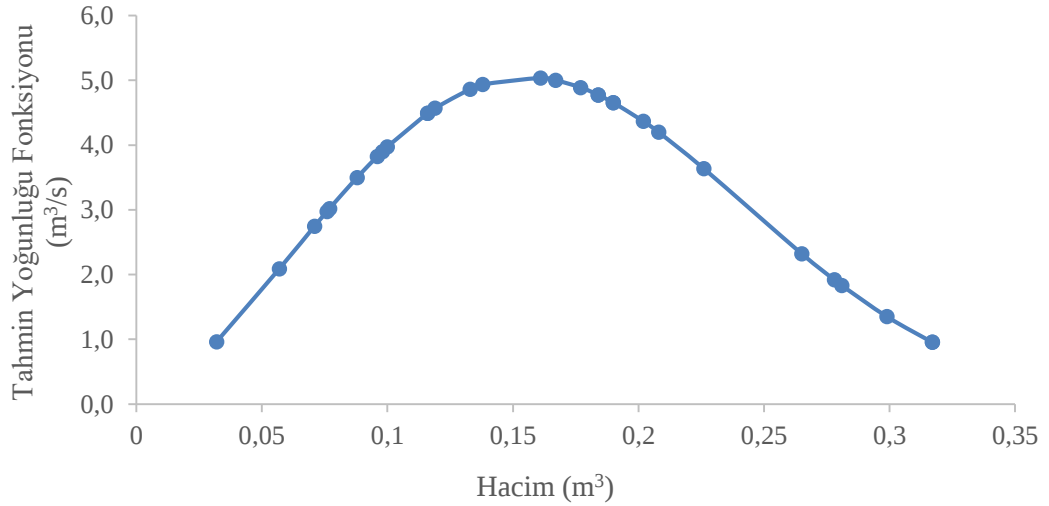
4.2.4.1 Muğla OİŞ’ye ait Weibull olasılık dağılımı bulguları

Muğla OİŞ’de yürütülen saha ölçümlerinden elde edilen toplam 30 adet hacim verisi kullanılmıştır. Toplam çalışma zamanı 1.117 saniye olan veri seti test edilmiştir.

Sonuçlara göre Weibull olasılık dağılımının tahmin için uygun olduğu ($R^2 = 0,98$) görülmüştür (Şekil 4.19). Sonuçlara göre, c değeri 2,41 ve b değeri ise 0,19 olarak bulunmuştur. Ürün hacmine dayalı olasılık yoğunluk fonksiyonları birim zaman başına düşen hacim verileri ve elde edilen hacim verileri Şekil 4.20'de verilmiştir.



Şekil 4.19 : Muğla OİŞ’de yükleyici için ölçülen hacim (m^3) verileri ile tahmin verilerinin ilişkisi.

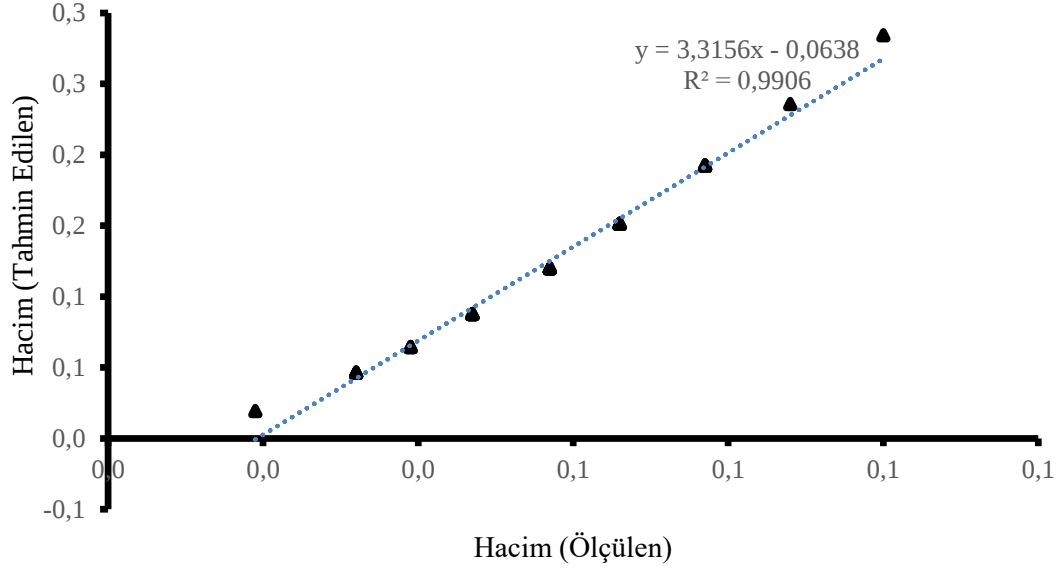


Şekil 4.20 : Muğla OİŞ’de yükleyici için hacim verilerine dayalı Weibull olasılık dağılımı.

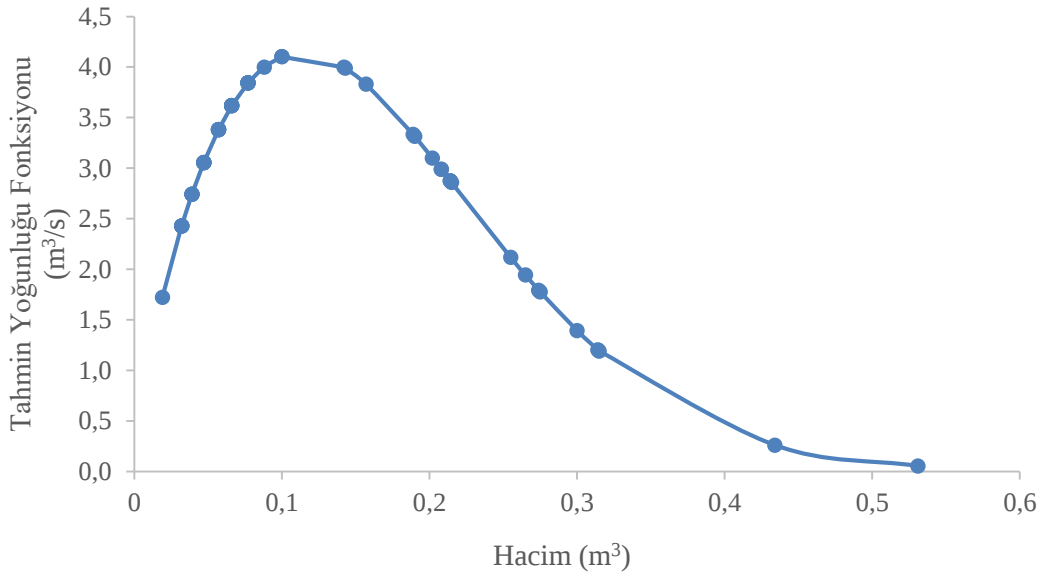
4.2.4.2 Karaçam OİŞ’ye ait Weibull olasılık dağılımı bulguları

Karaçam OİŞ’de yürütülen saha ölçümlerinden elde edilen toplam 51 adet hacim verisi kullanılmıştır. Toplam çalışma zamanı 1.126 dakika olan veri seti test edilmiştir. Sonuçlara göre Weibull olasılık dağılımının tahmin için uygun olduğu ($R^2 = 0,99$)

görülmüştür (Şekil 4.21). Sonuçlara göre, c değeri 1,71 ve b değeri ise 0,19 olarak bulunmuştur. Ürün hacmine dayalı olasılık yoğunluk fonksiyonları birim zaman başına düşen hacim verileri ve elde edilen hacim verileri Şekil 4.22'de verilmiştir.



Şekil 4.21 : Karaçam OİŞ’de yükleyici için ölçülen hacim (m^3) verileri ile tahmin verilerinin ilişkisi.



Şekil 4.22 : Karaçam OİŞ’de yükleyici için hacim verilerine dayalı Weibull olasılık dağılımı.

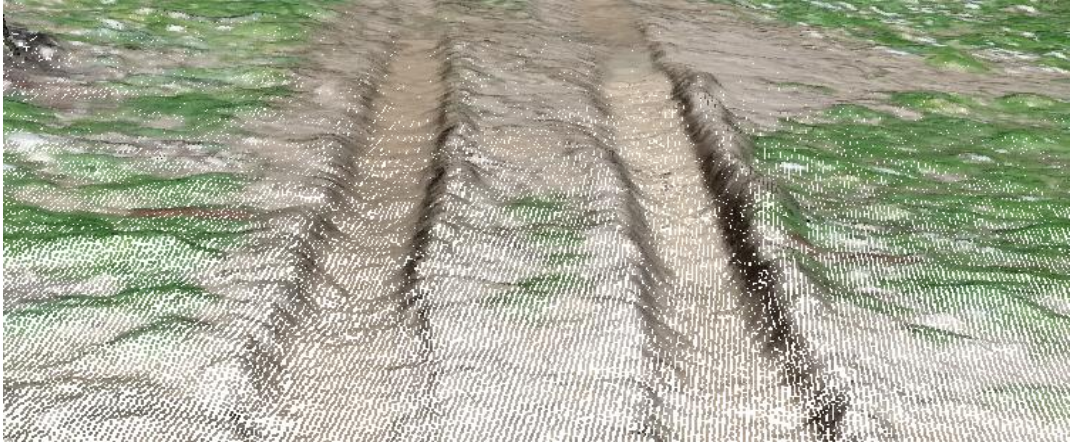
4.3 Toprak Etkisi Bulguları

Beyobası OİŞ’de sürütme çalışmalarında 10’uncu ve 20’nci turdan sonra oluşan hacimsel toprak deformasyonu ve tekerlek izi derinlikleri iki eğim grubu (düz: %0-10

ve hafif eğimli: %10-20) için belirlenmiştir. Hacimsel deformasyonun belirlenmesi amacıyla İHA görüntüleri tabanlı üç boyutlu modeller üretilmiştir. Tekerlek izi derinlikleri ise cetvel yöntemi ve İHA görüntülerine dayalı yöntemle ölçülmüş ve yöntemlerin sonuçları karşılaştırılmıştır. Her eğim grubu için sol ve sağ tekerlek izi derinlikleri ayrı ayrı incelenmiştir.

4.3.1 Toprak deformasyonu bulguları

İHA görüntüleri ile üretilen üç boyutlu model kullanılarak sürütme sırasında 10'uncu ve 20'nci turda meydana gelen hacimsel deformasyon belirlenmiştir. Toprakta meydana gelen deformasyon her iki eğim grubu için ayrı ayrı ölçülmüştür. Tekerlek izlerinden kaynaklanan hacimsel deformasyona ait örnek bir nokta bulutu görüntüsü Şekil 4.23'da verilmiştir. Hacimsel değişimler 10'uncu ve 20'nci tur için sırasıyla Çizelge 4.78 ve Çizelge 4.79'de verilmiştir.



Şekil 4.23 : Tekerlek izlerinden kaynaklanan deformasyona ait nokta bulutu görüntüsü.

Çizelge 4.78 : 10'uncu tur sonrası toprak yüzeyindeki hacimsel değişimler.

	Hafif eğim (40 m)	Düz eğim (80 m)	Yolun tamamı (120 m)
Toplam deformasyon	5,506 m ³	7,552 m ³	13,058 m ³
Birim deformasyon	0,138 m ³ /m	0,094 m ³ /m	0,109 m ³ /m

Çizelge 4.79 : 20'nci tur sonrası toprak yüzeyindeki hacimsel değişimler.

	Hafif eğim (40 m)	Düz eğim (80 m)	Yolun tamamı (120 m)
Toplam deformasyon	8,52 m ³	10,791 m ³	19,311 m ³
Birim deformasyon	0,213 m ³ /m	0,135 m ³ /m	0,161 m ³ /m

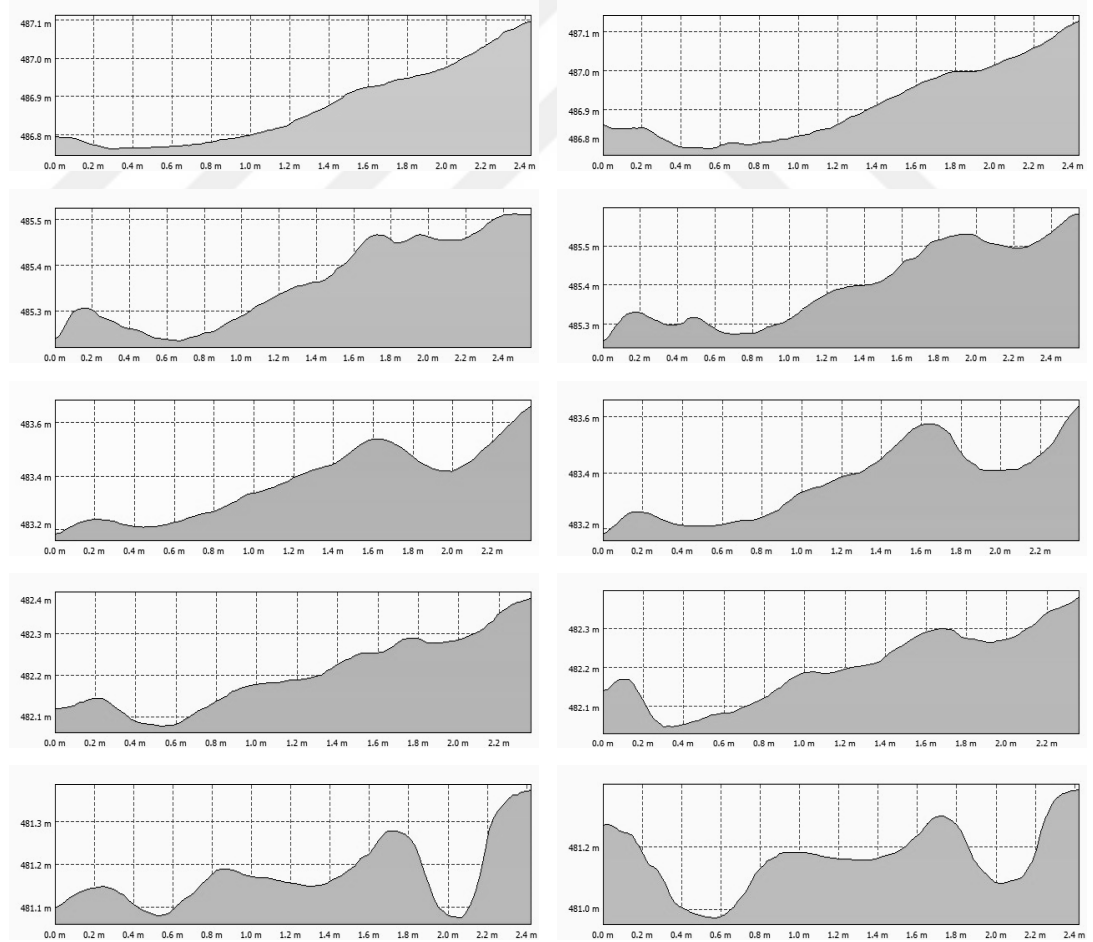
10'uncu tur dikkate alındığında hafif eğimli alanda oluşan birim deformasyonun (0,138 m³/m) düz eğimli alanda oluşan birim deformasyondan (0,094 m³/m) daha fazla

olduğu tespit edilmiştir. 20'nci turda da sonuçlara göre hafif eğimli alanda oluşan birim deformasyon ($0,213 \text{ m}^3/\text{m}$) düz eğimli alanda oluşan deformasyona ($0,135 \text{ m}^3/\text{m}$) kıyasla daha yüksek çıkmıştır. 10'uncu ve 20'nci turlarda oluşan deformasyonlar karşılaştırıldığında ise her iki eğim grubunda da 20'nci turda oluşan deformasyonun fazla olduğu görülmüştür. Yolun tamamında oluşan deformasyonlar dikkate alındığında da tur sayısına bağlı olarak deformasyonun arttığı tespit edilmiştir.

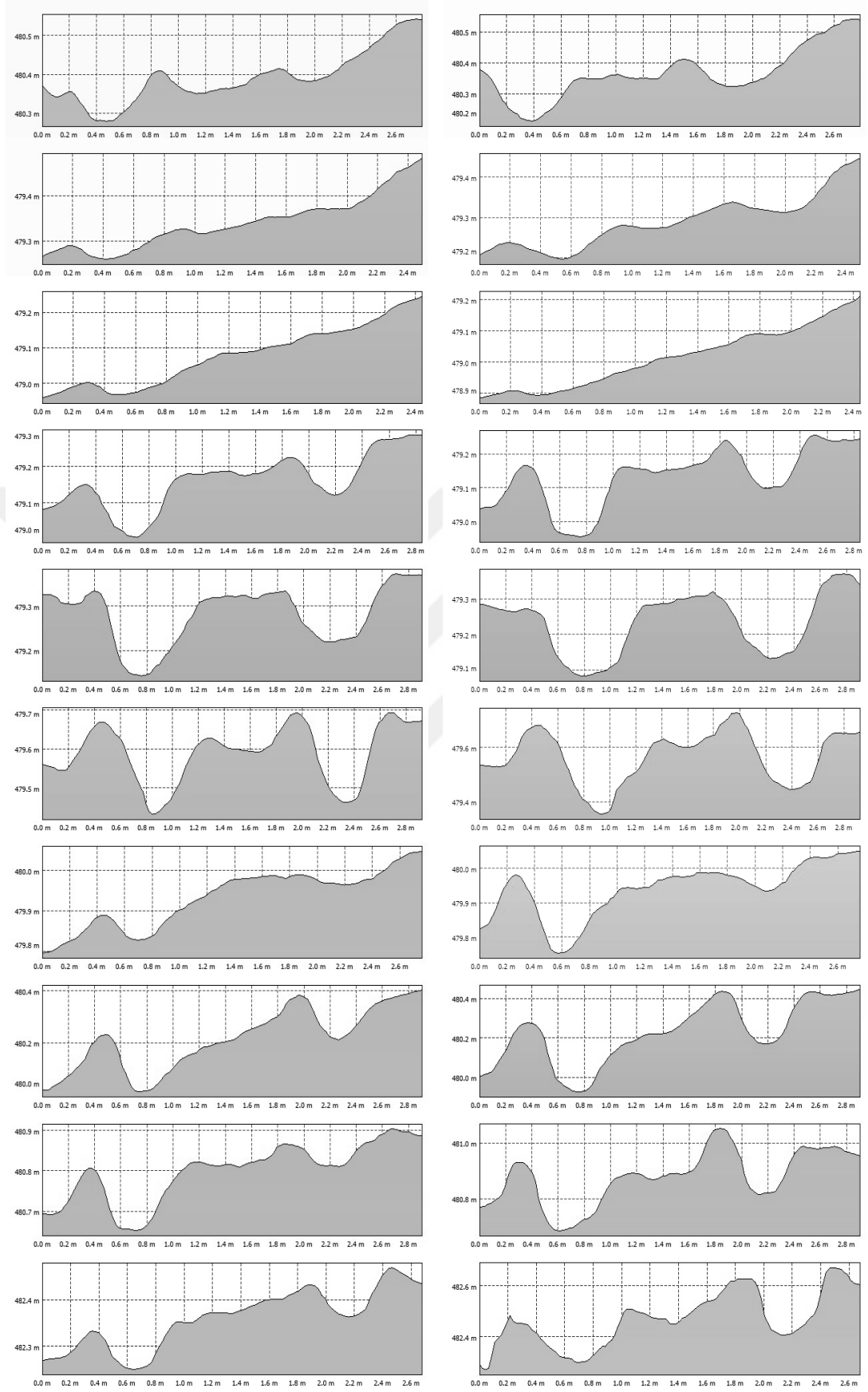
İHA verileri ile oluşturulan 3 boyutlu modellere dayalı olarak her bir enine kesitte alansal deformasyonu gösteren profil görüntüleri üretilmiştir. Eğim gruplarına ve tur sayılarına göre üretilen enkesit profilleri Şekil 4.24 ve Şekil 4.25' de verilmiştir.

4.3.2 Tekerlek izi derinliği bulguları

Tekerlek izi derinliğinin belirlenmesinde İHA görüntülerine dayalı ve cetvel ile sahada ölçümlere dayalı iki yöntem uygulanmıştır. 10'uncu ve 20'nci turlar için 15 kesit üzerinden toplamda 30 adet tekerlek izi derinliği ölçülmüştür.



Şekil 4.24 : Hafif eğim grubunda 10'uncu (sol) ve 20'nci (sağ) turdan sonra oluşan en kesit profilleri.



Şekil 4.25 : Düz eğim grubunda 10'uncu (sol) ve 20'nci (sağ) turdan sonra oluşan en kesit profilleri.

4.3.2.1 10'uncu tur için bulgular

10'ncu tur için iki yöntemle elde edilen tekerlek izi derinlikleri Çizelge 4.80'de verilmiştir. İHA ile elde edilen verilere göre düz eğim grubunda sol tekerlek izi derinliği ortalama 12,83 cm, cetvel yöntemi için ise 12,12 cm bulunmuştur. Sağ tekerlek izi derinliği ise İHA ve cetvel yöntemi için sırasıyla 11,93 ve 11,60 cm bulunmuştur. İHA için hafif eğim grubunda sol tekerlek izi derinliği ortalama 7,70 cm, cetvel yöntemi için 7,58 cm bulunmuştur. Sağ tekerlek izi derinliğine bakıldığında ise İHA ve cetvel yöntemi için sırasıyla 11,28 cm ve 12,70 cm değerleri elde edilmiştir. Tüm tekerlek izleri dikkate alındığında, düz eğim grubunda ortalama tekerlek izi derinliği İHA için 12,38 cm, cetvel yöntemi için ise 11,90 cm bulunmuştur. Hafif eğim grubunda ise bu değerler sırasıyla İHA için 9,49 cm ve cetvel yöntemi için 10,20 cm olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.80 : 10'ncu tur için iki yöntemle elde edilen tekerlek izi derinlikleri (cm).

Turlar	Sol Tekerlek		Sağ Tekerlek	
	İHA	Cetvel	İHA	Cetvel
1	3,9	2,7	3,7	4,5
2	9,7	9,9	4,0	5,6
3	7,7	5,9	17,9	19,9
4	8,3	10,9	5,8	6,8
5	8,9	8,5	25,0	26,8
6	10,3	7,5	9,5	8,3
7	4,8	3,2	5,0	3,0
8	7,6	7,0	3,0	3,4
9	16,0	13,8	12,9	10,5
10	18,5	16,9	13,4	12,8
11	21,3	23,7	23,0	24,2
12	8,2	6,0	5,3	5,7
13	20,1	22,5	17,8	16,6
14	16,2	13,4	7,4	9,2
15	9,2	10,8	8,9	7,3

Çalışmada istatistiksel analizler kapsamında Tanımlayıcı İstatistik ve Normal Dağılıma Uygunluk Testi yapılarak verilerin normal dağılım durumu kontrol edilmiştir. 10'ncu tur için elde edilen tanımlayıcı istatistik verileri Çizelge 4.81 ve normal dağılıma uygunluk testi sonuçları Çizelge 4.82'de verilmiştir.

Çizelge 4.81 : 10'ncu tur için İHA ve cetvel ile yapılan ölçümlere ait tanımlayıcı istatistikler.

			İstatistik	Std. Hata
İHA	Ortalama		11,11	1,154
	%95 Güven aralığı	Alt sınır	8,751	
		Üst sınır	13,469	
	5% Trimmed Mean		10,813	
	Medyan		9,05	
	Varyans		39,922	
	Standart Sapma		6,318	
	Minimum		3	
	Maximum		25	
	Dağılım		22	
	Interquartile Range		10,925	
	Çarpıklık		0,690	0,427
	Basıklık		0,646	0,833
	Ortalama		10,91	1,250
Cetvel	%95 Güven aralığı	Alt sınır	8,354	
		Üst sınır	13,466	
	5% Trimmed Mean		10,526	
	Medyan		8,85	
	Varyans		46,871	
	Standart Sapma		6,846	
	Minimum		2,7	
	Maximum		26,8	
	Dağılım		24,1	
	Interquartile Range		8,65	
	Çarpıklık		0,944	0,427
	Basıklık		0,069	0,833

Çizelge 4.82 : 10'ncu tur için İHA ve cetvel ile yapılan ölçümlere ait normal dağılıma uygunluk testi.

	KolmogorovSmirnov ^a			ShapiroWilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
İHA	0,188	30	0,008	0,914	30	0,019
Cetvel	0,167	30	0,032	0,895	30	0,006

a. Lilliefors Significance Correction

Sonuçlar incelendiğinde tanımlayıcı istatistik değerlerine göre Skewness ve Kurtosis değerleri -3 ve +3 arasında olduğu için normal dağılıma uygundur. Bununla beraber normal dağılıma uygunluk testine göre önem değerleri 0,05'ten küçük olduğu için normal dağılıma uygundur. Dolayısıyla bu veriler üzerinde parametrik bir test olan Eşleştirilmiş Örneklem T-Testinin uygulanabilir olduğu görülmüştür.

İHA ve cetvel yöntemi ile elde edilen 30 adet tekerlek izi derinlik verileri arasındaki ilişkinin incelenmesi için ilk olarak Korelasyon Analizi yapılmıştır (Çizelge 4.83). Sonraki adımda ise iki grup arasında önemli bir fark olup olmadığının anlaşılabilmesi için Eşleştirilmiş T-Testi uygulanmıştır (Çizelge 4.84).

Çizelge 4.83 : 10'uncu tur için İHA ve cetvel ölçümlerine ilişkin korelasyon analizi sonuçları.

		İHA	Cetvel
İHA	Pearson Correlation	1	0,968**
	Sig. (2tailed)		0,00
	N	30	30
Cetvel	Pearson Correlation	0,968**	1
	Sig. (2tailed)	0,00	
	N	30	30

** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Çizelge 4.84 : 10'uncu tur için İHA ve cetvel ölçümlerine ait eşleştirilmiş örneklem T-Testi sonuçları.

		95% Confidence Interval of the Difference						
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Low	Up	t	df
Pair 1	IHA&Cetvel	0,2	1,736	0,317	0,44	0,84	0,63	29
								Sig. (2tailed)
								0,533

Korelasyon analizi sonuçlarına göre 0,968 değeri bulunmuştur. Bu değer 1'e çok yakın olduğu için ölçümler arasında pozitif güçlü bir ilişki olduğu görülmektedir. Sonraki aşamada yapılan eşleştirilmiş örneklem T-Testi sonuçları dikkate alındığında önem değeri (significance) 0,533 bulunmuş ve 0,05'ten büyük olduğu için ölçümler arasında önemli bir fark olmadığı ortaya konmuştur. Dolayısıyla 10'uncu tur sonrası yapılan İHA ve cetvel yöntemi ölçümleri arasında benzerlik bulunmaktadır.

4.3.2.2 20'nci tur için bulgular

20'inci tur için iki yöntemle elde edilen tekerlek izi derinlikleri Çizelge 4.85'de verilmiştir. İHA ile elde edilen verilere göre düz eğim grubunda sol tekerlek izi derinliği ortalama 19,58 cm, cetvel yöntemi için ise 19,44 cm bulunmuştur. Sağ tekerlek izi derinliği ise İHA ve cetvel yöntemi için sırasıyla 17,53 ve 17,18 cm bulunmuştur. İHA için hafif eğim grubunda sol tekerlek izi derinliği ortalama 11,71 cm, cetvel yöntemi için 10,46 cm bulunmuştur. Sağ tekerlek izi derinliğine bakıldığında ise İHA ve cetvel yöntemi için sırasıyla 12,68 cm ve 11,80 cm değerleri elde edilmiştir. Tüm tekerlek izleri dikkate alındığında düz eğim grubunda ortalama tekerlek izi derinliği İHA için 18,55 cm, cetvel için ise 18,31 cm bulunmuştur. Hafif eğim grubunda ise bu değerler sırasıyla İHA için 12,20 cm ve cetvel için 11,13 cm olarak hesaplanmıştır. Çalışmada incelenen diğer ölçümler 20'nci turda elde edilen verilerden yola çıkılarak yapılmıştır. Dolayısıyla 10'uncu tur için uygulanan istatistik uygulamalar 20'inci tur için de uygulanmıştır. 20'nci turda elde edilen tanımlayıcı istatistik verileri Çizelge 4.86 ve normal dağılıma uygunluk testi sonuçları Çizelge 4.87'de verilmiştir.

Çizelge 4.85 : 20'nci tur için iki yöntemle elde edilen tekerlek izi derinlikleri (cm)

Turlar	Sol Tekerlek		Sağ Tekerlek	
	İHA	Cetvel	İHA	Cetvel
1	4,7	3,5	5,9	6,1
2	7,1	9,1	6,1	4,7
3	8,7	6,1	19,0	19,2
4	13,1	10,9	7,1	5,5
5	25,1	22,7	25,3	23,5
6	15,2	12,4	15,0	12,4
7	6,2	6,0	7,6	7,0
8	4,2	4,8	5,7	8,1
9	20,8	20,6	15,0	17,8
10	19,5	19,9	21,2	23,8
11	30,0	30,8	24,5	22,3
12	20,7	23,1	7,6	4,6
13	31,8	29,8	26,4	27,2
14	22,6	23,0	20,3	20,5
15	19,5	20,7	24,2	21,8

Çizelge 4.86 : 20'nci tur için İHA ve cetvel yöntemi ile yapılan ölçümlere ait tanımlayıcı istatistikler.

			İstatistik	Std. Hata
İHA	Mean		15,99	1,541
	%95 Güven aralığı	Alt Sınır	12,838	
		Üst Sınır	19,142	
	5% Trimmed Mean		15,793	
	Medyan		17,075	
	Varyans		71,263	
	Standart Sapma		8,442	
	Minimum		4,15	
	Maximum		31,8	
	Dağılım		27,65	
	Interquartile Range		15,913	
	Çarpıklık		0,076	0,427
	Basıklık		1,305	0,833
	Ortalama		15,597	1,570
Cetvel	%95 Güven aralığı	Alt Sınır	12,385	
		Üst Sınır	18,808	
	5% Trimmed Mean		15,422	
	Medyan		18,5	
	Varyans		73,983	
	Standart Sapma		8,601	
	Minimum		3,5	
	Maximum		30,8	
	Dağılım		27,3	
	Interquartile Range		16,675	
	Çarpıklık		0,026	0,427
	Basıklık		1,436	0,833

Çizelge 4.87 : 20'nci tur için İHA ve cetvel ile yapılan ölçümlere ait normal dağılıma uygunluk testi.

	KolmogorovSmirnov ^a			ShapiroWilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
İHA	0,174	30	0,021	0,919	30	0,025
Cetvel	0,162	30	0,042	0,902	30	0,009

a. Lilliefors Significance Correction

Sonuçlar incelendiğinde tanımlayıcı istatistik değerlerine göre Skewness ve Kurtosis değerleri -3 ve +3 arasında olduğu için normal dağılıma uygundur. Bununla beraber normal dağılıma uygunluk testine göre önem değerleri 0,05'ten küçük olduğu için normal dağılıma uygundur. Dolayısıyla bu veriler üzerinde parametrik bir test olan Eşleştirilmiş Örneklem T-Testinin uygulanabilir olduğu görülmüştür.

İHA ve cetvel ile elde edilen 30 adet tekerlek izi derinlik verileri arasındaki ilişkinin incelenmesi için ilk olarak Korelasyon Analizi yapılmıştır (Çizelge 4.88). Sonraki adımda ise iki grup arasında önemli bir fark olup olmadığının anlaşılabilmesi için Eşleştirilmiş T-Testi uygulanmış (Çizelge 4.89).

Çizelge 4.88 : 20'nci tur için İHA ve cetvel ölçümlerine ilişkin korelasyon analizi sonuçları.

		IHA	CETVEL
IHA	Pearson Correlation	1	0,978**
	Sig. (2tailed)		0,00
	N	30	30
CETVEL	Pearson Correlation	0,978**	1
	Sig. (2tailed)	0,00	
	N	30	30

** %99 güven düzeyinde anlamlıdır

Çizelge 4.89 : 20'nci tur için İHA ve cetvel ölçümlerine ait eşleştirilmiş örneklem T-Testi sonuçları.

		95% Confidence Interval of the Difference						
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Low	Up	t	Sig. (2tailed)
Pair 1	IHA&Cetvel	0,393	1,8	0,329	0,27	1,06	1,19	0,241

Korelasyon analizi sonuçlarına göre 0,978 değeri bulunmuştur. Bu değer 1'e çok yakın olduğu için ölçümler arasında pozitif güçlü bir ilişki olduğu görülmektedir. Sonraki aşamada yapılan eşleştirilmiş örneklem T-testi sonuçları dikkate alındığında önem değeri (significance) 0,241 bulunmuş ve 0,05'ten büyük olduğu için ölçümler arasında

önemli bir fark olmadığı ortaya konulmuştur. Dolayısıyla 20'nci tur sonrası yapılan İHA ve cetvel ölçümleri arasında benzerlik bulunmaktadır.

4.4 Toprak Analizi Bulguları

Analizler sonucunda toprak örneklerinin ortalama hacim ağırlığı 1,76 gr/cm³ olarak belirlenmiştir. En düşük hacim ağırlığı 1,50 gr/cm³ olarak 0-5 cm derinlikte kontrol grubunda bulunmuştur. En yüksek hacim ağırlığı (1,99 gr/cm³) ise 20'nci turdaki düz ve hafif eğimli alanda 10-15 cm derinlikte elde edilmiştir. Toprak örneklerinin standart sapma değeri ise 0,16 olarak tespit edilmiştir. Çalışma alanından alınan toprak örneklerinin hacim ağırlığı bulguları Çizelge 4.90'da verilmiştir.

Çizelge 4.90 : Toprak örneklerinin hacim ağırlığı analizi bulguları.

Toprak analizi	Eğim	Derinlik (cm)	Yaş ağırlık	Hava kurusu ağırlık	Fırın kurusu ağırlık	Hacim ağırlık (gr/cm ³)
Kontrol		0-5	169,82	148,9	147,25	1,50
Kontrol		5-10	191,8	173,25	171,56	1,75
Kontrol		10-15	201,54	179,98	177,94	1,81
10'uncuTur	Düz	0-5	187,42	167,27	164,96	1,68
10'uncu Tur	Düz	5-10	189,98	170,27	161,68	1,65
10'uncu Tur	Düz	10-15	192,56	172,98	171,38	1,75
20'nci Tur	Düz	0-5	192,75	173,44	170,74	1,74
20'nci Tur	Düz	5-10	200,78	180,48	180,03	1,83
20'nci Tur	Düz	10-15	219	196,82	195,82	1,99
10'uncu Tur	Hafif Eğimli	0-5	186,97	158,85	157,51	1,60
10'uncu Tur	Hafif Eğimli	5-10	194,66	157,77	151,78	1,55
10'uncu Tur	Hafif Eğimli	10-15	198,06	171,6	170,01	1,73
20'nci Tur	Hafif Eğimli	0-5	216,41	191,64	189,11	1,93
20'nci Tur	Hafif Eğimli	5-10	223,81	196,23	193,62	1,97
20'nci Tur	Hafif Eğimli	10-15	233,84	198,22	195,77	1,99

Higroskopik nem analizi sonuçlarına göre toprak örneklerinin ortalama higroskopik nemi %0,89 bulunmuştur. En düşük higroskopik nem (%0,51) düz eğimli alanda 20'nci turda 0-5 cm derinlikte elde edilmiştir. En yüksek higroskopik nem (%1,25) ise 10'uncu turdaki hafif eğimli alanda 10-15 cm derinlikteki higroskopik nemdir. Toprak örneklerinin higroskopik nem standart sapma değeri ise 0,21 olarak bulunmuştur. Çalışma alanından alınan toprak örneklerinin higroskopik nem analizi bulguları Çizelge 4.91'de verilmiştir.

Çizelge 4.91 : Toprak örneklerinin higroskopik nem analizi bulguları.

Toprak Analizi	Eğim	Derinlik	Higroskopik Nem
Kontrol		0-5	1,21
Kontrol		5-10	1,13
Kontrol		10-15	0,72
10'uncuTur	Düz	0-5	0,80
10'uncu Tur	Düz	5-10	0,86
10'uncu Tur	Düz	10-15	0,79
20'nci Tur	Düz	0-5	0,51
20'nci Tur	Düz	5-10	1,02
20'nci Tur	Düz	10-15	0,77
10'uncu Tur	Hafif Eğimli	0-5	1,25
10'uncu Tur	Hafif Eğimli	5-10	0,69
10'uncu Tur	Hafif Eğimli	10-15	0,95
20'nci Tur	Hafif Eğimli	0-5	1,15
20'nci Tur	Hafif Eğimli	5-10	0,76
20'nci Tur	Hafif Eğimli	10-15	0,97

Tekstür analizi sonuçlarına göre çalışma alanından alınan toprak örneklerinin daha çok killi yapıda olduğu görülmüştür. Kontrol grubu toprak örneklerinin killi balçık, düz eğimli alanın toprak örneklerinin kumlu killi balçık ve killi balçık olduğu belirlenmiştir. Hafif eğimli alanlarda ise toprak örneklerinin killi balçık olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanından alınan toprak örneklerinin tekstür analizi bulguları Çizelge 4.92'de verilmiştir. Toprak örneklerinin ortalama kum, kil ve toz oranları hesaplanmıştır. Bu veriler sırası ile %39, %33 ve %28 olarak bulunmuştur. Kum, kil ve toz oranlarının standart sapma değerleri ise 7,52, 4,52 ve 3,76 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.92 : Toprak örneklerinin tekstür analizi bulguları.

Toprak Analizi	Eğim	Derinlik	Kum	Kil	Toz	Toprak Türü
Kontrol		0-5	40	36	24	Killi Balçık
Kontrol		5-10	38	34	28	Killi Balçık
Kontrol		10-15	35	34	31	Killi Balçık
10'uncuTur	Düz	0-5	53	26	21	Kumlu Killi Balçık
10'uncu Tur	Düz	5-10	47	30	23	Kumlu Killi Balçık
10'uncu Tur	Düz	10-15	49	28	23	Kumlu Killi Balçık
20'nci Tur	Düz	0-5	51	26	23	Kumlu Killi Balçık
20'nci Tur	Düz	5-10	36	38	26	Killi Balçık
20'nci Tur	Düz	10-15	43	30	27	Killi Balçık
10'uncu Tur	Hafif Eğimli	0-5	34	36	30	Killi Balçık
10'uncu Tur	Hafif Eğimli	5-10	25	40	35	Killi Balçık
10'uncu Tur	Hafif Eğimli	10-15	39	32	29	Killi Balçık
20'nci Tur	Hafif Eğimli	0-5	38	36	26	Killi Balçık
20'nci Tur	Hafif Eğimli	5-10	32	38	30	Killi Balçık
20'nci Tur	Hafif Eğimli	10-15	37	36	27	Killi Balçık

Organik madde içeriği analizleri sonuçlarına göre toprak örneklerinin ortalama organik madde değeri %1,63 olarak bulunmuştur. En düşük organik madde değeri %0,90 ile hafif eğimli alanda 20'inci turda 0-5 cm derinlikte tespit edilmiştir. En yüksek organik madde değeri (%2,55) ise kontrol grubunda 0-5 cm derinlikte elde edilmiştir. Toprak analizlerinin organik madde standart sapma değeri ise 0,58 olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanından alınan toprak örneklerinin organik madde analizi bulguları Çizelge 4.93'de verilmiştir.

Çizelge 4.93 : Toprak örneklerinin organik madde analizi bulguları.

Toprak Analizi	Eğim	Derinlik	Organik Madde
Kontrol		0-5	2,55
Kontrol		5-10	1,50
Kontrol		10-15	1,25
10'uncu Tur	Düz	0-5	2,35
10'uncu Tur	Düz	5-10	1,61
10'uncu Tur	Düz	10-15	1,46
20'nci Tur	Düz	0-5	1,88
20'nci Tur	Düz	5-10	1,39
20'nci Tur	Düz	10-15	1,41
10'uncu Tur	Hafif Eğimli	0-5	1,17
10'uncu Tur	Hafif Eğimli	5-10	0,95
10'uncu Tur	Hafif Eğimli	10-15	2,48
20'nci Tur	Hafif Eğimli	0-5	0,90
20'nci Tur	Hafif Eğimli	5-10	1,02
20'nci Tur	Hafif Eğimli	10-15	2,48

5. TARTIŞMA

5.1 Verim Analizi

5.1.1 Hasatçı verimi

5.1.1.1 Karacasu OİŞ’de hasatçı verimi

Üç eğim grubu için ortalama ürün boyu, ürün çapı, Dk 1.30, parça sayısı, ürün hacmi, mesafe ile toplam zaman ve verim değerleri Çizelge 5.1’de verilmiştir. Ortalama ürün boyu, ürün çapı ve ürün hacmi sırası ile 10,385 m, 27,152 cm ve 0,645 m³ olarak belirlenmiştir. Ürünün üretimi sırasında ortalama mesafe, toplam çalışma zamanı ve verimli çalışma zamanı için verim ise sırası ile 4,747 m, 1,012 dakika ve 38,796 m³/saat bulunmuştur. Benzer bir çalışmada Ghaffariyan ve diğ. (2019) yaklaşık 0,5 m³ ürün hacmi için saatlik hasatçı verimliliğini 32,1 m³/saat olarak hesaplanmıştır.

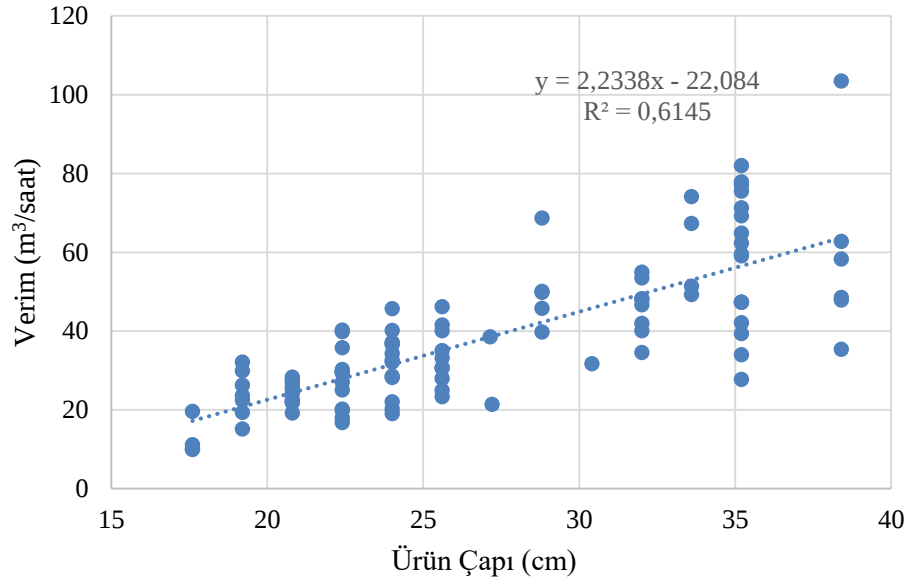
Çizelge 5.1 : Karacasu OİŞ’de hasatçıya ait verilerin ortalama değerleri.

Eğim Grupları	Ürün boyu (cm)	Ürün çapı (cm)	Dk 1.30 (cm)	Parça sayısı (adet)	Ürün hacmi (m ³)	Mesafe (m)	Toplam Zaman (dakika)	Verim (m ³ /saat)
Düşük	10,456	26,677	33,294	4,029	0,616	4,794	0,965	39,031
Orta	9,876	26,457	33,200	4,029	0,599	5,543	1,095	32,061
Yüksek	10,823	28,323	35,419	4,355	0,719	3,903	0,975	45,297
Ortalama	10,385	27,152	33,971	4,138	0,645	4,747	1,012	38,796

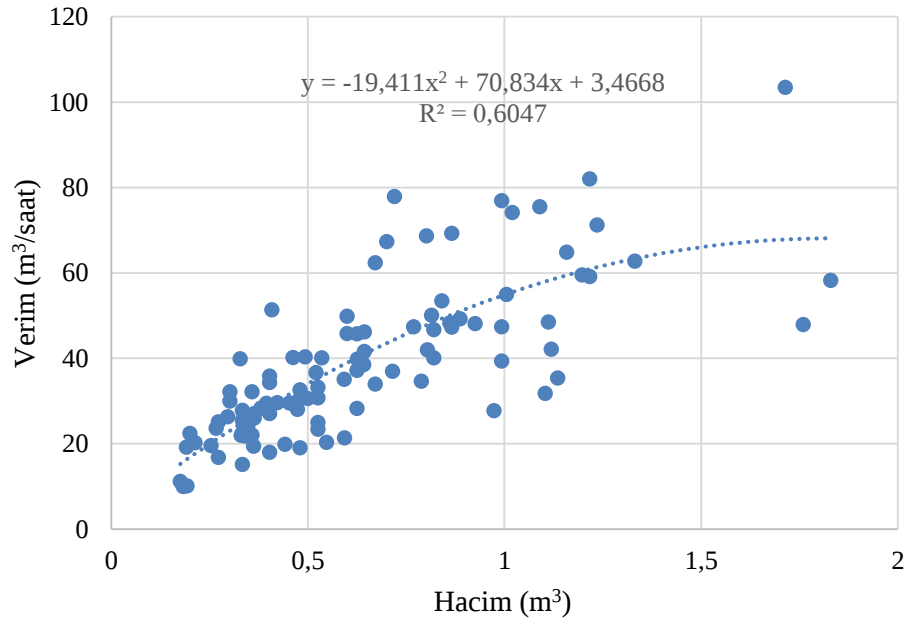
Eğim grupları karşılaştırıldığında, en yüksek verimin yüksek eğim grubunda elde edildiği bunu düşük ve orta eğim grubunun takip ettiği belirlenmiştir. Bu durumda etkili olan ana faktörlerden ürün hacminin yüksek eğim grubunda en yüksek değere ulaştığı görülmüştür. Ghaffariyan ve diğ. (2019), hasatçı verimi üzerindeki en önemli faktörün ürün hacmi olduğunu bildirmiştir.

Korelasyon testi sonuçlarına göre her üç eğim grubunda da ürün çapı ve ürün hacmi ile verim arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Üç eğim grubu için ürün çapı ve ürün hacmi ile verim arasındaki ilişki sırasıyla Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de gösterilmiştir. Hasatçı veriminin değerlendirildiği benzer çalışmalarda da ürün

boyutlarındaki ve hacmindeki artışın verimde de artışa neden olduğu belirtilmiştir (Acuna ve diğ, 2017).



Şekil 5.1 : Karacasu OİŞ’de hasatçı uygulamaları için ürün çapı ile verim arasındaki ilişki.



Şekil 5.2 : Karacasu OİŞ’de hasatçı uygulamaları için ürün hacmi ile verim arasındaki ilişki.

5.1.1.2 Hüyük OİŞ’de hasatçı verimi

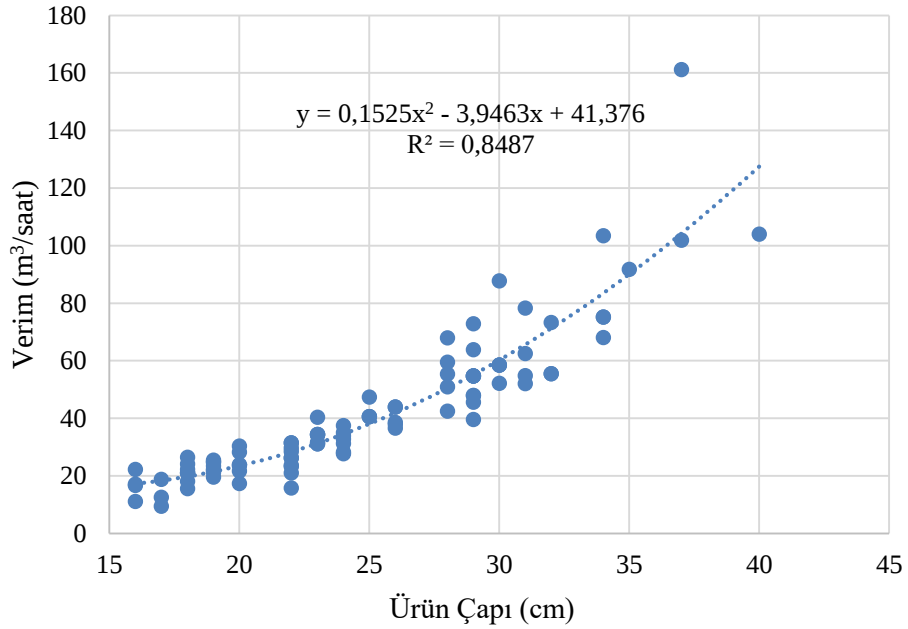
Üç eğim grubu için ortalama ürün boyu, ürün çapı, $D_{k1,30}$, parça sayısı, ürün hacmi, mesafe ile toplam zaman ve verim değerleri Çizelge 5.2’de verilmiştir. Ortalama ürün

boyu, ürün çapı ve ürün hacmi sırası ile 13,283 m, 24,652 cm ve 0,676 m³ olarak belirlenmiştir. Ürünün üretimi sırasında ortalama mesafe, toplam çalışma zamanı ve verim ise sırası ile 4,504 m, 1,399 dakika ve 41,450 m³/saat bulunmuştur.

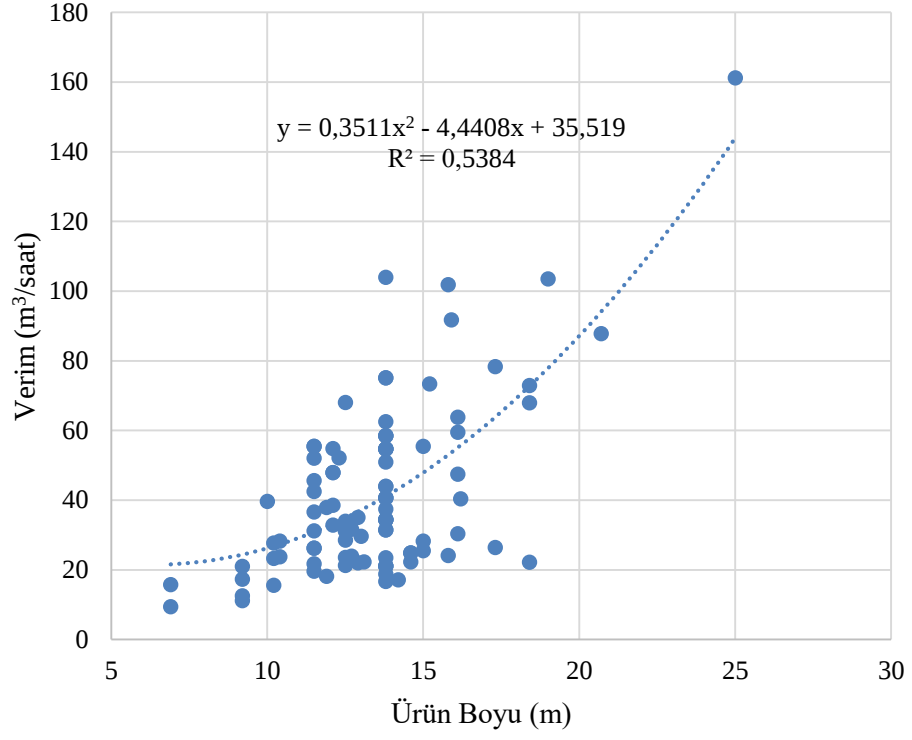
Çizelge 5.2 : Hüyük OİŞ’de hasatçıya ait verilerin ortalama değerleri.

Eğim Grupları	Ürün boyu (cm)	Ürün çapı (cm)	Dk 1.30 (cm)	Parça sayısı (adet)	Ürün hacmi (m ³)	Mesafe (m)	Toplam Zaman (dakika)	Verim (m ³ /saat)
Düşük	13,819	23,344	38,688	5,844	0,640	4,156	1,350	38,865
Orta	13,723	25,514	42,514	5,657	0,742	5,000	1,510	44,542
Yüksek	12,307	25,097	41,807	5,226	0,645	4,355	1,337	40,944
Ortalama	13,283	24,652	41,003	5,576	0,676	4,504	1,399	41,450

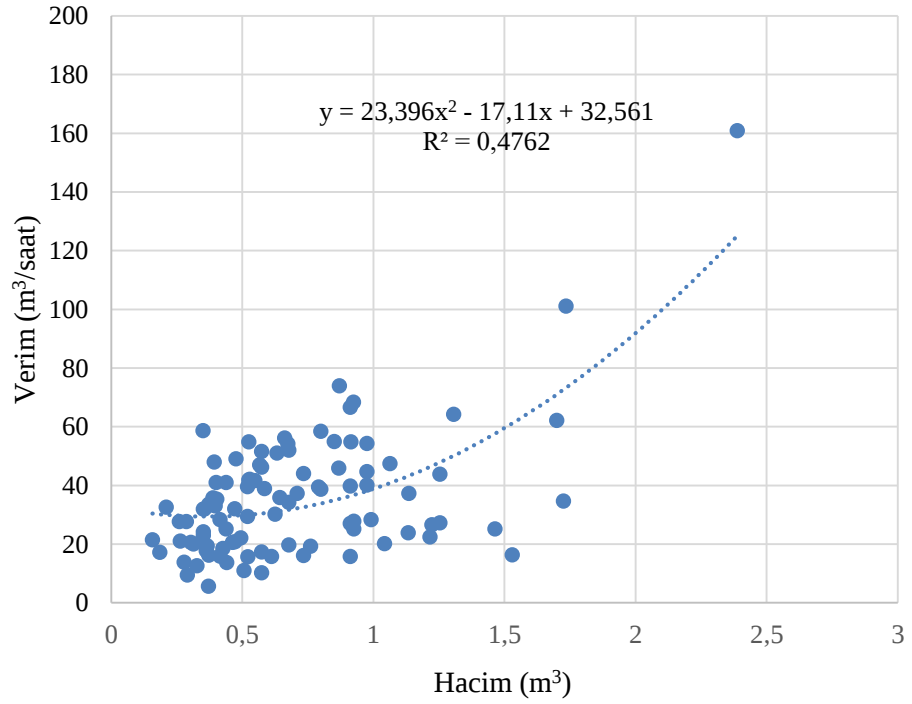
Eğim grupları karşılaştırıldığında, en yüksek verimin orta eğim grubunda elde edildiği bunu yüksek ve düşük eğim grubunun takip ettiği belirlenmiştir. Bu durumda etkili olan ana faktörlerden ürün hacminin orta eğim grubunda en yüksek değere ulaştığı görülmüştür. Korelasyon testi sonuçlarına göre her üç eğim grubunda da ürün çapı ve ürün hacmi ile verim arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Üç eğim grubu için ürün çapı, ürün boyu, ürün hacmi ve parça sayısı ile verim arasındaki ilişki sırasıyla Şekil 5.3-5.6’da gösterilmiştir.



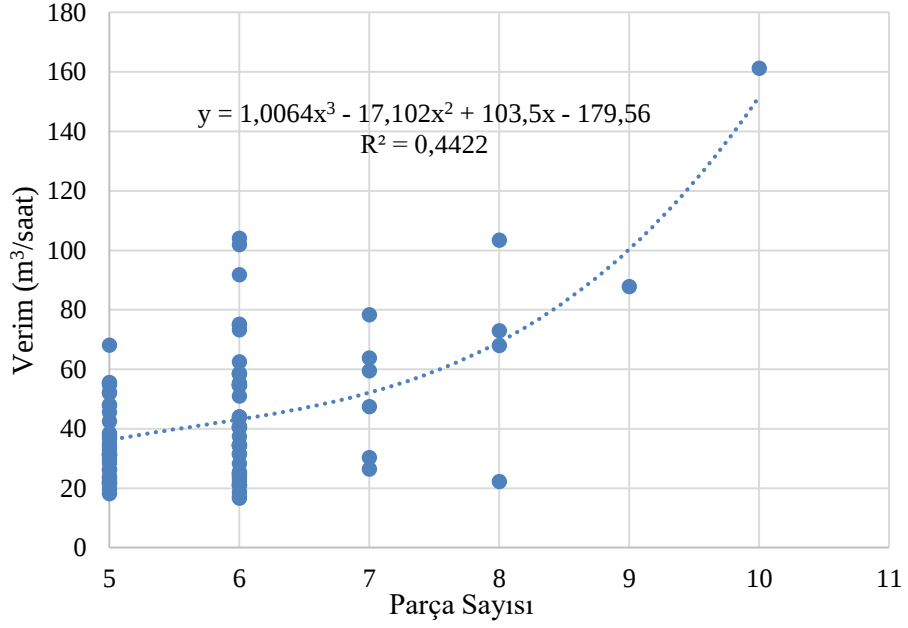
Şekil 5.3 : Hüyük OİŞ’de hasatçı uygulamaları için ürün çapıyla verim arasındaki ilişki.



Şekil 5.4 : Hüyük OİŞ’de hasatçı uygulamaları için ürün boyu ile verim arasındaki ilişki.



Şekil 5.5 : Hüyük OİŞ’de hasatçı uygulamaları için ürün hacmi ile verim arasındaki ilişki.



Şekil 5.6 : Hüyük OİŞ’de hasatçı uygulamaları için parça sayısı ile verim arasındaki ilişki.

5.1.2 Hava hattı verimi

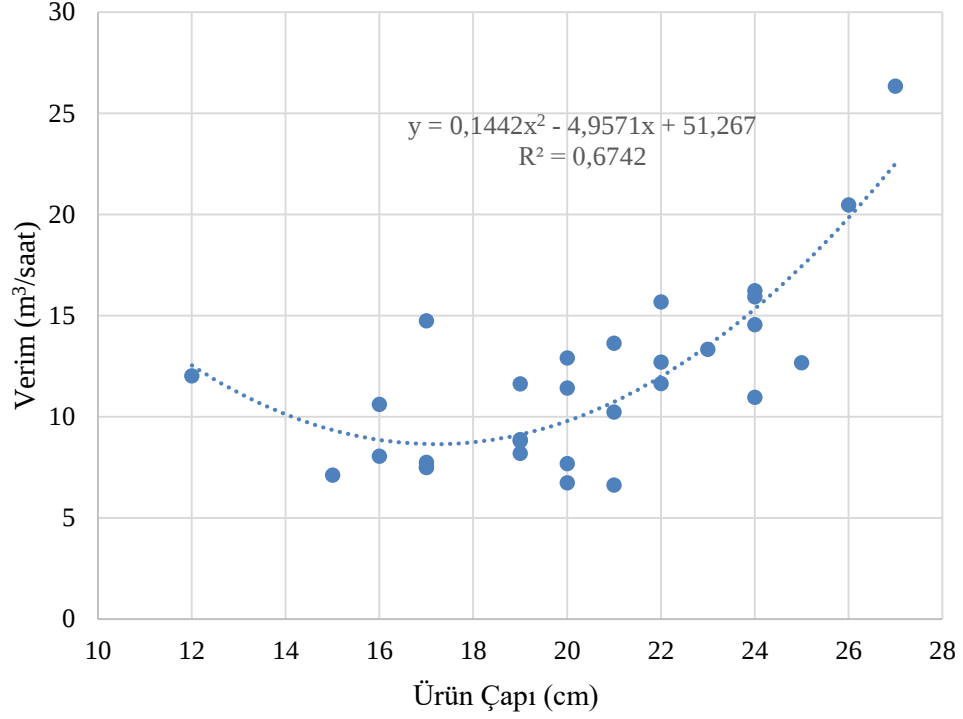
Hava hattı uygulaması için ortalama ürün boyu, ürün çapı, parça sayısı, ürün hacmi, mesafe, yandan çekme mesafesi ile toplam zaman ve verim değerleri Çizelge 5.3’de verilmiştir. Ortalama ürün boyu, ürün çapı ve ürün hacmi sırası ile 11,675 m, 20,3 cm ve 1,931 m³ olarak belirlenmiştir. Ürünün üretimi sırasında ortalama yandan çekme mesafesi, toplam çalışma zamanı ve verim ise sırası ile 18,77 m, 9,818 dakika ve 11,756 m³/saat bulunmuştur. Spinelli ve diğ. (2015) orta mesafeli bir hava hattının verimliliğini incelediği bir çalışmada (ürün hacmi: 1,9 m³, yandan çekme mesafesi: 24 m) verimliliği 12,1 m³/saat olarak belirlemiştir.

Çizelge 5.3 : Köyceğiz OİŞ’de hava hattına ait verilerin ortalama değerleri.

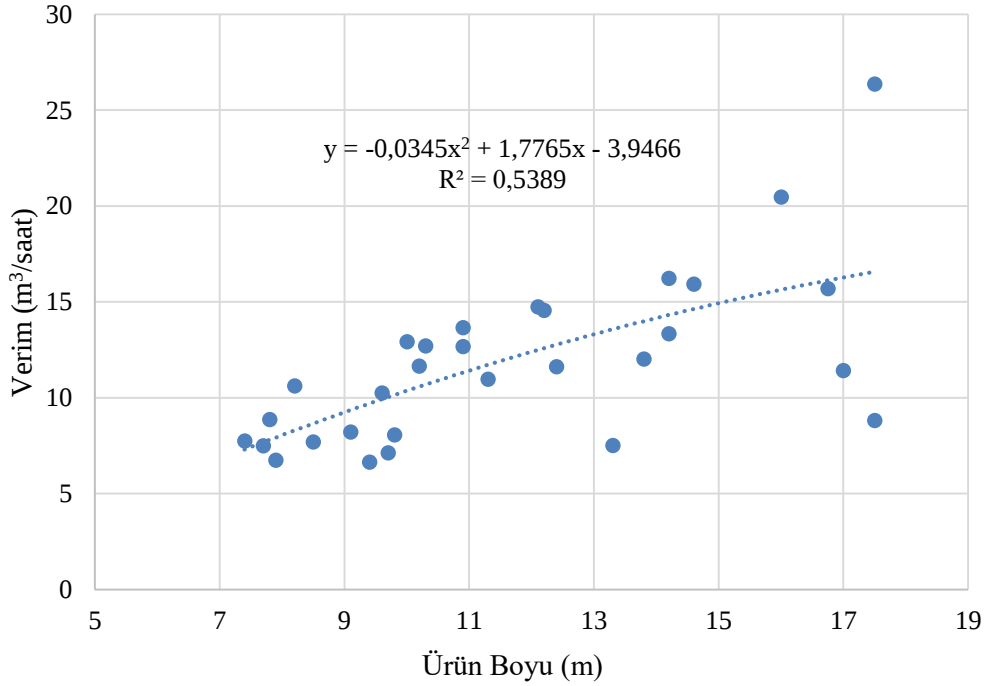
Ürün boyu (cm)	Ürün çapı (cm)	Parça sayısı (adet)	Ürün hacmi (m ³)	Mesafe (m)	Yandan çekme mesafesi (m)	Toplam zaman (dakika)	Verim (m ³ /saat)
11,675	20,3	5,00	1,931	185,00	18,77	9,818	11,756

Korelasyon testi sonuçlarına göre ürün çapı, ürün boyu ve ürün hacmi ile verim arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Spinelli ve diğ. (2015) tarafından yapılan çalışmada hava hattı verimi üzerinde ürün boyutları ve hacminin yanı sıra yandan çekme mesafesinin de etkili olduğunu belirtilmiştir. Bu çalışmada ise yandan çekme mesafesi ile verim arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki ortaya

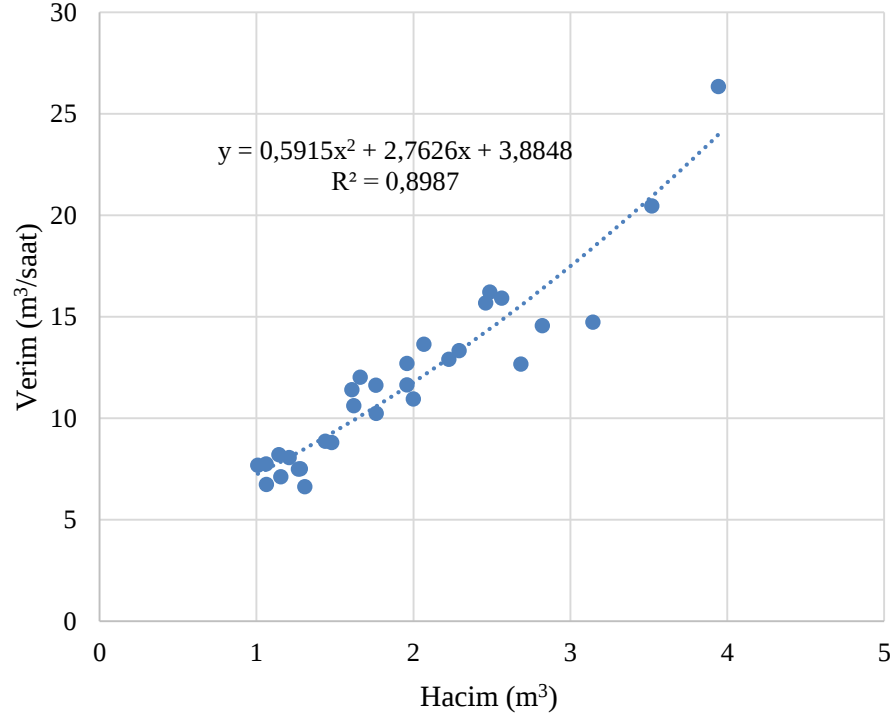
konulmasa da yandan çekme mesafesi arttıkça verimin azaldığı belirlenmiştir. Ürün çapı, ürün boyu, ürün hacmi ve yandan çekme mesafesi ile verim arasındaki ilişki sırasıyla Şekil 5.7-5.10’da gösterilmiştir.



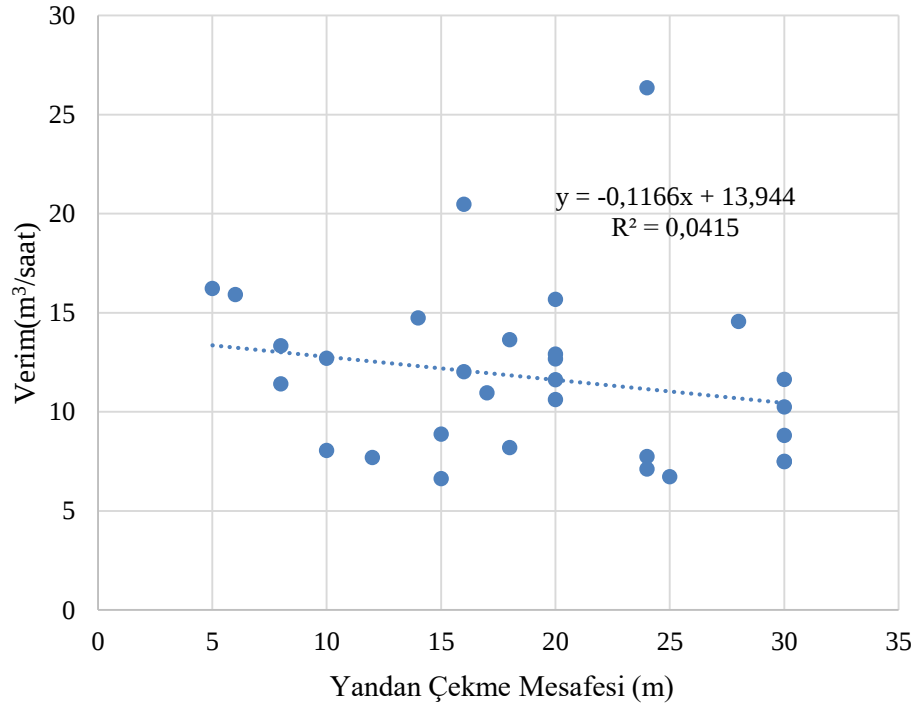
Şekil 5.7 : Köyceğiz OİŞ’de hava hattı için ürün çapı ile verim arasındaki ilişki.



Şekil 5.8 : Köyceğiz OİŞ’de hava hattı için ürün boyu ile verim arasındaki ilişki.



Şekil 5.9 : Köyceğiz OİŞ’de hava hattı için ürün hacmi ile verim arasındaki ilişki.



Şekil 5.10 : Köyceğiz OİŞ’de hava hattı için yandan çekme mesafesi ile verim arasındaki ilişki.

5.1.3 Tarım traktörü verimi

5.1.3.1 Osmangazi OİŞ’de traktör verimi

Osmangazi OİŞ’de tarım traktörü için ortalama ürün boyu, ürün çapı, ürün hacmi ve sürütme mesafesi ile toplam zaman ve verim değerleri Çizelge 5.4’de verilmiştir. Ortalama ürün boyu, ürün çapı ve ürün hacmi sırası ile 10,883 m, 20,69 cm ve 0,457 m³ olarak belirlenmiştir. Traktörle bölmeden çıkarma sırasında ortalama sürütme mesafesi, toplam çalışma zamanı ve verim ise sırası ile 124,86 m, 5,61 dakika ve 4,898 m³/saat bulunmuştur. Tarım traktörüyle sürütme uygulamasının değerlendirildiği benzer bir çalışmada (ürün hacmi: 0.55 m³), Gülci ve diğ. (2018) verimliliği yaklaşık 5 m³/saat olarak bulunmuştur.

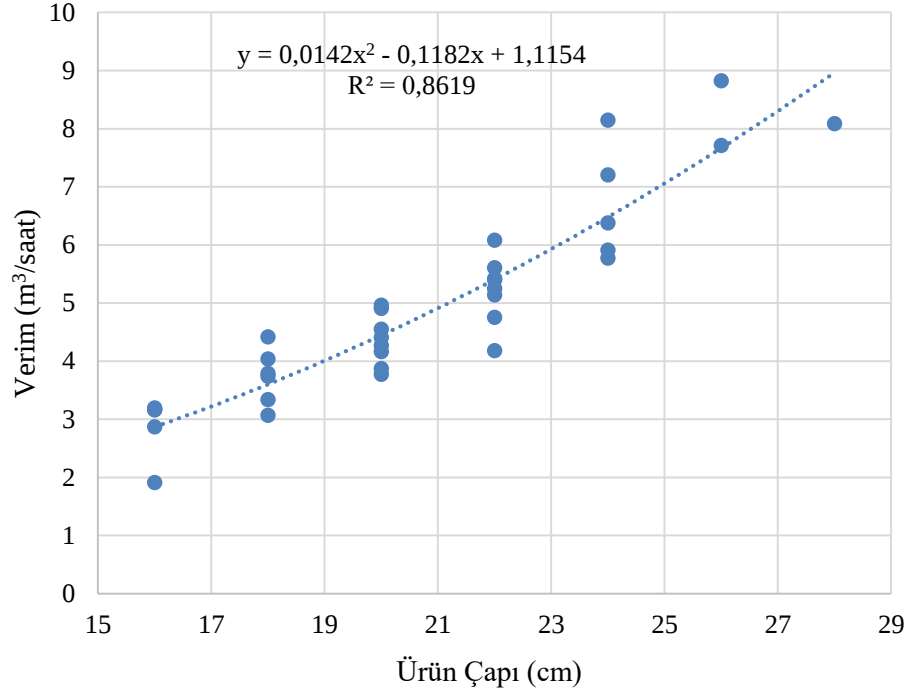
Çizelge 5.4 : Osmangazi OİŞ’de tarım traktörüne ait verilerin ortalama değerleri.

Ürün boyu (cm)	Ürün çapı (cm)	Ürün hacmi (m ³)	Sürütme mesafesi (m)	Toplam zaman (dakika)	Verim (m ³ /saat)
10,883	20,69	0,457	124,86	5,61	4,898

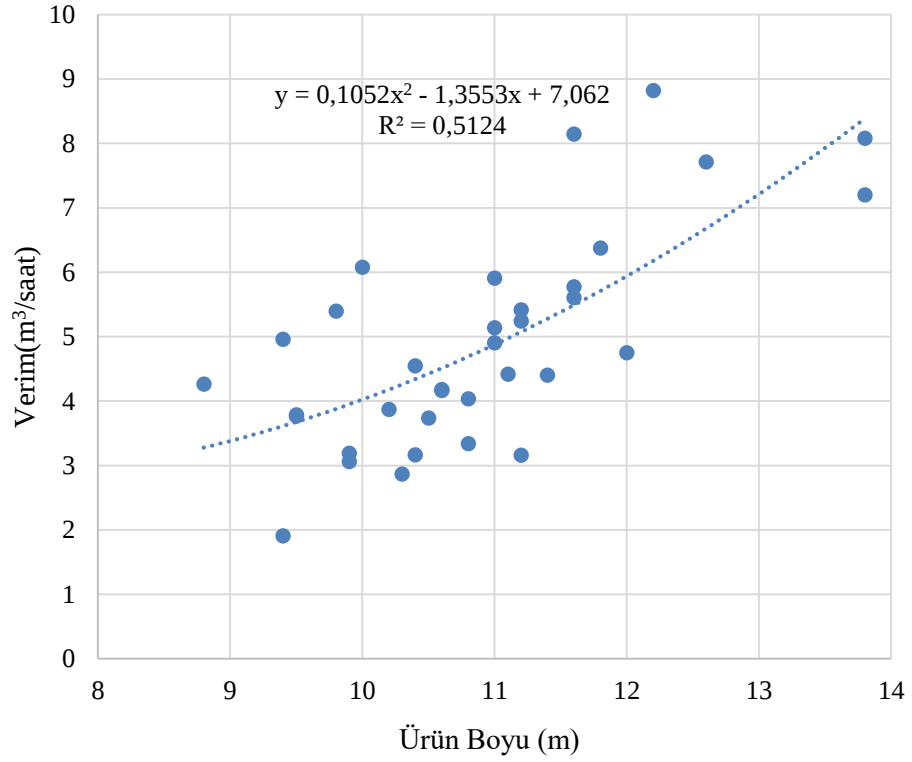
Korelasyon testi sonuçlarına göre ürün çapı, ürün boyu ve ürün hacmi ile verim arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Akay ve diğ. (2016) tarafından yapılan bir çalışma da ise, sürütme operasyonu sırasında verim üzerinde etkili olan faktörlerin başında sürütme mesafesi ve ürün hacminin geldiğini bildirmiştir. Tez çalışmasına bulgularına göre, sürütme mesafesi ile verim arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki ortaya konulmasa da sürütme mesafesi arttıkça verimin azaldığı belirlenmiştir. Ürün çapı, ürün boyu, ürün hacmi ve sürütme mesafesi ile verim arasındaki ilişki sırasıyla Şekil 5.11-5.14’de gösterilmiştir.

5.1.3.2 Yeşilyurt OİŞ’de traktör verimi

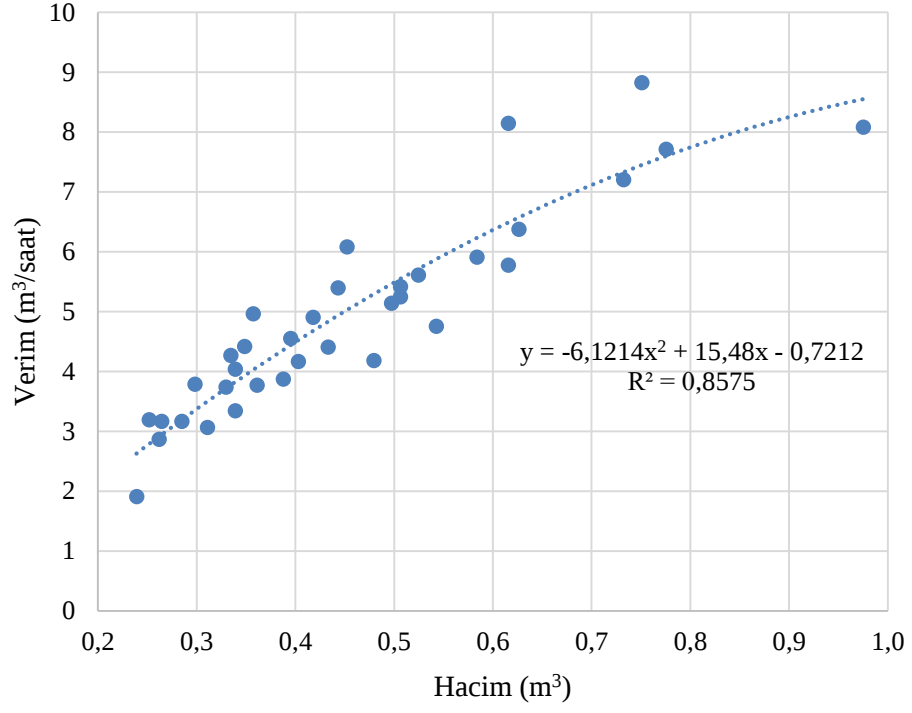
Yeşilyurt OİŞ’de tarım traktörü için ortalama ürün boyu, ürün çapı, parça sayısı, ürün hacmi ve sürütme mesafesi ile toplam zaman ve verim değerleri Çizelge 5.5’de verilmiştir. Ortalama ürün boyu, ürün çapı, parça sayısı ve ürün hacmi sırası ile 11,54 m, 20,17 cm, 1,77 ve 0,678 m³ olarak belirlenmiştir. Traktörle bölmeden çıkarma sırasında ortalama sürütme mesafesi, toplam çalışma zamanı ve verim ise sırası ile 304,67 m, 6,228 dakika ve 6,444 m³/saat bulunmuştur.



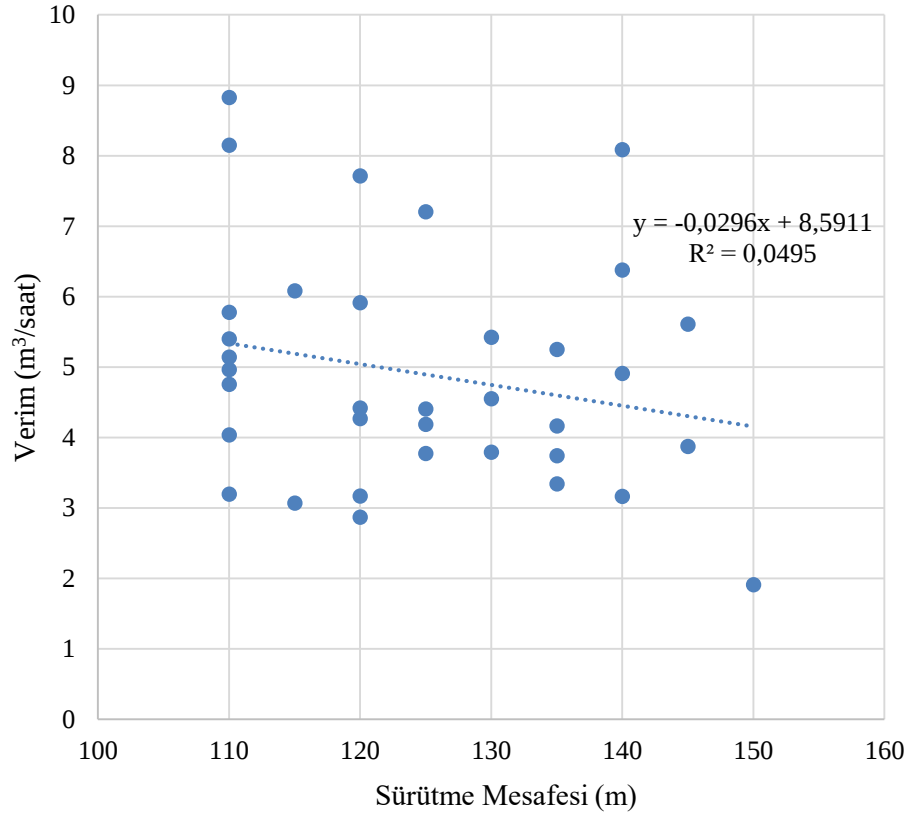
Şekil 5.11 : Osmangazi OİŞ’de traktör için ürün çapı ile verim arasındaki ilişki.



Şekil 5.12 : Osmangazi OİŞ’de traktör için ürün boyu ile verim arasındaki ilişki.



Şekil 5.13 : Osmangazi OİŞ’de traktör için ürün hacmi ile verim arasındaki ilişki.

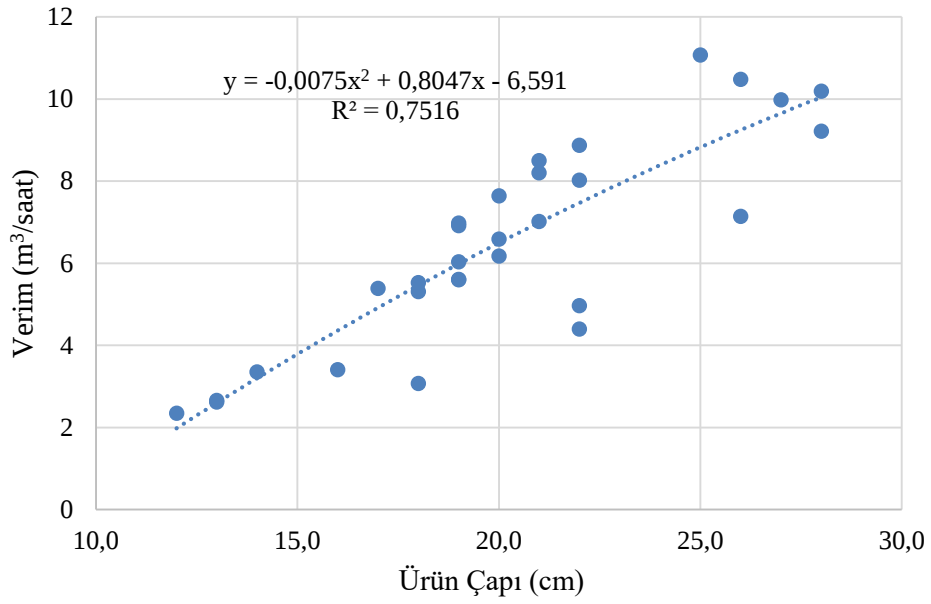


Şekil 5.14 : Osmangazi OİŞ’de traktör için sürütme mesafesi ile verim arasındaki ilişki.

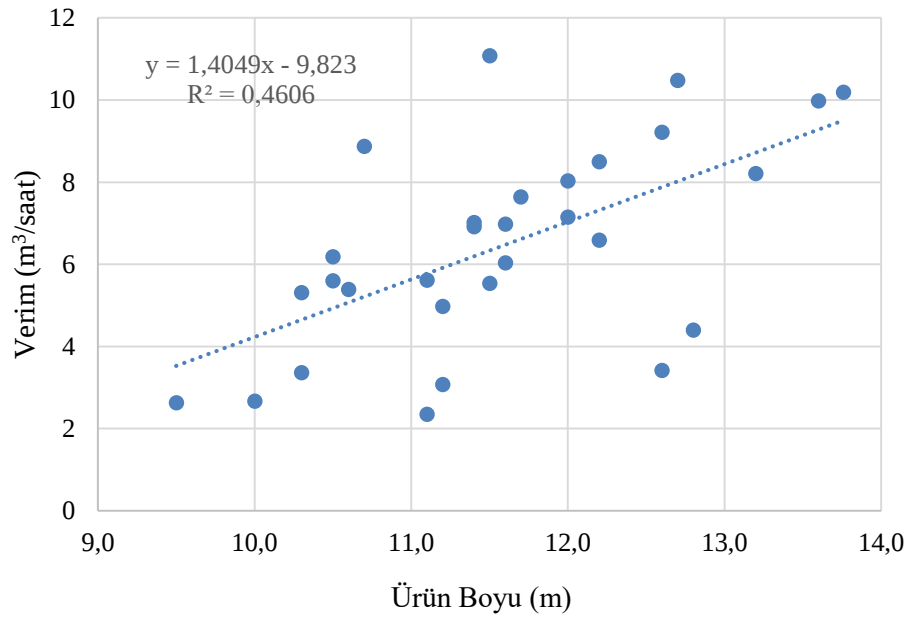
Çizelge 5.5 : Yeşilyurt OİŞ’de tarım traktörüne ait verilerin ortalama değerleri.

Ürün boyu (cm)	Ürün çapı (cm)	Parça sayısı (adet)	Ürün hacmi (m ³)	Sürütme mesafesi (m)	Toplam zaman (dakika)	Verim (m ³ /saat)
11,54	20,17	1,77	0,678	304,67	6,228	6,444

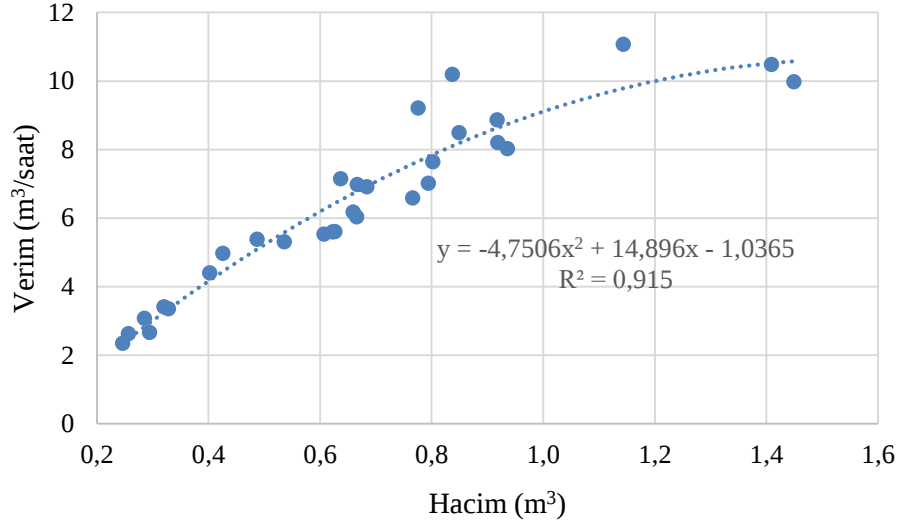
Korelasyon testi sonuçlarına göre ürün çapı, ürün boyu ve ürün hacmi ile verim arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Ürün çapı, ürün boyu ve ürün hacmi ile verim arasındaki ilişki sırasıyla Şekil 5.15-5.17’de gösterilmiştir.



Şekil 5.15 : Yeşilyurt OİŞ’de traktör için ürün çapı ile verim arasındaki ilişki.



Şekil 5.16 : Yeşilyurt OİŞ’de traktör için ürün boyu ile verim arasındaki ilişki.



Şekil 5.17 : Yeşilyurt OİŞ’de traktör için ürün hacmi ile verim arasındaki ilişki.

5.1.4 Yükleyici verimi

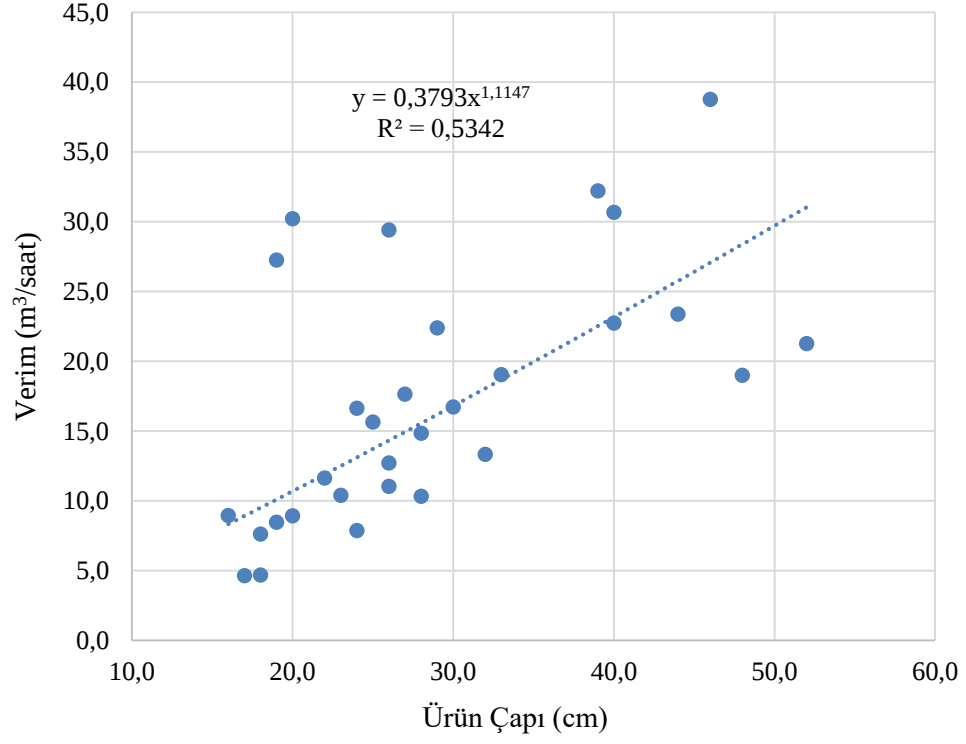
5.1.4.1 Muğla OİŞ’de yükleyici verimi

Muğla OİŞ’de yükleyici için ortalama ürün çapı ve ürün hacmi ile toplam zaman ve verim değerleri Çizelge 5.6’da verilmiştir. Ortalama ürün çapı ve ürün hacmi sırası ile 28,63 cm ve 0,1654 m³ olarak belirlenmiştir. Yükleme çalışmaları sırasında toplam çalışma zamanı ve verim ise sırası ile 0,619 dakika ve 17,286 m³/saat bulunmuştur. Hitachi marka bir yükleyicinin kullanıldığı benzer bir çalışmada, Prebble (1990) verimliliği yaklaşık 22 m³/saat olarak bulunmuştur.

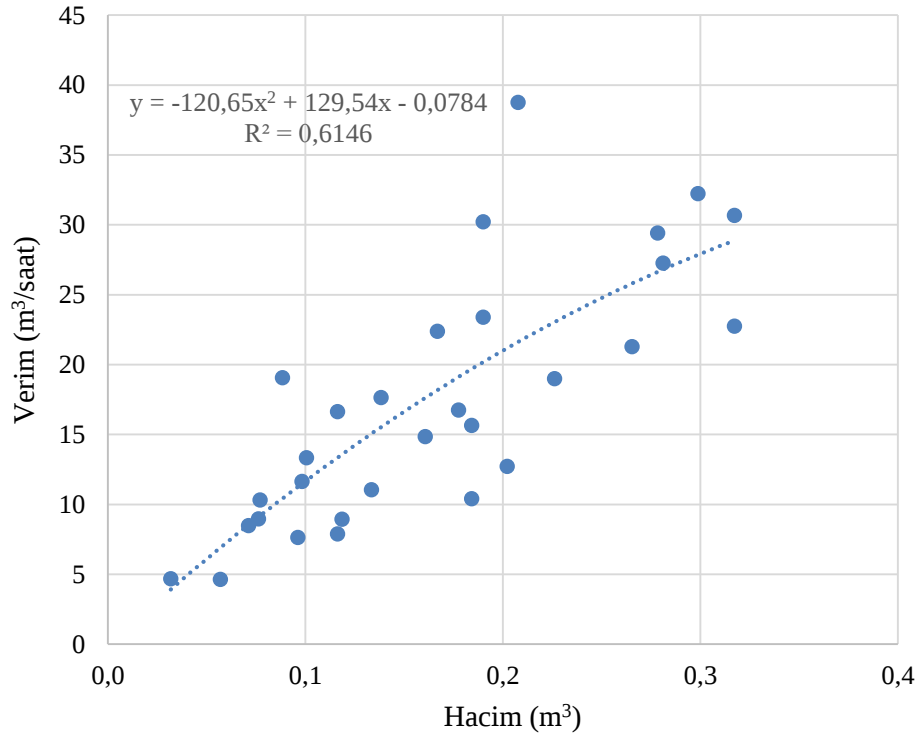
Çizelge 5.6 : Osmangazi OİŞ’de yükleyiciye ait verilerin ortalama değerleri.

Ürün çapı (cm)	Ürün hacmi (m³)	Toplam zaman (dakika)	Verim (m³/saat)
28,63	0,1654	0,619	17,286

Korelasyon testi sonuçlarına göre ürün çapı ve ürün hacmi ile verim arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Naghdi (2005) çalışmasında, ürün boyutlarındaki artışın yükleme çalışmalarında verimi pozitif yönde etkilediğini belirtmiştir. Kewilaa ve Tehupeiory (2015) tarafından yapılan başkaca bir çalışmada, yükleyici veriminin ürün hacmine bağlı olarak artış gösterdiğini ifade etmiştir. Ürün çapı ve ürün hacmi ile verim arasındaki ilişki sırasıyla Şekil 5.18 ve Şekil 5.19’da gösterilmiştir.



Şekil 5.18 : Muğla OİŞ’de yükleyici için ürün çapı ile verim arasındaki ilişki.



Şekil 5.19 : Muğla OİŞ’de yükleyici için ürün hacmi ile verim arasındaki ilişki.

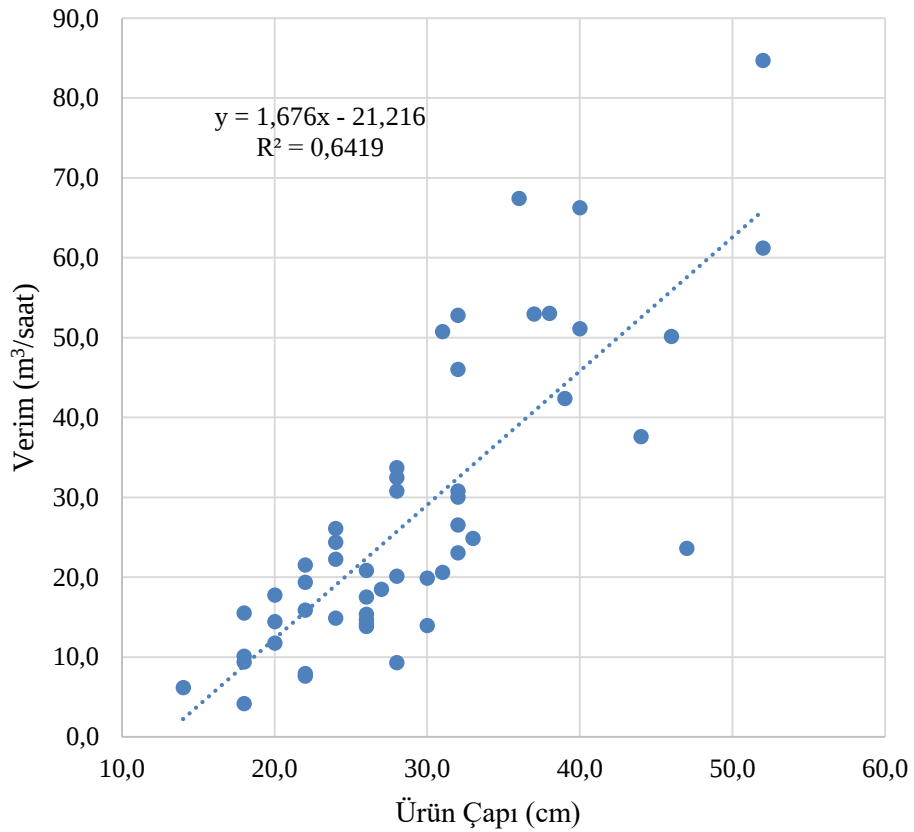
5.1.4.2 Karaçam OİŞ’de yükleyici verimi

Karaçam OİŞ’de yükleyici için ortalama ürün çapı, ürün hacmi ve parça sayısı ile toplam zaman ve verim değerleri Çizelge 5.7’de verilmiştir. Ortalama ürün çapı, ürün hacmi ve parça sayısı sırası ile 29,27 cm, 0,134 m³ ve 1,353 olarak belirlenmiştir. Yükleme çalışmaları sırasında toplam çalışma zamanı ve verim ise sırası ile 0,296 dakika ve 27,848 m³/saat bulunmuştur.

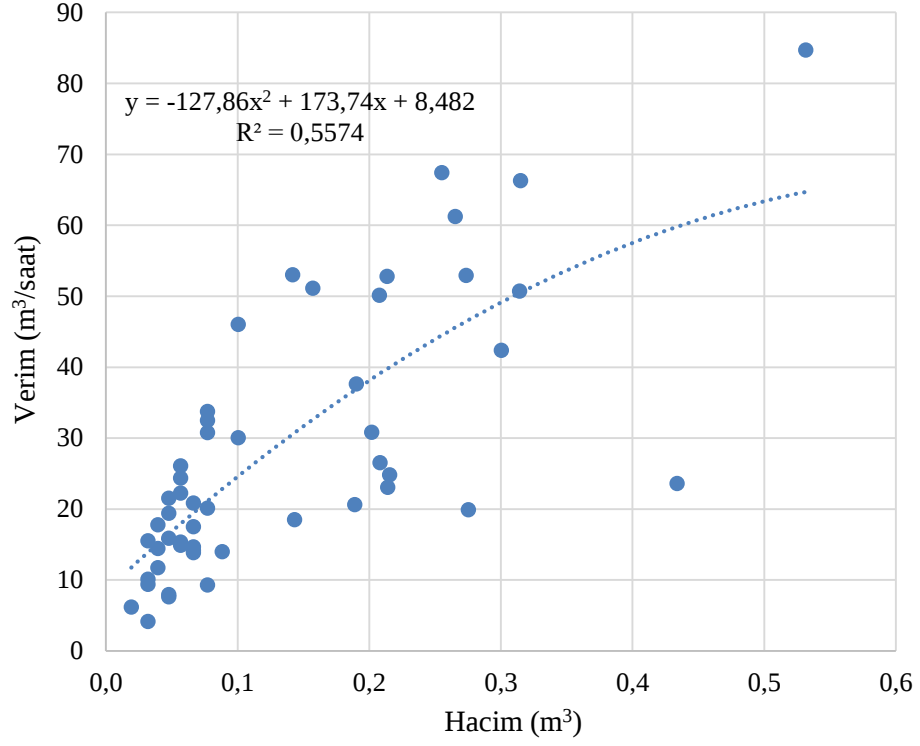
Çizelge 5.7 : Karaçam OİŞ’de yükleyiciye ait verilerin ortalama değerleri.

Ürün çapı (cm)	Ürün hacmi (m ³)	Parça sayısı	Toplam zaman (dakika)	Verim (m ³ /saat)
29,27	0,134	1,353	0,296	27,848

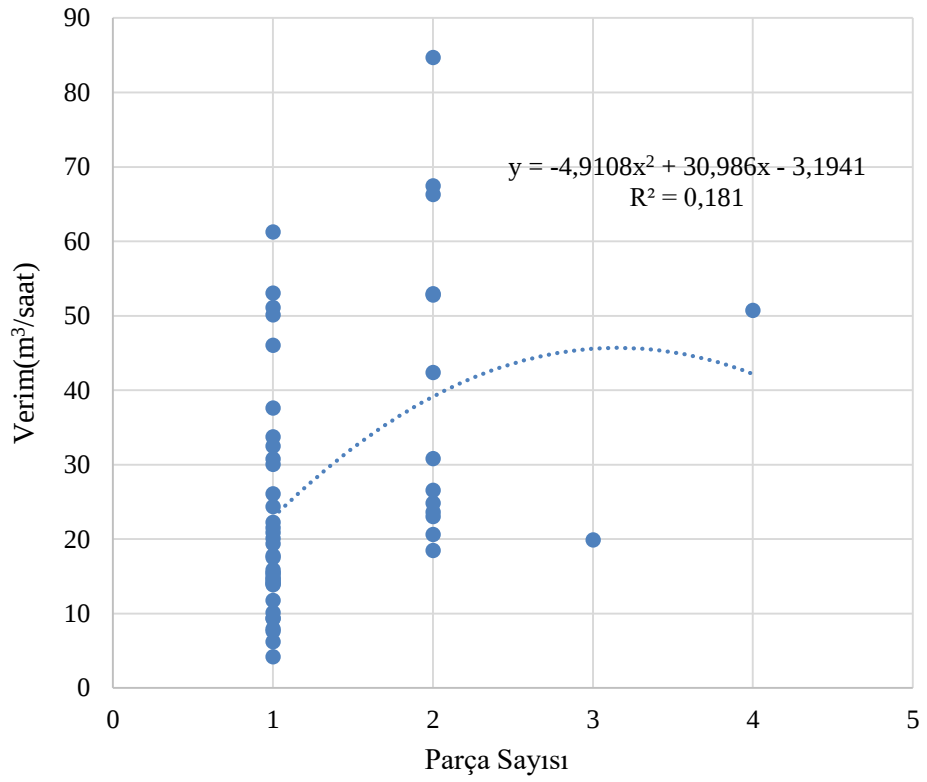
Korelasyon testi sonuçlarına göre ürün çapı, ürün hacmi ve parça sayısı ile verim arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Ürün çapı, ürün hacmi ve parça sayısı ile verim arasındaki ilişki sırasıyla Şekil 5.20-5.22’de gösterilmiştir.



Şekil 5.20 : Karaçam OİŞ’de yükleyici için ürün çapı ile verim arasındaki ilişki.



Şekil 5.21 : Karaçam OİŞ’de yükleyici için hacim ile verim arasındaki ilişki.

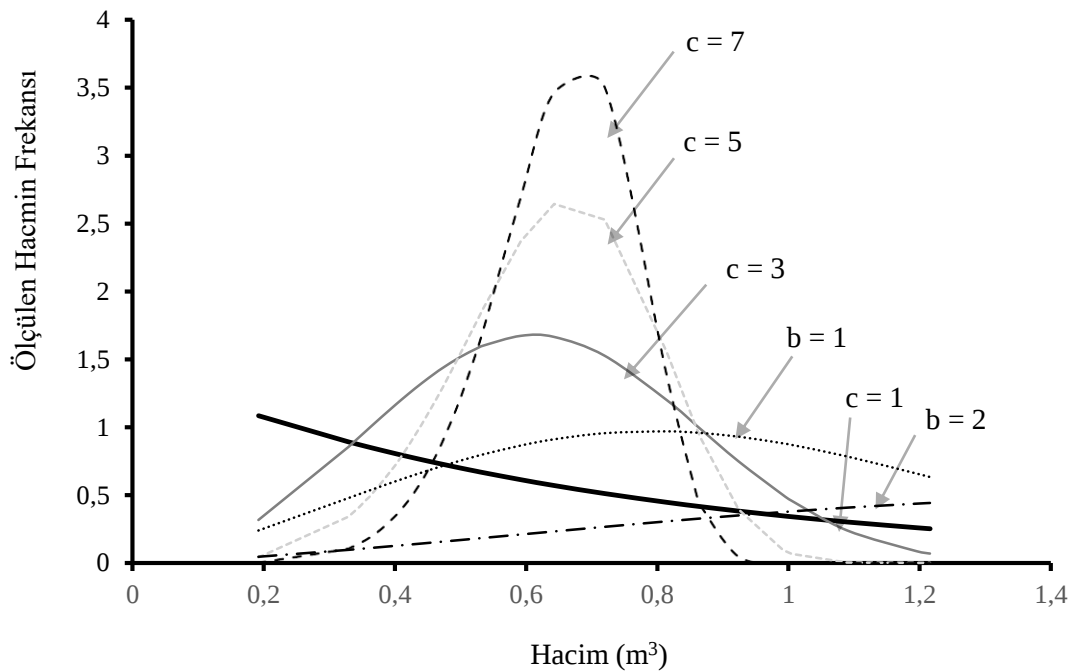


Şekil 5.22 : Karaçam OİŞ’de yükleyici için parça sayısı ile verim arasındaki ilişki.

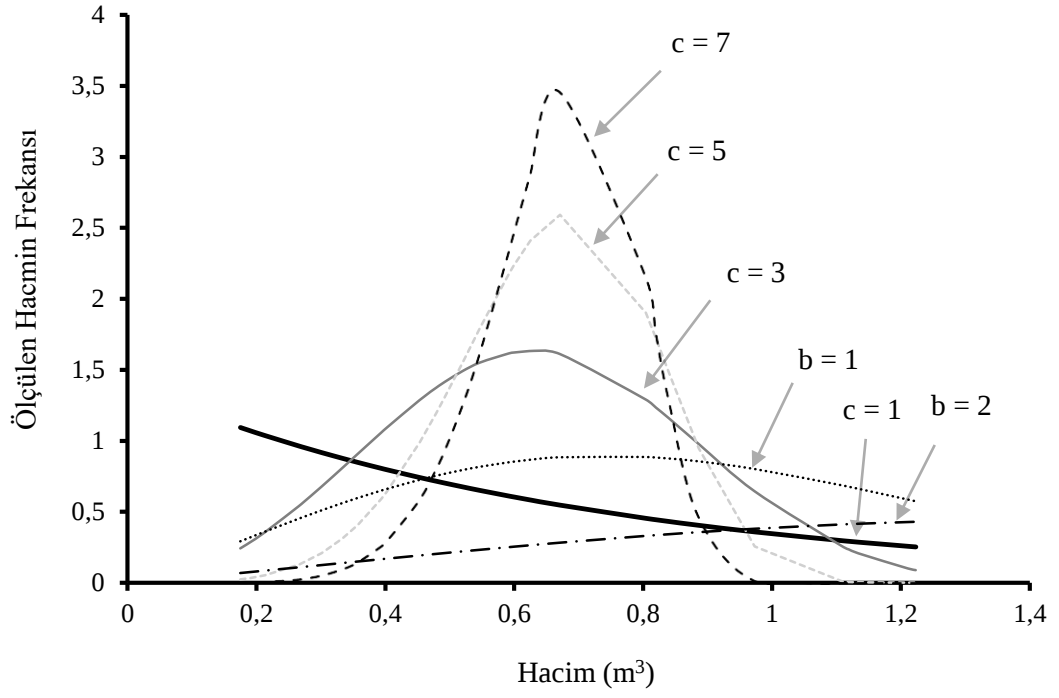
5.2 Weibull Olasılık Dağılımı Sonuçları

5.2.1 Hasatçı modeli

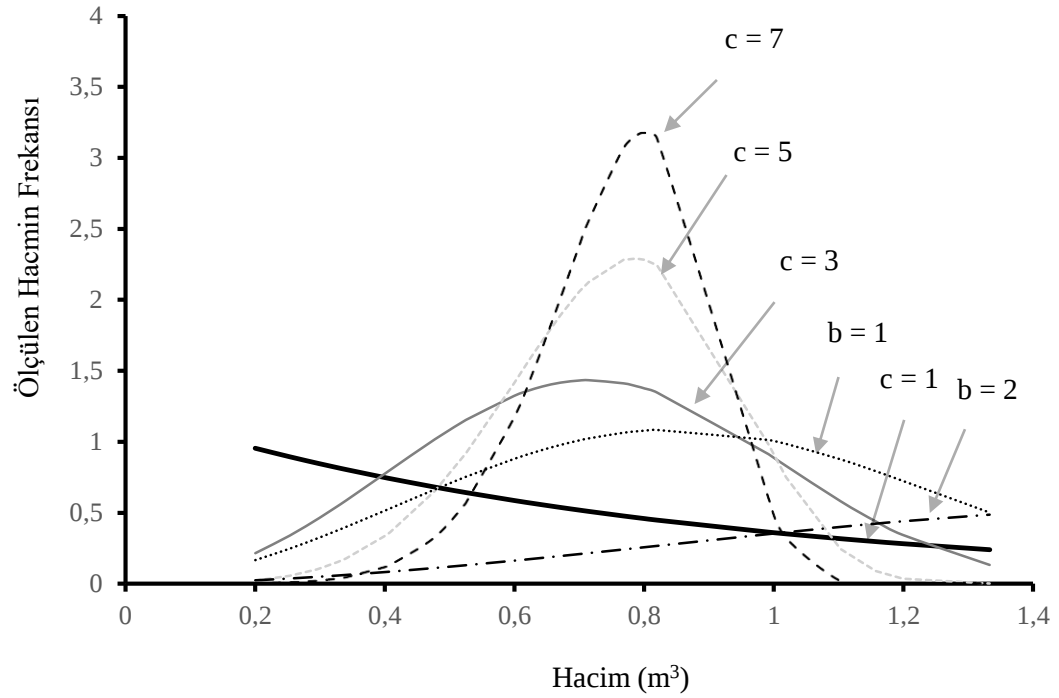
Weibull olasılık dağılımı kullanılarak çalışmada dikkate alınan mekanik üretim araçları için hacim tahmin modelleri geliştirilmiştir. Tahmin modelinin başarısını değerlendirmek için hacim ve toplam çalışma zamanı sonuçları arazi ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. İstatistiksel bulgular kullanılan tahmin modelinin uygun olduğunu göstermiştir. Ayrıca, sonuçların literatürde bu kapsamda yürütülen çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür (Spinelli ve diğ, 2010; Bilici, 2021). Karacasu OİŞ’de, standart iki parametrelili Weibull olasılık dağılımının yoğunluk fonksiyonunun farklı şekil ve ölçek parametreleri değerlerine göre değişimi Şekil 5.23, 5.24 ve 5.25’de görülmektedir. Bu şekillerde Y eksen (X’in Frekans Yoğunluğu), X değerinin temsil ettiği dağılım yüzdesi olarak ifade edilmektedir. Böylece, şekil parametresi hacim frekansının dağılımı hakkında ön bilgi vermektedir (Stout ve diğ, 2016). Bu çalışmada, dağılımın ölçek parametresi hacmin aritmetik ortalamasını yansıtırken, şekil parametresinin hasatçının verimliliği ile yakından ilişkili olduğu bulunmuştur.



Şekil 5.23 : Karacasu OİŞ’de düşük eğimde değişen şekil parametresinin dağılımın genel şekli üzerindeki etkisi.

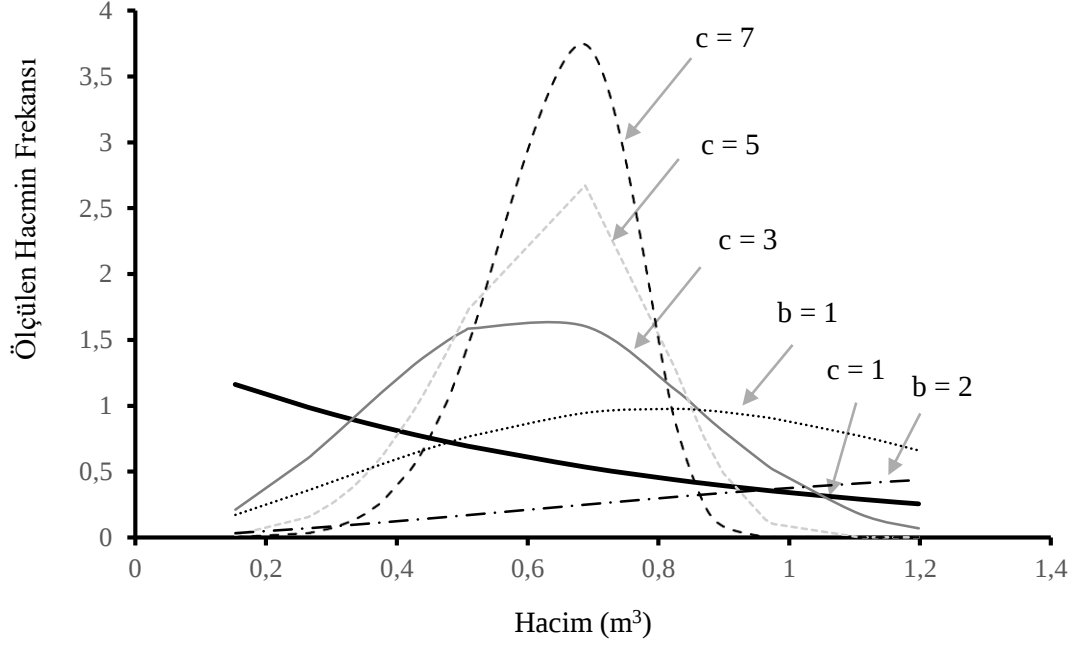


Şekil 5.24 : Karacasu OİŞ’de orta eğimde değişen şekil parametresinin dağılımın genel şekli üzerindeki etkisi.

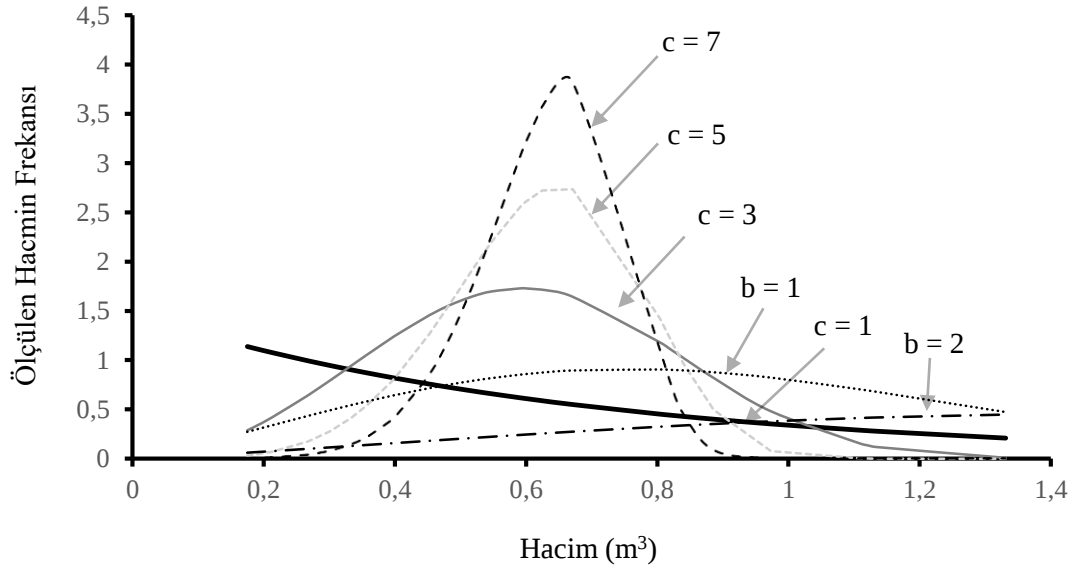


Şekil 5.25 : Karacasu OİŞ’de yüksek eğimde değişen şekil parametresinin dağılımın genel şekli üzerindeki etkisi.

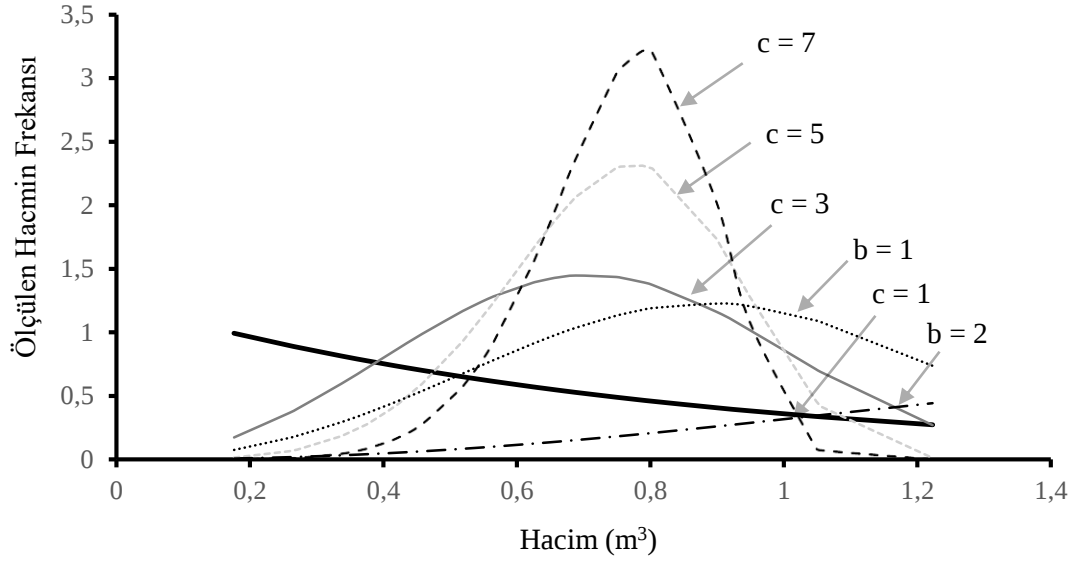
Hüyük OİŞ’de, Weibull olasılık dağılımının yoğunluk fonksiyonunun farklı şekil ve ölçek parametreleri değerlerine göre değişimi ise Şekil 5.26, 5.27 ve 5.28’de görülmektedir. Hacim frekansının dağılımı hakkında ön bilgiler veren şekil parametresine göre, şekil parametresinin hasatçının verimliliği ile yakından ilişkili olduğu bulunmuştur.



Şekil 5.26 : Hüyük OİŞ’de düşük eğimde değişen şekil parametresinin dağılımın genel şekli üzerindeki etkisi.



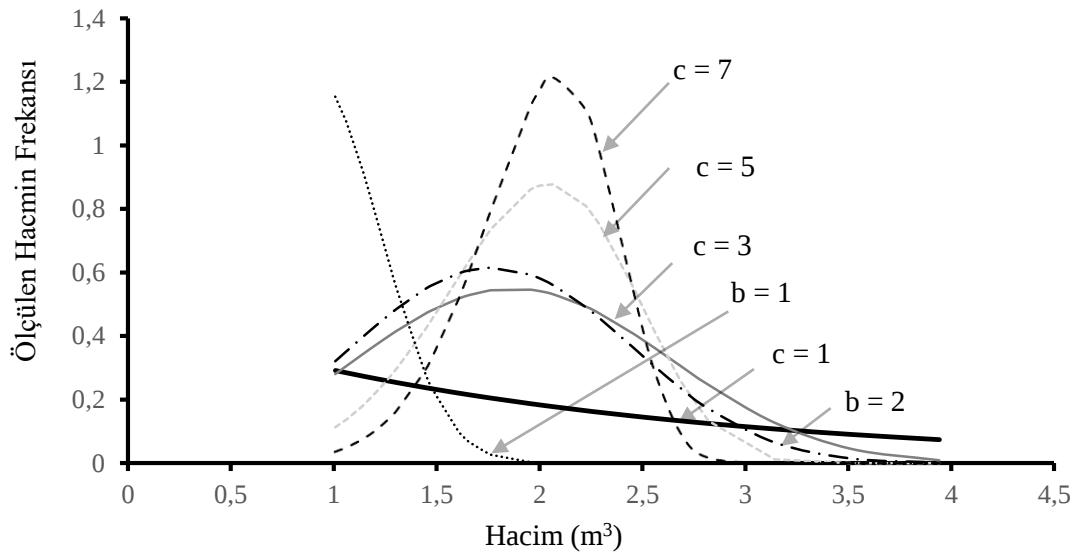
Şekil 5.27 : Hüyük OİŞ’de orta eğimde değişen şekil parametresinin dağılımın genel şekli üzerindeki etkisi.



Şekil 5.28 : Hüyük OİŞ’de yüksek eğimde değişen şekil parametresinin dağılımının genel şekli üzerindeki etkisi.

5.2.2 Hava hattı modeli

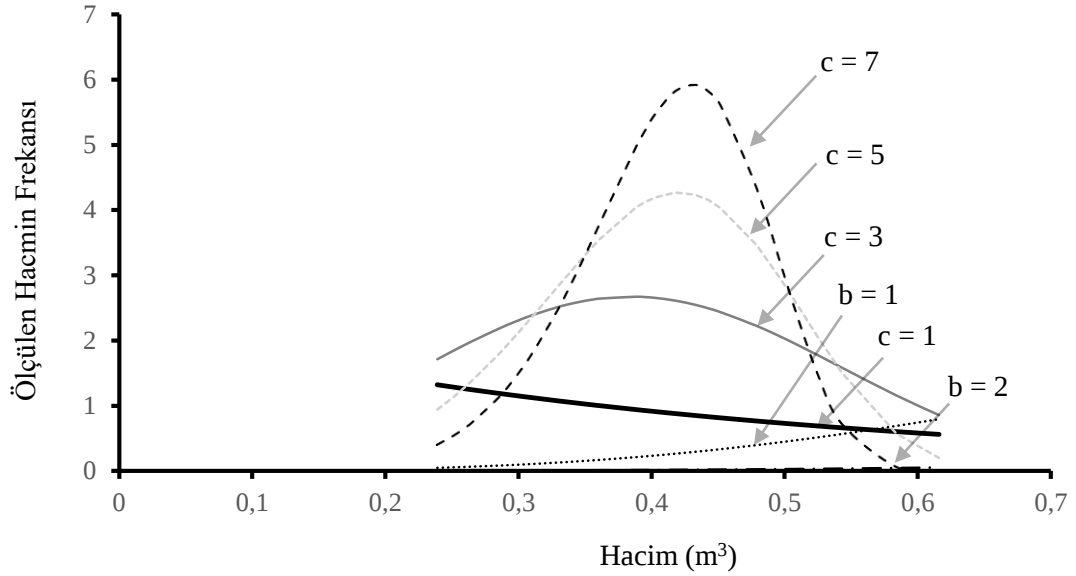
İstatistiksel bulgular kullanılan hava hattı tahmin modelinin uygun olduğunu göstermiştir. Sonuçların literatürde bu kapsamda yürütülen çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür (Spinelli ve diğ, 2010). Standart iki parametrelili Weibull olasılık dağılımının yoğunluk fonksiyonunun farklı şekil ve ölçek parametreleri değerlerine göre değişimi Şekil 5.29’de görülmektedir. Bu çalışmada, dağılımın ölçek parametresi hacmin aritmetik ortalamasını yansıtırken, şekil parametresinin hava hattının verimliliği ile yakından ilişkili olduğu bulunmuştur.



Şekil 5.29 : Hava hattı için değişen şekil parametresinin dağılımının genel şekli üzerindeki etkisi.

5.2.3 Tarım traktörü modeli

Osmangazi OİŞ’de, standart iki parametrelili Weibull olasılık dağılımının yoğunluk fonksiyonunun farklı şekil ve ölçek parametreleri değerlerine göre değişimi Şekil 5.30’da görülmektedir. Bu çalışmada, dağılımın ölçek parametresi hacmin aritmetik ortalamasını yansıtırken, şekil parametresinin tarım traktörünün verimliliği ile yakından ilişkili olduğu bulunmuştur.

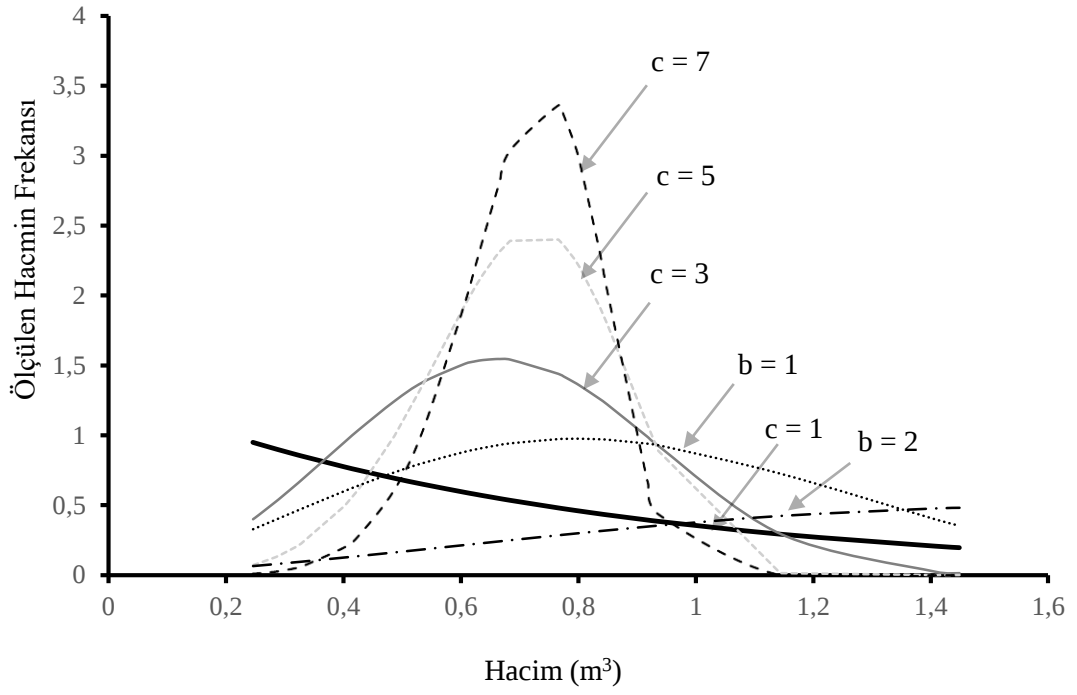


Şekil 5.30 : Osmangazi OİŞ’de tarım traktörü için değişen şekil parametresinin dağılımın genel şekli üzerindeki etkisi.

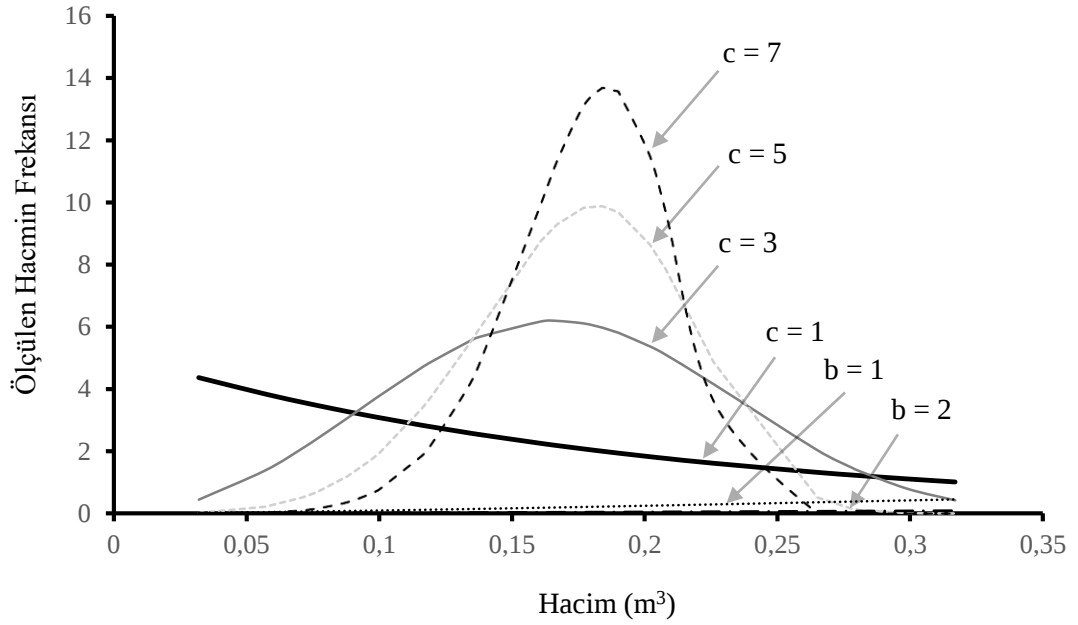
Yeşilyurt OİŞ’de, standart iki parametrelili Weibull olasılık dağılımının yoğunluk fonksiyonunun farklı şekil ve ölçek parametreleri değerlerine göre değişimi Şekil 5.31’de görülmektedir. Bilici (2021), feller-buncher için uygulanan Weibull dağılımı çalışmasında da hacim açısından ön bilgi verebileceği tespit etmiştir. Bu çalışmada, dağılımın ölçek parametresi hacmin aritmetik ortalamasını yansıtırken, şekil parametresinin tarım traktörünün verimliliği ile yakından ilişkili olduğu bulunmuştur.

5.2.4 Yükleyici modeli

Muğla OİŞ’de, standart iki parametrelili Weibull olasılık dağılımının yoğunluk fonksiyonunun farklı şekil ve ölçek parametreleri değerlerine göre değişimi Şekil 5.32’de görülmektedir. Bu çalışmada, dağılımın ölçek parametresi hacmin aritmetik ortalamasını yansıtırken, şekil parametresinin yükleyicinin verimliliği ile yakından ilişkili olduğu bulunmuştur.

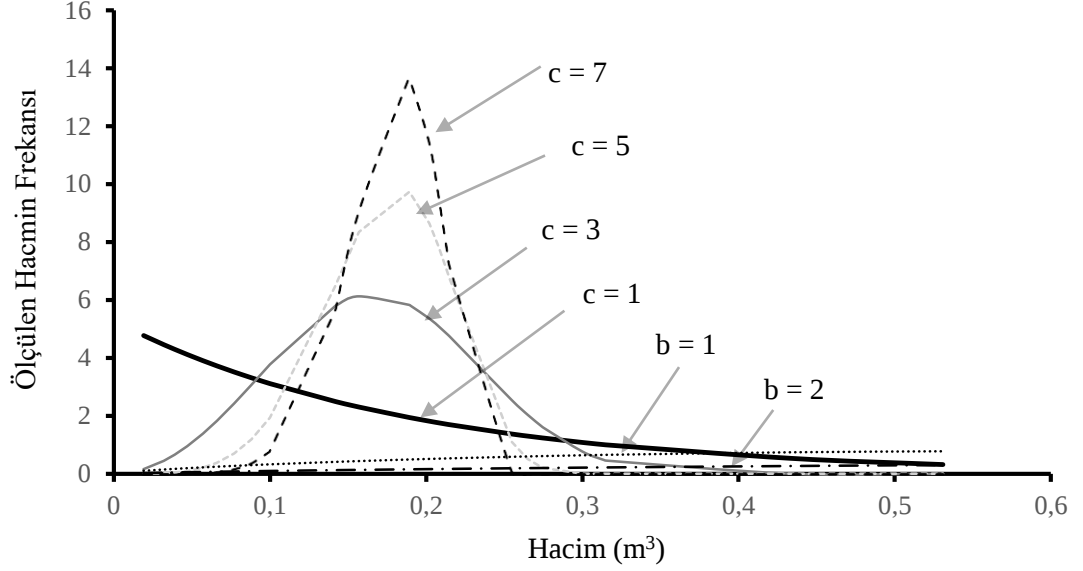


Şekil 5.31 : Yeşilyurt OİŞ’de tarım traktörü için değişen şekil parametresinin dağılımın genel şekli üzerindeki etkisi.



Şekil 5.32 : Muğla OİŞ’de yükleyici için değişen şekil parametresinin dağılımın genel şekli üzerindeki etkisi.

Karaçam OİŞ’de, standart iki parametrelili Weibull olasılık dağılımının yoğunluk fonksiyonunun farklı şekil ve ölçek parametreleri değerlerine göre değişimi Şekil 5.33’de görülmektedir. Bu çalışmada, dağılımın ölçek parametresi hacmin aritmetik ortalamasını yansıtırken, şekil parametresinin yükleyicinin verimliliği ile yakından ilişkili olduğu bulunmuştur.



Şekil 5.33 : Karaçam OİŞ’de yükleyici için değişen şekil parametresinin dağılımın genel şekli üzerindeki etkisi.

5.3 Toprak Etkisi

5.3.1 Toprak Deformasyonu

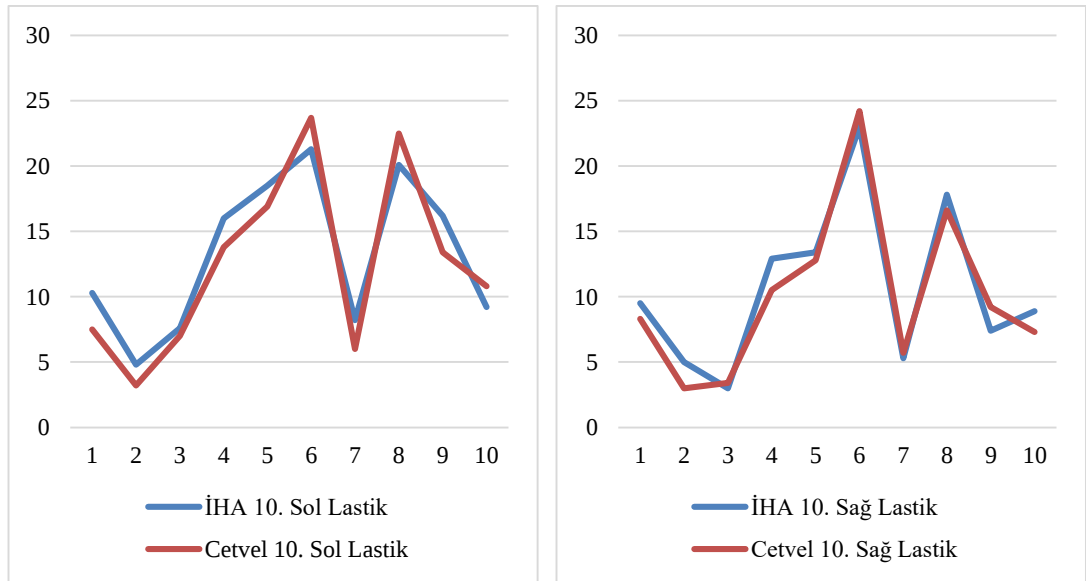
Tarım traktörü ile gerçekleştirilen sürütme sırasında oluşan hacimsel deformasyon İHA verileri kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümler iki eğim grubunda ve 10’uncu ve 20’nci turlardan sonra yapılmıştır. 10’ncu tura göre 20’nci turda oluşan hacimsel deformasyondaki artış miktarı Çizelge 5.8’de verilmiştir. Sonuçlara göre birim deformasyon dikkate alındığında hafif eğim grubundaki artışın düz eğim grubuna göre daha fazla bulunmuştur. Bu durumun nedeni düz alanda traktör tekerlek izinin kenarına biriken toprakların bir sonraki seferde teker iz çukuruna doldurması ve düz alanda yer yer biriken sudan kaynaklandığı söylenebilir. Hafif eğimli alanda ise traktörün rampa yukarı çıkarken zorlanması sonucu tekerin üstüne yapışan toprak parçalarını teker iz çukurundan dışarı atması hacimsel deformasyonun artmasına neden olduğu düşünülmüştür. Önceki çalışmalarda da toprak deformasyonu ile eğim arasında pozitif bir korelasyon olduğu belirtilmiştir (Sugden ve Woods, 2007).

Çizelge 5.8 : 10'uncu tura göre 20'nci turda oluşan hacimsel deformasyondaki artış.

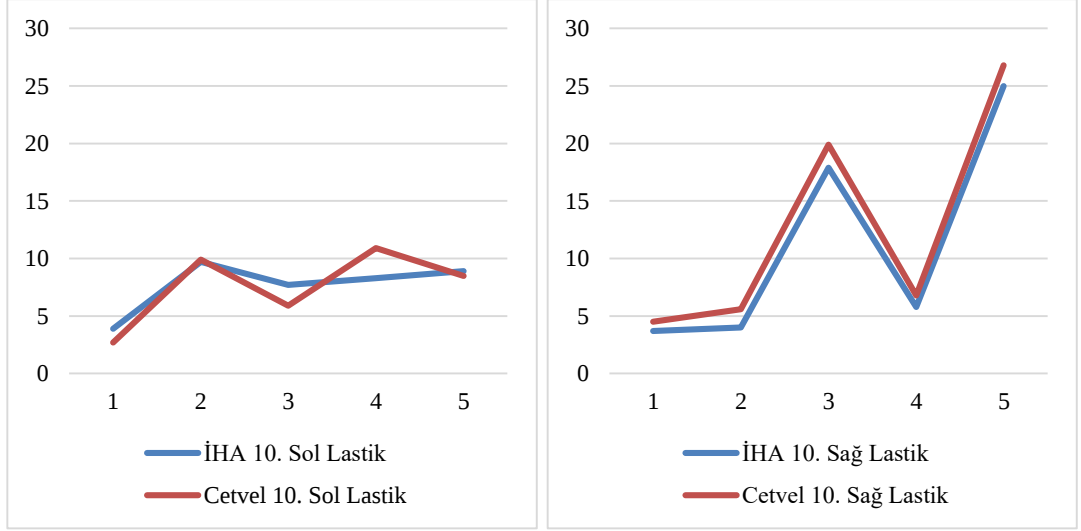
	Hafif eğim (40 m)	Düz eğim (80 m)	Yolun tamamı (120 m)
Toplam deformasyon	3,014 m ³	3,239 m ³	6,253 m ³
Birim deformasyon	0,075 m ³ /m	0,04 m ³ /m	0,052 m ³ /m

5.3.2 Tekerlek izi derinliği

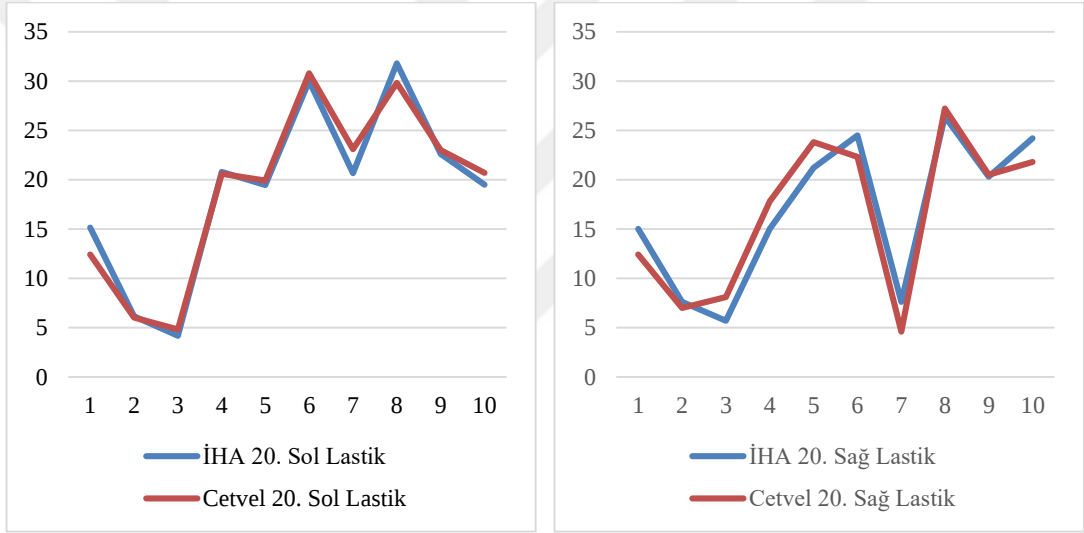
Sonuçlara göre, tekerlek izi derinlikleri dikkate alındığında 20'nci tur sonrasında 10'uncu tura göre ortalama derinliğin İHA için 4,88 cm, cetvel ile yapılan ölçüm için ise 4,69 cm arttığı belirlenmiştir. Massey Ferguson 285 marka tarım traktörünün sürütme sırasında toprak üzerinde oluşturduğu deformasyonun ölçüldüğü benzer bir çalışmada, tur sayısındaki artışa paralel olarak tekerlek izi derinliğinin artış gösterdiği belirlenmiştir (Öztürk, 2014). Eğim grupları dikkate alındığında ise düz alanda İHA ile yapılan ölçümde ortalama derinlik artışı 6,18 cm, cetvel ile yapılan ölçümde ise 6,44 cm artış olduğu tespit edilmiştir. Hafif eğimli bölgede ise İHA ile yapılan ölçümde derinlik artışı 2,71 cm, cetvel ile yapılan ölçümde ise 0,98 cm artış olduğu saptanmıştır. 10'uncu ve 20'nci turlar için tekerlek izlerine ilişkin karşılaştırmalar Şekil 5.34-5.37'de verilmiştir. Sürütme yollarında toprak deformasyonlarının incelendiği başka bir çalışmada, Gülci ve Şireli (2019) düşük eğimli alanlarda tarım traktörlerinden kaynaklanan tekerlek izinin yüksek eğimli alanlara göre daha fazla olduğunu belirtmiştir.



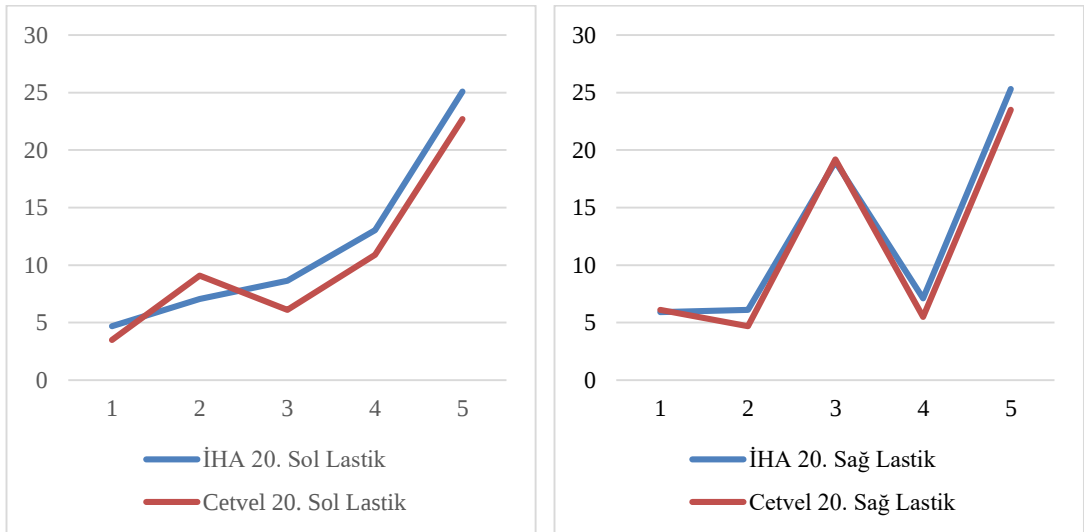
Şekil 5.34 : 10'uncu tur için düz eğim grubunda sol ve sağ tekerlek izi derinlikleri.



Şekil 5.35 : 10’uncu tur için hafif eğim grubunda sol ve sağ tekerlek izi derinlikleri.



Şekil 5.36 : 20’nci tur için düz eğim grubunda sol ve sağ tekerlek izi derinlikleri.



Şekil 5.37 : 20’nci tur için hafif eğim grubunda sol ve sağ tekerlek izi derinlikleri.

Eğim gruplarına göre düz alandaki derinlik artışının daha fazla olmasının sebebi yüzeyde biriken suların toprağı yumuşatması olarak gösterilebilir. Eğim artışının su akışına etkisi olduğundan hafif eğimli bölgede toprağın daha kuru ve sert kalması bu bölgede tekerlek izi derinliğinin düşmesine sebep olmuştur. Diğer yandan, tekerlek izi derinliklerinin nadiren azaldığı görülmekle birlikte ağırlıklı olarak derinliğin arttığı tespit edilmiştir. Derinliğin azaldığı kesitlerde tekerlek izi kenarlarından kayan toprak kütlelerinin etkisinin olduğu düşünülmektedir.

5.4 Toprak Analizi

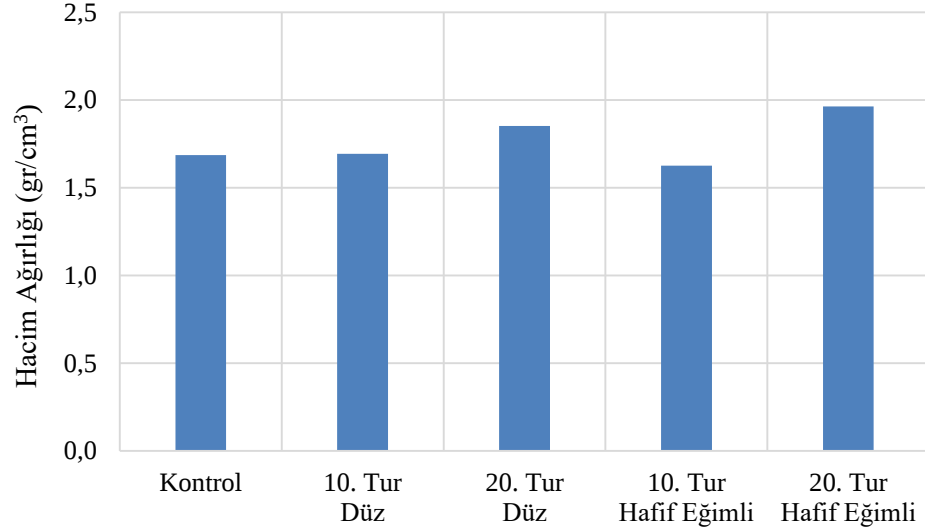
Çalışma alanından üç derinlik kademesi için alınan toprak örneklerinin hacim ağırlığı, higroskopik nem ve organik madde değerlerinin ortalamaları alınmıştır. Eğim sınıfı ve tur sayılarına göre toprak örneklerine ait analiz sonuçlarının ortalama değerleri Çizelge 5.9'da verilmiştir.

Çizelge 5.9 : Toprak örneklerinin ortalama analiz bulguları.

Toprak analizi	Eğim	Ortalama Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	Ortalama Higroskopik Nem (%)	Organik Madde (%)
Kontrol		1,69	1,02	1,77
10'uncu Tur	Düz	1,69	0,82	1,81
20'nci Tur	Düz	1,85	0,77	1,56
10'uncu Tur	Hafif	1,63	0,96	1,53
20'inci Tur	Hafif	1,96	0,96	1,47

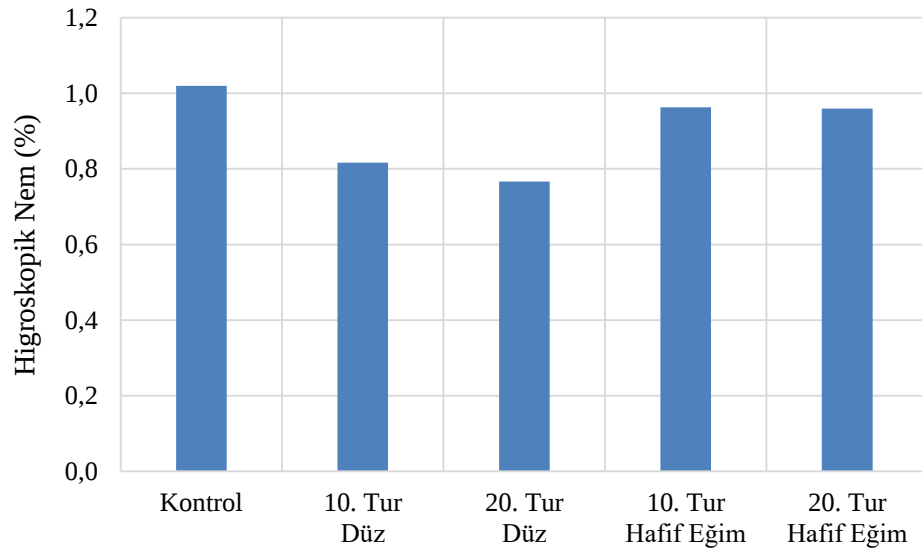
Hacim ağırlığı analiz sonuçlarına göre kontrol grubu için ortalama hacim ağırlığı 1,69 gr/cm³ olarak bulunmuştur. Kontrol değerlerine göre hafif eğimli alanda hacim ağırlığı 10'uncu turda bir miktar düşerken (%3,55), 20'nci turda 10'uncu tura göre %20,25 oranında artış görülmüştür. Düz alanda ise 10'uncu turda hacim ağırlığında hiçbir değişiklik olmazken, 20'nci turda ise %9,47 oranında artış tespit edilmiştir. Sonuçlara göre hacim ağırlığının tur sayısına göre artış eğiliminden olduğu belirlenmiştir (Genç, 2020) (Şekil 5.38).

Higroskopik nem analizi sonuçlarına göre kontrol grubu için ortalama higroskopik nem %1,02 olarak bulunmuştur. Hafif eğimli alanda higroskopik nem 10'uncu turda %5,55 oranında düşerken, 20'nci turda 10'uncu tura göre herhangi bir değişiklik görülmemiştir. Düz alanda ise higroskopik nem 10'uncu turda %19,61 oranında düşerken 20'nci turda 10'uncu tura göre %5,10 oranında azalma olmuştur.



Şekil 5.38 : Toprak örneklerinin ortalama hacim ağırlığı grafiği.

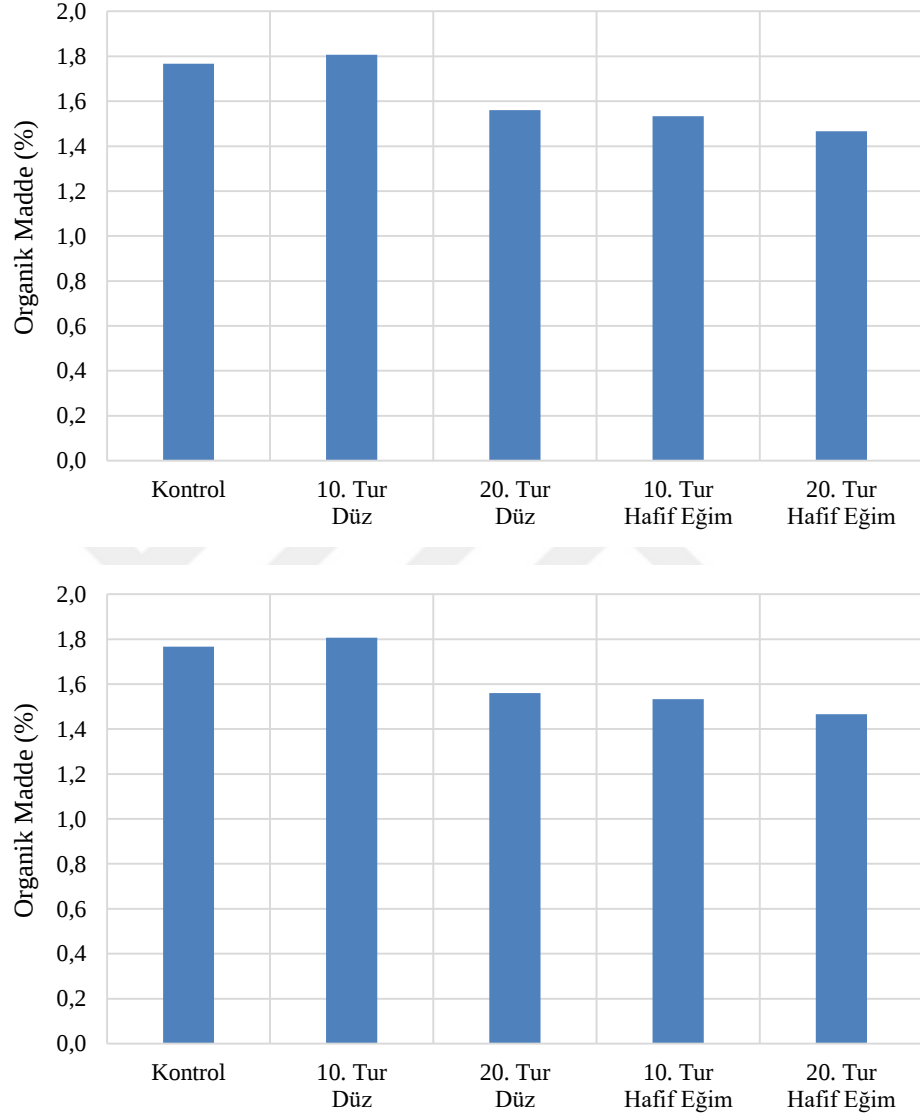
Sonuçlar tur sayısı ile higroskopik nem arasında azalma eğilimli bir ilişki olduğunu göstermiştir. Bu durum benzer çalışmalarda elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir (Genç, 2020). Arazi çalışmaları sırasında tur sayısı artıkça su kütlesinin sıkışma sonucu yüzeye çıktığı ve toprak yüzeyinde biriktiği gözlemlenmiştir. Bu gözlem higroskopik nem tayini sonuçlarında kendini göstermiştir (Şekil 5.39).



Şekil 5.39 : Toprak örneklerinin ortalama higroskopik nem grafiği.

Organik madde analizi sonuçlarına göre kontrol grubunda ortalama organik madde %1,77 olarak bulunmuştur. Hafif eğimli alanda organik madde 10'ncu turda %13,56 oranında düşerken, 20'nci turda 10'ncu tura göre %3,92 oranında azalma görülmüştür.

Düz alanda ise organik madde içeriğinde bir miktar artış görülürken, 20'nci turda 10'ncu tura göre %13,81 azalma olmuştur. Sonuçlara göre organik madde içeriğinde tur sayısına göre düşüş olduğu belirlenmiştir (Demir ve diğ, 2007; Nasiri ve diğ, 2012) (Şekil 5.40).



Şekil 5.40 : Toprak örneklerinin ortalama organik madde grafiği.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Mekanik üretim araçlarının, satın alma bedelleri ve yüksek yakıt fiyatları nedeniyle saatlik birim maliyetleri yüksektir. Ayrıca, mekanik bölmeden çıkarma araçları sürütme yolu boyunca orman toprağında zararlara neden olabilmektedir. Mekanik üretim araçlarının sunduğu imkânlardan yararlanmak için mekanik üretim yöntemlerinin verim ve çevresel faktörler dikkate alınarak planlanması gerekmektedir.

Mekanik araçların saatlik verimlerinin hesaplanmasında en yaygın kullanılan iş ölçümü tekniği zaman etüdü yöntemidir. Zaman etüdü kapsamında, ölçülen iş alt bölümlere ayrılarak zaman ölçerler (kronometre) yardımıyla standart zaman belirlenmektedir. Mekanik bölmeden çıkarma çalışmaları sırasında orman toprağı üzerinde oluşan zararların başında toprak deformasyonu ve tekerlek izi derinliği yer almaktadır.

Bu çalışmada, mekanik üretim araçlarının (hasatçı, hava hattı, tarım traktörü, yükleyici) iş verimi ve toprak deformasyonu açısından değerlendirilmesinde İHA tabanlı sayısal görüntülerin kullanım olanakları araştırılmıştır. Çalışmada, mekanik araçların verimli çalışma zamanı ve verim değerleri üzerinde etkili olan faktörler (ürün boyu, ürün çapı, parça sayısı, hacim, sürütme ve taşıma mesafesi) incelenmiştir. Ayrıca, tarım traktöründen kaynaklanan tekerlek izi derinlikleri manuel cetvel yöntemi ve yüksek çözünürlüklü İHA görüntüleri kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bunun yanında, tarım traktörü ile orman ürünlerinin sürütülmesi sırasında oluşan hacimsel toprak deformasyonu İHA görüntüleri kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışmada sürütme yolu boyunca toprak örnekleri alınarak traktörle sürütme sırasında oluşan toprak hacim ağırlığı, higroskopik nem, toprak tekstürü ve toprak organik madde içeriği incelenmiştir.

Sonuçlar, verim analizinin ve toprak deformasyonu ölçümlerinin İHA ile çekilen yüksek çözünürlüklü dijital videolar kullanılarak etkili bir şekilde gerçekleştirilebileceğini göstermiştir. İstatistiksel analizler çalışma zamanı sonuçlarının ve verim tahminlerinin, geleneksel zaman etüdü teknikleri kullanılarak

gerçekleştirilen önceki çalışmalardan elde edilen sonuçlarla uyumlu olduğunu ortaya koymuştur.

Karacasu OİŞ ve Hüyük OİŞ’de yürütülen hasatçı uygulamalarında verim analizi bulguları üç eğim grubunda (düşük: %0-10, orta: %10-20 ve yüksek: %20-30) değerlendirilmiştir. Sonuçlar Karacasu OİŞ’de verimin yüksek eğim grubunda en yüksek düzeyde olduğunu ve verim üzerinde ürün hacminin etkili olduğunu göstermiştir. Hüyük OİŞ’de ise en yüksek verim değerinin orta eğim grubunda elde edildiği ve bunun üzerinde yine ürün hacminin etkili olduğu belirlenmiştir.

Köyceğiz OİŞ’de uygulanan hava hattı çalışmasında ise ürün boyutlarının ve dolayısıyla ürün hacminin verim üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Verim üzerinde ayrıca yandan çekme mesafesinin etkili olduğu tespit edilmiştir. Traktörle sürütme uygulamaları Osmangazi OİŞ ve Yeşilyurt OİŞ’de yürütülmüştür. Sonuçlar her iki çalışma alanında da verim üzerinde ürün boyutları ve ürün hacminin etkili olduğunu göstermiştir. Yükleyici uygulamalarının yürütüldüğü Muğla OİŞ ve Karaçam OİŞ’de verim üzerinde ürün boyutları ve ürün hacimlerinin yanı sıra parça sayısının da etkili olduğu görülmüştür.

Çalışmada dikkate alınan mekanik üretim araçları için Weibull olasılık dağılımı kullanılarak hacim tahmin modelleri geliştirilmiştir. Hacim ve toplam çalışma zamanı sonuçlarının arazi ölçümleri ile karşılaştırılması sonucunda tahmin modelinin bütün araçlar için uygun olduğu belirlenmiştir.

Çalışmada manuel yöntem (cetvel yöntemi) ve İHA verileri kullanılarak Beyobası OİŞ’de tarım traktörü ile gerçekleştirilen sürütme sırasında 10’uncu ve 20’nci turda oluşan tekerlek izi derinlikleri belirlenmiş ve ayrıca İHA verileri ile üretilen üç boyutlu modellerle hacimsel deformasyon tespit edilmiştir. İHA görüntüleriyle belirlenen tekerlek izi derinliklerinin cetvel ile ölçülen derinliklere çok benzer olduğu görülmüştür. Ayrıca, tekerlek izi derinliğinin düz alanda daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, tur sayısı arttıkça tekerlek izi derinliğinin de artış eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. Toprak deformasyonu açısından incelendiğinde, sürütme yolu boyunca eğim ve tur sayısına paralel olarak toprak deformasyonunun arttığı görülmüştür. Hacim ağırlığının özellikle hafif eğimli alanda 20. turdan sonra çok yüksek olarak kabul edilen hacim ağırlığı değerinden (1,8 gr/cm) yüksek çıktığı belirlenmiştir (Reichert ve diğ., 2009).

Çalışmada son olarak, sürütme sırasında bazı toprak özelliklerinin eğim ve tur sayısından nasıl etkilendiği incelenmiştir. Sonuçlar hacim ağırlığının tur sayısına bağlı olarak yükseldiğini, higroskopik nem ve organik madde içeriğinin ise azalma eğiliminde olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada elde edilen çıktıların ve sunulan metodolojinin Orman Genel Müdürlüğünün ilgili birimleri tarafından kullanılması durumunda, çalışmada değerlendirilen üretim makinelerinin saatlik birim maliyetlerinin hesaplanmasında yüksek doğrulukta elde edilecek verim verileri önemli katkı sağlayacaktır. Ayrıca, ülkemizde kullanılan mekanik üretim makinelerinin toprak deformasyonu özelinde muhtemel çevresel etkileri önceden belirlenerek uygun üretim planlanması yapılabilecektir.

Yöntem, gerekli düzenlemeler yaptıktan sonra ormancılıkta kullanılan diğer makinelerin saatlik verim hesaplanmasında da kullanılabilecek özelliktedir. Bu nedenle ileride yapılacak çalışmalarda, ülkemizde kullanılan veya kullanıma potansiyeli olan modern mekanik araçların saatlik verim hesaplamaları yapılmalıdır. Böylece, mekanik üretim araçlarının verim değerleri hızlı ve doğru olarak hesaplanarak, en uygun makine seçimi yapılmasına katkı sağlanacaktır.

Bütün bilimsel çalışmalarda İHA kullanmanın önemli bir dezavantajı, kısa pil ömründen dolayı sınırlı uçuş süresine sahip olmasıdır. Ancak zaman analizi çalışmalarında dijital video görüntüleri alırken İHA'nın hareket etmesine gerek olmayacağından, sabit bir pozisyonda havada asılı kalırken yerdeki bir güç kaynağına kablo ile bağlanarak uçuş süresi sorunu çözülebilir. İleride yapılacak çalışmalarda, güç kaynağı için gerekli bütçe sağlanması durumunda, İHA güç kaynağına bağlanarak tüm operasyon boyunca uçabilecek ve sürekli video görüntüleri kaydedebilecektir. Ayrıca belirli uçuş yüksekliğinde geniş görüş açısı sağlayan İHA, sahada aynı anda çalışan birden fazla mekanik üretim aracının video görüntülerinin elde edilmesinde de kullanılabilecektir. Daha sonra, ofiste aynı video görüntüleri kullanılarak her aracın çalışma zamanı ve verimliliği ayrı ayrı değerlendirilebilecektir.

Tez çalışmasında sunulan metodolojinin ekolojik kriterler anlamında gelişme potansiyeli bulunmaktadır. Bu kapsamda, mekanik araçlardan kaynaklanan toprak etkilerinin başında gelen toprak sıkışmasının incelenmesi açısından önemli bir çalışma altlığı olacağı düşünülmektedir. İleride yapılacak çalışmalarda kesim artıklarının

Üretim sahasına serilmesi durumunda toprak zararını azaltmaya yönelik katkıları araştırılmalıdır. Ayrıca, üretimde kullanılan mekanik araçların orman toprağı üzerinde oluşturacağı potansiyel zararın uzun vadede karbon döngüsü üzerine etkileri araştırılmalıdır. Diğer taraftan, mekanik üretim araçları kullanılarak yapılan ormancılık üretim çalışmaları sırasında meşcerede kalan dikili ağaçlar üzerinde meydana gelen zararların ortaya konulması hususunda çevresel zararların ortaya konulması açısından önem taşıdığı düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Abeels, P.F.** (1983). Überlegungen zur Herstellung von Reifen für Forstwirtschaftliche Fahrzeuge, *Forstwirtschaftliche Centralblatt*, 102, 80-86.
- Acar, H.H. ve Şentürk, N.** (2000). Dağlık orman alanlarındaki üretim çalışmalarında mekanizasyon, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri: B* 46, 77-94.
- Acar, H.H.** (2004). *Ormancılıkta Transport Ders Notları*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Acar, H.H. ve Ünver, S.** (2004). Odun hammaddesi üretiminde teknik ve çevresel açıdan zararların tespiti ile çözüm önerileri, *ZKÜ Bartın Orman Fak. Dergisi*, 6(6), 165-173.
- Acar, H.H.** (2017). Orman içinde tomruk transportu için bir mini hava hattı (AcarMHH300) sistemi geliştirilmesi, *TürkiyeOrmancılık Dergisi*, 18 (3), 226-231.
- Acar, H.H. ve Ünver, S.** (2010). Artvin Orman Bölge Müdürlüğü'ndeki Odun Hammaddesi Üretim Araçlarının Verim Açısından İncelenmesi Araştırma Makalesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11 (2), 12-19.
- Acuna, M., Strandgard, M., Wiedemann, J. ve Mitchell, R.** (2017). Impacts of early thinning of a eucalyptus globulus Labill. Pulplog plantation in western australia on economic profitability and harvester productivity, *Forests*. 8(11), 415.
- Akay, A.E. ve Sessions, J.** (2004). Identifying the factors influencing the cost of mechanized harvesting equipment, *Journal of Science and Engineering, Kahramanmaras Sutcu Imam University*, 7(2), 65.
- 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. ve Erdaş, O.** (2007). Orman traktörü ile sürütme sırasında oluşan tekerlek izi derinliğinin hesaplanması, *S.D.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, 2007(1), 49-57.
- Akay, A.E., Sessions, J. ve Aruga, K.** (2007). Designing a forwarder operation considering tolerable soil disturbance and minimum total cost, *Journal of Terramechanics*. 44(2), 187-195.
- Akay, A.E., Özkan, D. ve Bilici, E.** (2016). Assessing productivity and work safety of a mechanized logging operation, *The International Forestry Symposium (IFS 2016)*, Kastamonu, Turkey: December 7-11.

- Akay, A.E., Bilici, E., Taş, İ. ve Özkan, D.** (2017). Türkiye ormancılığında mekanik üretim araçlarının kullanımı: Çanakkale örneği, *IV. Ulusal Ormancılık Kongresi*, Antalya, Türkiye: Kasım 14-15.
- Akay, A. E., Bilici, E., Taş, İ. ve Fındık, H.** (2020). Productivity analysis of front-end loader in timber harvesting, *European Journal of Forest Engineering*, 6(1), 7-13.
- Aydın, A., Türk, Y., Eker, R.** (2019). Pros and cons of the manual and autonomous uav flights in mapping of the forest road surface deformations: preliminary results, *2 nd International Symposium of Forest Engineering and Technologies*, Tirana, Albania 04-06 September,
- Aykut, T.,** (1984). *Orman Ürünleri Taşımacılığında Araç ve Teknikler*, İ.Ü.O.F. Yayın No: 3246/370, İstanbul, S:975.
- Bala, R.J., Govinda, R.M. ve Murthy, C.S.N.** (2018). Reliability analysis and failure rate evaluation of load haul dump machines using Weibull distribution analysis, *Math. Model. Eng. Probl.* 5, 116–122.
- Ballard, T.M.** (2000). Impacts of forest management on northern forest soils, *Forest Ecology and Management*, 133, 37-42.
- Batu, F.** (1995). *Uygulamalı İstatistik Yöntemler*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, KTÜ Matbaası, Trabzon, Genel yayın No: 179, Fakülte yayın No: 22, 312 s.
- Bayoğlu, S.** (1996). *Orman Nakliyatı Planlanması*, İ.Ü. Yayınları, No:3941, İstanbul.
- Bilici, E., Akay, A.E. ve Abbas, D.** (2017). An evaluation of a fully mechanized forest harvesting operation in Bursa, Turkey, *ISFOR 2017 International Symposium on New Horizons in Forestry*, Isparta, TURKEY: October 18-20.
- Bilici, E., Akay, A.E. ve Abbas, D.** (2018). Assessing the effects of Site factors on the productivity of a feller buncher: A time and motion analysis, *Journal of Forestry Research*, 30, 1471–1478.
- Bilici, E.** (2021). Investigation of feller-buncher performance using weibull distribution, *Forests*, 12(3), 284.
- Blake, G. R. ve Hartge, K. H.** (1986). Bulk density, *Methods of soil analysis: Part 1, Physical and mineralogical methods*, 5, 363-375.
- Brown, S. ve Lugo, A. E.** (1990). Effects of forest clearing and succession on the carbon and nitrogen content of soils in puerto rico and us virgin islands, *Plant and Soil*, 124(1), 53-64.
- Bolat F.** (2015). Bursa-Kestel Orman İşletme Şefliği içerisindeki meşcereler için çap dağılım modellerinin geliştirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi), ÇKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Borders B.E., Souter R.A., Bailey R.L., Ware K.D.** (1987). Percentile based distributions characterize forest tables. *Forest Science*, 33(2), 570-576.
- Büyüksakallı, H.** (2010). *Doğu Akdeniz yöresinde kış üretimi (erken üretim) olanakları, uygulamaları ve geliştirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi) Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

- Carta, J.A., Ramirez, P. ve Velazquez, S.** (2009). A review of wind speed probability distributions used in wind energy analysis: Case studies in the Canary Islands, *Renewable and Sustainable Energy Rev.* 13, 933–955.
- Carus, S.** (2002). Bazı hacim formüllerinin seksiyon, gövde ve bağıl uzunluklara göre kıyaslanması, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, (1)*, 101-114.
- Chellali, F., Khellaf, A., Belouchrani, A. ve Khanniche, R.** (2012). A comparison between wind speed distributions derived from the maximum entropy principle and Weibull distribution. Case of study; six regions of Algeria, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 16, 379–385.
- Coşkun, K., Eroğlu, H., Özkaya, M.S., Çetiner, K. ve Bilgin, F.** (2010). Artvin Orman Bölge Müdürlüğü odun hammaddesi üretim çalışmalarının mekanizasyon açısından değerlendirilmesi, *III Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Cilt II*, 587-597, Artvin, Türkiye: Mayıs 20-22.
- Demir, M., Makineci, E. ve Yilmaz, E.** (2007). Investigation of timber harvesting impacts on herbaceous cover, forest floor and surface soil properties on skid road in an oak (*Quercus petraea* L.) stand, *Building and Environment*, 42(3), 1194-1199.
- Dong, Y., Wang, J., Jiang, H. ve Shi, X.** (2013). Intelligent optimized wind resource assessment and wind turbines selection in Hui-tengxile of Inner Mongolia, China, *Appl. Energy*, 109, 239–253.
- Dykstra, D. ve Heinrich, R.** (1996). *FAO model code of forest harvesting practice*, FAO, Rome, 85.
- Eker, M. ve Acar, H.H.** (2006). Ormancılıkta Odun Hammaddesi Üretiminde Yıllık Operasyonel Planlama Modelinin Geliştirilmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 235-248.
- Enez, K., ve Arıcak, B.** (2012). Ağaç hasat makinesine ait teknik ve çalışma koşullarının değerlendirilmesi, *Journal of Science and Engineering, Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Specia*, (2012), 108-114.
- Erdaş, O.** (2008). *Transport Tekniği Kitabı*. KSÜ Rektörlüğü, Kahramanmaraş, 130/20, 554.
- 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.
- Eroğlu, H., Öztürk, A., Öztürk, U.Ö. ve Eker, M.** (2009). Farklı bölmeden çıkarma teknikleri ile taşınan ürünlerde oluşan zararların tespiti ve zararların ekonomik boyutlarına yönelik genel bir değerlendirme, *II. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, Isparta, Türkiye: Şubat 19-21*.
- Eroğlu, H.** (2012). Dağlık arazide farklı bölmeden çıkarma tekniklerinin orman toprağının sıkışmasına etkisi, *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13(2), 213-225.
- Ghaffariyan, M.R., Acuna, M. ve Brown, M.** (2019). Machine productivity evaluation for harvesters and forwarders in thinning operations in Australia, *Silva Balcanica*, 20(2), 13-25.

- Genc, A., Erisoglu, M., Pekgor, A., Oturanc, K., Hepbasli, A. ve Ulgen, K.** (2005). Estimation of wind power potential using Weibull distribution, *Energy Sources*, 27, 809–822.
- Genç, Ç.Ö.** (2020). *Bölmeden çıkarma yöntemlerinin orman toprağı üzerindeki etkilerini dikkate alarak primer transport planının çok kriterli karar destek yaklaşımı ile geliştirilmesi.* (Doktora Tezi), Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Greene, W.D. ve Stuart, W. B.** (1985). Skidder and tire size effects on soil compaction, *Southern Journal of Applied Forestry*. 9(3), 154-157.
- Gülci, N.** (2014). *Üretim planlamasında hassas ormancılık üzerine araştırmalar.* (Doktora Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Gülci, N., Akay, A.E. & Erdaş, O.** (2020). Optimal planning of timber extraction methods using analytic hierarchy process. *Eur J Forest Res* 139, 647–654.
- Gülci, S., Büyüksakallı, H., Taş, İ. ve Akay, A.E.** (2018). Productivity analysis of timber skidding operation with farm tractor, *European Journal of Forest Engineering*, 4(1), 26-32.
- Gülci, S. ve Şireli, S.** (2019). The evaluation of SfM technique in the determination of surface deformation on skidding roads following timber harvesting, *European Journal of Forest Engineering*, 5(2), 52-60.
- Gülçur, F.** (1974). *Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metotları*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 201, İstanbul.
- Hatay, T.** (2014). *Doğu karadeniz bölgesinde bölmeden çıkarmada kullanılabilecek uygun bir orman hava hattına ait bazı teknik özelliklerin belirlenmesi.* (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- Hawkins, K., Hotvedt, J., Cao, Q. ve Jackson, B.** (1988). Using the Weibull distribution to model harvesting machine productivity, *Forest Products Journal*, 38, 59–65
- Heninger, R., Scott, W., Dobkowski, A., Miller, R., Anderson, H. ve Duke, S.** (2002). Soil disturbance and 10-year growth response of coast douglas-fir on non-tilled and tilled skid trails in the oregon cascades, *Canadian Journal of Forest Research*, 32(2), 233-246.
- Holmes, T. P., Blate, G. M., Zweede, J. C., Pereira, R., Barreto, P., Boltz, F. ve Bauch, R.** (2002). Financial and Ecological Indicators of Reduced Impact Logging Performance in the Eastern Amazon. *Forest Ecology and Management*, 163, 93-110.
- Karaöz, M.Ö.** (1989). Toprakların su ekonomisine ilişkin bazı fiziksel özelliklerinin laboratuvarında belirlenmesi yöntemleri, *İ.Ü. Orman Fak. Dergisi, Seri: B*, 39, 2.
- Kemmerer, J. ve Labelle, E.R.** (2020). Using harvester data from on-board computers: a review of key findings, opportunities and challenges, *European Journal of Forest Research*, 1-17.

- Kewilaa, B.ve Tehupeiori, A.** (2015). Effects of working time and the volume and weight of timber on productivity of log loader caterpillar type 966F and WL 980C, *Wood Research Journal*, 6(1), 8-13.
- Koger, J.L., Burt, E.C. ve Bailey, A.C.** (1985). *Load Deflection Relationships For Three Log-Skidder Tires*. US Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.
- Kováčsová, P. ve Antalová, M.** (2010). Precision Forestry - Definition and Technologies. *Journal of Forestry Society of Croatia*, 134(11-12), 603-611.
- Lee, E., Im, S. ve 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.
- Lei Y.** (2008). Evaluation of three methods for estimating the Weibull distribution parameters of Chinese Pine (*Pinus tabulaeformis*), *Journal of Forest Science*, 54(12), 566-571.
- Liu C., Zhang S.Y., Lei Y., Newton P.F., Zhang L.** (2004). Evaluation of tree methods for predicting diameter distributions of black spruce (*Picea mariana*) plantations in central Canada, *Canadian Journal of Forest Research*, 34(12), 2424-2432.
- Naghdi. R.** (2005). *Investigation and comparison of two harvesting systems: tree length and cut-to-length method in order to optimize road network planning in Neka Iran*. (PhD Thesis), Tarbiat Modares University, Tehran.
- Nasiri, M., Lotfalian, M. ve Taheri, E.** (2012). Effect of skidding operation on organic carbon of forest soil, *International Journal of Biology*, 4(3), 13.
- Nevalainen, P., Salmivaara, A., Ala-Ilomäki, J., Launiainen, S., Hiedanpää, J., Finér, L., Pahikkala, T. ve Heikkonen, J.** (2017). Estimating the Rut Depth by UAV photogrammetry, *Remote Sensing*, 9(12), 1279.
- Nipkow, F.** (1983). Holzrücken auf schlecht tragfähigen waldböden: raupe oder breitreifen, *Allgemeine Forstzeitschrift*, 94-97.
- OGM** (2023). *Orman Genel Müdürlüğü, Türkiye Orman Varlığı*. Erişim: <https://www.ogm.gov.tr>
- Özdemir G.A.** (2015). Modeling the diameter distribution of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) stands. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 66(2), 548-558.
- Özer Genç, Ç.** (2020). Bölmeden çıkarma yöntemlerinin orman toprağı üzerindeki etkilerini dikkate alarak primer transport planının çok kriterli karar verme yöntemi ile geliştirilmesi. (Doktora Tezi). Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Özkan, D.** (2016). Tigercat 635D sürütücü kullanılarak gerçekleştirilen bölmeden çıkarma çalışmalarının verim ve iş güvenliği açısından değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

- Öztürk, T.** (2001). Bölmeden çıkarma çalışmalarında kullanılan özel orman traktörleri üzerine bir araştırma, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 51(2), 101-110.
- Öztürk, T. ve Akay, A. E.** (2007). Tarım traktörlerinin orman ürünlerinin üretiminde kullanılmak üzere modifiye edilmesi, *Orman Kaynaklarının İşlevleri Kapsamında Darboğazlar, Çözüm Önerileri ve Öncelikler*, İstanbul: Ekim 17-19.
- Öztürk, T.** (2014). Odun üretim çalışmalarında sürütme yolu üzerinde meydana gelen deformasyonların belirlenmesi, *II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, Isparta, Türkiye: Ekim 22-24.
- Özyuvacı, N.** (1971). Topraklarda erozyon eğiliminin tesbitinde kullanılan bazı önemli indeksler, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, B, 21(1), 190-207.
- Pierzchala, M., Talbot, B. ve Astrup, R.** (2014). Estimating soil displacement from timber extraction trails in steep terrain: application of an unmanned aircraft for 3d modelling, *Forests*, 5, 1212-1223.
- Prebble, R.** (1990). Roadline salvage with an excavator log loader, *Logging Industry Research Association Report*, 15(9), 1-6.
- Reichert, J.M., Suzuki, L.E.A.S., Reinert, D.J., Horn, R., Håkansson, I.** (2009). Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. *Soil and Tillage Research*, 102(2), 242-254.
- Ross, A. ve Willson, V. L.** (2018). *Basic and advanced statistical tests: Writing results sections and creating tables and figures*. Springer, Netherlands
- Sert, M.** (2014). *Dağlık Arazilerde Bölmeden çıkarma çalışmalarında kullanılan mobil vinç sisteminin verim ve ekolojik açılardan değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Spinelli, R., Hartsough, B.R. ve Magagnoli, N.** (2010). Productivity standards for harvesters and processors in Italy, *Forest Products Journal*, 60(3), 226–235.
- Spinelli, R., Magagnoli, N., Visser, R.** (2015). Productivity Models for Cable Yarding in Alpine Forests, *European Journal of Forest Engineering*, 1(1):9-14.
- Stanczykiewicz, A., Szewczyk, G., Kulak, D.,** (2015). Damage to advance growth resulting from timber harvesting during final cuttings, *Baltic Forestry* 21: 144–151.
- Stout, J.C., Rutherford, I., Grove, J., Webb, J.A., Kitchingman, A., ve Tonkin, Z.** (2016). Using the Weibull distribution to improve the description of riverine wood loads, *Earth Surface Processes and Landforms*, 42(4), 647-65.
- Sugden, B.D. ve Woods, S.W.** (2007). Sediment Production From Forest Roads in Western Montana 1, *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 43(1), 193–206.

- Szewczyk, G. ve Sowa, J. M.** (2017). The accuracy of measurements in a time study of harvester operations, *New Zealand Journal of Forestry Science*, 47(1), 24.
- Tabachnick, B.G. ve Fidell, L.S.** (2013). *Using multivariate statistics (6th ed.)*. Boston: Pearson. Boston, USA. 983 s.
- Thawornwong, L.** (2006). The effect of skidtrial curves on soil loss in a selectively harvested dipterocarp forest in east Kalimantan, Indonesia, *Center for International Forestry Research (CIFOR), Jakarta, Indonesia*, 19-21.
- Tunay, M. ve Varol, T.** (1999). Batı Karadeniz Bölgesindeki orman nakliyatında yükleme, boşaltma ve istifleme işlerinin zaman, verim ve masraf yönünden incelenmesi, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(EK2), 441-457.
- Tunay, M. ve Melemez, K.** (2005). Motorlu testere ile yapılan üretim çalışmaları üzerine bir araştırma, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri:B*, (1), 31-41.
- Turgut, B.** (2012). Ormanlık alanlarda toprak sıkışma sorunu, *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 13:66-73.
- Türk, Y.** (2011). *Ormancılıkta endüstriyel odun hammaddesinin tarım traktörleriyle bölmeden çıkarılmasında sürütme şeritlerinin optimizasyonu*. (Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Türk, Y. ve Gümüş, S.** (2015). Tarım traktörleriyle bölmeden çıkarmada meydana gelen toprak ve fidan zararlarının araştırılması, *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16(1), 55-64.
- Ünver, S.** (2008). *Endüstriyel odun hammaddesinin insan gücüyle sürütülmesi sırasında ortaya çıkan ürün kayıpları ile çevresel zararların belirlenmesi üzerine bir araştırma*. (Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Wang, J., Hu, J. ve Ma, K.** (2016). Wind speed probability distribution estimation and wind energy assessment, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 881–899.
- Weibull, W.** (1951). A statistical distribution function of wide applicability, *Journal of Applied Mechanics*, 18, 293–297.
- Wronski, E. B. ve Humpherys, N.** (1994). A method for evaluating the cumulative impact of ground-based logging systems on soils, *Journal of Forest Engineering*, 5(2), 9-20.
- Wu, J., Wang, J. ve Chi, D.** (2013). Wind energy potential assessment for the site of Inner Mongolia in China, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21, 215–228.
- Yıldırım, M. ve Engür, O.** (1989). Ormanda bölmeden çıkarma, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri B*, 39(4), 84-89.
- 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.

- Yurtseven H., Demir M., Akgül M., Akay A.O.,** (2016). Comparison of drone based photogrammetry and terrestrial laser scanning for forest road surface modeling, *1st International Symposium of Forest Engineering and Technologies (FETEC 2016)*, Bursa, Turkey:02-04 Haziran.
- Zarnoch S.J., Dell T.R.** (1985). An evaluation of percentiles and maximum likelihood estimators of Weibull parameters. *Forest Science*, 31(1), 260–268.
- Zhang, T. ve Xie, M.** (2007). Failure data analysis with extended Weibull distribution, *Communications in Statistics-Simulation and Computation®*, 36(3), 579–592.
- Zeytinoglu, F.Ç.** (2009). Comparison of statistical estimation methods for the scale and shape parameters of the Weibull distribution, *Istanb. Commer. Univ. J. Soc. Sci*, 8, 73–78.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad :

Doğum Tarihi ve Yeri :

E-posta :

ÖĞRENİM DURUMU:

• **Lisans** :

• **Yüksek Lisans** :

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER: