



New Holland TD100D tarım traktörünün odun sürütme operasyonlarındaki verimliliği: Bir inceleme ve analiz

Rahmi Yılmaz^{1*}, Mustafa Acar¹, Tolga Öztürk²

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 08100, Artvin, Türkiye

²İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 34473, İstanbul, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 01/07/2025

Kabul Tarihi: 22/07/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1723983>

*Corresponding author:

rahmiyilmaz84@artvin.edu.tr

ÖZ

Arařtırma Makalesi

Giriş ve Hedefler Tarım traktörlerinin ormancılık uygulamalarında nasıl kullanıldığını anlamak ve zaman etüdü ile kullanımını optimize etmek önemlidir. Bu çalışmanın amacı, ormancılık faaliyetlerinde tarım traktörlerinin verimliliğini belirlemek, verimliliklerini artırmak için modeller geliştirmek ve doğrulamaktır.

Yöntemler Çalışmada, New Holland TD100D tarım traktörünün kullanıldığı odun sürütme çalışmalarında verimlilik analizi yapılmıştır. Kesilen ağaçlar, dalları ve budakları çıkarılmış şekilde, bütün gövde yöntemi kullanılarak tomruğa dönüştürülmüştür. Bütün gövdeler, tarım traktörü arkasına monte edilmiş tek tamburlu orman vinci kullanılarak yokuş yukarı taşınmış ve daha sonra traktör tarafından yukarıdan aşağı doğru sürütme yolu boyunca yol kenarına sürütülmüştür.

Bulgular Traktörün saatlik ve günlük verimlilikleri ortalama 150 m sürütme mesafesi için sırasıyla 12,04 m³/sa ve 96,32 m³/gün olarak hesaplanmıştır.

Sonuçlar Bu tür araştırmalar ormancılık endüstrisindeki üretkenliği artırırken aynı zamanda çevresel etkileri de azaltabilir. Bu çalışmanın sonuçlarının ormancılıkta kullanımı için ekipman ve uygulama optimizasyonu açısından önemli bir değer sağlaması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Optimizasyon, verimlilik, bölmeden çıkarma, sürütme, zaman etüdü, tarım traktörü

Efficiency of New Holland TD100D farm tractor in wood skidding operations: A review and analysis

ABSTRACT

Background and Aims It is important to understand how farm tractors are utilised in forestry applications and to optimize their use through time study analysis. The aim of this study is to develop and validate models to improve the productivity of farm tractors in forestry activities.

Methods In the study, productivity analysis was performed using the New Holland TD100D farm tractor. The felled trees were processed into timber using the cut-to-length method, with branches and knots removed. Timbers were winched uphill to the tractor using a rear-mounted single-drum forest winch and subsequently skidded downhill by the tractor to the roadside along the skid road.

Results The productivity of the machine per hour and daily for an average skidding distance of 150 m were calculated to be 12.04 m³/hour and 96.32 m³/day, respectively.

Conclusion Such research can enhance productivity in the forestry industry while also reducing environmental impacts. The results of this study are expected to provide significant value in terms of equipment and application optimization for forestry use.

Key Words: Optimization, efficiency, logging, skidding, time study, farm tractor

Bu makaleye atf:

Yılmaz, R., Acar, M., Öztürk, T., 2025. New Holland TD100D tarım traktörünün odun sürütme operasyonlarındaki verimliliği: Bir inceleme ve analiz. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(2), 326-333.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Ormancılıkta bölmeden çıkarma işlemlerinin uygulanması, pazar talepleri, saha özellikleri, ağaç türleri, silvikültürel uygulamalar ve mevcut teknolojik, sosyal ve ekonomik koşullar dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Avrupa genelinde, bölmeden çıkarma için geleneksel yöntemlerden gelişmiş mekanize sistemlere kadar uzanan geniş bir yelpazede araç ve teknikler kullanılmaktadır (Lindroos vd., 2017; Spinelli vd., 2016; Stańczykiewicz vd., 2016). Doğu Avrupa ülkelerinde, bu işlerin önemli bir kısmı tarım traktörleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Borz vd., 2015; Kulak vd., 2020; Savelli vd., 2010; Spinelli vd., 2013).

Tarım traktörleri orijinal olarak ormancılık operasyonları için tasarlanmamış olsa da orman vinçlerinin takılması gibi uygun modifikasyonlarla donatıldıklarında tomruk çekme ve sürütme için etkili bir şekilde kullanılabilir (Shaffer, 2009). Tarım traktörleri uygun şekilde uyarlandığında, özellikle küçük ölçekli işletmelerde veya sınırlı erişilebilirliğe sahip alanlarda bölmeden çıkarma için verimli ve uygun maliyetli araçlar olarak hizmet vermektedir (Gülci, 2020; Leszczyński vd., 2021; Öztürk ve Akay, 2007).

Türkiye’de, odun çekme ve sürütme işlemlerini kolaylaştırmak için tarım traktörlerini özel ekipmanlarla modifiye etmek yaygın bir uygulamadır. En sık uygulanan modifikasyonlar arasında, hasat faaliyetlerinde kullanılan kablolu vinçlerin eklenmesi yer almaktadır (Grzywiński ve ark., 2020; Mousavi ve Naghdi, 2014; Spinelli ve Magagnotti, 2012; Szezewczyk ve Iwanicki, 2019).

Odun sürütme işlemlerinde tarım traktörlerinin kullanılması birçok yönden avantaj sunmaktadır. Ormancılık işlerinde satın alma ve işletme maliyetleri, sürütücü gibi özel ormancılık makinelerine göre önemli ölçüde daha düşüktür. Sonuç olarak, daha ağır, amaca yönelik ekipmanların kullanımının ekonomik olarak uygun olmadığı durumlarda sıklıkla tercih edilirler (Akay, 2005; Sowa ve ark., 2007). Ayrıca, tarım traktörleri kullanım kolaylığı, yüksek manevra kabiliyeti, kompakt boyutları ve nispeten düşük çevresel etkileri nedeniyle ormancılık faaliyetlerinde tercih edilmektedir (Gilanipoor ve ark., 2012; Shaffer, 2009).

Ormancılıkta bölmeden çıkarma işlemlerinin verimliliği, genellikle çeşitli operasyonel faktörlerin etkisi altında hem iş adımlarının süresini hem de karşılık gelen üretim çıktısını ölçen zaman çalışmalarıyla değerlendirilir (Björheden ve ark., 1995; Acuna ve ark., 2012). Metodolojik olarak, zaman ölçüm çalışmaları iki ana türe ayrılabilir: korelasyon çalışmaları ve karşılaştırmalı çalışmalar. Korelasyon çalışmaları, çalışma süresi ile çalışmayı etkileyen değişkenler arasındaki ilişkileri belirlemeyi amaçlarken, karşılaştırmalı çalışmalar aynı görevi yerine getirmek için kullanılan farklı makinelerin veya çalışma yöntemlerinin zaman tüketimi veya verimliliğini değerlendirir (Mousavi ve ark., 2013). Bu tür çalışmaların sonuçları, üretim süreçlerini optimize etmek ve en uygun maliyetli alternatifleri belirlemek için çok önemlidir (Sarikhani, 2001; Nurminen ve ark., 2006).

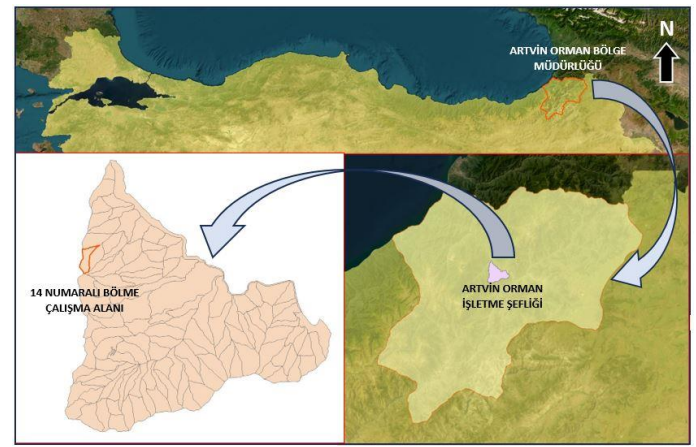
Bu kapsamda, bu çalışmanın temel amaçları şunlardır: (i) ormancılık faaliyetlerinde kullanılan bir tarım traktörünün çalışma süresi üzerindeki etkisini değerlendirmek, (ii) sürütme işlemleri sırasında traktörün zaman tüketimini tahmin etmek için öngörü modelleri geliştirmek ve (iii) test edilen traktörün

belirli saha koşulları altında verimlilik performansını belirlemek.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

Bu çalışma ülkemiz Doğu Karadeniz Bölgesinde yer alan Artvin Orman İşletme Müdürlüğü’ne bağlı Artvin Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde bulunan 14 nolu bölmede gerçekleştirilmiştir. Artvin Orman İşletme Şefliği toplam alanı 5219,10 ha olup bölgede 3947,60 ha normal, 298,30 ha bozuk olmak üzere toplam 4245,90 ha orman alanı bulunmaktadır. Coğrafi olarak 41° 07’ 53”-41° 13’ 28” kuzey enlemleri ile 41° 45’ 46”-41° 52’ 57” doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı

Çalışmada güç aktarma sistemi (PTO) ile çalışan, arkaya monte edilmiş tek tamburlu bir orman vinci ile donatılmış New Holland TD100D tarım traktörü kullanılmıştır. Vinç, gövdeleri çekmek için kullanılan 14 mm çapında, 200 metre uzunluğunda çelik halatla çalıştırılmıştır. Bu çalışmada kullanılan traktörün teknik özellikleri Çizelge 1’de sunulmuştur.

Çizelge 1. New Holland TD100D tarım traktörünün teknik özellikleri

Teknik Özellikleri	TD100D BLM
Maksimum Güç – (ECE R120)	98
Motor Tipi	Turbo Intercooler
Silindir Sayısı / Silindir Hacmi	4 / 3,9 Lt
Maksimum Tork	390 Nm
Maksimum Torkun Elde Edildiği Motor Devri	1400 d/d
Yakıt Deposu	105 Lt
Toplam Traktör Ağırlığı (4WD, Ek ağırlıksız, Kabinli)	3900 Kg
Kavrama tipi	Mekanik
Kuyruk mili devri (d/dak)	540 / 540E
Motor devri @ 540 d/dak PTO devri (d/dak)	2199
Motor devri @ 540E d/dak PTO devri (d/dak)	1535
Dingil açıklığı (mm)	2422
Toplam uzunluk (mm)	4202
Ön iz genişliği (mm)	2000
Arka iz genişliği (mm)	2000

2.3 Yöntem

Odun hammaddesi sürütme yolları kullanılarak en yakın orman yoluna sürütülmüştür. Üretim sahasındaki sürütme yollarında üstyapı bulunmamaktadır. Üretim alanındaki meşcere baskın tür doğu kayın ağacı (*Fagus orientalis* L.)'dir. Diri örtü miktarının minimum seviyede olduğu çalışma sahasında operasyonel erişim kolay bir şekilde yapılmıştır. Bu çalışmada, kesilen ağaçların dalları temizlenerek bütün gövde yöntemi ile bölmeden çıkarma yapılmıştır. Gövdeler ilk olarak traktör arkasına monte edilmiş tek tamburlu orman vinci ile traktöre çekilmiş ve ardından traktör tarafından sürütme yolu boyunca yol kenarına çekilmiştir. Toplam 33 sürütme operasyonu kaydedilmiş ve zaman ölçüm çalışması unsurları IUFRO standartlarına göre belirlenmiştir.

Bölmeden çıkarma sırasında iş döngüsünün toplam süresi aşağıdaki iş unsurlarına bölünmüştür:

- I. Yüksüz hareket (Z1): Traktörün yol kenarından bölmeye hareket etmesiyle başlar ve kesim alanına ulaştığında sona erer.
- II. Kablonun çekilmesi (Z2): Kablo, traktörün vinç tamburundan serbest bırakıldığında başlar ve gövdelere ulaştığında sona erer.
- III. Bağlama süresi (Z3): Orman işçilerinin kabloyu gövdelere bağlamasıyla başlar ve işçilerin güvenli bir mesafeye çekilmesiyle sona erer.
- IV. Gövdelerin traktöre çekilmesi (Z4): Gövdelerin vinç yardımı ile traktöre doğru çekilmesiyle başlar ve traktöre ulaşım güvenli bir şekilde bağlandığında sona erer.
- V. Gövdelerin yol kenarına çekilmesi (Z5): Traktörün bütün gövde halindeki ağaçları sürütme yolu boyunca yokuş aşağı taşımaya başlamasıyla başlar ve traktör yol kenarına ulaştığında sona erer.
- VI. Gövdelerin çözülmesi (Z6): Kablonun gövdelerden çözülmesiyle başlar ve kablo vinç tamburuna tamamen sarılmasıyla sona erer.
- VII. İstifleme (Z7): Traktör operatörü tarafından gerçekleştirilen bu görev, kaydırma döngüsünü tamamlamak için keresteleri yol kenarına düzgün bir şekilde dizmeyi içerir.
- VIII. Gecikme süresi (Z): Operasyon sırasında kesintiler nedeniyle kaybedilen süre (çalışma dışı süre).

Sürütme faaliyetleri sırasında gerçekleştirilen çalışmalarla ilgili iş adımları, değişken zaman çalışmalarına dayalı olarak belirlenmiştir (Dvořák ve ark., 2010; Öztürk 2010). Çalışma kapsamında sürekli zaman ölçüm yöntemi kullanılmıştır. Çalışma süresince iş adımlarını belirlemek için video kaydı yapılmıştır. Ardından, ofis ortamında ayrı ayrı zaman dilimleri belirlenmiş ve Microsoft Excel'de kaydedilmiştir. Zaman ölçümü sırasında, üretim sürecinin kaydı kesintiye uğratılmamıştır. İlgili tüm çalışanlara, çalışma sürelerinin kaydedildiği hakkında bilgilendirme yapılmıştır. Zaman ölçümlerine ek olarak, verimliliği önemli ölçüde etkileyen faktörler analiz edilmiştir. Literatürdeki çalışmalara dayanarak (Öztürk, 2010; Borz ve ark., 2013; Proto ve ark., 2018), aşağıdaki temel faktörler dikkate alınmıştır: sürütme mesafesi (M1), yük başına gövdelerin sayısı (S) ve yük başına gövdelerin hacmi (H). Bu faktörler, tüm iş adımları boyunca önceden

hazırlanmış etüt karinelerine kaydedilmiştir. Traktör tamburu ile bölmeden çıkarılacak olan ürün arasındaki mesafe ve traktörün çekme mesafesi dijital lazer metre ile ölçülmüştür. Çekilen gövdelerin çapı ve uzunluğu kumpas ve şerit metre ile ölçüldü ve ardından her iş adımıdaki yük hacmi işletme şefliğine ait ağaç hacim tablolarına göre hesaplanmıştır. Yükteki gövde sayısı ve ağaç türü kontrolü gözlem yapılarak kaydedilmiştir. Veriler, R programlama dili ile genelleştirilmiş doğrusal model (GLM) yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir.

Traktör, ormanlık alanda bulunan sürütme yolunu kullanarak çekme işlemlerini gerçekleştirmiştir. Traktör operatörü ile kablo çekme ve bağlama işlemlerinden sorumlu iki işçi dahil olmak üzere toplam üç kişi bu çalışmaya katılmıştır. Gövdeler kesim alanında ön işleme tabi tutularak tüm dallar ve budaklar alınmıştır. İlk olarak 2-3 adet bütün gövde şeklindeki ağaçlar traktör arkasındaki vince bağlanarak traktör yanına çekilmiş sonrasında traktör arkasına sabitlenen gövdeler sürütme yolu kullanılarak istif yerine sürütülmüştür. Çalışmalar sırasında zaman ölçümlerinde kullanılmak amacı ile hem kamera ile hem de İHA ile video kaydı yapılmıştır (Şekil 2). Video kayıtları üzerinde zaman analizleri gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular

Çalışma kapsamında bölmeden çıkarma yapılan bütün gövdelerin ortalama çapı 40 cm, uzunlukları ise 15 ila 20 metre arasında değiştiği görülmüştür. İki ila üç gövde demetlenerek vinç kabloşuna bağlanmıştır. Her iş döngüsünde sürütülen gövdelerin ortalama hacminin 4,57 m³ ve bölmeden çıkarma süresinin ortalama 22,12 dakika hesaplanmıştır. Sürütme mesafesi yaklaşık 150 m, sürütme yolunun genişliği 3 m, ortalama eğimi %30 olmasına karşın bazı kısımlarda %50'ye kadar çıktığı hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda, saatlik ve günlük verimliliklerin sırasıyla 12,04 m³ ve 96,32 m³ olduğu hesaplanmıştır.

Toplam sürenin %88'inin aktif çalışma ile geri kalan %12'sinin ise iş dışı (gecikme) süresi ile geçirilmiştir. Gözlemler, gecikmelerin tamamının olarak kişisel telefon görüşmeleri ve çalışanlar arasındaki sohbetlerden kaynaklandığını ortaya koymuştur. Toplam ortalama aktif çalışma süresi 544,19 dakika (9,06 saat) olarak hesaplanmış olup, bu sürenin standart günlük 8 saatlik çalışma süresini yaklaşık 1 saat 6 dakika aştığı tespit edilmiştir. İş adımlarının ortalamaları ve diğer değişkenler de Çizelge 2' de sunulmuştur.

Çalışma iş adımlarının dağılımı analiz edildiğinde, en fazla zaman tüketiminin Z1 (yüksüz hareket) ve Z5 (gövdeleri yol kenarına sürüklenme) safhalarına ait olduğu, bunu toplam iş döngüsü süresinin %13'ünü oluşturan Z4 (gövdeleri traktöre çekme) izlediği belirlenmiştir. En az zamanın ise sırasıyla Z7 (istifleme) ve Z6 (gövdelerin çözülmesi) için harcandığı tespit edilmiştir. Bu bulgular, zaman kayıplarının çoğunun işçi performansından ziyade seyahat ve nakliye mesafeleriyle ilgili olduğunu göstermektedir. Aksine, en kısa süreler, istifleme ve çözme gibi operatör becerisi ve deneyimi gerektiren aşamalarda gözlemlenmiştir. Bu da bu unsurların daha verimli olduğunu göstermektedir (Şekil 3).

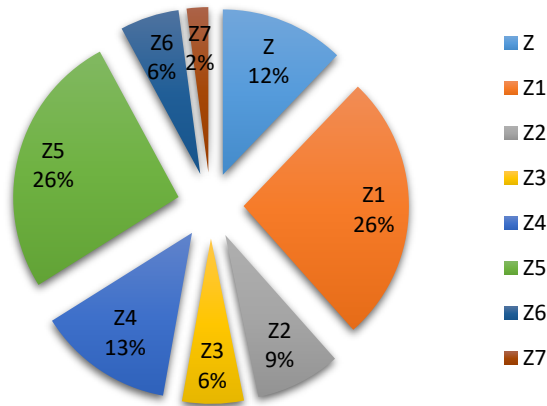


Şekil 2. Çalışma alanındaki operasyonlar sırasında İHA görüntüsü

Çizelge 2. İş adımlarının ortalamaları ve diğer değişkenler

Z1	(dak)	5,82
Z2	(dak)	1,84
Z3	(dak)	1,33
Z4	(dak)	2,94
Z5	(dak)	5,76
Z6	(dak)	1,28
Z7	(dak)	0,47
Z	(dak)	2,69
TZ	(dak)	22,12
S	(adet)	2,6
M1	(metre)	40
H	(m ³)	4,57

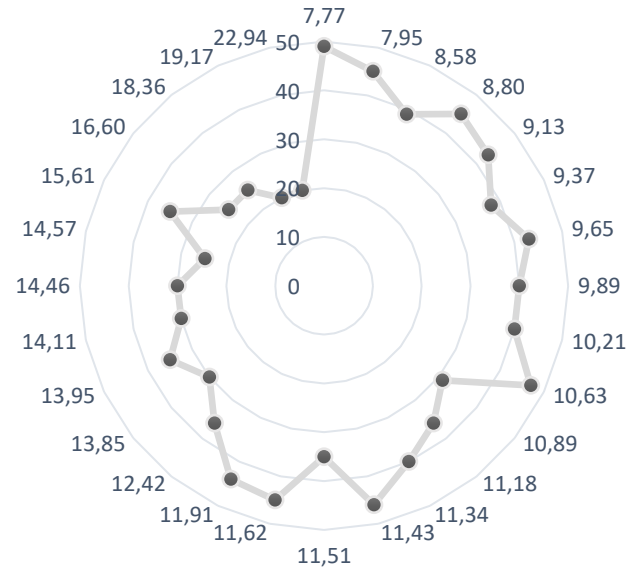
S: bütün gövde sayısı, M: sürütme mesafesi, H: gövdelerin hacmi



Şekil 2. Çalışma kapsamında ölçülen zaman dilimleri

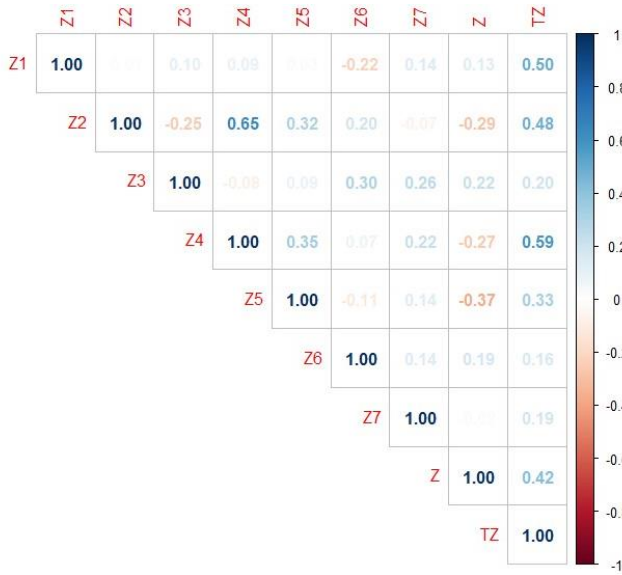
Çalışma kapsamında, gövdelerin traktöre çekilme mesafesi ile verimlilik arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Sonuçlar, daha

kısa çekme mesafesinin verimliliği önemli ölçüde artırdığını göstermiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Ürünlerin çekilme mesafesi ve verimlilik değerleri

Çalışma süresini etkileyen faktörler ile ölçülen iş adımları arasındaki korelasyon analizi, toplam döngü zamanı (TZ) ile en güçlü ilişkili değişkenlerin sırasıyla Z4 (gövdeyi traktöre çekme), Z1 (boş hareket) ve Z2 (kabloyu çekme) olduğunu ortaya koymuştur (Şekil 5).



Şekil 5. Korelasyon analizi sonuçları

Hesaplanan verimlilik değerleri, traktöre olan çekme mesafesi ile gövde hacmi arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Şekil 6 incelendiğinde, azalan çekme mesafesi ve artan yük hacminin verimlilik değerlerinde artışa sebep olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 6).

AIC'ye (Akaike Bilgi Kriteri) dayalı kademeli regresyon yönteminde çalışma zamanlarına ait 6 model oluşturulmuştur. AIC, örnek içi tahmin hatasının belirleyicisidir ve regresyon çıktılarında görünen düzeltilmiş R^2 ölçümlerine benzerdir. Oluşturulan modellerin içerisinde en düşük AIC değerine sahip model en uyumlu model olarak belirlenir (Orlovský ve ark., 2020). İlgili model sonuçları Çizelge 3'te gösterilmektedir.

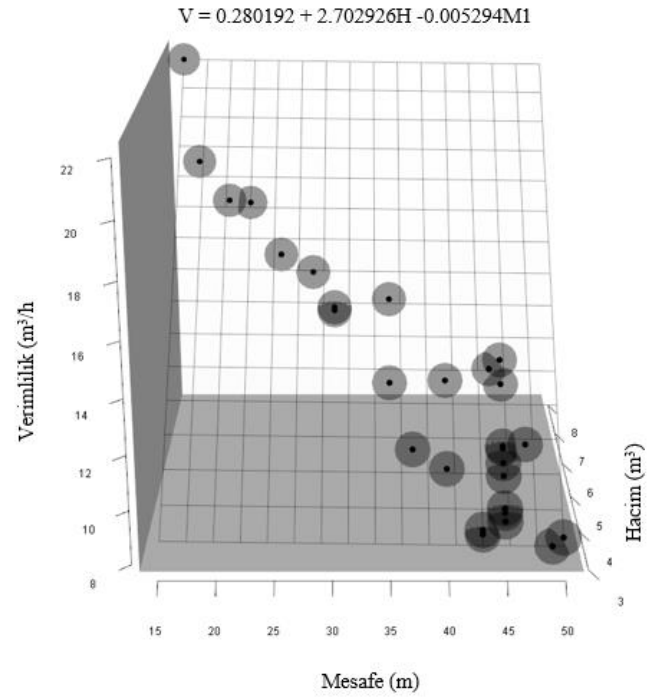
Model incelendiğinde üretim verimliliğini etkileyen faktörlerin sırasıyla, Z1 (yol kenarından meşcereye doğru yüksüz hareket), Z2 (Kablonun taşınacak ürüne çekilmesi), Z4 (ürünün traktöre çekilmesi), Z5 (ürünün yol kenarına çekilmesi), Z (Zaman kaybı) ve H (çekilen ürünün hacmi) değişkenleri olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3. GLM (Genelleştirilmiş lineer model) sonuçları

	Tahmin	Standart Hata	t değeri	Pr(> t)
(Intercept)	9,9707677	0,511	19,504	6,19e-15 ***
Z1	-0,0073341	0,001	-7,856	1,10e-07 ***
Z2	-0,0066836	0,001	-4,814	9,30e-05 ***
Z4	-0,0119282	0,001	-11,016	3,47e-10 ***
Z5	-0,0093867	0,001	-7,968	8,78e-08 ***
Z	-0,0096069	0,001	-17,548	5,04e-14 ***
H	2,7690862	0,022	123,774	< 2e-16 ***

Çizelge 4. GLM (Genelleştirilmiş lineer model) sonuçları

	Tahmin	Standart Hata	t değeri	Pr(> t)
(Intercept)	1422,366	114,237	12,451	5,8e-12
H	0,4926	31,837	-1,725	0,0373 *
S	0,8813	55,739	1,952	0,0227 *
M1	3,197	2,500	-1,279	0,0213 *



Şekil 6. Çekme mesafesi ve yük hacmi ile ilişkili olarak verimlilik değerlerinin üç boyutlu grafik gösterimi

Çalışmada ayrıca toplam zamanın çekilen yük hacminden (H), ürünlerin traktöre çekildiği mesafeden (M1) ve gövde sayısından (S) etkilendiği belirlenmiştir. İlgili model sonuçları Çizelge 4'te gösterilmektedir.

4. Tartışma ve Sonuç

Meşcere kompozisyonu, işletme ve arazi koşulları gibi farklı koşullar nedeniyle zaman çalışmasının ve modellerin sonuçlarının karşılaştırılması yalnızca benzer çalışma koşullarına sahip durumlarda uygulanabilir (Mousavi ve ark., 2012; Borz ve ark., 2015). Bir adet orman bölümünde gerçekleştirilen bu çalışma kapsamında da mümkün olduğunca benzer arazi koşullarına sahip yerlerdeki çalışmalar karşılaştırılmaya çalışılmıştır.

Çalışma kapsamında zaman kaybının (Z) toplam çalışma zamanına oranı %12 olarak bulunmuştur. Borz ve ark. (2014; 2015) çalışmalarında daha yüksek oranda (sırasıyla %29,3 ve %28) çalışma dışı sürelerden (kayıp zaman) bahsetmektedir. Sabo ve Poršinsky (2005) çalışmalarında %32,15'lik bir zaman kaybı süresinden bahsetmektedir ki bu oran yaptığımız çalışmadaki kayıp zaman değerinden oldukça yüksektir. En fazla zaman kaybının olduğu çalışmalar Borz ve ark. (2013) tarafından yapılmış olup zaman kayıpları %51 ve %43 olarak kaydedilmiştir. Bu sonuçlara bakıldığında bu çalışmadaki zaman kaybı toplam çalışma zamanına oranla düşük bulunmuştur. Bölmeden çıkarma işlemini yapan işçilerin deneyimi ve disiplini buna neden olduğu düşünülmektedir.

Yol kenarından meşçereye doğru traktörün yüksüz hareketinin (Z1) istatistiksel olarak diğer değişkenler ile bir ilişkisi görülmemiştir, ancak toplam iş için geçen zaman üzerinde etkisi olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Kablonun taşınacak ürüne çekilmesi (Z2) ve ürünün traktöre çekilmesi (Z4) aşamaları bu çalışmada mesafeden (M1) etkilenmiştir (sırasıyla $Pr(>|t|)$ değeri 0.0432 ve 0.0227). Bazı çalışmalarda da benzer sonuçlar bulunmuştur (Mousavi, 2012; Marčeta ve ark., 2014). Lotfalian ve ark. (2011) çalışmalarında söz konusu zamanların ayrıca eğime de bağlı olduğunu tespit etmiştir ancak bu çalışmada sadece tek eğimde çalışma yapıldığı için ilgili çalışma ile bir kıyas yapılamamıştır. Gelecekteki çalışmalarda eğimin bir değişken olarak dahil edilmesi önerilmektedir.

Çekilecek olan ürünü birbirine bağlamak ve güvenli mesafeye geri çekilmek (Z3) için harcanan süre, yükün hacminden (H) ve sayısından (S) istatistiksel olarak etkilenmektedir ($Pr(>|t|)$ değerleri sırası ile 0.0417 ve 0.0427). Bu sonuçlar Orlovský ve ark. (2020) tarafından belirlenmiş değerler ile uyumludur. Ancak Mousavi (2012) çalışmasında çalışma süresinin sadece tomruk sayısına (S) bağlı olduğunu bildirmiştir. Çalışma kapsamında gövdelerin çözülmesi için geçen süre (Z6) yani ürünün serbest bırakılması sadece çözülen yükteki ürün sayısından (S) etkilenmiştir ($Pr(>|t|) = 0.0127$). Bu durum Orlovský ve ark. (2020) çalışmaları ile uyumludur. Bu çalışmanın aksine Proto ve ark. (2018) çalışmalarında, incelenen bağımsız değişkenlerden hiçbirinin tomrukların çözülmesi için geçen süre (Z6) ile arasında istatistiksel olarak bir ilişki bulamamışlardır. Wang ve ark. (2004) ise tomrukların çözülmesi için geçen sürenin ürün çapına ve yükteki ürün sayısına bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Genel olarak bakıldığında çalışmada toplam zamanın (TZ) çekilen ürünün hacminden (H), sayısından (S) ve çekildiği mesafeden (M1) etkilendiği istatistiksel olarak doğrulanmıştır (Çizelge 3). Benzer sonuçlar başkaca çalışmalarda da mevcuttur (Orlovský ve ark., 2020; Mousavi, 2012; Borz ve ark., 2013). Proto ve ark. (2018) çalışmalarında bölmeden çıkarma esnasında toplam iş zamanının (TZ) çekme mesafesine ve yük hacmine (H) bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında toplam iş zamanının (TZ) en çok çekme mesafesinden (M1) ve yükteki gövde sayısından (S) etkilendiği, yük hacminin (H) ise en az etkiye sahip olduğu kanıtlanmıştır. Benzer sonuçlar Nikooy ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada da sunulmuştur. Bununla birlikte, Ghaffariyan ve ark. (2013) tarafından toplam iş zamanının (TZ) çekme mesafesine (M1), çekme hattının eğimine ve yük hacmine (H) bağlı olduğunu gösteren farklı bulgular sunulmuştur. Ayrıca Behjou ve ark. (2008) ve Behjou (2010) araştırmalarında toplam iş zamanının

(TZ) çekme mesafesine (M1) ve çekme mesafesi ile çekme hattı eğimi arasındaki iletişime bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Borz ve ark. (2013) çalışmalarında, TAF 690 model traktörlerde toplam iş zamanının (TZ), çekme mesafesine (M1) bağlı olduğunu ve TAF 657 model traktörde ise ayrıca tomruk sayısının da (S) bağlı olduğu sonucuna varmışlardır.

Çalışma kapsamında ortalama verimlilik 12,04 m³/saat olarak hesaplanmıştır. Geçmişte yapılan bazı benzer çalışmalarda ortalama verimlilik değerlerinin 3,33 m³/saat ile 6,91 m³/saat arasında değiştiği kaydedilmiştir (Orlovský ve ark., 2020). Bazı ülkelerde yapılan çalışmalarda 6,1 m³/saat (Mousavi ve ark., 2012) ile 32,8 m³/saat arasında değişen daha yüksek verimlilik değerlerinden bahsedilmektedir (Zečić ve ark., 2010). Ülkemizde yapılan bazı çalışmalara da değinecek olursak Gülci (2020) yaptığı çalışmada ortalama verimlilik değerini 14,30 m³/saat olarak belirtmiştir. Bu anlamda bizim çalışmamızla benzer sonuçlarının olduğu söylenebilir. Ayrıca Gülci ve ark. (2017) traktör ile bölmeden çıkarma işleminde ortalama verimliliğinin 13,50 m³/saat olduğunu bildirmişlerdir. Öztürk (2009) benzer mesafeler altında yaptığı çalışmada özel orman traktörünün verimlilik değerini 14,41 m³/saat (55 m) olarak bulmuştur. Ayrıca Öztürk (2010) yaptığı çalışmada ortalama verimlilik değerini 11,35 m³/saat (140 m) olarak hesaplamıştır. Bu çalışmada tarım traktörü kullanılmasına rağmen bu çalışmalar ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen literatür verilerine göre bu çalışmada çalışma hızının ve planlamanın daha etkili gerçekleştirildiği söylenebilir. Diğer taraftan çekme hattı mesafesi, genel verimliliği yansıtan çalışma süresi üzerindeki bir diğer önemli faktördür (Borz ve ark., 2015; Đuka ve ark., 2017; Acar, 2023). Bu çalışmada da çekme mesafesinin ortalama verimlilik ve toplam zamanı etkilediği istatistiksel olarak ortaya koyulmuştur. Öte yandan, şüphesiz arazi koşulları ve operatör deneyimleri verimliliği etkilemektedir (Mousavi ve Naghdi 2014). Çalışma kapsamında zaman kaybı (Z), toplam zamanın (TZ) ortalama %12'lik bir kısmını temsil etmektedir. Bu durum, işin planlanması ve organizasyonunun iyileştirilmesiyle daha da azaltılabilir. Çalışmamıza benzer çalışmalarda da sürütme mesafesinin artmasının toplam çalışma zamanını arttırdığı ve verimliliği düşürdüğü tespit edilmiştir (Orlovský ve ark., 2020; Đuka ve ark., 2017; Acar, 2023).

Kaynaklar

- Acar, M. (2023). Odun hammaddesi bölmeden çıkarma yönteminin tahmininde karar ağaçları modelinin kullanılması. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 149 s., Trabzon, Türkiye.
- Acuna, M., Bigot, M., Guerra, S., Hartsough, B., Kanzian, C., Kärhä, K., Lindroos, O., Magagnotti, N., Roux, S., Spinelli, R., Talbot, B., Tolosana, E., Zormaier, F., 2012. Good practice guidelines for biomass production studies. In: Magagnotti N., Spinelli R. (eds.). CNR IVALS. Sesto Fiorentino, 51 p.
- Akay, A.E., 2005. Using farm tractors in small-scale forest harvesting operations. Journal of Applied Sciences Research 1(2), 196–199.
- Behjou, F. K., 2010. A techno-economic evaluation of skidding operation by Timberjack 450C and Clark Ranger 666DBS in

- Caspian forests. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8, 1020–1023.
- Björheden, R., Apel, K., Shiba, M., Thompson, M.A., 1995. IUFRO Forest work study nomenclature. Swedish University of Agricultural Science, Dept. of Operational Efficiency, Garpenberg, 16 p.
- Borz, S. A., Dnulca, F., Birda, M., Ignea, Ch., Clobanu, V.D., Popa, B., 2013. Time consumption and productivity of skidding Silver fir (*Abies alba* Mill.) round wood in reduced accessibility conditions: A case study in windthrow salvage logging from Romanian Carpathians. *Annals of Forest Research*, 56, 363–375.
- Borz, S. A., Ignea, G., Popa, B., Spârchez, G., Iordache, E., 2015. Estimating time consumption and productivity of roundwood skidding in group shelterwood system – a Case study in a broadleaved mixed stand located in reduced accessibility conditions. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 36, 137–146.
- Borz, S. A., Ignea, G., Popa, B., 2014. Assessing timber skidding efficiency in a group shelterwood system applied to a fir-beech stand. *African Journal of Agricultural Research*, 9, 160–167.
- Đuka, A., S. Grigolato, I. Papa, T. Pentek, T. Poršinsky, 2017. Assessment of timber extraction distance and skid road network in steep karst terrain. *iForest*, 10(6), 886–894. doi:10.3832/ ifor2471-010
- Dvořák, J., Gross, J., Oliva, J., Hošková, P., Malkovský, Z., 2010. Sestavení výkonových norem pro harvestory a vyvážecí traktory podle výkonových tříd stroju a výrobních podmínek. *Závěrečná správa*. Praha, ČZU v Praze, 79 p.
- Ghaffariyan, M. R., Naghdi, R., Ghajar, I., Nikooy, M., 2013. Time prediction models and cost evaluation of cut-to-length (CTL) harvesting method in a mountainous forest. *Small-scale Forest*, 12, 181–192.
- Gilanipoor, N., Najafi, A., Heshmat Alvaezin, S.M., 2012. Productivity and cost of farm tractor skidding. *Journal of Forest Science* 58(1), 21–26. <https://doi.org/10.17221/4804-JFS>
- Grzywiński, W., Turowski, R., Naskrent, B., Jelonek, T., Tomczak, A., 2020. The Impact of Season on Productivity and Time Consumption in Timber Harvesting from Young Alder Stands in Lowland Poland. *Forests* 11(10), 1081. <https://doi.org/10.3390/f11101081>
- Gulci, N., S. Gulci, A.E. Akay, 2017. Productivity analysis of skidding operations with farm tractor on skid roads: The case of Osmaniye forest enterprise chief, Turkey, *Innovating the Competitive Edge: From Research to Impact in the Forest Value Chain*, FORMEC, 124–129. Brasov.
- Gulci, S., 2020. Productivity of a farm tractor with single drum winch during whole-tree timber extraction. *Sumarski List*. 144, 43–43. 10.31298/sl.144.1-2.4.
- Kulak, D., Stańczykiewicz, A., Szewczyk, G., 2020. Influence of the logging season on the condition of topsoil layers. *Forestry Letters* 113, 1–7.
- Leszczyński, K., Stańczykiewicz, A., Kulak, D., Szewczyk, G., Tylek, P., 2021. Estimation of productivity and costs of using a track mini-harvester with a stroke head for the first commercial thinning of a Scots pine stand. *Forests* 12(7), 870. <https://doi.org/10.3390/f12070870>
- Lindroos, O., La Hera, P., Häggström, C., 2017. Drivers of advances in mechanized timber harvesting—a selective review of technological innovation. *Croat. j. for. eng.* 38(2), 243–258.
- Lotfalian, M., Moafi, M., Foumani, B. S., Akbari, R. A., 2011. Time study and skidding capacity of the wheeled skidder Timberjack 450C. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 2, 120–124.
- Marčeta, D., Petković, V., Košir, B., 2014. Comparison of Two Skidding Methods in Beech Forests in Mountainous Conditions. *Nova mehanizacija šumarstva: Časopis za teoriju i praksu Šumarskoga inženjerstva*, 35, 51–62.
- Mousavi, R., Naghdi, R., 2014. Comparison of productivity and cost of timber extraction by farm tractor. Skidding vs. forwarding in Northern Iran. *HortFlora Research Spectrum* 3(3), 201–210.
- Mousavi, R., Nikooy, M., Naghdi, R., 2013. Comparison of timber using two ground-based skidding systems: grapple skidding vs. cable skidding. *International Journal of Forest, Soil and Erosion*, 3, 79–86
- Mousavi, R., Nikooy, M., Nezhad, A. E., Ershadfar, M., 2012. Evaluation of full tree skidding by HSM-904 skidder in patch cutting of aspen plantation in Northern Iran. *Journal of Forest Science*, 58, 79–87.
- Nikooy, M., Esmailnezhad, A., Naghdi, R., 2013. Productivity and cost analysis of skidding with Timberjack 450C in forest plantations in Shafaroud watershed, Iran. *Journal of Forest Science*, 59, 261–266.
- Nurminen, T., Koruunen, H., Uusitalo, J., 2006. Time consumption analysis of the mechanized cut-to length harvesting system. *Silva Fennica*, 40, 335–363.
- Orlovský, L., Messingerová, V., Danihelová, Z., 2020. Analysis of the time efficiency of skidding technology based on the skidders. *Central European Forestry Journal*. 66, 177–187.
- Öztürk, T. ve Akay A.E., 2007. Tarım traktörlerinin orman ürünlerinin üretiminde kullanılmak üzere modifiye edilmesi, *International Symposium, Bottlenecks, Solutions and Priorities in the Context of Functions of Forest Resources, Türkiye*, pp. 111–121.
- Öztürk, T., 2010. Productivity of New Holland Farm Tractor at Beech Stands on Mountainous Areas in Blacksea Reion. *Forest Ideas*. 16, 52–57.
- Öztürk, T., 2009. Kayın Tomruğunun Bölmeden Çıkarılmasında MB Trac 900 Sürütücünün Verimlilik Analizi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 59(2), 45–58. <https://doi.org/10.17099/jffiu.69927>
- Proto, A. R., Macrí, G., Visser, R., Russo, D., Zimbalatti, G., 2018. Comparison of timber extraction productivity between winch and grapple skidding: A case study in Southern Italian Forests. *Forests*, 9, 1–12.
- Sabo, A., Poršinsky, T., 2005. Skidding of fir roundwood by Timberjack 240C from selective forests of Gorski Kotar. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 26, 13–27.
- Sarikhani, N., 2001. Forest utilization. *Tehran University, Tehran*, 728 p.
- Savelli, S., Cavalli, R., Baldini, S., Picchio, R., 2010. Small scale mechanization of thinning in artificial coniferous plantation. *Croatian Journal of Forest Engineering* 31(1), 11–21.

- Shaffer, R.M., 2009. Farm tractor logging for woodlot owners. College of Natural Resources. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, USA, 5 p.
- Sowa, J., Kulak, D., Szewczyk, G., 2007. Costs and efficiency of timber harvesting by NIAB 5–15 processor mounted on a farm tractor. *Croat. j. for. eng.* 28(2), 177–184.
- Spinelli, R., Cacot, E., Mihelić, M., Nestorovski, L., Mederski, P., Tolosana, E., 2016. Techniques and productivity of coppice harvesting operations in Europe: a meta-analysis of available data. *Annals of Forest Science* 73(4), 1125–1139. <https://doi.org/10.1007/s13595-016-0578-x>
- Spinelli, R., Magagnotti, N., 2012. Wood extraction with farm tractor and sully: estimating productivity; cost and energy consumption. *Small-Scale Forestry* 11(1), 73–85. <https://doi.org/10.1007/s11842-011-9169-8>
- Spinelli, R., Magagnotti, N., Facchinetti, D., 2013. Logging companies in the European mountain: an example from the Italian Alps. *International Journal of Forest Engineering* 24(2), 109–120. <https://doi.org/10.1080/14942119.2013.838376>
- Spinelli, R., Magagnotti, N., Pari, L., De Francesco, F., 2015. A comparison of tractor-trailer units and high-speed forwarders used in Alpine forestry. *Scandinavian Journal of Forest Research* 30(5), 470–477. <https://doi.org/10.1080/02827581.2015.1012113>
- Stańczykiewicz, A., Leszczyński, K., Sowa, J.M., Kulak, D., Szewczyk, G., 2016. The efficiency of timber harvesting using HYPRO 450 processor combined with a farm tractor. From Theory to Practice: Challenges for Forest Engineering, Warszawa, Poland, 330 p.
- Szewczyk, K., Iwanicki, P., 2019. Ocena przydatności maszyn podczas zrywki drewna w drzewostanach sosnowych na podstawie podstawowych wskaźników pracy (Evaluating the suitability of machinery use during skidding of wood in pine stands. based on basic work indicators). *Leśne Prace Badawcze* 80(3), 219–226. <https://doi.org/10.2478/frp-2019-0020>
- Wang, J., Long, C., McNeel, J., Baumgras, J., 2004. Productivity and cost of manual felling and cable skidding in central Appalachian hardwood forests. *Forest Production Journal*, 54, 45–51.
- Zečić, Ž., Vusić, D., Prka, M., Klepac, S., 2010. Utjecaj nagiba traktorskog puta na proizvodnost traktora Timberjack 240C pri privlačenju drvnih sortimenata u prebornim šumama. *Šumarski list*, 134(3-4), 103-113.