

Bazı kabuk soyma araçlarının verim ve kabuk soyma kalitesi açısından karşılaştırılması

Mehmet Eker^{a,*} , Eray Öztürk^a 

Özet: Türkiye ormancılığında, ibrelü ağaç türlerinin hasadında, kabuk soyma işleri çoğunlukla meşcere içinde (kütük dibinde) gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, motorlu testerele monte edilmesi için tasarlanan kabuk soyma aparatının, modifiye edilip motorlu çalı tırpanına montajlanmasıyla elde edilen ve motosoyar adı verilen aracın kabuk soyma operasyonlarındaki kullanılabilirliği konu edilmiştir. Çalışmanın amacı; motosoyarın kabuk soymadaki uygulama potansiyelini ortaya koyabilmek için motosoyarın iş verimi ve kabuk soyma kalitesini, balta ve motorlu testere ile karşılaştırıp değerlendirmektir. Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Akseki Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içindeki devlet ormanlarında aynı ağaç türünde (kızılcım; *Pinus brutia* Ten.), aynı meşcere koşullarında, tecrübeli ve sertifikalı bir operatörle, aynı zaman periyodunda hasat edilmiş benzer boy ve farklı çaplardaki tomrukların kabukları, üç farklı araç-gereçle soyulmuştur. Araç-gereç farklılıklarından kaynaklanan kabuk soyma performansı, iş-zaman etütlerinden elde edilen iş verimiyle; kabuk soyma kalitesi ise tomrukta kalan kabuklu alan miktarından elde edilen oranla belirlenmiş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar; ortalama 25 cm orta çap ve 3 m boya sahip tomrukların kabuklarının soyulmasında, tüm zaman dilimleri ölçeğinde motorlu testerenin en yüksek verime sahip olduğunu (3.65 m³/sa); motosoyarın (3.06 m³/sa) baltaya (1.25 m³/sa) göre daha verimli olmasına karşın motorlu testereye göre veriminin düşük olduğunu göstermiştir. Soyma kalitesi yönünden baltanın daha temiz (kalan kabuk miktarı; %1.65) soyma yaptığı, motorlu testerenin % 2.73' lük oranla onu izlediği ve motosoyarın ise %3.42'lik bir düzeyde kabuk bıraktığı tespit edilmiştir. Motosoyar; sistem yapısının iyileştirilmesiyle (kayış ve şaft kolunun düzenlenmesi) motorlu testere kadar verimli ve kullanışlı olabilecek bir performans göstermiştir. Motosoyarın, kabuk soyma işlerindeki (daha önceki çalışmalarda belirlenen) teorik, teknik, ekonomik ve ergonomik potansiyeli yanında, uygulama potansiyeline de sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: Kabuk soyma, Motosoyar, Kabuk soyma aparatı, Motorlu testereye montajlı kabuk soyma, Balta, İş verimi

Comparison of some debarking tools in terms of productivity and debarking quality

Abstract: In this research, the use of the motosoyar, which was previously developed by mounting a peeling device on a brush cutter, in the field and the determination of the resulting efficiency; in addition, it was aimed to determine the implementation potential of the motosoyar by comparing the work productivity of the motosoyar with the chainsaw-mounted debarking equipment and the axe. In addition, it was aimed to compare the debarking quality of these three tools by accepting the amount of bark remaining on the log surface as an indicator. A certified employee; in the same field conditions, in the same stand, in the same tree species (*Pinus brutia* Ten.), cut and sorted on the same dates, the bark of logs of similar height and different diameters was stripped with these three tools. Work efficiency was determined through time studies; debarking quality was calculated over the amount of bark remaining on the log. In debarking operations of logs with an average diameter of 25 cm, medium diameter and 3 m length, the chainsaw was more efficient in all time periods (3.65 m³/h), motosoyar (3.06 m³/h) was found to be efficient compared to the axe (1.25 m³/h), but inefficient compared to the chainsaw. In terms of debarking quality, it has been determined that the axe peels more cleanly (remaining shell amount; 1.65%), the chainsaw follows it with a rate of 2.73%, and the motosoyar peels at a level of 3.42%. With the improvement of the system structure (arrangement of belt and shaft arm) of motosoyar, it has shown a performance that can be as efficient and useful as a chainsaw. It has been revealed that Motosoyar has implementation potential as well as theoretical, technical, economic and ergonomic potential in debarking works.

Keywords: Debarking, Motosoyar, Debarking tool, Chainsaw-mounted debarker, Axe, Productivity

1. Giriş

Artan nüfusun orman ürünlerine olan talebinin artması, buna paralel olarak tedarik maliyetlerinin de artması ve çeşitli faktörlere bağlı olarak kıtlaşan orman kaynakları karşısında; kolektif faydalanmanın sürdürülebilirliğinin sağlanması için yeni ve tutarlı çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır (Alkan vd., 2010). Oduna dayalı orman ürünleri üretim sürecinde

yapılacak bazı teknolojik iyileştirmeler, bu kapsamda değerlendirilebilecek niteliktedir (Alkan ve Eker, 2005). Örneğin, bu süreçte, meşcere içinde gerçekleştirilen ve zaman-maliyet ölçeğinde önemli etkilere sahip kabuk soyma operasyonları için motosoyar (kabuk soyma aparatı montajlanmış motorlu çalı tırpanı) gibi alternatif araçlar kullanılması; teknik, ekonomik ve ergonomik faydalar sunabilir.

✉ ^a Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, 32260, Isparta, Türkiye

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): mehmeteker@isparta.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 23.11.2022, **Accepted** (Kabul tarihi): 23.12.2022



Citation (Atıf): Eker, M., Öztürk, E., 2022. Bazı kabuk soyma araçlarının verim ve kabuk soyma kalitesi açısından karşılaştırılması. Turkish Journal of Forestry, 23(4): 278-289. DOI: [10.18182/tjf.1168983](https://doi.org/10.18182/tjf.1168983)

Endüstriyel yuvarlak odunların kabuklarının soyulması, birincil orman ürünlerini işlemeye dayalı orman endüstrisinin değer zincirini oluşturmada önemli bir katkıya sahiptir. Orman endüstrisinin neredeyse tüm sektörlerinde, odun hammaddesi başkaca ürünlere dönüştürülmeden önce kabuğu soyulmaktadır. Kabuk soyma işlemi, meşcere içindeki elle yapılan operasyonlardan doğrudan fabrikalarda bulunan tam mekanize kabuk soyma tesislerine doğru, önemli bir evrim geçirmiştir. Ayrıca, atık bertarafı kapsamında, maliyetleri artırmak yerine ek değer yaratmak için fabrikalarda, kalan kabukların başkaca amaçlarla (örneğin; biyoenerji tesislerinde) kullanımına yönelik dağıtım kanalları kurulmuştur. Fabrikalarda yapılan kabuk soyma işlerinin bu teknik başarılarına rağmen, hasat edilmiş ağaçtan elde edilen ürünlerin doğrudan meşcere içinde soyularak orman ekosistemi içinde bırakılması, halihazırda birçok fayda da sunmaktadır.

Kabuğun meşcere içinde soyulmasıyla; orman ağaçları biyokütlesinin bir bileşeni olan kabuğun (örneğin; kızılçam ağacının hacmen %12-30' u (Sun vd., 1977); taze ağırlık olarak da %8-12' sini oluşturan kabuk biyokütlesinin (Eker vd., 2013) meşcere içinde bırakılması halinde, kabukta bulunan bitki besin elementleri ekosistem içinde kalır ve biyojeokimyasal döngü için orman toprağı tarafından kullanılabilir duruma gelir (Hopmans vd., 1993; Yan vd., 2017; Rustad vd., 2020). Kabuğun soyulmasıyla ağaç gövdesinin kütlesi ve hacmi azalır ve gövde kabuklu oduna kıyasla daha hızlı kurur (kuruma hızı 3 kat artış gösterebilir). Bu değişiklikler, gövde neminin ve dolayısıyla taşınması gereken kütle ağırlığının azalmasını sağlar (Heppelmann vd., 2019). Orman sağlığı açısından kabuk böceği zararlarının önlenmesinde, hasat sürecinde ürünün kabuğunun meşcere içinde soyulması önemli bir role sahiptir. Orman endüstrisinde ve biyoenerji sektöründe kabuğu soyulmuş ahşabın kullanılması; ahşabın termal kullanımındaki sorunları azaltır ve daha az kül kalıntısı ve ince toz emisyonu üretilmesine neden olur (Werkelin vd., 2005).

Hasat sürecinin bir parçası olan kabuk soyma operasyonlarının hızlandırılması, maliyetlerin düşürülmesi, kabuğun meşcere içinde kalmasının sağlanması ve transport işlerinin kolaylaştırılması açısından kabuk soyma işlerinin modern ve mekanize hale getirilmesi yöntemleri aranmaktadır (Çoban ve Eker, 2014). 2000' li yıllarda Türkiye' de kullanılmaya başlanan motorlu testereye doğrudan (motora) veya dolaylı şekilde (palaya) montajlanmak üzere tasarlanan kabuk soyma aparatları buna örnek sayılabilir. Motorlu testere, ormancılıkta ağaç hasadında çok amaçlı olarak uzun yıllardan beri kullanılmakta olduğundan, kabuk soyma aparatının bu araca eklenmesiyle motor-manuel bir soyma aracının üretilmesi; orman işlerini yapanlar tarafından kolayca kanıksanmış ve bu, verimli bir çözüm olmuştur. Kabuk soyma için balta, kabuk soyma demiri/kaşığı gibi geleneksel gereçler yanında, motorlu testerenin de kullanılması teknik ve ekonomik çözümler sunsa da iş kolaylığı ve ergonomik açıdan arayışlar devam etmektedir. Kabuk soyma aparatının motorlu çalı tırpanına montajlanmasıyla elde edilen motosoyar da bu çözümlerden birisi olmuştur. Kabuk soymada kullanılan motorlu testerenin iş tekniğı, çalışma ergonomisi, iş sağlığı ve güvenliği yönünden bazı olumsuzluklarına karşı; çalışanın ayakta, belini büküp kıvrımadan, gürültü-toz-gaz-vibrasyon kaynağından uzakta çalışmasına fırsat sunması açısından yararışlı bir araç olarak motosoyar tasarlanmış ve prototip

olarak imal edilip test edilmiştir (Şefik, 2019; Eker ve Şefik, 2019).

Türkiye ormancılığında oduna dayalı orman ürünleri hasadının %90' ından fazlası tomruk üretim metoduyla ve yarı-mekanize sistemlerle yapıldığından motorlu testere yanında motorlu tırpanın da ibrelili ormanlardaki kabuk soyma operasyonları için uygulama potansiyeline sahip (herkes tarafından benimsenip yaygın şekilde kullanılabilir) olup olmadığı sorusu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, motosoyarla kabuk soyma potansiyelini ve bu aracın genel uygulanabilirliğini araştırmak için bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma, balta ve motorlu testere gibi gelenekselleşmiş araç-gereç yanında, kabuk soyma işlerindeki operasyonel esnekliği koruyup arttırmak, verimi yükseltmek ve maliyetleri düşürmek için motosoyarın kullanılma potansiyelinin araştırılması üzerine odaklanmıştır. Bu yaklaşımla, motosoyarın uygulanabilirliğini ortaya koymak için balta ve motorlu testere ile karşılaştırılmasında, iş verimi ve kabuk soyma kalitesi ölçütü olarak esas alınmıştır. Kabuk soymaya yönelik çalışmaların çoğunluğu, genellikle iş verimi odaklıdır. Kabuk soyma kalitesinin söz edildiğı çalışmalara çok az rastlanmış olup bu çalışmalarda da gövdede kalan kabuk miktarı ölçü kabul edilerek kabuk soymadaki iş kalitesi değerlendirilebilmiştir (Stokes ve Watson, 1991; Franklin, 1992; Gingras, 1992; Hartsough vd., 2000; Laganier ve Hernandez, 2005; McEwan vd., 2017). Bu çalışmanın amacı; meşcere içindeki kabuk soyma işlerinde motosoyarın uygulama potansiyelini ortaya çıkarmaktır. Çalışma kapsamında, tecrübeli ve sertifikalı bir operatör tarafından olağan üretim sürecinde motosoyarın kullanılması ve ortaya çıkan iş veriminin ölçülmesi; motorlu testere ve baltanın da iş verimlerinin ölçülüp birbirleriyle karşılaştırılması; tomruk yüzeyinde kalan kabuk miktarına bağlı olarak bu üç aracın kabuk soyma kalitesinin karşılaştırılması ve elde edilen sonuçlara göre motosoyarın kullanılabilirliğinin saptanması hedeflenmiştir. Motosoyarın iş veriminin baltadan daha yüksek olması ve motorlu testereye yakın bir değere erişmesi halinde, uygulama potansiyeline sahip olduğunun iddia edilebileceğı varsayımıyla, bu araştırma gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Çalışma, halihazırda odun hammaddesi hasadında motorlu testereye montajlanarak kullanılmakta olan kabuk soyma aparatının, bazı modifikasyonlar yapılarak çalı tırpanına eklenmesiyle türetilen kabuk soyma aracının (motosoyarın) uygulanabilirliği üzerine odaklanmıştır. Motosoyar, Şefik (2019) tarafından Baseh marka kabuk soyma aparatının çeşitli değişikliklerle, Orac BG 520 marka ve modeldeki çalı tırpanına monte edilmesiyle geliştirilmiştir. İmalat ve saha testleri ile iki aracın uygun bir şekilde eşleşmesi ve teknik uyumluluğı daha önceden sağlanmıştır. Motosoyarın, meşcere içindeki kabuk soyma operasyonlarındaki teorik, teknik ve ergonomik potansiyeli Şefik (2019) tarafından, ekonomik potansiyeli de Eker ve Şefik (2019) tarafından yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur. Motosoyarın uygulama potansiyeli ise bu araştırmada, iş verimi ve soyma kalitesi üzerinden karşılaştırmalı olarak belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmanın ana objesini, kabuk soyma işinde kullanılan balta, kabuk soyma aparatı, gövdesine kabuk soyma aparatı montajlanmış motorlu testere ve çalı tırpanı (motosoyar) oluşturmuştur. Balta; yerel sanayide üretilmiş, ortalama ağırlığı 1.5 kg, ahşap sap uzunluğu 80-100 cm olan bir gereçtir (Şekil 1). Motorlu testereye ve çalı tırpanına monte edilen kabuk soyma aparatı, Baseh firması tarafından üretilen, kayış sistemiyle doğrudan motorlu testereye montajlanıp bu şekilde güç alan; 2.9 kg ağırlığında, en az 1.2 kW motor gücüne ihtiyaç duyan, her biri 3 cm ağız genişliğine sahip 4 adet çift taraflı çelik bıçağa sahip bir araçtır (Şekil 2) (Eker, 2004; Baseh, 2022).

Çalışmada yer alan kabuk soyma araçları; mevcut parça ve sistem yapılarıyla sınırlandırılıp kullanılmış ve bu çalışmaya özgün herhangi bir modifikasyon yapılmamıştır. Özellikle motosoyarın olağan hasat operasyonlarında kullanılabilirliğini belirlemek için operatörlerin motosoyarla çalışmayı algılaması ve tutumlarının oluşması açısından halihazır yapısıyla kullanılmasına özen gösterilmiştir.

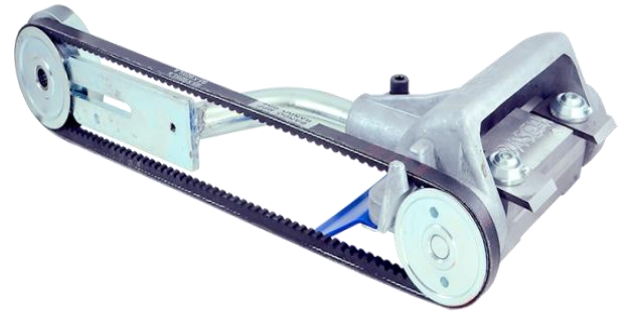
Kabuğu meşcere içinde soyulan ve geniş yayılış alanları (toplam ormanlık alanın % 23' ü) ile ülkenin yıllık yuvarlak odun üretiminin önemli (%34' lük) kısmını oluşturan kızılçam ağaç türünün (OGM, 2022) bu çalışma için uygun olduğu düşünülmüştür. Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Akseki Orman İşletme Müdürlüğü, Gökçebel Orman İşletme Şefliği, 124 no.lu bölmede, tıraşlama kesimleri sırasında, bu üç araç-gerecin kabuk soyma aktivitelerindeki performansı ve iş kalitesine yönelik iş-zaman ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bölme, saf kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşceresinden oluşmakta ve Çzd₃ meşcere tipindedir. 5.7 ha büyüklüğündeki bölmenin arazi eğimi %31-75 arasında değişmektedir.

Kabuk soyma araçlarını karşılaştırabilmek için aynı bölme içinden kesilmiş, aynı veya farklı ağaçlardan elde edilen, çap ve boyları farklı 210 adet tomruğun kabuğu, 3 araçla, aynı operatöre soydurulmuştur (Şekil 5, 6 ve 7). Operatör farklılığı faktörünü ortadan kaldırmak için araştırma sahasında aktif olarak çalışan 15 adet ağaç kesme ve boylama operatöründen gönüllülük esas alınarak 1 adet operatör seçilmiştir (operatör; fotoğraflarının bilimsel amaçlı yayınlarda yer almasında sakınca görmediğini beyan etmiştir). Bu operatör; 170 cm boyunda, 80 kg ağırlığında ve 45 yaşında olup herhangi sağlık problemi olmadığını belirtmiştir.

Kabuk soyma aparatının monte edildiği motorlu testere, Husqvarna 268 marka ve modelde olup 66.7 cc silindir hacmi, 4.4 hp motor gücü ve 6.2 kg ağırlığa sahiptir (Şekil 3). Bu motorlu testere, çalışılan yörede; fiyat, performans, ağırlık ve ergonomi açısından oldukça yaygın şekilde kullanılan bir araçtır. Bu çalışmada kullanılan motosoyar; Şefik (2019) tarafından tasarlanıp geliştirilmiş olup Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi Transport ve Geomatik laboratuvarından temin edilmiştir. Motosoyarın güç kaynağını oluşturan Orac BG 520 marka ve modeldeki çalı tırpanı; 51.7 cc silindir hacmi, 1.9 hp motor gücü 8.2 kg ağırlığa sahiptir (Şekil 4). Bu çalı tırpanına da Baseh marka kabuk soyma aparatı montajlanmış durumdadır (Şefik, 2019; Eker ve Şefik, 2019).



Şekil 1. Kabuk soymada kullanılan balta (nacak)



Şekil 2. Baseh marka kabuk soyma aparatı



Şekil 3. Kabuk soyma aparatlı motorlu testere



Şekil 4. Motosoyar (Eker ve Şefik, 2019)



Şekil 5. Balta ile kabuk soyma



Şekil 6. Motorlu testereyle kabuk soyma



Şekil 7. Motosoyarla kabuk soyma

Tomrukların çapını ölçmek için çap ölçer, boyunu ölçmek için ise şerit metre kullanılmıştır. Tomruk kabuğunun kalınlığını ölçmek için Haglöf marka ağaç kabuk kalınlığı ölçer ve cetvelden yararlanılmıştır. Tomruğun yüzeyinde kalan kabuk kalıntılarını ölçmek için milimetrik aydınlar kâğıdı, cetvel vb. araçlar kullanılmıştır. Zaman etütlerini yapmak için dijital kronometre, veri kaydı için ise Eker (2004) tarafından geliştirilmiş arazi etüt formları ile tam zamanlı video kaydedici kullanılmıştır. Analizlerin yapılması sırasında ise Microsoft Excel ile SPSS (IBM, 2022) istatistik paket programları kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

Motosoyar adlı kabuk soyma aracı operatörler tarafından daha önceden görülüp bilinmediğinden öncelikle bu aracın tanıtımı yapılmış ve test etmeleri sağlanmıştır. Operatörlere araştırma amacı da aktarıldıktan sonra, halihazır teknik ve yöntemlerle yapılan kabuk soyma işleri; iş akışı, çalışan performansı ve etkin çalışma saatleri yönünden farklı günlerde incelenmiştir. Verilerin birbirleriyle karşılaştırılmasında çeşitli değişkenlerin etkilerini azaltmak için daha önceden belirlenmiş operatörün motosoyara hâkimiyetinin artması ve rutin bir çalışma düzenine erişmesi sağlanıncaya kadar denemeler yapılmıştır. Ağustos ve Eylül aylarında gerçekleştirilen çalışmada, tomrukların soyulmasını etkileyen mevsimlik ve günlük şartlar (örneğin, nem içeriği etkisi), 210 adet tomruk için sabit kabul edilmiştir. Bu çalışmada, operatörün olağan çalışma düzenine müdahale edilmeden iş ve zaman etüdü gerçekleştirilmiştir. Operatör, işyerinde işgünü içerisinde belirli bir periyotta işleyebileceği kadar ağacı kesip boyladıktan sonra tomrukları yan yana toplamış ve sonra da seri bir şekilde kabuk soyma faaliyeti gerçekleştirmiştir. Operatör, balta ile kabuk soymanın uzunca zamandır tercih edilmediğini ifade ederek (rastgele seçilen) 30 adet tomruğu baltayla soymaya gönüllü olmuştur. Motorlu testere ve motosoyarla soyulan 90' ar adet tomruk, rastgele olacak şekilde seçilmiştir. Tomrukların seçiminde, sistematik olarak bir örnekleme deseni kullanılsa da görsel olarak ince, orta ve kalın çaplı tomruklardan tercih yapılmış, orta çap ölçümleriyle de kontrollü bir seçim yapılmaya çalışılmıştır. İş ve zaman ölçümlerinde, tomruk kabuklarının soyulmasına ilişkin iş dilimlerinin belirlenmesinde Eker ve Şefik (2019) tarafından kullanılan yöntemden yararlanılmıştır. İş dilimlerinin sırası, başlangıç ve bitiş anları ile buna bağlı ölçme noktaları (Yıldırım, 1989; Doğan, 2015) Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Çizelge 1. Kabuk soyma iş dilimleri ve ölçme noktaları

İş akışı	İş ögesi (İş akış dilimi)	Ölçme noktası	
		Başlangıç anı	Bitiş anı
Kabuk soyma	Hazırlık (tomruğa yürüme/yönelme)	Kabuk soyma işlemi için yapılacak hazırlıkların başlaması ile başlar.	Kabuk soyma işlemi için kullanılacak aracın/aletin ele alınıp tomruğa/gövdeye yönelmeyle ve/veya aracın kabuk soymak için çalıştırılmasıyla biter.
	Soyma	Kabuk soymada kullanılacak aletin ya da aracın tomruk yüzeyine temas ettirilmesiyle başlar.	Kabuğu soyulması gerekli olan tomruğun yüzeyi tamamen soyulup alet ya da araç tomruktan uzaklaştırılınca/çekilince iş biter.
	Çevirme	Çevirmeyi sağlayacak şekilde aletle ya da elle tomruğa temasla başlar.	Tomruğun kendi eksenine etrafında döndürülüp sabitlenmesiyle son bulur.
	Bekleme (Gecikme)	Kabuk soymada kullanılan alet ya da aracın soyma eylemini durdurmasıyla başlar.	Kabuk soyma eylemine yeniden başlanmasıyla son bulur.

Kabuk soyma işi; kabuk soyma için hazırlık, soyma ve çevirme iş dilimlerine ayrılmıştır (Eker, 2015). Bununla birlikte bazı nedenlerden dolayı iş akışı gereği işe ara verme (gecikmeler) süreleri de iş dilimi süreleri kapsamında ele alınmıştır. Çünkü bir tomruk soyulduktan sonra diğerine geçişlerde operatör, tomrukların vaziyetine veya soyucu aracın durumuna bağlı olarak gecikmeler yaşadığından iş süreci kesintiye uğramıştır. Bu çalışmada, yalnızca verimli temel çalışma zamanının/süresinin (ana ve yan faaliyet zamanlarının/sürelerinin) (Eker vd., 2011) ölçümüne yönelik doğrudan bir gözlem gerçekleştirilmiştir. İş dilimlerine ait süreler, kümülatif zaman ölçme tekniğine göre dijital kronometreden yararlanılarak ölçülmüş ve etüt kayıt formlarına işlenmiştir. İş dilimlerinin temel (elementel) zamanları ölçüğünde (Magagnotti ve Spinelli, 2012) bir ölçme ve değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Kabuk soyma araç-gereçlerinin iş verimleri kıyaslanabilir diye; (1) ana faaliyet zamanı (aktif soyma süresi), (2) ana ve yan faaliyet zamanı (çevirme) toplanarak temel faaliyet zamanı, (3) temel faaliyet zamanına dinlenme ve hazırlık zamanları eklenerek toplam faaliyet zamanı hesaplanmıştır. Analiz ve değerlendirmeler için gerekli olan orta çap, boy ve kabuk kalınlığı da her bir tomruk için ölçülerek etüt formlarına kaydedilmiştir (Çizelge 2). Tomruk niteliklerine ilişkin veri ile tomruk hacmi, kabuk soyma yüzey alanı ve kabuk hacmi hesaplanmıştır (Çizelge 3).

Tomruk hacmi hesaplanırken tomruğun orta çapı ve boyundan yararlanılarak Huber formülü (1) (Carus, 2002) kullanılmıştır. Tomruk orta çapı ve boyu kullanılarak Geray (1978) tarafından da kullanılan formülle (2) kabuk soyma yüzey alanı bulunmuştur (Çizelge 3).

$$V = \left[\frac{\pi}{4} \right] \cdot (d_{0,5}^2) \cdot L \quad (1)$$

Burada; V tomruk hacmini (m³), d_{0,5} tomruk orta çapını (cm). L ise tomruk boyunu (m) temsil etmektedir.

$$S = c \cdot L \quad (2)$$

Burada; S kabuklu soyma yüzeyi alanını (m²), c kabuklu tomruk çevresini (m), L ise tomruk boyunu (m) temsil etmektedir.

Her bir teknikle soyulan tomrukların çapları, boyları ve kabuk kalınlıkları farklı olmasından dolayı soyulan kabuk yüzeyi ve hacminin de farklı olması beklendiğinden, karşılaştırmaların sağlıklı şekilde yapılabilmesi için soyulan tomruk başına kabuk hacmi de hesaplanmıştır. Kabuk hacminin hesaplanmasında aşağıdaki formülden (3) yararlanılmıştır (Çizelge 3).

$$H = S \cdot Kk \quad (3)$$

Burada; H kabuk hacmini (m³), S kabuklu soyma yüzeyi alanını (m²), Kk kabuk kalınlığını (m) ifade etmektedir.

Bu çalışmada, tomruk yüzeyinde kalan kabuk miktarı esas alınarak, soyma araçlarının kabuk soyma kalitesi tanımlanmaya çalışılmıştır. Tomruk kabuklarının soyulmasındaki kalite; hem göreceli (görsel) olarak hem de milimetrik aydınlar kâğıdı ile ölçülerek belirlenmiştir. Göreceli olarak kalitenin belirlenmesinde; tomruğun kabuğu soyulduktan sonra, tomruk yüzeyinde kalan kabuk olup olmadığı kabuk renginden ve/veya tomruğun odun rengindeki değişimlerden yararlanılarak görsel olarak belirlenmiştir. Milimetrik-aydınlar kâğıdı ile yapılan ölçmede ise; tomruğun tam orta noktası esas alınarak A4 büyüklüğündeki bir kâğıdın yatay ölçüsü kadar genişlikte (297 mm), tomruk orta çapı ile aynı çapta bir silindir temsili oluşturulmuştur. Tomruğun silindir boyu ve çapı kadarki kısmında, yüzeydeki kabuk kalınlıklarının alanı ölçülmüştür. Şeffaf aydınlar kâğıdının ortası ile silindir yani tomruk ortası eşleştirilmiş, tomruğun yüzeyindeki (varsa) kabuklu alanlar bir veya daha çok aydınlar kâğıdı kullanılarak silindir çevresi boyunca kâğıt üzerine çizilmiş (Şekil 8); daha sonra çizilmiş poligonlar milimetrik kâğıt yardımıyla ölçülmüş ve kalan kabuk miktarı alan ölçüsü biriminde hesaplanmıştır.

Çizelge 2. Kabuğu soyulan tomrukların (ölçülmüş) bazı tanımlayıcı istatistikleri

Nitelikler	İşlem	N	Ortalama	En küçük	En büyük	Std. sapma
Çap (cm)	1	30	24.30	15.00	44.00	7.957
	2	90	25.72	13.00	42.00	6.305
	3	90	27.64	14.00	66.00	10.196
Boy (m)	1	30	3.00	2.50	4.00	0.394
	2	90	3.10	2.00	4.00	0.440
	3	90	3.10	2.50	4.00	0.398
Kabuk kalınlığı (cm)	1	30	1.523	0.40	3.50	0.921
	2	90	1.550	0.40	3.10	0.682
	3	90	1.484	0.10	3.50	0.837

İşlemler. 1: Balta, 2: Motosoyar, 3: Motorlu testere ile kabuk soyma

Çizelge 3. Kabuğu soyulan tomrukların (hesaplanmış) bazı tanımlayıcı istatistikleri

Nitelikler	İşlem	N	Ortalama	En küçük	En büyük	Std. sapma
Tomruk hacmi (m ³)	1	30	0.151	0.053	0.456	0.099
	2	90	0.171	0.039	0.453	0.084
	3	90	0.208	0.046	1.026	0.165
Kabuk yüzey alanı (m ²)	1	30	2.279	1.414	4.147	0.757
	2	90	2.512	1.225	4.775	0.699
	3	90	2.678	1.319	6.220	0.974
Kabuk hacmi (m ³)	1	30	0.038	0.006	0.141	0.031
	2	90	0.042	0.006	0.099	0.025
	3	90	0.044	0.002	0.162	0.035

İşlemler. 1: Balta, 2: Motosoyar, 3: Motorlu testere ile kabuk soyma



Şekil 8. Tomruk yüzeyinde kalan kabukların ölçülmesi

Analiz ve değerlendirmelerin gerçekleştirilmesinde; her bir araç-gereç için kabuk soyma süreleri (çalışma zamanları) ve kabuk soyma iş verimleri (tomruk hacmi başına, soyma yüzeyi alanı başına, kabuk hacmi başına) belirlendikten sonra, iş verimleri öncelikle ortalamalar itibarıyla birbirleriyle karşılaştırılmış ardından da benzer çap sınıfları ölçeğinde karşılaştırma yapılmaya çalışılmıştır. Tomruk orta çapı-verimlilik ilişkisini yorumlayabilmek için her üç araçla yapılan kabuk soyma işlemlerinde, önce 3'lü ölçeğe göre çaplar sınıflandırılmıştır. Buna göre; tomruk orta çapı 20 cm'nin altında ise 1. çap sınıfı; tomruk orta çapı 21-30 cm arasında ise 2. çap sınıfı ve tomruk orta çapı 31 cm'nin üstünde ise 3. çap sınıfı olmak üzere değerlendirme yapılmıştır. Çap sınıflarının oluşturulmasında; frekansların eşit olmaması ve çapların varyanslarının eşit ve homojen olmaması durumu dikkate alınarak da toplam çap ortalamasının 25 cm kabul edilmesiyle; çap sınıfı 2'li ölçeğe göre de ayrıca düzenlenmiştir. Buna göre; tomruk orta çapı 25 cm'nin altındakiler 1. çap sınıfı, 25 cm ve üzerindeki de 2. çap sınıfı olarak nitelendirilmiştir. Benzer amaçla Gürtan (1969) tarafından yapılan yontma demiri ile baltanın karşılaştırıldığı bir çalışmada da 6'lı skalayla (10-25; 26-35; 36-45; 46-55; 56-65; 66 üzeri) çap sınıflaması yapıldığı görülmüş; sınır değerleri ve sınıf sayısının, araştırma verilerinin yapısına bağlı olarak değişkenlik gösterebileceğine kanaat edilmiştir.

Soyucu araçların kabuk soyma kalitesini değerlendirmek için her bir tomruğun örneklenen kısmında, yüzeyde kalan kabuklu alan, silindir şeklindeki örneklenen yüzey alanına oranlanmıştır (4). Buradan elde edilen değer; tomruk yüzey alanına oranlanarak, kalan kabuk oranı, her bir tomruk için yüzdelik olarak belirlenmiştir. En düşük yüzdelik oranına

(hiç kabuk kalmaması esas kabul edilerek) sahip kabuk soyma aracı; soyma işleminde en kaliteli araç olarak kabul edilmiştir.

$$KKO = (KKa/SYA) * 100 \quad (4)$$

Burada; KKO tomruk yüzeyinde kalan kabuk oranını (%), KKa tomruk yüzeyinde (silindir boyutu kadar kısımda) kalan, kabuklu alanı (m²), SYA silindir yüzey alanını (m²) (her bir tomruk ortasındaki örnek yüzey alanı) temsil etmektedir.

Üç farklı araçla yapılan kabuk soyma işlemlerinde, kabuğu soyulacak tomruk adetlerinde farklılık (balta ile 30 adet; diğerleriyle 90 adet) olması yanında kabuk kalınlıkları, tomruk çapları ve boyları arasında da farklılıklar bulunmaktadır. Bu araçlarla kabuk soyma verimlerinin karşılaştırılabilmesi için öncelikle üzerinde çalışılan örneklerin ölçülen değerlerinin (tomruk çapı, boyu ve kabuk kalınlığı), SPSS paket programında (normallik testleri yardımıyla histogram, varyasyon katsayısı, çarpıklık ve basıklık katsayısı ile) normal dağılıp dağılmadığına bakılmış; çap, boy ve kabuk kalınlığı gibi bağımsız değişken değerlerinin normal dağılım göstermediği belirlenmiştir. Bu veriler, SPSS paket programında logaritmik veya karekök dönüşümüyle normalize edilmeye çalışılmıştır.

Çap ve boy farklılıklarından doğacak farklılıkların, değerlendirmelerdeki etkisini azaltabilmek için tomruk hacmi başına elde edilen iş verimi değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar için SPSS istatistik paketi kullanılmış; tanımlayıcı istatistikler, varyans analizi, ikili ve çoklu karşılaştırma testleri uygulanmıştır. Bununla birlikte her üç araç için elde edilen bulgulara bağlı analiz ve değerlendirmelerin anlaşılabilmesi için yapılan istatistiksel karşılaştırmalarda, verimlerin yorumlanabilmesi açısından bağımlı değişken olarak "temel (soyma+çevirme) süreler" dikkate alınmıştır. Bunun için tüm değişkenler dikkate alınarak (Pearson) korelasyon analizi yapılmış; tomruk çapı, tomruk hacmi, kabuk soyma alanı, kabuk hacmi ile soyma süresi, temel süre ve toplam süre arasındaki ilişkiden yararlanılmıştır. Buna göre tomruk hacmi açısından her üç araç için de (Çizelge 4) en yüksek korelasyon katsayısının soyma (ana faaliyet) zamanı ile elde edildiği belirlenmiştir. Ancak bu değerlere en yakın anlamlı ilişkilerin ise temel zaman (ana+yan faaliyet zamanı) ile elde edildiği görülmüştür. Bununla birlikte her üç araçla yapılan soyma işleminde hazırlık ve bekleme süreleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmamasından dolayı, bu iş dilimlerine ait süreler, üç aracın iş verimlerinin karşılaştırılmasında dikkate alınmamıştır.

Çizelge 4. Kabuk soyma araçlarının çalışma zamanları ile bazı değişkenlerin ilişkisi

Değişkenler	Araçlar	Hazırlık	Soyma	Çevirme	Bekleme	Temel	Toplam
Tomruk hacmi (m ³)	Balta	0.000	0.919**	0.131	-0.295	0.918**	0.879**
	Motosoyar	0.012	0.808**	0.112	0.489**	0.803**	0.708**
	Motorlu Testere	-0.012	0.916**	0.689**	0.426**	0.909**	0.786**
Kabuk alanı (m ²)	Balta	0.026	0.819**	0.136	-0.256	0.820**	0.792**
	Motosoyar	0.006	0.845**	0.072	0.478**	0.831**	0.723**
	Motorlu Testere	-0.034	0.869**	0.575**	0.340**	0.828**	0.692**
Kabuk hacmi (m ³)	Balta	-0.015	0.833**	0.284	-0.126	0.850**	0.834**
	Motosoyar	0.230*	0.759**	0.181	0.462**	0.768**	0.790**
	Motorlu Testere	0.143	0.906**	0.529**	0.418**	0.831**	0.759**
Çap (cm)	Balta	0.033	0.913**	0.092	-0.272	0.907**	0.879**
	Motosoyar	0.050	0.698**	0.190	0.474**	0.711**	0.658**
	Motorlu Testere	0.040	0.907**	0.576**	0.367**	0.853**	0.733**

**p=0.01 düzeyinde anlamlı bir korelasyon, *p=0.05 düzeyinde anlamlı bir korelasyon

3. Bulgular

3.1. Çalışma zamanları ve iş verimleri

İş dilimleri ölçeğinde balta, motorlu testere ve motosoyarın kabuk soyma işinde, tomruk başına tükettikleri süre Çizelge 5'te özetlenmiştir.

Kızılçam tomruklarının kabuklarının balta ile soyulmasında tüketilen her bir iş çevrimi (tomruk) başına temel süre (soyma ana faaliyeti ile çevirme yan faaliyeti için) ortalama 408.73 sn' dir. Bu süre, toplam faaliyet süresinin (458.43 sn) % 89'unu oluşturmaktadır. Birim miktardaki tomruğun kabuğunun soyulması için tüketilen temel süre ise ortalama 3225.06 sn/m³ olarak hesaplanmıştır. Kabuk soyma aparatı montajlanmış motorlu testere ile ortalama 27.64 cm orta çap, 3.1 m boy ve 1.48 cm kabuk kalınlığına sahip bir kızılçam tomruğu kabuğunun 178.8 sn'lik temel sürede soyulabileceği belirlenmiştir (Çizelge 5). Hazırlık ve bekleme sürelerinin de eklenmesiyle elde edilen toplam sürenin (228.04 sn), %79'u soyma ile çevirme iş dilimlerine harcanmıştır. Tomruk kabuklarının soyulmasında motorlu testere kullanılarak iş çevrimi başına elde edilen veriye göre; birim miktardaki tomruğun soyulması için harcanan temel süre, ortalama 1041.74 sn/m³ olarak belirlenmiştir. Motorlu çalı tırpanına montajlı kabuk soyma aparatı (motosoyar) ile tomruk başına ortalama soyma temel süresinin 194.35 sn. olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5). Motosoyar ile ortalama 25.72 cm orta çap, 3.1 m boy ve 1.55 cm kabuk kalınlığına sahip bir kızılçam tomruğu kabuğunun, hazırlık ve bekleme sürelerinin de eklenmesiyle elde edilen toplam süresi ortalama 240.34 sn olup bu sürenin %81'inin soyma ve çevirme iş dilimlerinde tüketildiği belirlenmiştir. Birim miktar hacme sahip tomruk için harcanan temel süre ise ortalama 1295.62 sn/m³dür.

Üç kabuk soyma aracına ait soyma ana faaliyet süresi, temel (soyma+çevirme) faaliyet süresi ve toplam (temel+hazırlık+bekleme) faaliyet sürelerinin her biri için ortalama iş verimlerinin; tomruk hacmi, soyma alanı ve kabuk hacmine göre hesaplanan değerleri Çizelge 6'da özetlenmiştir.

Balta ile kabuk soymada, temel zaman ölçeğinde 1 metreküp tomruk başına iş veriminin ortalama 1.248 m³/sa olduğu belirlenmiştir. İş dilimleri ve hesaplanan değişkenler bağlamında gerek tomruk hacmi gerekse soyma alanına göre, en yüksek iş verim değeri (1.339 m³/sa) soyma (ana faaliyet) süreleri ölçeğinde elde edilmiştir. Ancak ana faaliyetin gerçekleşmesine, yan faaliyet olan çevirme zamanı da eklendiğinde (temel zaman) iş veriminin (1.248 m³/sa)

azaldığı görülmüştür. Hazırlık ve bekleme sürelerine bağlı olarak ortaya çıkan toplam zamana endekli iş verimi de en düşük değerde (1.116 m³/sa) gerçekleşmiştir. Motorlu testere ile 1 m³ hacme sahip kızılçam tomruğunun kabuğunun soyulmasında temel zamana dayalı iş verimi ortalama 3.94 m³/sa olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 6). Ancak saf soyma zamanına endekli iş veriminin (4.98 m³/sa) daha yüksek olduğu buna karşılık da ek faaliyet zamanlarının eklendiği toplam zamana endekli iş veriminin de (3.291 m³/sa) nispeten düşük olduğu ortaya çıkmıştır. Tomrukların soyulacak yüzeylerinin çevrilmesi için geçen sürenin artması, iş verimini yaklaşık 1 m³/sa kadar düşürmüştür. Temel çalışma süreleri dikkate alındığında tomruk hacmi ölçeğinde, motosoyarla ortalama iş veriminin 3.06 m³/sa olduğu belirlenmiştir (Çizelge 6). Tomruk hacmine ve soyma zamanına endekli iş veriminin temel zamandaki iş veriminden daha yüksek olması, çevirme faaliyetinin 0.33 m³/sa'lık verim düşüşüne neden olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte temel zaman ölçeğinde; soyma alanına göre ortalama iş verimi 47.47 m²/sa, kabuk hacmine göre ortalama iş verimi ise 0.728 m³/sa bulunmuştur.

3.2. İş verimlerinin karşılaştırılması

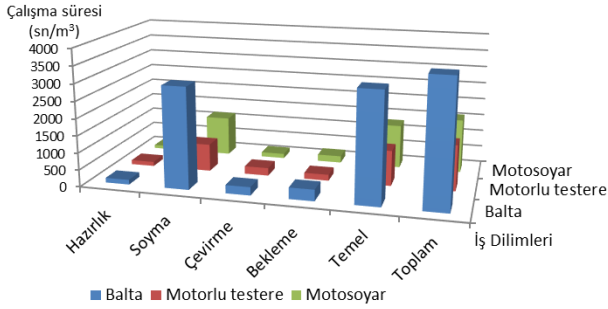
Motosoyarla kabuk soyma sürecinde, 1 m³ hacme sahip bir tomruğun kabuğunun soyulması için tüketilen hem temel süre hem de toplam çalışma süresi motorlu testereden yüksek, baltadan düşük bulunmuştur (Şekil 9). Motosoyarla çalışmada, operatörün henüz yeterli düzeyde tecrübe kazanamamış olması, motorlu testereye nazaran aynı kütleye sahip tomruğun daha uzun sürede soyulmasına neden olmuştur. Bununla birlikte saf soyma (ana) faaliyet sürelerine bakıldığında, motosoyarın çalışma süresinin nispeten daha uzun olduğu gözlemlenirken; çevirme (yan) faaliyetinin motosoyarda daha kısa sürede gerçekleşmesinden dolayı, temel süreler arasındaki fark kısmen azalmıştır.

Çizelge 5. Kabuk soyma araç-gereçlerinin çalışma zamanları

Araç-gereçler	Balta		Motorlu Testere		Motosoyar	
	sn	%	sn	%	sn	%
İş dilimleri						
Hazırlık zamanı	16.60	4	16.99	7	14.72	6
Soyma zamanı	381.93	83	138.86	61	175.62	73
Çevirme zamanı	26.80	6	39.94	18	18.73	8
Bekleme zamanı	33.10	7	32.26	14	31.27	13
Toplam zaman	458.43	100	228.04	100	240.34	100

Çizelge 6. Kabuk soyma araç-gereçlerinin farklı iş dilimi ve değişkenlere göre ortalama iş verimleri

Değişkenler	Ortalama iş verimi									
	Tomruk Hacmine göre (m ³ /sa)			Soyma alanına göre (m ² /sa)			Kabuk hacmine göre (m ³ /sa)			
	Zaman bileşenleri	Soyma zamanı	temel zaman	toplam zaman	soyma zamanı	Temel zaman	Toplam zaman	Soyma zamanı	Temel zaman	Toplam zaman
Araç-gereçler										
Balta	1.339	1.248	1.116	22.361	20.758	18.373	0.326	0.302	0.269	
Motorlu testere	4.979	3.949	3.291	73.784	58.279	48.306	1.012	0.812	0.663	
Motosoyar	3.398	3.061	2.521	52.843	47.472	39.186	0.808	0.728	0.588	



Şekil 9. Kabuk soyma araçlarının 1 m³ tomruk için iş dilimi ölçüğünde ortalama sürelerinin karşılaştırmalı dağılımı

Ek (destekleyici) faaliyet sürelerini oluşturan hazırlık ve bekleme (iş akışı gereği ortaya çıkan gecikme) süreleri; her üç araç için de toplam faaliyet süresinin balta için %11'i, motorlu testere için %21'i ve motosoyar için %19'unu oluşturmaktadır. Motosoyarla çalışmada da hazırlık ve bekleme sürelerinin motorlu testereyle yapılan soyma faaliyetinden çok farklı olmadığı görülmektedir. Nitekim tek yönlü varyans analizinde de her üç aracın hazırlık ($F=0.94$; $p=0.910$) ve bekleme ($F=0.20$; $p=0.980$) süreleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Çevirme zamanları/süreleri incelendiğinde ise, balta ile kabuk soymada ortalama çevirme süresi (243.21 sn/m^3), motorlu testereye (229.83 sn/m^3) göre nispeten düşüktür. Ancak en düşük ortalama çevirme süresinin (134.34 sn/m^3) motosoyarla çalışmada olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, çevirme zamanları arasında; motorlu testere ile motosoyar arasında istatistiksel olarak ($p<0.05$ düzeyinde) anlamlı bir farklılığın olduğu ($F=9.469$; $p=0.00$) tek yönlü varyans analizi ve post-hoc (Games-Howell, Tamhane, Dunnett) testleri ile de belirlenmiştir. Yukarıda da değinildiği gibi motorlu testerede ve motosoyarda, aynı tip soyucu başlık (soyma aparatı) kullanılmasına rağmen güç kaynağının ve buna bağlı olarak da taşıma (sırtta, elde) şeklinin ve çalışma sisteminin farklı olması, çevirme sürelerinin de farklılaşmasına neden olmuştur.

Birim miktar tomruk hacmi veya soyma yüzey alanı ya da kabuk hacmi üzerinden yapılan iş verimi değerlendirmelerinde (Çizelge 6); hem soyma zamanı hem temel zaman hem de toplam zaman ölçüğünde en verimli aracın motorlu testere olduğu görülmektedir. Her üç aracın da iş verimleri hem iş dilimleri hem de tomruğun niteliklerine bağlı değişkenler açısından farklılık göstermektedir. Örneklem sayısının motorlu testere ve motosoyar için eşit olması ancak balta için eşit olmaması ve varyansların da eşit olmamasından dolayı yapılan logaritmik dönüşümler sonucunda; her üç aracın iş verimleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak da ($p<0.05$ düzeyinde) anlamlı olduğu bulunmuştur. Karşılaştırma sonrası testlerin tümünde de (post-hoc; Tukey, HSD, LSD, Bonferroni, Sidak, Scheffe, Dunnett, Games-Howell, Tamhane) balta, motorlu testere ve motosoyarın iş verimleri arasındaki farklılık anlamlı ($F=122.450$; $p=0.00$) bulunmuştur. Motosoyar (tomruk hacmine ve temel zaman endeksli iş verimine göre) baltadan 2.5 kat daha verimlidir. Motorlu testerenin ise temel zaman ölçüğünde motosoyardan, tomruk hacmine göre 1.3 kat; soyma alanına göre 1.2 kat ve kabuk hacmine göre de 1.1 kat daha verimli olduğu belirlenmiştir.

Motorlu testere ve motosoyarla gerçekleştirilen kabuk soyma işlerinde tomruk çaplarının birbirlerinden farklı olduğu görülmesine karşın bunun istatistiksel olarak anlamlı

olmadığı da tespit edilmiştir. Bununla birlikte, her üç araçla yapılan kabuk soyma işlemlerinde, çaplar sınıflandırılarak yapılan değerlendirmelerde; tomruk orta çapının (1) 20 cm'nin altı; (2) 21-30 cm arası ve (3) 31 cm'nin üstü olmak üzere 3 sınıfa ilişkin soyma (ana faaliyet) süreleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($F=20.796$; $p<0.01$). Her 3 çap sınıfının da soyma süreleri birbirinden farklıdır ve post-hoc testlerle de (Tamhane, Dunnett, Games-Howell) çap sınıfları arasında soyma zamanı bakımından ($p<0.05$ düzeyinde) anlamlı farklılık bulunmuştur. Bu durum (bu araştırmadaki sınıflandırmaya göre) ince, orta ve kalın çaplı tomrukların soyma süresinin her üç araç açısından da farklılık gösterdiğini; ince tomruklar için daha kısa soyma zamanı tüketilirken kalın çaplı tomruklarda soyma süresinin uzadığı belirlenmiştir. Çevirme süresinin soyma ana faaliyet süresine eklenmesiyle hesaplanan temel sürenin de (araç ayırt edilmeksizin) 3 çap sınıfında birbirinden istatistiksel olarak anlamlı ($F=26.026$; $p=0.00$) farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Karşılaştırmaların iyi değerlendirilebilmesi için tomruk hacmi ve temel süreye bağlı iş verimleri kullanılarak her 3 çap sınıfı için yapılan kıyaslamada ince, orta ve kalın çaplı tomruklarda iş veriminin istatistiksel olarak anlamlı ($F=63.887$; $p=0.00$) farklar gösterdiği tespit edilmiştir. Post-hoc testlerle de iş verimlerinin çap sınıflarına göre farklılık gösterdiği, inceden kalın çapa doğru gidildikçe iş veriminin her üç araç için de arttığı belirlenmiştir (Çizelge 7). Her üç aracın kendi içinde, çap sınıflarına göre iş verimi farklılıklarının istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Çap sınıflarının oluşturulmasında; frekansların eşit olmaması ve çapların varyanslarının eşit ve homojen olmaması durumu dikkate alınarak toplam çap ortalamasının 25 cm kabul edilmesiyle, çap sınıfı ikili ölçüğe göre de ayrıca ayarlandığında (25 cm'nin altındakiler (1) ve 25 cm ile üzerindeki (2)) Çizelge 8'deki bulgular elde edilmiştir. Buna göre; hem 1. çap sınıfında hem de 2. çap sınıfında balta, motorlu testere ve motosoyarın iş verimi değerleri istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermiştir. Aynı araç açısından, çap sınıfına bağlı iş verimlerinin de arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Motorlu testere ve motosoyarın hem ince çaplı hem de kalın çaplı tomrukların soyulmasında; baltaya göre daha verimli oldukları, motorlu testerenin de her türlü tomruk çapı ölçüğünde motosoyardan daha verimli çalıştırıldığı belirlenmiştir. Ancak ince çaplı materyallerin soyulmasında motosoyar, motorlu testereden %16.3 daha düşük verime sahipken; kalın (25 cm'nin üzeri çapa sahip) çaplı tomruklar için motosoyarın verimi %27.6 daha düşük bulunmuştur.

Çizelge 7. Araç türüne ve çap sınıflarına (3'lü ölçek) göre iş verimlerinin karşılaştırılması

	Çap sınıfı	Balta	Motosoyar	Motorlu testere
İş verimi (m ³ /sa)	1 (<20 cm)	0.8831	1.9767	2.4937
	2(21-30 cm)	1.4416	3.1313	3.9755
	3(30 cm<-)	1.6498	4.0274	5.1435

Çizelge 8. Araç türüne ve çap sınıflarına (2'li ölçek) göre iş verimlerinin karşılaştırılması

	Çap sınıfı	Balta	Motosoyar	Motorlu testere
İş verimi (m ³ /sa)	1 (<25 cm)	0.975	2.284	2.729
	2 (25 cm≤-)	1.719	3.578	4.883

3.3. Kabuk Soyma Kalitesi ve Karşılaştırılması

Tomruk yüzeyinde kalan kabuk miktarına bağlı olarak yapılan kabuk soyma kalitesine ilişkin ölçme sonuçlarında, balta ile tomruk yüzeyindeki kabukların ortalama %98' inden fazlası (kalan kabuk oranı %1.65) soyulabilmiştir. Motorlu testere kullanıldığında, tomruk yüzeyinde kalan kabuk miktarı ortalama %2.73; motosoyarla soymada ise bu oran %3.42 bulunmuştur. Her üç araçla yapılan soyma işlemlerinde kabuğun %96'sından fazlası soyulabilmiştir. Üç araç arasında kabuk soyma kalitesi açısından ortaya çıkan farklılığın istatistiksel olarak anlamlı bir yapıda olduğu ANOVA testiyle belirlenmiştir ($F=45.186$; $p=0.00$). Yapılan post-hoc (Tukey, Dunnet, Duncan, vd.) testleriyle de her üç aracın kendi aralarında da soyma kalitesi açısından anlamlı farklılığın olduğu belirlenmiştir.

Her bir aracın soyma kalitesi, kendi içinde hem ikili hem de üçlü çap sınıflandırmasına göre ayrı ayrı incelenmiştir. İnce ve kalın çap sınıfı olmak üzere yapılan ikili sınıflandırmaya göre; balta ile kabuk soymada ince ve kalın tomrukların soyulmasında kalite açısından anlamlı bir fark olduğu ($F=8.490$; $p=0.007$) belirlenmiştir. İnce çaplı tomrukların baltayla soyulmasında, kalan kabuk miktarının orta ve kalın çaplı tomruklara göre nispeten daha yüksek olduğu görülmüştür. Motosoyarlı işlemde de ince ve kalın çaplı tomrukların soyulmasında soyma kalitesi açısından anlamlı bir farklılık ($F=5.783$, $p=0.018$) olduğu ortaya çıkmıştır. Motosoyarla ince çaplı tomrukların soyulmasında, kalan kabuk miktarı kalın çaplılardan daha düşük çıkmıştır. Motorlu testere ile ince ve kalın çap sınıfında soyma kalitesi bakımından istatistiksel olarak anlamlı ($F=1.250$, $p=0.267$) bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir.

Üçlü çap sınıflamasına (Çizelge 9) göre balta ile kabuk soymada, tomruk yüzeyinde kalan kabuk oranına ilişkin; ince, orta ve kalın çaplı tomruklardaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı ($F=1.187$; $p=0.321$) olmadığı belirlenmiştir. Motosoyarla yapılan işlemlerin değerlendirilmesinde; ince (1.) çap sınıfı ile orta (2.) ($p=0,017$) ve kalın (3.) ($p=0.06$) çap sınıfları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir (post-hoc testleriyle) farklılık bulunurken; orta ve kalın çap sınıfı arasında soyma kalitesi açısından oluşan farklılığın anlamlı olmadığı belirlenmiştir. İnce, orta ve kalın çaplılardaki tomrukların kabuklarının motorlu testere ile soyulmasında kalan kabuk yüzdesi cinsinden soyma kalitesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ($F=0.860$, $p=0.427$) bulunmamıştır.

Üçlü çap sınıflandırması üzerinden soyma araçları karşılaştırıldığında; orta ve kalın çaplı tomruklarda kalan kabuk yüzdesinin göreceli olarak birbirinden farklı olduğu bulunmuştur. Ancak ince çaplı tomrukların üç araçla soyulmasıyla elde edilen kalite değerlerinin birbirine yakın olması durumu dikkate alınarak yapılan ANOVA analizinde; balta ile motorlu testere ve motosoyar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu; motosoyar ve motorlu testere arasındaki farkın ise anlamlı olmadığı post-hoc testleriyle de ortaya konulmuştur.

Çizelge 9. Araç türüne ve çap sınıflarına (3'lü skala) göre soyma karşılaştırılması

Soyma kalitesi	Çap sınıfı	Balta	Motosoyar	Motorlu testere
Kabuk miktarı %	1	1.81	2.75	2.57
	2	1.65	3.54	2.80
	3	1.42	3.82	2.78

4. Tartışma

Şefik (2019) tarafından geliştirilen motosoyar ile tomruk kabuklarının meşcere içinde soyulmasında teknik ve ergonomik eksenli önemli faydalar sağlanabileceği belirtilmiştir. Motosoyar, operatöre belini bükmeden ve kıvrımadan ayakta dik pozisyondayken kabuk soyma işlemini gerçekleştirme fırsatı sunmasından dolayı gelecekte kullanılması muhtemel araçlar kategorisinde gösterilmektedir (Eker ve Şefik, 2019). Ancak motosoyarın ormancılıkta üretim operasyonları sırasındaki uygulama potansiyelinin belirlenmesi; operatörlere tanıtılması ve tutundurulması için öncelikle iş verimi açısından üstünlüklerinin bilinmesi gerekli olduğundan bu çalışmanın yapılmasını isabetli hale getirmiştir.

Odun hammaddesi üretiminde, kabuk soymayı konu edinen çalışmaların çoğunluğu, genellikle iş verimi odaklıdır. Ancak kabuk soyma kalitesinin söz edildiği çalışmalar da azımsanmayacak niceliktedir (Baroth, 2005; Gagnon vd., 2013; Pasztory vd., 2016; Heppelman vd. 2019; Murphy, 2020; Chahal vd., 2021; Nemestothy ve Grabner, 2021). Ülkemizde yapılan diğer çalışmalardan (Şefik, 2019; Eker ve Şefik, 2019) farklı olarak bu çalışmada; balta, motorlu testere ve motosoyarın soyma kalitesi üzerindeki etkileri de incelenebilmiş ve bu yönde bir yöntem geliştirilerek öncül bilgiler elde edilebilmiştir. Bu çalışmada, kabuk soyma kalitesi; tomruk yüzeyinde kalan kabuk miktarının ölçülüp toplam kabuk yüzeyi alanına oranlanmasıyla belirlenmiştir. Literatürde de (Laganieri ve Hernandez, 2005; Ding vd., 2012; McEwan vd., 2017, Kharrat vd., 2020; Nemestothy ve Grabner, 2021) gözleme (görsel olarak yapılan analize) dayalı benzer yöntemlere rastlandığından, kabuk soyma kalitesine yönelik bu yöntemle, tutarlı sonuçlar elde edildiğini iddia etmek mümkündür.

Kabuk soyma operasyonlarında iş verimi; operatörün, soyucu araç-gerecin ve soyulacak ağacın/tomruğun niteliklerine, soyma zamanına, iklim özelliklerine, vb. birçok faktöre göre değişkenlik gösterebilir (Gürtan, 1969; Öman, 2000; Erdaş vd., 2014; Nemestothy ve Grabner, 2021). Bu faktörlerin tümünü dikkate alarak bir deneysel düzen geliştirmek oldukça zor olduğundan bu çalışmada diğer faktörler sabit kabul edilerek literatürdeki bazı çalışmalarda da (Eker ve Özer, 2015) olduğu gibi tecrübeli tek bir operatörle çalışılmıştır.

Zaman etütlerinde, 3 farklı soyma teknolojisinin karşılaştırılabilmesi için her bir iş çevriminde iş dilimi başına elementel sürenin (Björheden, 1991) ölçülmesi ve buna bağlı olarak da değerlendirmelerde temel sürenin (verimli makine çalışma zamanının) esas alınması yöntemi, literatürdeki çalışmalarla uyumludur (Harstela, 1991; Eker vd., 2011; Magagnotti ve Spinelli, 2012). İş çevriminin tamamlanması için soyma ana faaliyeti yanında yan faaliyet olarak çevirme işinin de yapılması gerektiğinden, iş veriminin ana ve yan faaliyeti içeren temel (faaliyet) süresi üzerinden değerlendirilmesi önceki çalışmalarda (Eker vd., 2011; Eker ve Şefik, 2019) olduğu gibi daha tutarlı bulunmuştur. Nitekim, her üç kabuk soyma eyleminde çevirme süreleri birbirinden farklı olup kullanılan araca özgün değişiklikler söz konusudur. Ancak tomruk başına elde edilen temel sürelerin 1 m³ tomruk için harcanacak (standart) süreye dönüştürülmesinde; operatörün bir tomruktan diğerine geçişi, işe bağlı bekleme ve diğer ek faaliyetlerden dolayı yaşanan zaman tüketimine bağlı olarak (toplam paylardan dolayı)

(Yıldırım, 1989; Kanawaty, 1997), iş için harcanan verimli çalışma süresi ve toplam işyeri süresi artacaktır.

Bununla birlikte yan faaliyet olan çevirme süresi, motorlu testereyle soymada, çevirme eylemi için aracın elden bırakılması gerektiğinden en yüksek değerdedir (temel sürenin %22,3'ü). Motosoyarda ise, shaft kolu yere bırakılarak çevirme (temel sürenin %9,7'si) işlemi gerçekleştirildiğinden; motosoyarın kabuk soymak için motorlu testereye göre motor çalışma zamanı ölçeğinde, daha etkin kullanılabildiğini söylemek mümkündür. Operatörün soyucu uca gücün aktarıldığı shaftın (kolun), bir tutucu ile bedene tutturulması neticesinde çevirme işleminin daha efektif olabileceğini ifade etmesi, motosoyarla çevirme süresinin iyileştirilebileceğini de işaret etmektedir. Öte yandan uzun shaft kolu sayesinde, tomruğun mevcut konumu ve pozisyonunda (henüz çevirme yapılmadan bir defada) daha çok yüzey alanı soyulabildiğinden, çevirme işlemi hem tek seferlik yapılmakta hem de diğer araçlara göre daha geç zamanda gerçekleştirilmektedir. Bu durum, çevirme süresinin kısa olmasını desteklemektedir.

Bu çalışma; motosoyarın kabuk soymadaki iş veriminin motorlu testere ve baltaya yakın değerler göstermesi halinde, motosoyarın uygulama potansiyelinin desteklenebileceği kabulüne dayanmaktadır. Bu nedenle, balta ve motorlu testere ile elde edilen iş verimlerinin, motosoyarla karşılaştırılabilir düzeyde olup olmadığı önem arz etmektedir. Literatürde balta ile yapılan kabuk soyma işlerinde verim; 0,63-2,90 m³/sa dağılım göstermekte olup (Gürtan, 1969; Çoban, 1975; İler vd., 1986; Dingil, 1991; Eker, 2004; Önal 2012; Gülcü vd., 2017; Çağlar, 2021) bu çalışmadaki (0,88-1,71 m³/sa) verim değerleriyle örtüşmektedir. Motorlu testere ile kabuk soymada bu çalışmada elde edilen iş verimi (2,49-5,15 m³/sa) etkili faktörlerin farklılıklarına karşın önceki çalışmalarda rastlanılan 0,95-5,13 m³/sa aralığındaki iş verimi değerleri (Eker, 2004; Eker vd., 2011; Gülcü vd., 2017) ile benzerlik göstermektedir. Motosoyar ilk imal edildiğinde kızılçam tomrukları üzerinde yapılan denemelerde verimin 2,83 m³/sa olduğunu belirtmiştir (Şefik, 2019). Bu çalışmada ise motosoyarla yapılan kabuk soyma operasyonlarındaki iş verimi 1,97-4,02 m³/sa olup önceki çalışma ile uyumludur. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların hem kendi içinde hem de literatürle uyumlu olması, bu değerlerin karşılaştırılabilir nitelikte olduğunu işaret etmektedir. Nihayetinde bu verim değerlerinden yararlanılarak motosoyarın, motorlu testere ve balta ile karşılaştırılarak bir yargıya varılması isabetli bulunmuştur.

Motorlu testere; tomruk hacmine, soyma alanına ve kabuk hacmine göre tüm iş dilimleri (soyma zamanı, temel zaman ve toplam zaman) ölçeğinde motosoyardan ve baltadan daha verimli bulunmuştur. Tüm iş dilimlerine (çevirme zamanı hariç) ve tomruk niteliklerine göre yapılan karşılaştırmalarda motorlu testerenin, motosoyardan daha üstün verime sahip olmasını; operatörün motorlu testere ile çalışmada tecrübe kazanmış olmasına, motosoyarın ilk defa kullanılıyor olmasına ve bazı yapısal iyileştirmeler gerektirmesine bağlamak mümkündür. Öte yandan motorlu testere ve motosoyarın altlık makinesini oluşturan çalı tırpanının motor gücü başına iş verimleri oranlandığında; halihazır marka ve modeldeki çalı tırpanının (ortalama değerler üzerinden) güç/verim oranı 0,621 hp/m³-sa iken motorlu testerenin oranının 1,114 hp/m³-sa olduğu görülmektedir. Saatlik ölçekte, birim miktar kabuk soyma için harcanan gücün motosoyarda daha düşük olduğu; yani

güç miktarı (beygir gücü) başına elde edilen verimin motosoyarda daha yüksek olduğu görülmektedir. Motorlu çalı tırpanının motor gücünün artırılmasıyla veriminin artacağını da iddia etmek mümkündür. Bu durumda, motosoyarın, özellikle meşcere içindeki kabuk soyma operasyonlarında kullanılabilme potansiyeline sahip olduğu anlaşılabilmektedir. Bununla birlikte, bu çalışmadaki araştırma deseni ve materyalle elde edilen bulgulara göre, kabuğu soyulacak tomrukların çapı arttıkça (kabuk kalınlığı da arttıkça (Özçelik vd., 2011)) motorlu testerenin iş verimi de motosoyara göre daha da artmaktadır. Ancak motosoyarın veriminin, motorlu testere kadar yüksek olmasa da yakın değerlere sahip olması ve baltadan ortalama 2,5 kat daha yüksek olması, bu aracın kabuk soyma işlerinde, her çap kademesi için yaygınlaştırılabilir ölçekte kullanılabilir olduğunu ve uygulama potansiyeline sahip olduğunu işaret etmektedir.

Bu çalışmada balta, motorlu testere ve motosoyar kullanılarak yapılan kabuk soyma operasyonlarında, tomruk gövdesinde kalan kabuk miktarı; kabuk soyma kalitesini temsil etmiştir ve her üç araç da tomrukların kabuğunun %96'dan fazlasını soyabilmiştir. Çünkü makinelerle yapılan kabuk soyma operasyonlarında ağaç/tomruk gövdesindeki kabuğun %97'sinden fazlasının soyulabildiğinden (Franklin, 1992; Gingras, 1992; Hartsough vd., 2000; Stokes ve Watson, 1991) bahsedilmiştir. Kabuk soyma makineleriyle, odun lifi kaybını azaltmak için genellikle kalan kabuk miktarının %0 olması hedeflenmesine rağmen, çeşitli makine tipleri ve proseslerle, %0,2 ila %2,0 arasında değişen oranlarda, kalıntı kabuk hedefine ulaşılabildiği belirtilmektedir (Murphy, 2020). Bazı çalışmalarda, yuvarlak odunda, büyüme mevsiminde %1 ve kışın %1,5'lik bir maksimum kabuk kalıntısı hedefinden bahsedilmektedir (Gagnon vd., 2013). McEwan vd. (2017), gövdede kalan kabuk içeriği %0,5'ten daha az ise iyi; gövdede şartlar halindeki kalıntı içeriği %1'den daha az ise orta; ağacın gövdesinde bölümler halinde kabuğu soyulmamış alan içeriği %1'den fazla ise kötü olarak sınıflandırmıştır. Kütük ihracatına ilişkin biyogüvenlik kuralları çerçevesinde ise, tek bir tomruk üzerinde %5'ten fazla kabuk bulunmaması esas alınmaktadır (Murphy, 2020). Bu çalışmada üç aracın soyma kalitesi değerleri %1,42-3,82 arasında dağılım göstermiştir. Dolayısıyla, motor-manuel teknikler kullanılarak elde edilen kabuk kalıntısı oranının soyma kalitesi (soyulan yüzeyin temiz bulunma hali) açısından kabul edilebilir olduğuna işaret etmektedir.

Araçlar birbirleriyle kıyaslandığında ise tomruktaki kalan kabuk miktarının en düşük olduğu araç balta olup onu sırasıyla motorlu testere ve motosoyar izlemektedir. Hem geleneksel bir araç olması hem de soyma tekniğinden dolayı, balta; soyma kalitesi açısından daha uygun bir araç olarak görülmektedir. Motorlu testere ile soymada da operatörlerin yaklaşık 20 yıldır bu teknolojiye hâkim olmalarından kaynaklı bir üstünlük olduğu söylenebilir. Ancak motosoyarın halihazır tasarımı (tomruk yüzeyine bastırılarak kabuk yontması için uygulanacak kuvvetin iletilmesindeki güçlük) gereği ve tecrübesizliğe bağlı etmenlerden dolayı motosoyarın soyma kalite yüzdeliği daha düşüktür. Motosoyarın oluşturulmasında kullanılan kabuk soyma aparatının motorlu testereye monte edilen ile aynı olması; motosoyarda yapılacak yapısal iyileştirmelerle ve operatörün tecrübe kazanmasıyla kabuk soyma kalitesinde motorlu testere oranlarının yakalanabileceğini göstermektedir. Kabuk soyma kalitesi açısından araçlar çap sınıflandırmasına göre

değerlendirildiğinde; balta ile ince çaplı tomrukların soyulmasında kalan kabuk miktarı yüksek oranda iken; motosoyarla yapılan soyma işleminde kalan kabuk miktarı daha düşüktür. Soyucu bıçak yüzeylerinin, ince tomrukların yüzeyinde oluşturduğu temas alanının daralmasına bağlı olarak böyle bir farklılığın oluştuğunu söylemek mümkündür. Motorlu testerede de ince çaplı tomruklarda kalan kabuk miktarı, kalın çaplara göre nispeten düşüktür.

5. Sonuç ve öneriler

Daha önceki araştırmalarda geliştirilen prototip nitelikteki motosoyarın, kabuk soyma işlemindeki etkinliğini ve soyma kalitesini ölçerek geliştirilebilir bir kullanım/uygulama potansiyeline sahip olup olmadığını belirlemek amacıyla bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Oduna dayalı orman ürünleri üretiminde iş gücü, enerji ve zaman açısından en fazla tüketimin olduğu kabuk soyma operasyonları; motosoyar, balta ve motorlu testere ile aynı ortam, aynı operatör, aynı zaman dilimi ve hatta (bazı tomruklar açısından) aynı ağaç üzerinden incelenmiş, zaman etütleri yapılmış, tomrukta kalan kabuk miktarı da belirlenebilmiştir. Tomrukların bulunduğu arazi yapısı, tomrukların edinildiği ağaçların kesim zamanı, tomrukların-kabukların nem içeriği, dal ve budak oranı gibi bazı bağımsız değişkenlerin etkisi göz ardı edildiğinde; tomruk kabuklarının soyulması işinde, birim tomruk hacmine ve temel süreye bağlı en yüksek verim (kabuk soyma aparatı monte edilmiş) motorlu testere (3.95 m³/sa) ile elde edilmektedir. Motorlu testereyle, motosoyardan 1.3 kat; baltadan 3.2 kat daha yüksek verimle kabuk soyulabilmektedir. Tomruk yüzey alanı ve kabuk miktarı (hacmi) dikkate alındığında da motorlu testere, kabuk soymada diğer iki araca göre daha üstündür. Ancak motosoyarın geliştirilebilir yönlerinin olması, operatörlerce yeterince tecrübe edinilmemiş olması, güç kaynağının artırılabilir olması gibi nitelikleri dikkate alındığında; halihazır durumuyla dahi kabuk soymada kullanılabilir bir araçtır ve geleneksel olarak kullanılan baltaya göre 2.5 kat daha verimlidir. İyileştirmelerle, motosoyarın veriminin motorlu testere verimine yaklaştırılabileceği hatta daha verimli hale getirileceğini iddia etmek mümkündür. Gelecekte, bunu test etmek amaçlı deneysel ve karşılaştırmalı çalışmalar yapılabilir.

Kabuğu soyulan tomruklarda, tomruk yüzeyinde kalan kabuk miktarı çoğu zaman orman idareleri ve müşteriler için sorun oluşturmazken bazen ihale usulüyle yapılan satışlarda (özellikle müşterinin kabuklara ve işyerinde kabuk soyma mekanizmalarına sahip olmaması durumunda) tomruk niteliğinin değerini düşürebileceği bilinmektedir. Tomruk yüzeyinde kalan kabuk miktarını, kabuk soyma kalitesi olarak değerlendirmek ve soyucu araçların performansını bu ölçüde göre karşılaştırmak da mümkündür. Buna göre de balta diğer iki araca göre daha kaliteli kabuk soyabilmektedir. Kalite yönünden kabuk soyma çalışmalarında motorlu testere, motosoyardan daha üstündür. Makinelere aynı marka ve modelde kabuk soyma ekipmanı monte edilmesine ve aynı operatör tarafından kullanılmasına rağmen motosoyarın yapısal formu ve ilk defa kullanılıyor olması, bu farklılığın nedeni olarak görülmüştür.

Teknik (iş verimi ve kabuk soyma kalitesi) açıdan motosoyar, halihazır durumuyla kabuk soyma operasyonları için uygulama potansiyeline sahiptir. Motosoyarla kabuğun soyulabiliyor olması (yapılabilirlik), çalışma zamanı/iş

verimi ve performans açısından operatörün yapılan işe dayanabiliyor olması, tüm donanımı itibarıyla operatör tarafından kabullenilebilir olması ve çalışana konfor sunarak iş sağlığı güvenliği sağlaması, motosoyarın ergonomik olduğunu göstermektedir. Ancak motosoyarın üzerinde birtakım iyileştirmelerin yapılması gerekmektedir. Bunlar;

- Daha güçlü motora sahip çalı tırpanı kullanılması,
- Soyma aparatına güç aktaran kolun kısaltılması (60-80 cm' e indirilmesi),
- Şaft ucuna monteli soyma aparatının bağlantı açısının soyma koluna paralel olacak şekilde düzenlenmesi,
- Kullanıma bağlı olarak kayışın uzamasından dolayı sürekli bir kayış ayar yerinin oluşturulması,
- Soyma işleminin tek operatörle yapılacağı durumlarda tomruğu çevirmek için yardım almaksızın çalışabilmesi için operatör bel kemeri bölgesine tutucu bir çengel ya da karabina kancasının eklenmesi, şeklinde sıralanabilir.

Açıklama

Bu makale, Prof. Dr. Mehmet EKER danışmanlığında, ISUBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nde, Eray ÖZTÜRK tarafından tamamlanan Yüksek Lisans tezinden yararlanılarak hazırlanmıştır. İlgilere teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Alkan, H., Eker, M., 2005. Orman kaynaklarından faydalanmanın sürdürülebilirliğine dar ölçekli bir bakış. Türk ormancılığında uluslararası süreçte acil eyleme dönüştürülmesi gereken konular, mevzuat ve yapılanmaya yansımaları. Orman Mühendisleri Odası Sempozyumu, 22-24 Aralık, Antalya, s. 423-437.
- Alkan, H., Korkmaz, M., Eker, M., 2010. Sürdürülebilir orman yönetiminde yaşanan gelişmeler, karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri: Isparta Orman Bölge Müdürlüğü örneği. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs, Artvin, s. 56-67.
- Baroth, R., 2005. Literature Review of the Latest Development of Wood Debarking. Control Engineering Laboratory Report A, No 27, University of Oulu, Finland.
- BASEH, 2022. Ağaç Kabuk Soyma Aparatları. Bahtiyar Motor Sanayi Ltd. Şti., İzmir. <http://www.baseh.com/v/category/106-kabuk-soyma-aparatlari.html> Erişim: 23.10.2022
- Björheden, R., 1991. Basic time concepts for international comparisons of time study reports. Journal of Forest Engineering, 2(2): 33-39.
- Carus, S., 2002. Bazı hacim formüllerinin seksiyon, gövde ve bağlı uzunluklara göre kıyaslanması. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 1: 101-114.
- Chahal, A., Ciolkosz, D., Puri, V., Jacobson, M., Liu, J., 2021. Mechanical characteristics of wood-bark interface of shrub willow. Industrial Crops and Products, 162: 1-7.
- Çağlar, S., 2021. Work efficiency and physical workload during the manual debarking of Scotch pine trees. International Journal of Forest Engineering, 32(3): 246-255.
- Çoban, C., 1975. Gökmar ve Çam Tomruklarının Uzun Boylu ve Kabuklu Olarak Hasadıyla Uygulanmakta Olan Yöntemin Ekonomik Yönden İrdelenmesi. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Serisi No:73, Gürsoy Basımevi, Ankara.
- Çoban, H.O., Eker, M., 2014. GIS based strategy on timber transportation system in mountainous forest regions. 5th Forest Engineering Conference (FEC) & 47th International Symposium on Forestry Mechanization (FORMEC), 23-26 September 2014, Gerardmer (France), pp.1-2.
- Ding, F., İbrahim, F., Gagne, P., 2012. MPC based ring debarking process optimization. 25th IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, 29 April 2012 - 02 May 2012, Montreal, QC, Canada, pp. 1-4.
- Dingil, S., 1991. Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) ve Sedir (*Cedrus libani* A. Richard) Ağaç Türlerinde Yapacak ve Yakacak Odun Elde Edilmesinde İş ve Zaman Analizleri. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No: 213, Ankara.

- Doğan, A., 2015. İş Etüdü Yöntem Bilgisi. Türkiye Cumhuriyeti Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Verimlilik Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Eker, M., Şefik, M., 2019. Developing and testing of a debarking tool (moto-debarker) mounted to brushcutter. *Turkish Journal of Forestry*, 20(4): 411-420.
- Eker, M., 2004. Ormancılıkta odun hammaddesi üretiminde operasyonel planlama modelinin geliştirilmesi. Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Eker, M., 2015. Asli Orman Ürünlerinin Üretim İşlerinde İş-Zaman Analizlerinin Yapılması ve Standart Zamanların Hesaplanması. Orman Genel Müdürlüğü Üretim İşlerinde İş-Zaman Analizleri Projesi, Proje No: 15.5601/2013-2015, Isparta.
- Eker, M., Çoban, H.O., Acar, H.H., 2011. Time study and productivity analysis of chainsaw mounted log debarker in southern pine forests of Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 6: 2146-2156.
- Eker, M., Çoban, H.O., Korkmaz, M., Alkan, H., Özçelik, R., Gürlevik, N., Acar, H.H., 2013. Ormancılıkta Hasat Artıklarının Tedarik Edilebilirliğinin Araştırılması. TÜBİTAK, Proje Sonuç Raporu, Proje No:1100435, Isparta.
- Eker, M., Özer, D., 2015. Selection of debarking technique for pine logs in cut-to-length harvesting method. *Proceedings of the 48th International FORMEC Symposium*, 4-8 October, Linz, Austria, pp. 123-128. ISBN:978-3-9000932-29-9.
- Erdaş, O., Acar, H.H., Eker, M., 2014. Orman Ürünleri Transport Teknikleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 233/39, Trabzon.
- Franklin, G., 1992. Flail Chipharvester Delimber-Debarker-Chipper: Productivity and Chip Quality in Hardwood. Technical Note TN-187, FERIC, Pointe Claire, PQ, Canada.
- Gagnon, R., Couturier J.P., Gagné, P., Ding, F., İbrahim, F., 2013. Method and System for Detecting the Quality of Debarking at the Surface of Awooden Log. United States Patent Application, Publication No: US 2013/0333805 A1, USA. <https://patentimages.storage.googleapis.com/e4/fd/f7/928d392bbbc/e44/US20130333805A1.pdf>, Accessed: 09.10.2022
- Geray, A.U., 1978. Ormancılıkta gerçek tarife bedeli ve bunun işletmenin entansitesini tayin hususunda bir kriter olarak kullanılması üzerine araştırmalar. *Istanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 25(2): 220-269.
- Gingras, J.F., 1992. Fibre Recovery Efficiency of Wood Harvesting Systems. Technical Note TN-186, FERIC, Pointe Claire, PQ, Canada.
- Gülci, N., Akay, A.E., Erdaş, O., 2017. Productivity assessment of alternative timber debarking methods. *Şumarski List*, 9(10): 469-476.
- Gürtan, H., 1969. Değişik Tipli Balta ve Kabuk Yontma Demirlerinin İş Verimleri. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No:38, Ankara.
- Hartsough, B., Spinelli, R., Pottle, S., Klepac, J., 2000. Fiber recovery with chain flail delimiting/debarking and chipping of hybrid poplar. *International Journal of Forest Engineering*, 11: 59-65.
- Harstela, P., 1991. Work studies in forestry. *Silva Carelica*, 18: 41.
- Hepplmann, J.B., Labelle, E.R., Wittkopf, S., Seeling, U., 2019. In-stand debarking with the use of modified harvesting heads: A potential solution for key challenges in European forestry. *European Journal of Forest Research*, 138(6): 1067-1081.
- Hopmans, P., Stewart, H.T.L., Flinn, D.W., 1993. Impacts of harvesting on nutrients in a eucalypt ecosystem in southeastern Australia. *Forest Ecology and Management*, 59(1-2): 29-51.
- IBM, 2022. Statistical Package for the Social Sciences Program. <https://www.ibm.com>, Accessed: 09.10.2022
- İlter, E., Çakır, M., Yüksel, S., 1986. Büyükdüz Araştırma Ormanı Serisinde Yapacak ve Yakacak Odun Üretiminden Satışına Değın Gerekli Tüm Süreçlere İlişkin İş Analizlerinin ve Bunlara Dayalı Birim Maliyetlerin Saptanması. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No:158, Ankara.
- Kanawaty, G., 1997. İş Etüdü. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Yayın No:29, Mert Matbaası, Ankara.
- Kharrat, W., Hernández, R. E., Cáceres, C. B., Blais, C., 2020. Ring debarking efficiency of frozen balsam fir logs is affected by the radial force but not by the log position on the stem. *Canadian Journal of Forest Research*, 50(12): 1323-1332.
- Laganière, B., Hernández, R.E., 2005. Effects of radial force and tip path overlap on the ring debarking efficiency of frozen balsam fir logs. *Forest Products Journal*, 55(3): 44-49.
- Magagnotti, N., Spinelli, R., 2012. Good Practice Guidelines For Biomass Production Studies. COST Action FP-0902, WG 2 Operations Research and Measurement Methodologies, CNR IVALSIA, Italy.
- McEwan, A., Brink, M., Spinelli, R., 2017. Factors affecting the productivity and work quality of chain flail delimiting and debarking. *Silva Fennica*, 51(2): 14.
- Murphy, G., 2020. In-Forest Debarking: A Review of The Literature. GE Murphy & Associates Ltd., New Zealand.
- Nemestothy, S., Grabner, M., 2021. Austrian logging: A historical account of the time of felling and debarking, and transportation practices. *International Journal of Wood Culture*, 1: 180-195.
- OGM, 2022. Ormancılık İstatistikleri 2021, Oduna Dayalı Orman Ürünleri. Orman Genel Müdürlüğü. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler> Erişim: 12.10.2022
- Öman, M., 2000. Influence of log characteristics on drum debarking of pulpwood. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 15(4): 455-463.
- Önal, Y.E., 2012. Odun hammaddesi üretim operasyonlarında kullanılan teknolojinin enerji tüketimi, emisyon ve gürültü etkilerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta.
- Özçelik, R., Eker, M., Alkan, H., 2011. Bir enerji kaynağı olarak orman biyokütlesinin tahmininde ülkemiz için alternatif yaklaşımlar. 2023'e Doğru I. Doğa ve Ormancılık Sempozyumu, 20-23 Kasım, Antalya, s. 185-197.
- Paszatory, Z., Mohácsiné, I. R., Gorbacheva, G., Börcsök, Z., 2016. The utilization of tree bark. *BioResources*, 11(3): 7859-7888.
- Rustad, L.E., Knoepp, J., Richter, D.D., Scott, D.A., 2020. Biogeochemical cycling in forest and rangeland soils of the United States. In: *Forest and Rangeland Soils of the United States Under Changing Conditions* (Ed: Pouyat, R., Page-Dumroese, D., Patel-Weynand, T., Geiser, L.), Springer, Cham. Pp. 51-73. https://doi.org/10.1007/978-3-030-45216-2_4
- Stokes, B., Watson, W., 1991. Wood recovery with in-woods flailing and chipping. *Tappi Journal*, 74: 109-113.
- Sun, O., Eren, E., Orpak, M., 1977. Temel Ağaç Türlerimizde Tek Ağaç ve Birim Alandaki Odun Çeşidi Oranlarının Saptanması. Proje Sonuç Raporu, Proje Numarası: TÜBİTAK TOAG-288, Ankara.
- Şefik, M., 2019. Motorlu trpana montajlı kabuk soyma aracının geliştirilmesi ve denenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta.
- Werkelin, J., Skrifvars, B.J., Hupa, M., 2005. Ash-forming elements in four Scandinavian wood species. *Biomass and Bioenergy*, 29(6): 451-466.
- Yan, T., Zhu, J., Yang, K., Yu, L., Zhang, J., 2017. Nutrient removal on the different harvesting scenarios for larch plantations in northeast China: Implications for nutrient conservation and management. *Forest Ecology and Management*, 400: 150-158.
- Yıldırım, M., 1989. Ormancılık İş Bilgisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Taş Matbaası, İstanbul.