

İki Farklı Testere Diş Profili Kullanımının Kereste Üretim Verimi Üzerine Etkileri

Effects of Using Two Different Saw Tooth Profiles on Lumber Production Efficiency

 Hızır Volkan Görgün¹,  Emel Öztürk^{1*}

Özet

Üretim sistemleri, insan, malzeme, enerji ve makineler kullanılarak gerçekleşen dönüşüm süreçleridir. Bu karmaşık sürece etki eden çok fazla parametreden özellikle arızaların, üretim akışı üzerindeki etkisi çok büyüktür. Üretimde mikro duruşlar sisteme performans kaybı olarak yansır; performans kayıpları görünür değildir ama etkisi fazladır. Özellikle talaşlı üretimin yapıldığı, üretimin geri dönüşsüz olduğu süreçlerde, bu değişkenler çok daha kritik rol oynamaktadır.

Bu çalışmada, tomruktan kereste üretim sürecinde bazı parametrelerin etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, tomruk biçmede kullanılan şerit testerede, iki farklı diş profili (KV – PU) kullanımı sonucu oluşan etkiler, kullanılabilirlik ve performans parametreleri ile hesaplanmıştır. Elde edilen verilere göre, PU diş profiline sahip testere kullanımı ile KV diş profili kullanımına oranla bir vardiyada 120 dakika daha fazla üretim yapılabileceği, %21,1'lik bir kapasite kullanım oranı artışıyla toplamda 11,32m³ hacminde 40 adet daha fazla tomruk biçilebileceği ve 840 TL, diğer bir deyişle, 1m³ tomruk alış fiyatının %28'i kadar, ilave kazanç sağlanabileceği tespit edilmiştir. Bununla birlikte testere bileme işlemi sıklığında ve testere değişimi sayısında azalma, dolayısıyla da makina hazırlık zamanlarında azalma söz konusu olmaktadır. Sonuç olarak, kereste endüstrisi gibi düşük teknoloji grubundaki ve/veya küçük ölçekli işletmelerde, süreçlerin sistematik olarak takip edilmesi ve teknik müdahaleler ile üretim sürecinin önemli oranda iyileştirilmesi mümkündür. Bu çalışma ile iki farklı testere diş profilinin kereste üretim verimi üzerine etkisi karşılaştırılmıştır. Yumuşak ağaç türlerinin şerit testelerle biçilmesinde, stellitli PU diş profiline sahip testere kullanılması verimi artırdığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tomruk biçme, Verim, Süreç iyileştirme, Kullanılabilirlik, Performans.

Abstract

Production systems are transformation processes that take place using people, materials, energy and machines. Among the many parameters that affect this complex process, especially malfunctions, have a great impact on the production flow. In production, micro stops are reflected in the system as a loss of performance; performance losses are not visible, but the effect is large. These variables play a much more critical role, especially in processes where irreversible machining (material removing) is done.

In this study, it is aimed to examine the effects of some parameters in the lumber production process from log. In this context, the effects resulting from the use of two different tooth profiles (KV - PU) on the band saw used in log sawing were calculated with the usability and performance parameters.

According to the data obtained, 120 more minutes of production can be made in one shift, 40 more logs in a total volume of 11.32m³ can be cut with a capacity utilization rate of 21,1% and thus an additional income of 840 TL, in other words, 28% of the purchase price of one cubic meter of logs, can be obtained with using saws with PU tooth profile (compared to KV). In addition, there will be a decrease in the frequency of saw sharpening and the number of saw changes, thus reducing machine.

As a result, in low-tech and/or small-scale enterprises such as the lumber industry, it is possible to monitor the processes systematically and to improve the production process significantly with technical interventions. In this study, the effect of two different saw tooth profiles on lumber production efficiency was compared. It was seen that the use of saws with PU tooth profile combining stellite in band saw machines increased efficiency in softwood processing.

Keywords: Log sawing, Efficiency, Process improvement, Utility, Performance.

1. Giriş

Orman ürünleri endüstrisinin ana hammaddesi olan ahşap, hem malzeme olarak hem de kaynak açısından diğer hammaddelere göre daha farklı ve özel bir öneme sahiptir. Doğal bir malzeme olması, mikroskobik ve makroskobik açıdan heterojen yapıya sahip olması, az sayıdaki sürdürülebilir birincil hammaddelerden biri olması gibi karakteristik özellikleri bulunmaktadır. Bununla birlikte, ekolojik açıdan önemi nedeniyle de, üzerinde çalışılması hassasiyet gerektiren bir malzemedir. Bu nedenle orman ürünleri endüstrisi, hem işletme hem de malzeme verimliliğinin yüksek olması gereken sektörlerden biridir.

Orman ürünleri endüstrisinin en temel üretim sınıfını oluşturan kereste (masif ahşap) endüstrisi, talaşlı imalat yapan bir endüstridir. Bazı yumuşak ağaçlardan ince tahtalar biçilmesi için, kama bıçaklarıyla talaş kaldırmayan sistemler de (örneğin rotasyon makinesi) kullanılabilir (Ünsal, 1987; Owen ve Hunter, 1993). Ancak bu yöntemler, ön işlem gerektirmesi, kusurlardan daha çok etkilenmesi, her ağaç türünde uygun sonuçlar alınamaması vb. sebeplerle pek tercih edilmemektedir. Talaşlı üretimde ise özellikle zaiyat (kayıp) oranları ön plana çıkmaktadır. Örs ve ark. (1991) tarafından kereste endüstrisi ile ilgili yapılan çalışmada; bu endüstride yapılan araştırmaların uygulamaya yeterince aktarılmamış olması ve çalışanların bilgi noksanlığı nedeniyle meydana gelen odun hammaddesi kaybının, en iyimser tahminle %20 olduğu ifade edilmiştir.

Kereste endüstrisi, Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiki Sınıflaması'na göre (NACE Rev.2) C kodlu "imalat" grubu başlığı altında, C 16.10- "Ağaçların biçilmesi ve planyalanması" olarak yer almaktadır (Eurostat, 2022). Türkiye'deki kereste endüstrisi, üretim teknolojisi açısından, orman ürünleri endüstrisi daha gelişmiş ülkelere (Almanya, Avusturya, İsveç, Kanada, ABD vb.) göre farklı bir yapıdadır. NACE sınıflandırmasının bir üst başlığı olan C 16- "Ağaç, ağaç ürünleri ve mantar ürünleri imalatı (mobilya hariç); saz, saman ve benzeri malzemelerden örülerek yapılan eşyaların imalatı", aynı zamanda teknoloji bakımından en alt sınıf olan "Düşük" grubunda yer almaktadır. Bu sınıflandırma uluslararası kapsamda aynı şekilde kullanılmasına karşın, gelişmiş ülkelerde kereste fabrikaları sayıca daha az ancak daha büyük kapasitelerde olup ve tam otomatik kontrol sistemleriyle yönetilen bir teknoloji kullanımı daha yaygındır. Türkiye'de ise kereste fabrikaları genel olarak, düşük kapasite ile çalışan ve düşük teknolojiye sahip, diğer üretim sektörlerine göre daha az mühendis ve teknik eleman istihdam eden bir yapıdadır. Örneğin Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) sanayi veri tabanına göre (TOBB, 2023a); C 16.10- NACE kodunda toplamda 1652 kayıtlı üretici ve

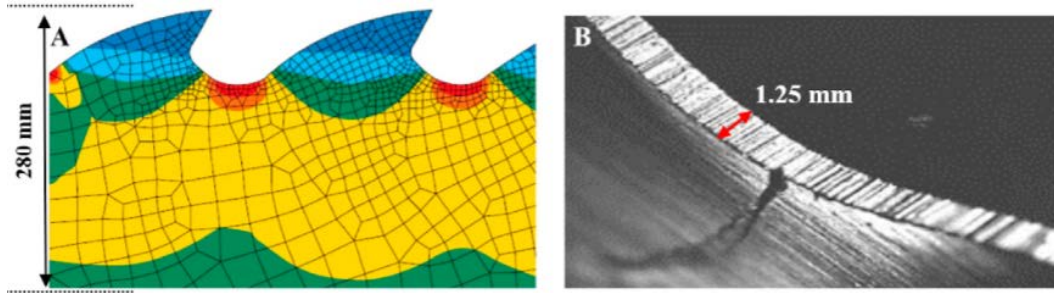
30738 çalışan (23774 işçi, 2863 idari personel, 2727 usta, 696 teknisyen, 628 mühendis) bulunmaktadır. Bu verilere göre, her işletmede 1'in altında (teknisyen ve mühendis açısından ortalama 0,40) teknik eleman istihdam edilmesi de bunun bir göstergesidir.

Gavcar ve Arslan (1999), kereste fabrikalarının düşük verimle çalışmasının sebebi olarak başta yeterli hammadde miktarı ve kalitesi konusunda yaşanan sıkıntılarla birlikte teknik bilgi eksikliğinin de etkili olduğunu belirtmiştir. Akkaya vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, teknik personel çalıştırmama nedenleri olarak; kalifiye eleman bulamama ve işgücü eksikliği ile birlikte, atıl kapasite nedeniyle daha az işçiye ihtiyaç duyulması olarak gösterilmiştir. Kalifiye çalışanların daha az sayıda olması, hatta bazı işletmelerde tercih edilmemesi, üretim tekniğine ve dolayısıyla verimliliğe yansımaktadır.

Ahşabın kaliteli olarak işlenebilmesi için, hammaddeye göre makineleri ve kesicileri tekniğine uygun olarak kullanmak gerekir. Bu nedenle, işlenecek olan ağaç malzeme, ağaç işleme teknikleri, talaş oluşumu, kesici alet geometrisi, motor devir sayısı, kesme hızı, ilerleme hızı, kesme açıları, kullanılacak kesicinin cinsi ve ömrü gibi parametreler hakkında temel bilgi birikimine sahip olunmalıdır. Ağaç malzemelerin işlenmesinde ürün kalitesini düşürmeden üretim girdilerini ve dolayısıyla maliyeti azaltmak için işleme parametrelerinin optimum olması beklenir (Gürleyen ve Efe, 2017). Optimum seviyenin belirlenebilmesi için hem ahşapta, hem de kesici takımlarında oluşan gerilimlerin tespit edilmesi gereklidir. Bu gerilimler nedeniyle, kesici takımlar ne kadar sağlam ve keskin olsa da, diğer parametrelere uyulmadığı takdirde talaş kaldırma sırasında zorlanılacaktır (Şeker, 2000).

Ürün kalitesi ve üretim randımanını doğrudan etkilediği için, kereste üretimindeki bilimsel çalışmaların testere konusunda yoğunlaştığı görülmektedir. Ancak bu çalışmalar daha çok, kereste üretim sürecinin ikincil biçme aşamaları olan baş kesme, yan alma, çoklu dilimleme ve marangozluk işlerinde çok daha sık kullanılması nedeniyle daire testerelede yoğunlaşmaktadır (Demirci, 1998; Demirci ve Kılıç, 2005; Sönmez ve Söğütü, 2009; Gürleyen ve Efe, 2017; Çakmak ve Malkoçoğlu, 2019). Birincil biçme aşaması olan tomruk biçme alanındaki çalışmalar ise, katrak ve daire testereye göre kullanımı daha yaygın olduğu için, şerit testerelede yoğunlaşmaktadır. Şerit testerelede ise dış şekli, dış ölçüleri, dış açıları, kesiş kuvvetleri, güç ve enerji ihtiyacı, biçme şekilleri, ezme ve çaprazlamanın önemi, testerelede gerilme kuvveti, testere hızı ve itme hızı ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır (Lundstrum, 1985; Örs ve Alkan, 1986; Bozkurt, 1986; Burdurlu, 1995; Korkut, 1999; Çolakoğlu, 2005; Kantay, 2005; Naylor ve Hackney, 2013). Örs ve ark. (1991), şerit testere dış geometrisinin yüzey kalitesine (pürüzlülüğüne) etkisini incelemiştir. Çalışmada ezme ve egalize işlem kombinasyonlarının denendiği çalışmada; tüm dışların

boşluğu genişlemesi ile kama (diş) açısının azalmasına bağlı olarak direnci düşmektedir. Ancak bu durum yumuşak ağaçların işlenmesinde bir sorun teşkil etmemektedir. Son yıllarda ilerleyen teknolojiyle birlikte işlevleri gelişen sensörler, tahmin ve analiz yöntemlerinin (makine öğrenmesi, yapay zekâ vb.), biçme sırası ve sonrasında testere davranışının incelenmesi konusunda da kullanılmaya başlanmıştır (Nasir ve Cool, 2020; Licow vd., 2020).



Şekil 2. A: Şerit testerede oluşan gerilimler, B: Diş dibinin pürüzlü bilenmesi sonucu oluşan çatlak.

Şekil 2A'da, sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan bir analiz sonucunda şerit testelerde oluşan gerilimler görülmektedir. Kırmızı renk yüksek gerilimi, mavi renk ise basınç ve darbe gerilimlerini göstermektedir. Şekil 2B'de ise, diş dibinin yeterince pürüzsüz bilenmemesi nedeni ile oluşan dalgalı yüzey ve bunun sonucu oluşan çatlak yer görülmektedir (Sandvik, 1999; Trejo vd., 2021). Örneklerde de görüldüğü gibi biçme işlemi, maruz kalınan gerilmeler ve üründeki beklentiler nedeniyle milimetrik hassasiyette ele alınması gereken bir işlemdir. Parametrelerin çok sayıda olması ve yüksek hassasiyet gerektirmesi nedeniyle optimum düzeylerin belirlenmesinde, kalifiye teknik personelin varlığı ve profesyonel üretim yönetimi yaklaşımı önemlidir.

Takım tezgâhlarından, iş parçalarını, istenilen teknik gereksinimlere uygun biçimde üretebilmelerinin yanı sıra bunları en ucuza işleyebilmeleri de istenir. Tezgâh seçiminde tezgâhın teknik ve ekonomik etkinliği birlikte aranır (Karabay, 1986). İş etüdü çalışmaları üretim verimliliğini arttırmak için önemli bir araştırma yöntemidir. Üretim sistemlerinin doğru yönetilebilmesi için ölçülebilir parametreler gereklidir. İş ölçümü ile bir işlemi ya da işlemler dizisinin yapılmasında harcanan zaman ile etken olmayan süre ortaya çıkarılmakta ve etken süreden ayrılacak şekilde ölçüler belirlenmektedir (Kanawaty, 1997). Zaman ölçümleri sayesinde üretim performansı daha görünür kılınmakta ve somut değerlendirmeler yapılabilmektedir. Türkiye'de orman ürünleri endüstrisinde iş ölçümü için zaman etüdü konusunda yapılan çalışmalar mobilya endüstrisinde yoğunlaşmıştır (Malkoçoğlu ve ark., 2013; Şenyiğit ve ark., 2021; Yücel ve Dilik, 2021). Kereste üretiminde zaman etüdü

konusunda az sayıda çalışma yapıldığı tespit edilmiştir. Burdurlu (2004), şerit testere makinesi ile eğmeçli parçaların biçilmesi ile ilgili çalışmasında, yapılan işlemin her aşamasında denetimin işçinin inisiyatifinde olması nedeniyle, iş ölçümü için zaman ölçüm yöntemlerinin kullanılabilceğini belirtmiştir. Gedik ve ark. (2005) yapılan çalışmada, tomruktan kereste üretim süreciyle ilgili geçen süreler ortaya konulmuş ve bu veriyle firmaların özellikle performans değerlendirmeleri yapabileceği belirtilmiştir. Aniszewska vd. (2018) zaman ölçümlerini kullanarak yaptıkları çalışmada, iş organizasyonunun değiştirilmesi, makine parkının yeniden inşası ve genişletilmesiyle de kereste üretiminde etkinliğin arttırılabileceğini tespit etmiştir.

Bu çalışma kapsamında, kereste üretim sürecinin ilk aşaması olan tomruk biçmede kullanılan şerit testere makinasında, testere diş profili seçiminin, kullanılabilirlik ve performans parametreleri ile hesaplanarak, sürecin verimini ve kârlılığını nasıl etkilediği incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

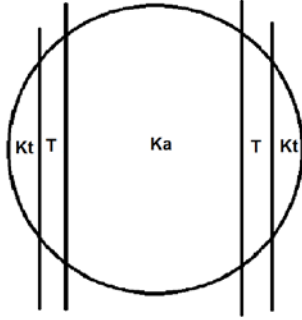
2.1.1. Tomruk ve Kereste Özellikleri

Bu çalışmada ortalama 400 cm boyunda ve 30 cm çapında olan 2. kalite sınıfındaki yumuşak ağaç grubu (çam, göknar) tomruklar kullanılmıştır. Hacimleri (V_{tomruk} , m³), yarıçap (r , cm) ve boy (h , cm) değişkenleri kullanılarak, silindir hacmi yöntemine göre hesaplanmıştır (Eşitlik 1). Tomruklarda koniklik ve ovallik gibi kusurlar olmasına karşın, ortalama çapları referans alınmıştır.

$$V_{tomruk} = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

(1)

Bu çalışmada, tüm parçalar biçilene kadar tomruğun döndürülmediği, pozisyonlandırma ve sabitleme işlemlerinin yapılmadığı “Keskin Kesiş” yöntemi kullanılmıştır (Şekil 3). Bu yöntemle biçilen 104 tomruktan, kapak tahtalarıyla birlikte, iki adet 2,5 x 20 x 400 cm ebatlarında (0,02 m³) tahta ve 10 x 25 x 400 cm ebatlarında (0,10 m³) kalasların elde edilme (Şekil 3) süreci incelenmiştir.



*Kt: Kapak tahtası, T: Tahta, Ka: Kalas, Düz çizgiler: Biçme hattı

Şekil 3. Tomrukta biçmede keskin kesiş yöntemi ve çıkan parçalar.

Ayrıca oluşacak kayıp zamanların yerine tomruk biçilebilmesi halinde, oluşacak yeni durumun ekonomik yönden incelenebilmesi için, tomruk ve kerestelerin fiyatları temin edilerek hesaplamalar yapılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Tomruk alış ve kereste satış fiyatları*

Ürün	Özellikler	Fiyat (TL/m ³)*	
Tomruk	Bu çalışmada kullanılan tomruklarda fiyat aynıdır.	3.000	
Kereste (Yaş)	Kullanım Sınıfı	Boyut Sınıfı	
	İnşaatlık	Tahta	5.500
		Kalas	6.500

* Tomruklar için ortalama ihale fiyatı, kerestelerde ise yaş kereste satış fiyatıdır (Mayıs, 2023)

2.1.2. Testere Özellikleri

Çalışmada, biçme operatörü tarafından tercih edilen KV dış profiline sahip, sağ-sol çapraz verilmiş testere “mevcut” dış profili olarak ifade edilmiştir. İyileştirme önerisi olarak ise, yine yumuşak ağaç türü grubu için Kantay (2005) tarafından kullanılması tavsiye edilen PU dış profiline sahip, dış uçları stellitli testere ise “önerilen” dış profili olarak ifade edilmiştir. Biçme sırasında yüzey kalitesi düşüklüğü, testere titreşimiyle biçme hattından sapma (testere dalması) vb. gözlemler ile biçme hataları, dış ucu körelmesi, dış dibi çatlakları gibi testere kaynaklı olası hataların tespit edildiği varsayılmıştır. Özellikle biçme hattından sapma ve titreşim gibi gözlemler, testere ile aynı hizada olan çizgi lazer referans alınarak yapılmıştır. Tespit sonrası ana biçme makinası durdurularak ortalama 15 dakika süreyle testere değişimi veya bakım işlemi yapılmıştır. Ayrıca her iki dış profilinde de 52’şer adet tomruk biçilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Testere diş profilleri (Sol: Mevcut - KV diş profilli testere, Sağ: Önerilen – PU diş profilli testere).

2.2. Yöntem

2.2.1. Ölçüm

Bu çalışma, kereste üretiminin ilk aşamalarından olan tomruk biçme hattında gerçekleştirilmiştir. Bu hatta yarı otomatik enine zincirli transportörle tomruk arabası beslenmekte ve arabada sabitlenen tomruklar, hareketli testereye ilerletilerek biçilmektedir. İş ve zaman ölçümlerinin yapılabilmesi için tomruk biçme işlemi, alt işlemlere bölünerek işlem süreleri ölçülmüştür (Şekil 5):

- *Tomruğu alma:* Enine zincirli transportör üzerinde bulunan tomrukların, her seferinde birer adet olacak şekilde tomruk arabasına alınmasıdır.

- *Pozisyonlandırma:* Arabada bulunan tomruğun testereye verilmiş pozisyonu, çapına ve kalite özelliklerine göre ayarlanmasıdır.

- *Sabitleme:* Uygun pozisyonlandırma sonrası, arabadaki kancalarla tomruğun sabitlenmesidir.

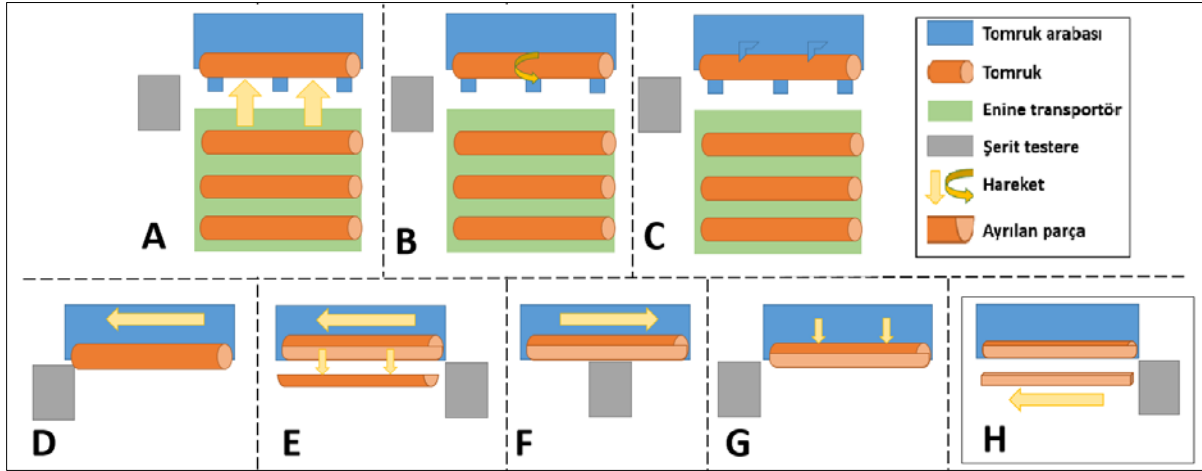
- *Biçme:* Arabayla birlikte tomruk biçilmesi için, çalışır durumdaki testereye doğru ilerletilmesidir.

- *Ayrılma:* Biçilen parçanın tomruktan tamamen ayrılarak konveyöre aktarılmasıdır (3 saniye).

- *Geri dönüş:* Tomruğun kalan parçası biçilmeye devam edilecekse, tomruk arabasının tekrar başlangıç pozisyonuna döndürülmesidir. Tek taraflı testereelerde dönüş sırasında biçme yapılmadığı için, dönüş süresi daha kısadır.

- *Hizalama:* Tomruğun kalan parçası biçmeden sonra testereyle aynı hizada olmaktadır. Bu sebeple kalan parçanın, bir sonraki kereste kalınlığı ve testere payı kadar, testereye doğru yatay ekseninde ilerletilmesi işlemidir. Sonrasında, son parça biçilene kadar, tekrar biçme aşamasına devam edilmektedir.

• *Son parça ayrılırken bekleme*: Son tahta biçildikten sonra, kalan kapak tahtasının da arabadan konveyöre aktarılması gerekmektedir. Ancak o sırada konveyörde son tahta olduğu için uzaklaşana kadar arabada beklemektedir.



*A: Tomruğu alma, B: Pozisyonlandırma, C: Sabitleme, D: Biçme, E: Ayrılma, F: Geri dönüş, G: Hizalama, H: Son parça ayrılırken bekleme

Şekil 5. Şerit testerede keskin kesiş yöntemi ile tomruk biçme aşamaları.

Her biri dışarıdan müdahale olmadan ve operatör tarafından yönetilen işlemlerin ortalama süreleri kronometre ile ölçülerek tespit edilmiştir. Yapılan ölçümlerde, iki farklı ağaç türü ve iki farklı testere diş profili olmasına karşın, operatörün üretim çizelgesinde belirlenen sürelere (günlük üretim hedefine) uygun olarak işlem yapması nedeniyle, her bir işlem için aynı süreler kullanılmıştır.

2.2.2. Değerlendirme

İki farklı diş profili kullanımının karşılaştırılması için, makine ve üretim ekipmanı etkinliğinin değerlendirilmesinde, genel kabul görmüş performans kriteri olan “Toplam Ekipman Etkinliği” (OEE - Overall Equipment Effectiveness) yöntemi referans alınmıştır. İşlenen parçaların kalite özellikleri dikkate alınmadığı için “Kalite Oranı” değişkeni kullanılmamış olup, “Kullanılabilirlik oranı”, “Performans Oranı” değişkenleri kullanılmıştır. OEE, üretim hatlarının planlanan üretim zamanı içerisinde belirlenen performans kriterlerine göre üretilebilen doğru üretim oranını ifade eden performans anahtarıdır. Arızalar, ekipman ayarları, duruşlar, çalışma hızındaki azalmalar, ıskartalar ve yeniden işlem gibi kayıplar üzerine düşer. Amacı; şirketlerin eldeki makine ve ekipmanların performanslarının artırılmasına odaklanmaktır (Anonim, 2017; Çelik 2020). OEE yöntemi ve üretimin değerlendirilmesine ait diğer değişkenlerin hesaplamaları aşağıdaki gibi yapılmıştır:

- *Planlı Üretim Süresi:* Toplam vardiya uzunluğu süresiyle, öğle arası ve diğer planlı molaların farkından hesaplanmıştır.
- *Duruşlar:* Bu çalışmada sadece bakım nedeniyle gerçekleşen duruşlar dikkate alınmıştır.
- *Gerçekleşen Üretim Süresi:* Planlı üretim süresiyle tüm duruşların farkından hesaplanmıştır.
- *Kullanılabilirlik Oranı:* Ekipmana ait sebeplerden (arıza, ayarlamadan kaynaklanan duruş süresi vs.) kaynaklanan kullanılabilirlik miktarını gösterir. “Gerçekleşen Üretim Süresi / Planlı üretim süresi” oranından hesaplanmıştır.
- *Performans Oranı:* Adet veya hacim bazında ideal üretim miktarının, gerçekleşen üretim miktarına oranıdır.

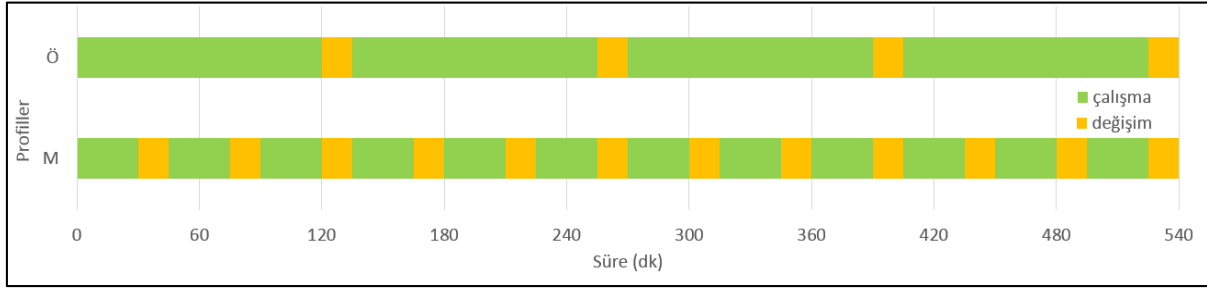
3. Bulgular ve Tartışma

Yumuşak ağaç tomruğu biçmede mevcut kullanılan KV diş profiline sahip testerelede, biçme esnasında çok kısa zaman dilimlerinde üretimi etkileyen önemli sorunların meydana geldiği belirlenmiştir. İncelenen testerelede, riskli sayılabilecek miktarda ve uzunlukta diş dibi çatlağı tespit edilmiştir. Ortalama 30 dakikalık biçme işleminden sonra, tüm testere uzunluğu boyunca en az 5 diş dibi çatlağı tespit edilmiştir. Testerelede oluşan gerilmeler nedeniyle çatlakların ilerlememesi ve dolayısıyla testerenin kopmaması için, ortalama 30 dakikada bir kez testere değişimi yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur.

Testereledeki diş profili kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan zaman farkları, kontrol amaçlı olarak her iki testere için de ölçülmüş ancak önemli bir fark tespit edilmediği için analizler ortalama süreler üzerinden yapılmıştır. Bununla birlikte biçme süresi, testere diş profiline bağlı olarak, biçme operatörünün tomruğu itme hızına bağlı olmaktadır. Ancak bu çalışmada, biçme operatörünün (yaklaşık on yıllık tecrübeye sahip) her iki diş profilinde de aynı itme hızını kullandığı tespit edilmiştir. Bu durum mevcut diş profilinde testerenin daha sık deforme olmasına neden olmakta, daha sık bakım duruşlarına yol açarak üretimi aksatmaktadır.

Her iki diş profilindeki maksimum çalışma sürelerine bakıldığında, sadece bakım duruşları nedeniyle aralarında ortalama 90 dakika (dk) süre farkı olduğu; ayrıca bu farkın, işletmenin tüm vardiya süresinde toplam üç kat daha fazla duruşa sebep olduğu tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak, mevcut diş profilinde 540 dk’lık planlı üretim süresinin toplam

360 dk'sı gerçekleşen üretim süresi olurken, önerilen dış profilinde ise aynı vardiyada gerçekleşen üretim süresi 480 dk olmuştur (Şekil 6).



*Ö: Önerilen, M: Mevcut dış profili, dk: Dakika

Şekil 6.: Bir vardiyada farklı dış profillerine göre çalışma ve duruş (değişim) sıklıkları.

Keskin kesiş biçme yöntemi ile biçilen bir adet tomruk için biçme aşamaları ve ortalama biçme süreleri Çizelge 2'deki gibi ölçülmüştür.

Çizelge 2. Tomruk biçmede kullanılan işlemler ve süreleri.

İşlem	Birim Süre (saniye)	Hareket sayısı (adet)	Toplam Süre (saniye)
Tomruğu alma	15	1	15
Pozisyonlandırma	30	1	30
Sabitleme	5	1	5
Biçme	15	4	60
Ayrılma	5	6	30
Geri dönüş	5	3	15
Hızalama	5	4	20
Son parça ayrılırken bekleme	5	1	5
TOPLAM	-	21	180

Birim zamanlar dikkate alınarak hazırlanan bu verilere göre; 0,283 m³ hacmindeki bir adet tomruğun, keskin kesiş ile biçme süresi 180 saniyedir (3 dk). Gedik vd. (2005) tarafından yapılan çalışmada, benzer çaplarda ama daha uzun (600 cm > 400 cm) olan tomruklarda ve prizma kesişte elde edilen süre ise 195 sn'dir. Tomruğun daha uzun olması ve prizma kesişte daha fazla tomruk/prizma döndürülme işlemi olması nedeniyle, her iki sonucun birbiriyle olduğu söylenebilir. Dış profili seçiminin, kapasite kullanım oranına etkisinin belirlenmesi için, bir vardiyada her iki profilde biçilebilecek tomruk miktarı esas alınmıştır. Çalışmada kullanılan hattın biçme kapasitesi olarak, 120'lik şerit testere kapasitesi olan 6 m³/saat tomruk biçme değeri referans alınarak (TOBB, 2023b), biçme kapasitesi 54 m³/vardiya olarak hesaplanmıştır. Bu verilere göre her iki dış profilinde de oluşan kullanılabilirlik ve performans oranları Çizelge 3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3. Testere profilleri için kullanılabilirlik ve performans oranları.

Değişkenler	Veriler		
	Mevcut dış profilinde testere kullanımı	Önerilen dış profilinde testere kullanımı	
Vardiya uzunluğu	630 dk (10,5 saat)		
Planlı aralar (öğle arası ve molalar) toplamı	60 dk + (2 x 15 dk) = 90 dk		
Planlı üretim süresi	630 – 90 = 540 dk		
Duruşlar toplamı (Adet)	Her 30 dk'da bir 15 dk ise; 540 / 45 dk = 12 adet	Her 120'dk da bir 15 dk ise; 540 dk / 135 dk = 4 adet	
Duruşlar toplamı (Süre)	12 adet * 15 dk = 180 dk	4 adet * 15 dk = 60 dk	
Gerçekleşen üretim süresi	540 dk – 180 dk = 360 dk	540 dk – 60 dk = 480 dk	
Vardiyada tomruk biçme kapasitesi (Adet)	360 dk / 3 dk = 120 adet	480 dk / 3 dk = 160 adet	
Tomruk biçme kapasitesi	(54 m ³ / vardiya) / (0,283 m ³ / adet) = 190 adet / vardiya		
Kullanılabilirlik oranı	360 dk / 540 dk = %67	480 dk / 540 dk = %89	
Gerçekleşen üretim adedi	120 adet * 0,283 m ³ = 33,96 m ³	160 adet * 0,283 m ³ = 45,28 m ³	
Performans	Adet	120 adet / 190 adet = %63,2	160 adet / 190 adet = %84,2
	Hacim	33,96 m ³ / 54 m ³ = %62,8	45,28 m ³ / 54 m ³ = %83,9

*dk: dakika

Çalışma süreleri tomruk biçme süresine oranlandığında; mevcut dış profilinde 120 adet, önerilen dış profilinde ise bakım nedeniyle duruş süreleri azaltılarak 160 adet tomruk biçilebileceği tespit edilmiştir. Bu durumda sadece uygun dış profili tercih edilerek bir vardiyada 40 adet (11,32 m³) daha fazla tomruk biçilebileceği ve kapasite kullanım oranının %21,1'lik bir artışla %83,9'a çıkabileceği tespit edilmiştir. Bu farkın ekonomik olarak yansımaları ise Çizelge 4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4. Yeni durumdaki girdi ve çıktılarının miktar ve fiyat farkı.

	Ürün	Adet	Birim Hacim (m ³)	Toplam Hacim (m ³)	Birim Fiyat* (TL)	Toplam Fiyat (TL)
Üretim Girdisi	Tomruk	40	0,283	11,32	3.000	33.960
Üretim Çıktısı	Tahta	80	0,020	1,60	5.500	8.800
	Kalas	40	0,100	4,00	6.500	26.000
Girdi ve Çıktı Farkı (TL)						840

Çizelgelerdeki verilere göre; toplam değeri 33.960 TL olan 40 adet tomruk biçilerek, 34.800 TL değerinde kereste (tahta ve kalas) üretilebileceği tespit edilmiştir. Diğer bir deyişle, sadece daha uygun testere dış profili seçimiyle, bir vardiyada (diğer maliyetler hariç) 840 TL ilave kâr elde edilebilir. Paranın zaman içerisinde değer değiştirmesi söz konusu olduğundan, ilave kazanç değerinin işlenen birim tomruk fiyatına oranının belirtilmesi daha uygun olacaktır. Buna göre; iyileştirme sonrası elde edilen ilave kazanç miktarının, 1 m³ tomruğun alış fiyatının %28'i kadar olduğu hesaplanmıştır.

4. Sonuçlar

Üretim sistemleri, insan, malzeme, enerji ve makinalar kullanılarak gerçekleşen dönüşüm süreçleridir. Bu karmaşık sürece etki eden çok fazla parametre bulunmaktadır. Her bir değişkene ait küçük sayılabilecek değişiklikler, verimlilik gibi çıktılarda önemli farklara yol açabilmektedir. Performans kayıpları görünür değildir ama etkisi fazladır. Üretim yapmak üzere planlandığı halde yapılamayan her süre duruş olarak kabul edilir. Üretimde mikro duruşlar sisteme performans kaybı olarak yansır. Özellikle talaşlı üretimin yapıldığı, üretimin geri dönüşsüz olduğu süreçlerde, bu değişkenler çok daha kritik rol oynamaktadır. Düşük teknoloji grubundaki ve/veya küçük ölçekli işletmelerdeki yönetici veya işçiler, teknik detaylarda ortaya çıkan değişkenlerin etkisini göz ardı edebilmektedir.

Yapılan bu çalışma ile düşük teknoloji grubundaki ve/veya küçük ölçekli işletmelerin yer aldığı kereste endüstrisinde, üretim parametrelerinden sadece biri olan testere dış profili değişiminin üretime etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; sadece yumuşak ağaçlar için talaş boşluğu daha geniş ve dış ucu güçlendirilmiş bir testere dışı tercih edildiğinde, bir vardiyada testerede bakım ve değişim için harcanan süre 1/3 oranında azalmıştır. Bakım süresinin azalması nedeniyle, üretim hattının kapasitesi ve vardiya süresine bağlı olarak 40 adet daha tomruk biçilebileceği tespit edilmiştir. Daha fazla tomruk biçmeye bağlı olarak, girdi ve çıktı fiyatları baz alındığında ve diğer maliyetler de hariç tutulduğunda, vardiyada 840 TL, yani işlenen 1 m³ tomruk alış fiyatının %28'i kadar, daha fazla kâr elde edilebileceği tespit edilmiştir. Diğer bir deyişle, üretim parametrelerinden testerenin, yapısal özelliklerinden sadece birinde yapılan değişikle, verim, kullanılabilirlik, performans ve hatta kârlılık oranları üzerinde önemli etkiler yaratacağı görülmüştür. Ayrıca bu durum, tespit edilen görünür kayıplarla birlikte, başta testere bakım, bileme ve değişimi gibi donanım maliyetleri olmak üzere, işgücü kaybı, sipariş yetiştirememe, geçen süredeki ısıtma, aydınlatma gibi sabit giderleri de etkilemektedir.

Üretim sürecinde önemli etkilere sahip olan teknik detaylara, birçok işletmede dikkat edilmediği ve bu konudaki hassasiyetin artırılması gerektiği söylenebilir. Bunun için kereste endüstrisi gibi, düşük teknoloji grubundaki ve/veya küçük ölçekli, emek-yoğun faaliyet gösteren işletmelerde, bütünsel yönetim anlayışı ile birlikte çalışan işgücünün de bilgi ve farkındalık düzeyinin iyileştirilmesi daha uygun olacaktır. Bu kapsamda, gelişmiş ülkeler ve/veya büyük işletmeler tarafından uygulanan üretim anlayışındaki daha fazla kalifiye eleman istihdamı, üretim tekniklerinin hassasiyetle uygulanması ve bunun sonucu oluşan daha yüksek randıman ve kapasite kullanım oranları örnek alınabilir.

Türkiye’de yoğunlukla KOBİ yapısında olan kereste fabrikaları gibi, fire miktarı fazla olan ve çok değerli bir temel hammaddeyi işleyen sektörlerde sorunların tespiti ve iyileştirilmesi son derece önemlidir. Bunun için süreçlerin sistematik olarak ölçülebilir hale getirilmesi ve izlenmesi gereklidir. Elde edilen verilerin, örneğin TOBB’un (2023b) paylaştığı kereste üretiminde kapasite hesaplama yöntemi gibi, teknik literatür referans alınarak mevcut üretimlerin değerlendirilmesi gereklidir. İdeal değerlerin yakalanamadığı durumlarda üretimin dikkatle analiz edilerek eksiklerin tespit edilmesi gereklidir. Bununla birlikte kereste endüstrisi açısından birçok gelişmiş endüstride veya ülkede olduğu gibi, Türkiye’deki işletmelerde de yüksek teknolojinin yaygınlaştırılması; üretim sistemlerinin, otomasyon sistemleri, sensörler, simülasyon, tahmin ve analiz yöntemleri ile desteklenerek güçlendirilmesi, üretimlerin modernize edilmesi ve kapasite kullanım oranlarının artırılması gerektiği söylenebilir.

Teşekkür

Yazarlar, uygulamanın yapıldığı kereste fabrikasına verdiği destek ve bilgi paylaşımı için teşekkür etmektedir.

Kaynaklar

- Akkaya, M., Ok, K, Koç, M., Akseki, İ., ve Akkaş, M.E. (2021). Türkiye’de ithal odun hammaddesiyle ilişkili orman endüstri işletmelerinin genel yapısı. *Turkish Journal of Forest Science*, 5(1), 57-77.
- Aniszewska, M., Zychowicz, W., & Zurawska, K. (2018). Effectiveness of the technological process of timber production. *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW*, 71, 43-50.
- Anonim, (2017). <https://www.lean.org.tr/oe-nedir>. Erişim Tarihi: 17.02.2023.
- Bozkurt, Y. (1986). Ağaç biçmede şerit testereleler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, B, 36(4), 11-23.
- Burdurlu, E. (1995). *Kereste endüstrisi ve kurutma*, Hacettepe Üniversitesi, Mesleki Teknoloji Yüksek Okulu, Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bizim Büro Basımevi, Ankara.
- Burdurlu, E. (2004). Şerit testere makinesi ile eğmeçli parçaların kesilmesinde eğmeç derinliği ve parça kalınlığının besleme oranı üzerine etkisi. *Teknoloji*, 7(1-2), 89-94.

- Çakmak, A., ve Malkoçoğlu, A. (2019). Importance of saw blade geometry and technic conditions in machining of wood materials in circular saw machines. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(2), 114-124.
- Çelik, H. (2020). Ekipman etkinliğine farklı bir yaklaşım: genel operasyon etkinliği. *Verimlilik Dergisi*, 4, 25-40. <https://doi.org/10.51551/verimlilik.560600>
- Çolakoğlu, G. (2005). *Kereste endüstrisi ders notu (yayınlanmamış)*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon.
- Demirci, S. (1998). 'Daire testerelerin masif ağaç malzemelerde yüzey düzgünlüğüne etkileri', Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Demirci, S., ve Kılıç, Y. (2005). Daire testerelerde diş sayısı ve besleme hızının ceviz (*Juglans regia* L.) ve Mahun (*Khaya* sp.) odunlarının yüzey pürüzlülüğüne etkileri. *Forestist*, 55(2), 123-136.
- Eurostat (2022). Metadata, Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiki Sınıflaması, Rev. 2 (NACE Rev. 2), Avrupa Komisyonu, Brüksel, Belçika. https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/nomenclatures/index.cfm?TargetUrl=LST_CLS_DLD_NOHDR&StrNom=NACE_REV2&StrLanguageCode=TR. Erişim Tarihi: 16.02.2023
- Gavcar, E., ve Arslan, S.Ü. (1999). Kereste endüstrisinde işletmecilik. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(4), 855-861.
- Gedik, T., Yıldırım, İ., ve Akyüz, İ. (2005). Orman ürünleri sanayinde zaman etüdü üzerine bir araştırma. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 5(1): 44-54.
- Gürleyen, L., ve Efe, H. (2017). Farklı ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin kesilmesi esnasında makine ve kesicilerde meydana gelen zorlanmaların karşılaştırılması. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 1088-1096.
- Kanawaty, G. (1997). *İş etüdü*. 4. (Düzeltilmiş) Basım. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları. ILO 29, Ankara.
- Kantay, R. (2005). *Kereste endüstrisi ders notu (yayınlanmamış)*, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Karabay M. (1986). Takım tezgâhı etkinliğinin saptanmasında bir yaklaşım. *Makina Tasarım ve İmalat Dergisi*, 1(1): 43-46.
- Korkut, S. (1999). 'Kereste üretiminde yüzey kalitesinin iyileştirilmesi üzerine araştırmalar'. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Licow, R., Chuchala, D., Deja, M., Orłowski, K. A., & Taube, P. (2020). Effect of pine impregnation and feed speed on sound level and cutting power in wood sawing. *Journal of Cleaner Production*, 272, 122833.
- Lundstrum, S.J. (1985). Balanced saw performance, *Forest Products Laboratory Technical Report No. 12*, USDA Forest Services, 19 pp.
- Malkoçoğlu, A., akmak, A., ve üncü, K. (2013). Mobilya üretiminde ahşap levha kesim planlarına ait bir zaman etüdü araştırması. *Politeknik Dergisi*, 16(2) , 57-68. Retrieved from: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/politeknik/issue/33066/367977>.
- Nasir, V., Cool, J. (2020). A review on wood machining: characterization, optimization, and monitoring of the sawing process. *Wood Material Science & Engineering*, 15(1), 1-16.
- Naylor, A., & Hackney, P. (2013). A review of wood machining literature with a special focus on sawing. *BioResources*, 8(5), 3122-3135.
- Nor-Marzuina, F.K.N., & Mohd-Jamil, A.W. (2019). The effective tooth width of a bandsaw blade for sawing malaysian timbers, *Frim Timber Technology Bulletin*, Forest Research Institute Malaysia, 98, ISSN: 139-258.
- Owen, G. M., & Hunter, A.G.M. (1993). A review of log splitter safety. *Safety science*, 17(1), 57-72.
- Örs, Y., ve Alkan, S. (1986). Arabalı tomruk şerit testerelede tomruk apı ve verim ilişkisi. *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 1-2, Trabzon.
- Örs, Y., Kalaycıoğlu, H., ve olakoğlu, G. (1991). Testerelede diş geometrisinin kereste yüzey kalitesine etkisi. *Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi*, 15, 777-784.
- Sandvik, AB. (1999). *The handbook of production use and maintainace of wood bandsaw blades*. Sandvik Steel.
- Sönmez, A., ve Söğütlü, C. (2009). Biçme işleminde kesiş yönü ve daire testere diş sayısının ağaç malzeme yüzey pürüzlülüğüne etkisi. *Politeknik Dergisi*, 12(1), 55-60.
- Şeker, U. (2000). *Talaşlı imalatta takım tasarımı*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Ders Notları, Ankara.
- Şenyiğit, E., Karakaş, S., Uçar, S., ve Akbal, S. (2021). Bir mobilya işletmesinde kurumsal kaynak planlaması için iş etüdü verimlilik uygulamasının analizi: örnek olay. *European Journal of Science and Technology*, (28), 476-480.
- TOBB (2023a). Sanayi Veri Tabanı, Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB), https://sanayi.tobb.org.tr/yeni_kod_liste61.php?kod=16. Erişim Tarihi: 16.02.2023

- TOBB (2023b). Kereste Üretimi, Kapasite Hesaplama Yöntemi, Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB), <http://www.tobb.org.tr/SanayiMudurlugu/Documents/KapasiteKriterleri/KERESTE%20%C4%B0MALATI.pdf>. Erişim Tarihi: 16.02.2023
- Trejo, J., Tolosa, R., Ruiz, N., Ninin, P., Fuenmayor, C., Zambrano, M., Palma, O., & Nuñez, Y. (2021). Comparative study of the main properties associated with thin layers of coatings with the cobalt-chromium-tungsten alloy (stellite) and hard chromium plating used as reinforcements for wood sawing. *Mechanics of Materials*, 152, 103637.
- Ünsal, Ö. (1987). 'Türkiye ağaç ambalaj endüstrisi ve ambalaj sandığı üretim teknolojileri üzerine incelemeler'. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Yücel H. E., ve Dilik, T. (2021). Zaman etüdü ve ahşap kent mobilyasında bir uygulama örneği, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 61-68. DOI: 10.33725/mamad.940285.