



## Mobilya Endüstrisinde Kullanılan Tropik Kökenli Bazı Ağaç Türlerinin En İyi Yüzey Pürüzlüğü, İslanabilirlik ve Enerji Tüketimi için CNC Parametrelerinin Belirlenmesi<sup>[\*]</sup>

Evren Osman ÇAKIROĞLU<sup>1\*</sup> Ümit BÜYÜKSARI<sup>2</sup> Taner TAŞDEMİR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>İç Mekan Tasarımı Programı, Tasarım Bölümü, Artvin MYO, Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin, Türkiye  
<sup>2</sup>Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye

Geliş Tarihi: 11.11.2024

Kabul Tarihi: 18.12.2024

Basım Tarihi: 31.12.2024

Atıf yapmak için: Çakiroğlu, E.O., Büyüksari, Ü. & Taşdemir, T. (2024). Mobilya endüstrisinde kullanılan tropik kökenli bazı ağaç türlerinin en iyi yüzey pürüzlüğü, ıslanabilirlik ve enerji tüketimi için CNC parametrelerinin belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 9(4), 806-815. <https://doi.org/10.35229/jaes.1583056>

How to cite: Çakiroğlu, E.O., Büyüksari, Ü. & Taşdemir, T. (2024). Determination of CNC Parameters for the Best Surface Roughness, Wettability, Energy Consumption of Some Wood Species of Tropical Origin Used in the Furniture Industry. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 9(4), 806-815. <https://doi.org/10.35229/jaes.1583056>

\*ID: <https://orcid.org/0000-0001-5303-8967>  
ID: <https://orcid.org/0000-0002-4856-2876>  
ID: <https://orcid.org/0000-0001-6692-6656>

**\*Sorumlu yazarın:**

Evren Osman ÇAKIROĞLU  
Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin MYO,  
Tasarım Bölümü, İç Mekan Tasarımı  
Programı, Artvin, Türkiye  
✉: [61evrenosman@artvin.edu.tr](mailto:61evrenosman@artvin.edu.tr)

**Öz:** Bu çalışmada, en iyi ahşap yüzey kalitesi, ıslanabilirliği, enerji tasarrufu için CNC kesim koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Ahşap malzeme olarak İROKO (*Chlorophora excelsa*) ve SAPELLİ (*Entandrophragma cylindricum Sprague*) kullanılmış olup ayrı üç bıçak çapı 3-6-8 (mm), devir hızı 12000-15000-18000 (devir/dk) ve kesme hızı 3000-6000-9000 (mm/dk) belirlenmiştir. CNC makinesi ile kesim işlemleri tamamlandıktan sonra tüm gruplar için enerji tüketimi belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ve ıslanabilirlik testleri yapılarak yüzey kaliteleri değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler istatistiksel olarak analiz edilerek optimum kesme koşulları oluşturulmuştur. İroko en az yüzey pürüzlülüğüne (3,41 µm) sahiptir. En düzgün yüzeyler İroko ve Sapelli örnekleri için sırasıyla kesici takım çapı 8-3 (mm), devir hızı 18000-12000 (devir/dk), kesme hızı ise her iki türde de 3000 mm/dk olarak ölçülmüştür. İslanabilme konusunda İroko daha kötü sonuçlar vermektedir. Elde edilen değerler İroko (98,85°) ve Sapelli (82,44°) olarak ölçülmüştür. En iyi ıslanabilme durumu sırasıyla kesici takım çapı, devir hızı ve kesme hızına göre sırasıyla İroko da; 3mm-12000 devir/dk- 9000 mm/dk, 6mm-18000 devir/dk- 9000 mm/dk, 8mm-15000 devir/dk- 9000 mm/dk'dır. Sapelli de; 3mm-18000 devir/dk- 9000 mm/dk, 6mm-12000 devir/dk- 3000 mm/dk, 8mm-12000 devir/dk- 6000 mm/dk'dır. Ayrıca, en düşük elektrik tüketimi yüksek kesme hızlarında ölçülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Ahşap, CNC, yüzey pürüzlülüğü, ıslanabilirlik.

## Determination of CNC Parameters for the Best Surface Roughness, Wettability, Energy Consumption of Some Wood Species of Tropical Origin Used in the Furniture Industry<sup>[\*]</sup>

**Abstract:** The aim of this study is to determine the CNC cutting conditions for the best wood surface quality, wettability and energy saving. İROKO (*Chlorophora excelsa*) and SAPELE (*Entandrophragma cylindricum Sprague*) were used as wood materials and three separate blade diameters were determined as 3-6-8 (mm), rotation speed as 12000-15000-18000 (revolution/min) and cutting speed as 3000-6000-9000 (mm/min). After the cutting processes were completed with the CNC machine, energy consumption was determined for all groups. Surface roughness and wettability tests were performed, and surface qualities were evaluated. The obtained data were analyzed statistically and optimum cutting conditions were established. İroko has the least surface roughness (3.41 µm). The smoothest surfaces for İroko and Sapelli samples were measured as cutting tool diameter 8-3 (mm), rotation speed 18000-12000 (rev/min) and cutting speed 3000 mm/min for both types, respectively. İroko gives worse results in terms of wettability. The values obtained were measured as İroko (98.85°) and Sapelli (82.44°). The best wettability status according to cutting tool diameter, rotation speed and cutting speed is 3mm-12000 rev/min- 9000 mm/min, 6mm-18000 rev/min- 9000 mm/min, 8mm-15000 rev/min- 9000 mm/min for İroko, respectively. In Sapele; 3mm-18000 rpm- 9000 mm/min, 6mm-12000 rpm- 3000 mm/min, 8mm-12000 rpm- 6000 mm/min. Also, the lowest electricity consumption was measured at high cutting speeds.

**\*Corresponding author's:**

Evren Osman ÇAKIROĞLU  
Artvin Çoruh University, Artvin Vocational  
School, Department of Design, Interior  
Design Program, Artvin, Türkiye  
✉: [61evrenosman@artvin.edu.tr](mailto:61evrenosman@artvin.edu.tr)

**Keywords:** Wood, CNC, surface roughness, wettability.

<sup>[\*]</sup>Bu makale, Evren Osman ÇAKIROĞLU doktora tezinden üretilmiştir.

This manuscript was produced from Evren Osman ÇAKIROĞLU's doctoral thesis.

## GİRİŞ

Orman kaynaklarının giderek azalması, çevre bilincinin artması sonucu ahşap ve ahşap esaslı ürünlerin bilinçli bir şekilde işlenmesi günümüzde daha da önem kazanmaktadır. Mobilya endüstrisinde, kapı-pencere üretiminde, dekoratif ahşap ürünlerde yaygın biçimde kullanılan CNC ahşap makinalarıyla artan talebi karşılamak ve verimliliği artırmak için çalışmalar yapılmaktadır (Yaghoubi & Rabiei, 2023). Bilgisayar destekli üretimin önemli parçası olan CNC makinalarının orman ürünleri endüstrisinde kullanımı giderek artmakta, kanal açma, freze işlemleri, malzemelere 3D motifler uygulanarak mobilya üretimi gibi işlemlerle farklı tasarımlar elde edilmektedir. Yüzeysel kalite ve verimlilik CNC makinalarını kullanarak artmaktadır (Ohuchi & Murase, 2005).

Ahşap endüstrisi eski dönemlerden beri insan gücüne ve kalifiyeli ustalara bağımlı bir biçimde devam etmiştir. Üretim maliyetleri yüksek, zaman alıcı ve verimliliği düşük şekilde ürünler elde edilmiştir. Devam eden süreçte yüksek teknoloji CNC kullanımı beraberinde artan verimlilik ve düşük enerji tüketimi getirdiği bilinmektedir (Aguilera vd., 2000). Bununla birlikte CNC'ler giderek artan teknolojiyle birlikte 5 eksene kadar işlemler yapmaktadır. Daha hızlı ve hata oranı düşük olan modellemelerin tasarımı ve simülasyonu uygulanmakta, CAD ve CAM programları yardımıyla maksimum verimlilik ve kaliteli ürün için optimum parametreler elde edilmektedir. Bunun sonucunda daha düşük maliyetler ve üretim süreleri oluşmaktadır (Kopac & Sali, 2003; Krimpenis & Vosniakos, 2009; Fountas vd., 2012).

Ahşabın işlenmesi sonucunda boyama, vernikleme, yüzeylerin kaplanması gibi işlemlerin kalitesi yüzey pürüzlülüğü ve ıslanabilirlik gibi etkenlerin en doğru şekilde belirlenmesi ile oluşabilmektedir. Ahşap malzeme kaynaklı sertlik, yoğunluk, rutubet, ağaç türü yüzey pürüzlüğünü etkileyen en önemli unsurlardır. Bununla birlikte kesici takım çapı, bıçak türü ve çapı, uygulanan devir hızı, ilerleme hızı, kesme derinliği gibi malzemeye uygulanan işlem den kaynaklanan faktörler olarak sınıflandırılır (Bajić vd., 2008).

Ahşabın yüzeylerine tutkal, boya ve vernik gibi işlemler uygulanmaktadır. Bu gibi işlemlerin kaliteli bir biçimde oluşması için ahşap yüzeyin ıslanabilir yeteneğinin başarılı olması önemlidir. Yapıştırma ve kaplama işlemlerini önemli ölçüde etkileyen ıslanabilirlik; su, tutkal, boya, vernik gibi sıvının ahşabın içerisine girebilme yeteneğidir. Bundan dolayı sıvının ahşap yüzeyle yakın teması, yapıştırma ve kaplama işlemlerinde kritik rol oynamaktadır (Bekhta & Krystofiak, 2016).

Yüzeysel ıslanabilirlik ahşap yüzey ile su, yapıştırıcı, boya, vernik, kaplayıcı boya vb. sıvıların

biyolojik olarak entegrasyonu olarak tanımlanmaktadır. Temas açısının ölçümüyle elde edilir. En kaliteli ıslanabilir kabiliyeti daha küçük açılarda oluşur (Gindl & Tschegg, 2002; Gindl vd., 2004; Rathke & Sinn, 2013; Fang vd., 2016).

Literatüre bakıldığında yapılan çalışmaların çoğunda yüzey pürüzlülüğü sonuç değişkeni kullanıldığı, (Demir vd., 2022; Gürgeç vd., 2022; Hazir & Özcan, 2019; Hazir & Koc, 2019; Stanojevic vd., 2017; Karagöz, 2011; Karagöz vd., 2011; Sütçü, 2013; Supadarattanawong & Rodkwan, 2006; Hazir vd., 2018; Davim vd., 2009; Iskra & Hernandez, 2009). pürüzlülüğün yanında ıslanabilirlik, enerji tüketimi ve işleme süresinin birlikte incelenmesinin Çakıroğlu vd., (2022) dışında araştırma neredeyse yok hükmündedir. Bundan dolayı çalışmada da yüksek teknoloji CNC ile işlenen bazı tropik kökenli ağaç türlerinden elde edilen masif malzemelerin en iyi ahşap yüzey kalitesi, ıslanabilirliği, enerji ve zaman tasarrufu için CNC kesim koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE METOT

### Materyal

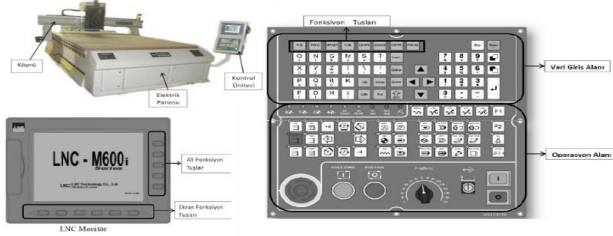
**Ahşap Malzemeler:** Bu çalışmada literatürdeki çalışmalardan farklı olarak mobilya sektöründe yaygın olarak kullanılan tropik kökenli İROKO (*Chlorophora excelsa*) ve SAPELLİ (*Entandrophragma cylindricum* Sprague) keresteleri kullanılmıştır. Kerestelerden elde edilen ahşap parçalar, CNC ile işlem görmeden önce  $12 \pm 1\%$  nem içeriğine ulaşıncaya kadar iklimlendirme odasında şartlandırılmıştır. Her bir ağaç türünün örnekleri rutubetleri aynı keresteden alınmıştır. Şekil 1'de iroko ve sapelli kerestelerine ait resimler gösterilmektedir.



Şekil 1. Sapelli ve İroko ağaç malzeme.  
Figure 1. Sapele and İroko wood material.

**Kullanılan Ahşap İşleme Makinası:** CNC router olarak Megatron (2100X2800) dört axis, 24000 devir/dk hızında 9 kw güce sahip frezeli düz tabla tezgah

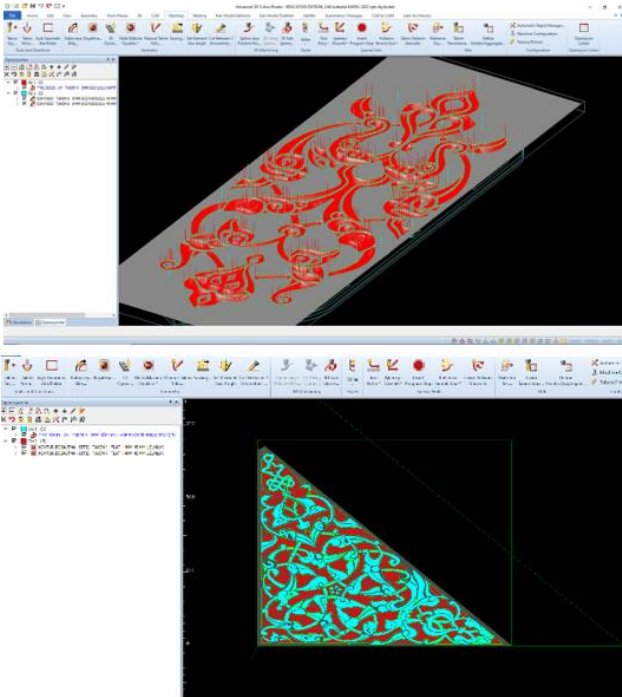
kullanılmıştır. CNC’de 8 adet kesici bıçak değiştirme yuvası bulunmaktadır. Kontrol, LNC-M600i serisi olan monitör panelinden yapılmaktadır. Bununla birlikte monitörün dışında eksen ayarlamalarını ve hassas koordinat düzenlemelerini gerçekleştiren el çarkı mevcuttur. Şekil 2’de CNC makinesi ve bölümleri gösterilmektedir.



Şekil 2. CNC makinesi ve bölümleri.

Figure 2. CNC machine and its sections.

**Alphacam Programı:** Alphacam birçok eksen programlanmasıyla freze işlemi yapan önemli bir bilgisayar destekli üretim programıdır. Çizim ve üretimin aynı anda yapıldığı entegre bir yazılımdır. G kodları üretirken uygun CNC makinalarında kullanılmaktadır. Modelleme, katı cisimlerin üretimi, 3D işlem kabiliyeti gibi özellikleri bulunmaktadır. Alphacam programına entegre Aspire özelliği ile iki boyutta işlem gören çizimleri modelleme yaparak üç boyutlu işlemler ve rölyef çalışmaları oluşturulmaktadır (URL-2). Şekil 3’te Alphacam programı ve modelleme gösterilmektedir.



Şekil 3. Alphacam programı ve modelleme.

Figure 3. Alphacam program and modeling.

**Kullanılan Kesiciler:** Ahşabın işlenmesi CNC’de bulunan birçok kesici takımları ile sağlanmaktadır. Bu kesici takımlarındaki bıçaklar sayesinde üç boyutlu işlemler,

freze, delme, kanal işlemleri, ebatlama gibi işlemler yapılmaktadır. Bu işlemler için uygun ebatlarda ve çaplarda çeşitli kesiciler bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında aynı tür çapları farklı elmas uçlu üç bıçaktan yararlanılmıştır. Bu freze kesicilerinin çapları 3-6-8 (mm) olarak seçilmiştir. Kesme işleminde bu kesicilerin takım magazinlerine yerleştirilmesi için bıçakların çaplarına uyumlu pensler kullanılmaktadır. CNC’de bulunan kesici takımlarının bazı teknik ölçüleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Kesici takımlarının bazı teknik ölçüleri.

Table 1. Some technical dimensions of cutting tools.

Çap	Derinlik	Boy	Kesici alt Çapı	Tür
3mm	12mm	60mm	12mm	Elmas
6mm	20 mm	72 mm	12 mm	Elmas
8mm	25 mm	78 mm	14 mm	Elmas

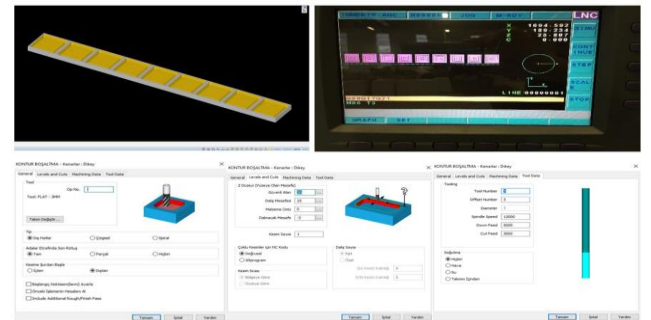


Şekil 4. Kesici takımları.

Figure 4. Cutting tools.

## Yöntem

**Deney Numunelerinin Hazırlanması:** Deney numunelerinin kesimi ve hazırlanması Artvin Çoruh Üniversitesi Mobilya ve Dekorasyon atölyesinde yapılmış olup 2 farklı ağaç türü, 3 farklı kesici takım, devir sayısı ve kesme hızı belirlenerek işleme devam edilmiştir. İlk olarak Örneklerin Alphacam yardımıyla işlenecek parça boyutuna göre 50×50 mm ebatlarında bir alanda dokuz parçadan oluşacak biçimde modelleme yapılmıştır. Bu küçük alanlar boşaltma uygulaması yapılarak deney örnekleri oluşturulmuştur. Dönüş hızı ve kesme hızları farklı olacak şekilde aynı bıçak ile dokuz adet deney numunesi örnekleri birlikte işleme alınabilmektedir. Bıçak çapları 3-6-8 (mm) olan takımlar ile ayrı “G kodları” elde edilmektedir. Deney örnekleri numunelerinin simülasyonu ve kesici takımları Şekil 5’te verilmiştir.



Şekil 5. Deney örnekleri numunelerinin simülasyonu ve kesici takım düzenlemeleri.

Figure 5. Simulation of test specimens and cutting tool arrangements.

Kesme derinliği 3 mm olarak ayarlanmıştır. Tek kademede kesme işlemi yapılmıştır. CNC ile uyumlu Alphacam programı kullanılarak 50×50 mm deney örneklerinin her biri için kesme yönü dışarıdan içeriye doğru düzenlenmiştir. Deney numunelerinin elde edilmesi Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Deney numunelerinin CNC makinasında hazırlanması.  
Figure 6. Preparation of test samples on CNC machine.

CNC makinesi ile işlendikten hemen sonra ve kronometre kullanılarak toplam işlem süreleri kaydedilmiştir. Bununla birlikte 50×50 ahşap deney örnekleri oluşturularak yüzey pürüzlülüğünün ölçümü ve ıslanabilirlik değerlerinin belirlenmesi için hazırlanmıştır. Beş adet deney örneği her bir grubu temsil edecek biçimde hazırlanarak ölçüm işlemlerine gönderilmiştir. Her numunenin enerji tüketimi CNC makinasına entegre bir wattmetre kullanılarak belirlenmiştir.

**Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü:** Yüzeysel kaliteyi belirlemek amacıyla ağaç malzemenin pürüzlülük değerleri ölçümü DIN 4768 (URL-1) standartında elde edilmiştir. DIN 4768 standartlarına göre Mitutoyo SurfTest SJ-301 (İstanbul/Türkiye) ölçüm cihazı kullanılarak ahşap örneklerin liflerine dik şekilde ölçüm yapılmıştır. Ortalama pürüzlülük değeri (Ra), en yüksek pürüzlülük değeri (Ry) ile on nokta ölçüm pürüzlülüğü ortalama değeri (Rz) olarak bilinmektedir. Cihaz, burun ucu yarıçapı 5 µm dedektöre sahip, belirleme uzunluğu 12.5 mm, çözünürlük 350 µm ve kesme uzunluğu 2.5 mm değerlerinde oluşturulmuştur. Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde grupların her biri için on ölçüm yapılmıştır. Ölçümler Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği laboratuvarında yapılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü cihazı Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Mitutoyo SurfTest SJ-301 Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı  
Figure 7. Surface roughness measuring device

**Islanabilirlik için Temas Açısı Ölçümü:** Islanabilirlik ölçümleri ahşap örneklerinin yüzeyleri ile saf suyun damlacık halinde ki durumunun temas ettiği açı ölçümü yapılarak elde edilmektedir. Islanabilirlik ölçümleri DSA100 Damla Şekli Analiz Sistemi

(KRUSS GmbH, Almanya) analizlerini görüntülü biçimde yapan bir cihaz ile yapılmaktadır. Deney örneklerine on damla olacak biçimde 5 µl hacimli damlacıklar rastgele damlatılmıştır. Bunun neticesinde örneklerin temas ettiği açı, damlacıkların örnek yüzeyinde toplanmasından beş saniye sonra belirlenmiştir. Şekil 8'de temas açısı ölçüm cihazı gösterilmektedir.



Şekil 8. Temas açısı ölçüm cihazı.  
Figure 8. Contact angle measuring device.

**Enerji Tüketimi Ölçümü:** CNC makinasının çalışması için üzerinden bir elektrik akımı geçmektedir. Elektrik tüketiminin ölçümü için bu akıma ek olarak bir entegre elektrik sayacı (3 fazlı dört telli demantmetreli aktif elektronik elektrik sayacı) eklenmiştir. Bu sayaç üzerinden okunan başlangıç T1 değeri ile bitiş değerleri kayıt altına alınmıştır. 3-6-8 (mm) çapında kesicilerin kullanıldığı CNC'de, devir hızı, bıçak türü, ağaç türü, kesme hızına göre tüketilen elektrik enerjisi (kw) kaydedilmiştir. Şekil 9'da CNC makinesine entegre elektrik sayacı gösterilmektedir.



Şekil 9. CNC makinasına entegre elektronik sayaç.  
Figure 9. Electronic counter integrated into the CNC machine.

### İşlem Süresi Ölçümü

CNC de bulunan farklı çaptaki kesiciler ile kesme hızı ve devir sayıları da farklı olan işlemler yapılmıştır. Farklı ağaç türleri üzerinde gerçekleştirilen bu işlemlerin işlem süresi CNC kontrol ekranından kayıt altına alınmaktadır. 3-6-8 (mm) çaplı kesiciler ile oluşturulan 50×50 mm ebatlarında örneklerin devir hızı, ağaç türü, kesme hızı ve kesici çapına göre işleme zamanı (sn) ölçümleri kaydedilmiştir.

### Deney Grupları ve Parametreler

2 ağaç türü, 3 farklı bıçak cinsi, devir hızı ve kesme hızıyla birlikte 54 farklı deney numunesi grubu elde edilmiştir. Bununla birlikte deney numunelerinden de 5'er örnek olmak üzere toplam 270 adet örnek CNC de işlenmiştir. Ağaç türü olarak İROKO ve SAPELLİ

kullanılmıştır. CNC işlemlerinde 3-6-8 (mm) çaplı kesiciler kullanılarak devir hızı 1200-15000-18000 devir/dk ve 3000-6000-9000 mm/dk kesme hızı ile işlem yapılmıştır. Tablo 2’de deney grupları ve parametreleri gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Deney grupları ve parametreleri.  
**Table 2.** Experimental groups and parameters.

Ağaç türü	Bıçak çapı (mm)	Devir hızı (devir/dk)	Kesme hızı (mm/d)
İROKO	3	12000	3000
	6	12000	6000
	8	12000	9000
	11	12000	3000
	12	12000	6000
	13	12000	9000
	14	15000	3000
	15	15000	6000
	16	15000	9000
	17	18000	3000
SAPELLİ	3	12000	3000
	6	12000	6000
	8	12000	9000
	11	12000	3000
	12	12000	6000
	13	12000	9000
	14	15000	3000
	15	15000	6000
	16	15000	9000
	17	18000	3000

## BULGULAR

**Yüzey Pürüzlülüğü:** Çalışma kapsamında üzerinde işlem yapılan 2 çeşit ağaç türü, 3 ayrı yüzey pürüzlülüğü parametrelerinin (devir hızı, kesme hızı ve bıçak çapı) ağaç türlerine göre Ra, Ry ve Rz ortalamaları Tablo 3’te gösterilmiştir.

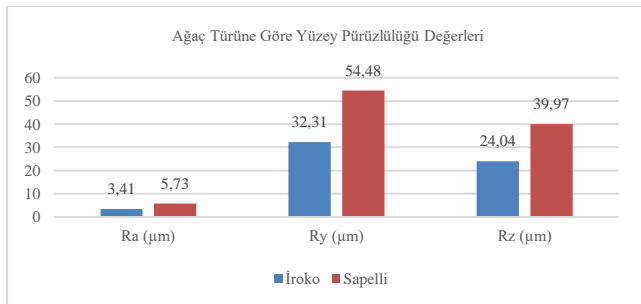
**Tablo 3.** Ağaç türüne göre pürüzlülük ortalama değerleri.

**Table 3.** Average roughness values according to wood species.

	İroko	Sapelli
Ra (µm)	3,41	5,73
Ry (µm)	32,31	51,48
Rz (µm)	24,04	38,97

Tablo 3’ten de görüldüğü gibi diğer parametreler gözardı edilerek 2 farklı ağaç türüne göre en kaliteli yüzey İroko numunelerinden oluşmaktadır. Suresh vd., (2012) yaptığı çalışmada devir hızının artmasıyla CNC ile işlem göre yüzeyin kesme alanı sıcaklığının yükseldiğini neticesinde ahşap malzeme yüzeyinin yumuşak bir hal aldığı ve yüzey pürüzlülüğünün düştüğünü belirtmişlerdir. Bir devir hızının yükselmesiyle kesici bıçak dişlerinden daha az miktarda talaş kaldırarak titreşimin azaldığı dolayısıyla düzgün yüzeylerin oluşmasına neden olduğu belirtilmiştir (De Deus vd., 2015).

Yüzey pürüzlülüğü değerlerinin öteki değişkenlere göre ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 6’da verilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü değerlerindeki bu anlamlı farkın daha belirgin görülebilmesi için Şekil 10’da ki grafik verilmiştir.



**Şekil 10.** Ağaç türüne göre yüzey pürüzlülüğü değerleri grafiği.

**Figure 10.** Surface roughness values graph according to wood species.

**Tablo 4.** Diğer değişkenlere göre ölçülen yüzey pürüzlülüğü ortalama değerleri ve standart sapmaları.

**Table 6.** Mean values and standard deviations of measured surface roughness according to other variables.

Örn no	Ağaç	Bıçak	Devir	Kesme	Ra (µm)		Ry (µm)		Rz (µm)	
					Ort.	s.s.	Ort.	s.s.	Ort.	s.s.
1	I1	1	1	1	3,30	0,90	28,94	9,66	23,38	6,93
2	I2	1	1	2	3,33	0,50	31,18	9,37	23,53	4,95
3	I3	1	1	3	4,40	0,61	44,16	9,35	32,19	6,94
4	I4	1	2	1	3,89	0,54	44,18	9,07	30,44	7,09
5	I5	1	2	2	3,58	0,84	32,58	7,74	25,30	5,22
6	I6	1	2	3	4,23	0,56	36,73	9,84	29,13	5,97
7	I7	1	3	1	3,43	0,89	36,25	6,62	24,66	6,09
8	I8	1	3	2	4,09	0,98	35,58	9,10	28,27	6,12
9	I9	1	3	3	3,98	0,81	36,04	9,08	27,96	8,51
10	I10	2	1	1	2,71	0,74	24,17	6,57	18,47	5,09
11	I11	2	1	2	2,91	0,73	25,02	8,11	20,16	6,10
12	I12	2	1	3	3,03	0,73	31,32	8,64	21,04	4,96
13	I13	2	2	1	4,24	0,84	42,19	9,43	30,74	7,38
14	I14	2	2	2	3,46	0,98	32,95	9,56	23,45	5,69
15	I15	2	2	3	3,44	0,89	30,24	7,51	23,12	5,94
16	I16	2	3	1	3,52	0,75	35,27	9,89	24,62	5,34
17	I17	2	3	2	2,68	0,67	24,99	8,60	18,72	4,66
18	I18	2	3	3	3,78	0,55	37,57	9,50	25,06	7,94
19	I19	3	1	1	3,51	0,56	38,30	6,82	25,01	3,26
20	I20	3	1	2	2,61	0,30	21,38	4,56	17,43	2,23
21	I21	3	1	3	2,82	0,57	23,27	5,90	18,57	3,92
22	I22	3	2	1	2,82	0,90	26,68	7,55	21,78	9,41
23	I23	3	2	2	3,77	0,93	35,38	8,20	25,12	4,42
24	I24	3	2	3	3,17	0,79	31,84	9,80	22,31	6,18
25	I25	3	3	1	2,38	0,71	22,27	8,92	17,48	6,87
26	I26	3	3	2	4,04	0,81	37,06	9,45	29,92	7,40
27	I27	3	3	3	3,04	0,56	26,84	8,80	21,26	5,50
28	S1	1	1	1	4,24	0,75	42,51	7,64	31,39	4,19
29	S2	1	1	2	4,99	0,31	48,72	8,46	36,65	5,08
30	S3	1	1	3	6,40	0,95	59,64	5,49	42,43	6,93
31	S4	1	2	1	5,88	0,79	55,56	8,86	42,33	7,71
32	S5	1	2	2	5,44	0,88	48,17	9,48	36,73	3,80
33	S6	1	2	3	5,61	0,96	51,24	9,21	39,77	6,31
34	S7	1	3	1	6,28	0,99	59,04	8,85	42,91	6,65
35	S8	1	3	2	5,45	0,99	47,58	6,74	36,13	4,61
36	S9	1	3	3	6,42	0,81	54,38	8,43	43,67	6,80
37	S10	2	1	1	6,97	0,40	60,78	9,04	46,08	5,31
38	S11	2	1	2	5,33	0,72	48,15	9,39	35,93	6,32
39	S12	2	1	3	6,29	0,94	52,56	8,18	38,58	9,24
40	S13	2	2	1	5,58	0,80	54,17	8,12	36,55	5,46
41	S14	2	2	2	6,54	0,99	60,73	9,79	41,97	6,78
42	S15	2	2	3	5,79	0,92	51,71	9,47	38,53	8,72
43	S16	2	3	1	5,72	0,94	47,44	8,52	37,32	8,05
44	S17	2	3	2	6,43	0,59	56,26	9,90	44,06	9,71
45	S18	2	3	3	4,63	0,70	37,72	9,09	31,55	7,91
46	S19	3	1	1	5,05	0,91	54,95	7,43	35,39	8,14
47	S20	3	1	2	5,61	0,68	47,24	9,45	36,64	4,79
48	S21	3	1	3	6,88	0,59	70,43	8,72	83,96	8,21
49	S22	3	2	1	5,44	0,74	44,80	9,40	38,37	9,26
50	S23	3	2	2	6,14	0,74	52,87	9,34	42,92	9,37
51	S24	3	2	3	5,09	0,52	45,28	9,57	33,31	5,76
52	S25	3	3	1	5,11	0,73	44,26	9,77	34,89	5,01
53	S26	3	3	2	5,00	0,59	42,20	8,58	34,30	7,33
54	S27	3	3	3	6,46	0,89	51,87	8,79	39,89	6,03

\*Numaralandırılmalar sırasıyla bıçakta 1-2-3 nolu 3-6-9(mm), devir hızları 1-2-3 nolu 1200-1500-18000 (devir/dk), kesme hızları 1-2-3 nolu 3000-6000-9000 (mm/dk).

Yüzey pürüzlülüğü ortalamaları ve standart sapma değerleri Tablo 4’de verilmektedir. Bakıldığında Ra değeri için 2,38 µm ile en düşük ortalama değerine sahip İ25 örnek grubudur. S10 örnek grubu ise en yüksek ortalama değere sahip olup 6,97 µm olarak belirlenmektedir. En düşük ve en yüksek ortalama değerlerine sahip Ry ve Rz aynı grupta olup en düşüğü İ20 örneklerinde sırasıyla 21,38 µm ve 17,43 µm olarak elde edilmiştir. En yükseği ise S21 örneklerinde sırasıyla 70,43 µm ve 53,96 µm olarak görülmektedir. Tablo 5’te Ra değeri için en yüksek ve en düşük pürüzlülük grupları gösterilmektedir.

**Tablo 5.** Ra yüzey pürüzlülük değerlerinin en yüksek ve en düşük ölçüldüğü parametreler.

**Table 5.** Parameters with the highest and lowest measured Ra surface roughness values.

Ağaç Türü	Ra (µm)	Bıçak (mm)	Devir (devir/dk)	Kesme (mm/dk)	Örnek Grubu	
İroko	En yüksek	4,40	3	12000	9000	I3
	En düşük	2,38	8	18000	3000	I25
Sapelli	En yüksek	6,97	6	12000	3000	S10
	En düşük	4,24	3	12000	3000	S1

Tablo 5’e göre en düşük yüzey pürüzlülük değerleri düşük kesme hızlarında (3000 mm/dk) ve yüksek pürüzlülük değerleri 12000 d/dk olarak düşük devir hızlarında oluşmaktadır. En yüksek ve en düşük pürüzlülük değerlerine kesici bıçak çapının etkisi incelendiğinde İroko örneklerinde çapı büyük kesiciler (6 mm ve 8 mm) ile daha pürüzsüz yüzeyler meydana gelmektedir. Sapellide ise küçük çaplı kesicileri (3 mm) ile işlemlerde yüzeyler daha pürüzsüz

oluşmaktadır. Li vd., (2012)'de kesici bıçakların çapının değerlendirildiği çalışmalarında ince kesici çapına sahip olan bıçaklar ile daha güzel pürüzsüz yüzeyler oluştuğu görülmektedir. Bu çalışmada da 3mm çaplı bıçakla işlem göre malzemelerin yüzeyleri 8mm çaplı bıçakla işlem gören örneklerden daha pürüzlü olduğu sonucuna varılmıştır.

Ağaç türü ve işlem parametrelerinin pürüzlülük değerleri üzerindeki etkisinin istatistiksel durumda anlamlı olup olmadığını belirlemek üzere varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Tablo 6'de gösterilmiştir.

**Tablo 6.** Ağaç türüne göre pürüzlülük değerlerinin varyans analizi sonuçları.

**Table 6.** Results of variance analysis of roughness values according to wood species.

Ağaç türü	Pürüzlülük	df	Kareler top.	Kareler ort.	F	Sig.	
Ra	İroko	3,4133	Gruplar arası	726,021	726,021	790,658	0,000
	Sapelli	5,7323	Grup içi	494,018	,918		
			Toplam	1220,039			
Ry	İroko	32,3099	Gruplar arası	49627,297	49627,297	442,213	0,000
	Sapelli	51,4830	Grup içi	60376,987	112,225		
			Toplam	110004,285			
Rz	İroko	24,0406	Gruplar arası	30095,595	30095,595	506,309	0,000
	Sapelli	38,9715	Grup içi	31979,336	59,441		
			Toplam	62074,932			

**Tablo 7.** Bıçak çapına göre pürüzlülük değerlerinin varyans analizi sonuçları.

**Table 7.** Results of variance analysis of roughness values according to blade diameter.

Bıçak çapı	Pürüzlülük	df	Kareler top.	Kareler ort.	F	Sig.	
Ra	3mm	4,7183	Gruplar arası	10,399	5,199	2,308	,100
	6mm	4,6140	Grup içi	1209,640	2,253		
	8mm	4,3860	Toplam	1220,039			
Ry	3mm	44,0145	Gruplar arası	1577,912	788,956	3,907	,021
	6mm	41,8467	Grup içi	108426,372	201,911		
	8mm	39,8282	Toplam	110004,285			
Rz	3mm	33,1589	Gruplar arası	752,949	376,474	3,297	,038
	6mm	30,8861	Grup içi	61321,983	114,194		
	8mm	30,4732	Toplam	62074,932			

Yapılan varyans analizine göre bıçak çapının Ra verisine etkisi yokken (sig. > 0,05), Ry ve Rz verisine etkisi vardır. Bu etkinin hangi bıçak çapından kaynaklandığını bulmak için verilere çoklu karşılaştırma testleri (post hoc.) uygulanır. Uygulanacak çoklu karşılaştırma testleri varyansların eşit olup olmama durumuna göre farklılık gösterir. Bıçak çaplarının pürüzlülük verilerinin varyansları homojen değildir (Tablo 8). Bu durumda çoklu karşılaştırma testlerinden tamhane's T2 testine göre 3mm çaplı bıçakla yapılan işlem sonucunda elde edilen yüzeyin Ry ve Rz pürüzlülük sonuçları 8mm çaplı bıçakla işlem gören ağaç malzemenin sonuçlarından farklı (daha pürüzlü) olduğu istatistiksel olarak söylenebilir. Yüzey pürüzlülük değerleri üzerine kesme hızının etkisine bakıldığında Tablo 9'daki varyans analizi sonuçları elde edilir.

**Tablo 8.** Varyansların homojenlik testi.

**Table 8.** Homogeneity of variances test.

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
ra	7,722	2	537	,000
ry	4,206	2	537	,015
rz	5,790	2	537	,003

Varyans analizi sonuçlarına göre kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerine incelenen iki ağaç türü için istatistiksel olarak herhangi bir etkisinin olmadığı

Varyans analizi tablosundan da görüleceği üzere (sig. < 0,05) ağaç türlerinin yüzey pürüzlülüğü değerleri birbirinden istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür. Buna göre istatistiksel olarak İROKO örnekleri SAPELLİ örneklerinden daha az pürüzlü yüzeyler oluşturmaktadır denilebilir. İşlem parametrelerinden ilki olan bıçak çapının yüzey pürüzlülük değerleri üzerindeki etkisine varyans analizi yardımıyla bakıldığında Tablo 7'deki veriler elde edilmiştir.

belirlenmiştir (Sig. > 0,05). Ağaç türünden bağımsız olarak farklı kesme hızlarında incelenen örnekler arasında yüzey pürüzlülüğü değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ağaç türlerinin kendi içlerinde kesme hızı ile pürüzlülük arasında da anlamlı bir fark bulunamamıştır. Çalışmamızın aksine literatürde kesme ya da besleme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığı belirtilmiştir (Dumaoğlu & Bal, 2022; Demir vd., 2021).

Devir sayısının yüzey pürüzlülük değerleri üzerindeki etkisini belirlemek için Tablo 10'da varyans analizleri gösterilmektedir.

Varyans analizi sonuçlarına göre devir hızının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi incelenen iki ağaç türü için istatistiksel olarak herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Sig. > 0,05).

**Islanabilirlik:** Ağaç türlerine göre ıslanabilirlik dereceleri temas açısı ölçümleriyle birlikte yapılmıştır. Tablo 11'de iroko ve sapelli ağaç türlerine göre ıslanabilirlik ortalama değerleri verilmiştir. Buna göre ağaç türü olarak İroko ve Sapelli örneklerinden oluşan ıslanabilirlik değerlerinin ortalamalarına göre en yüksek temas açısı ortalaması İroko örneklerinde ölçülmüştür.

Bu ortalamalardaki farklılıkların anlamlılık düzeylerini istatistiksel olarak test ettiğimizde, Tablo 12'deki Varyans analizi tablosundan görüleceği üzere ıslanabilirlik verisi üzerinde sadece ağaç türünün etkisi

vardır. Diğer parametrelerin istatistiksel olarak aralarında ıslanabilirlik bakımından bir fark yoktur. Ağaç türleri arasında da Sapelli örnekleri İroko örneklerinden daha iyi ıslanabilir diyebiliriz.

**Tablo 9.** Kesme hızına göre pürüzlülük değerlerinin varyans analizi sonuçları.

**Table 9.** Results of variance analysis of roughness values according to cutting speed.

	Kesme hızı	Pürüzlülük		df	Kareler top.	Karaler ort.	F	Sig.
Ra	3000	4,4657	Gruplar arası	2	3,869	1,934	,854	,426
	6000	4,6726	Grup içi	537	1216,170	2,265		
	9000	4,5801	Toplam	539	1220,039			
Ry	3000	41,8170	Gruplar arası	2	551,700	275,850	1,353	,259
	6000	43,1722	Grup içi	537	109452,585	203,822		
	9000	40,7002	Toplam	539	110004,285			
Rz	3000	30,9348	Gruplar arası	2	190,805	95,402	,828	,438
	6000	32,3258	Grup içi	537	61884,127	115,240		
	9000	31,2576	Toplam	539	62074,932			

**Tablo 10.** Devir sayısına göre pürüzlülük değerlerinin varyans analizi sonuçları

**Table 10.** Results of variance analysis of roughness values according to speed number.

	Devir sayısı	Pürüzlülük		df	Kareler top.	Karaler ort.	F	Sig.
Ra	12000	4,4491	Gruplar arası	2	8,735	4,368	1,936	,145
	15000	4,5215	Grup içi	537	1211,304	2,256		
	18000	4,7477	Toplam	539	1220,039			
Ry	12000	42,3092	Gruplar arası	2	604,196	302,098	1,483	,228
	15000	40,4449	Grup içi	537	109400,089	203,725		
	18000	42,9353	Toplam	539	110004,285			
Rz	12000	31,2113	Gruplar arası	2	198,548	99,274	,862	,423
	15000	30,9561	Grup içi	537	61876,384	115,226		
	18000	32,3508	Toplam	539	62074,932			

**Tablo 11.** Ağaç türüne göre ıslanabilirlik ortalama değerleri.

**Table 11.** Average wettability values by tree species.

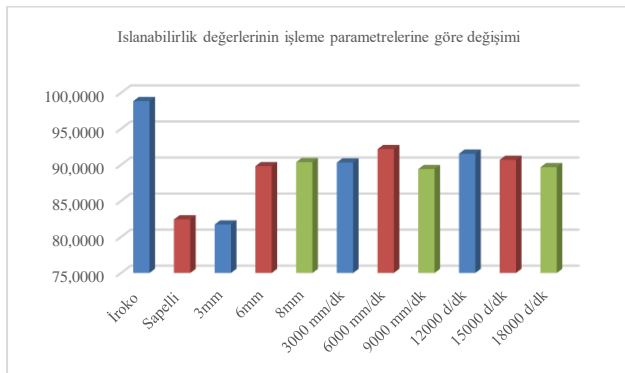
Islanabilirlik (°)	Ağaç türü	
	İroko	Sapelli
	98,85	82,44

**Tablo 12.** Ağaç türü ve diğer parametrelerin ıslanabilirlik derecesi üzerine etkisi.

**Table 12.** Effect of wood species and other parameters on wettability degree.

		Islanabilirlik		df	Kareler top.	Karaler ort.	F	Sig.
Ağaç türü	İroko	98,8459	Gruplar arası	1	18164,641	18164,641	409,944	0,000*
	Sapelli	82,4415	Grup içi	268	11875,103	44,310		
			Toplam	269	30039,744			
Bıçak çapı	3mm	81,7311	Gruplar arası	2	173,632	89,816	0,776	0,461
	6mm	89,8211	Grup içi	267	29866,113	111,858		
	8mm	90,3789	Toplam	269	30039,744			
Kesme hızı	3000	90,3267	Gruplar arası	2	358,019	179,010	1,610	0,202
	6000	92,1856	Grup içi	267	29681,725	111,168		
	9000	89,4189	Toplam	269	30039,744			
Devir sayısı	12000	91,5533	Gruplar arası	2	158,929	79,465	0,710	0,493
	15000	90,7011	Grup içi	267	29880,815	111,913		
	18000	89,6767	Toplam	269	30039,744			

\*iki grup olduğu için çoklu karşılaştırma yapılamaz.



**Şekil 11.** Islanabilirlik değerlerinin işleme parametrelerine göre değişimi.

**Figure 11.** Change of wettability values according to processing parameters.

### İroko Ağaç Türüne Göre En Uygun

**Islanabilirlik Değerleri:** Bıçak çapı, devir hızı, kesme hızına göre ıslanabilirlik değerleri İroko ağaç türü için Tablo12'de verilmiştir. Tablo 13'teki verilere göre ıslanabilirlik temas açısı için iroko deney örneklerinin en iyi bıçak çapı, devir hızı ve kesme hızı sırasıyla 3mm-1200d/dk-9000 mm/dk, 6mm-18000d/dk-9000mm/dk, 8mm-15000d/dk, 9000mm/dk olarak elde edilmektedir.

### Sapelli Ağaç Türüne Göre En Uygun

**Islanabilirlik Değerleri:** Bıçak çapı, devir hızı, kesme hızına göre ıslanabilirlik değerleri Sapelli örnekleri için Tablo 14'te verilmiştir.

**Tablo 13.** İroko örnekleri için ıslanabilirlik değerleri  
**Table 13.** Wettability values for İroko samples.

Bıçak Çapı (mm)	Devir Hızı (devir/dk)	Kesme Hızı (mm/dk)	Islanabilirlik (%)
3mm	12000	3000	103,16
		6000	101,10
		9000	96,36
	15000	3000	102,34
		6000	102,12
		9000	104,94
	18000	3000	104,74
		6000	99,14
		9000	100,22
6mm	12000	3000	94,24
		6000	96,08
		9000	96,60
	15000	3000	95,72
		6000	98,82
		9000	98,86
	18000	3000	92,74
		6000	94,40
		9000	92,48
8mm	12000	3000	104,80
		6000	98,98
		9000	98,48
	15000	3000	102,96
		6000	98,98
		9000	94,22
	18000	3000	100,08
		6000	100,66
		9000	95,62

**Tablo 14.** Sapelli örneklerinin ıslanabilirlik değerleri  
**Table 14.** Wettability values of Sapelli samples

Bıçak Çapı (mm)	Devir Hızı (devir/dk)	Kesme Hızı (mm/dk)	Islanabilirlik (%)
3mm	12000	3000	79,88
		6000	79,20
		9000	84,26
	15000	3000	82,64
		6000	88,48
		9000	83,42
	18000	3000	82,48
		6000	81,64
		9000	75,04
6mm	12000	3000	78,26
		6000	88,42
		9000	83,06
	15000	3000	88,32
		6000	82,88
		9000	87,74
	18000	3000	86,30
		6000	80,94
		9000	80,92
8mm	12000	3000	86,80
		6000	77,78
		9000	78,42
	15000	3000	81,92
		6000	83,82
		9000	81,16
	18000	3000	80,58
		6000	79,18
		9000	82,38

**Tablo 15.** İşleme parametrelerine göre elektrik tüketim miktarları.

**Table 15.** Electricity consumption amounts according to processing parameters.

		Elektrik tük.		df	Kareler top.	Karalar ort.	F	Sig.
Ağaç türü	İroko	7,8870	Gruplar arası	1	0,166	0,166	0,635	0,429
	Sapelli	7,9878	Grup içi	52	13,550	0,261		
			Toplam	53	13,717			
Bıçak çapı	3mm	7,6611	Gruplar arası	2	4,092	2,046	10,841	0,000*
	6mm	7,8500	Grup içi	51	9,624	0,189		
	8mm	8,3161	Toplam	53	13,716			
Kesme hızı	3000	7,9939	Gruplar arası	2	0,381	0,191	0,729	0,487
	6000	8,0094	Grup içi	51	13,335	0,261		
	9000	7,8239	Toplam	53	13,716			
Devir sayısı	12000	8,0583	Gruplar arası	2	0,374	0,187	0,714	0,495
	15000	7,9017	Grup içi	51	13,342	0,262		
	18000	7,8672	Toplam	53	13,716			

\*post hoc. Tamhane's T2 testi yapılmıştır. (varyanslar eşit değil).

Elektrik tüketimi konusunda yapılan ölçümler ve varyans analizi sonucunda bıçak çapı hariç ağaç türü, kesme hızı ve devir hızları arasında anlamlı fark bulunamamıştır. Bıçak çapları arasında varyans analizi sonucunda fark olduğu belirlenmiş ve bu farkın hangi bıçak çapından kaynaklandığını belirlemek için Post Hoc. Testi (Tamhane's T2) uygulanmıştır. Test sonucunda 8mm çaplı bıçağın birim zamanda diğer iki bıçaktan daha çok enerji tükettiği sonucuna varılmıştır. Literatürde CNC makinelerinin elektrik tüketimi konusunda yapılan çoğu araştırmada işlem süresi ve elektrik tüketimi ayrı veriler şeklinde ele alınmıştır (Dumanoglu & Bal 2022; Çakiroğlu

Tablo14'teki verilere göre ıslanabilirlik temas açısı için Sapelli deney örneklerinin en iyi bıçak çapı, devir hızı ve kesme hızı sırasıyla 3mm-1800d/dk-9000mm/dk, 6mm-12000d/dk-3000mm/dk, 8mm-12000d/dk, 6000mm/dk olarak elde edilmektedir.

Ahşap malzemelerde yüzey pürüzlülüğü ile ıslanabilirlik arasında yakın bir ilişki vardır (Özşahin, 2012). Bu çalışmada ise sadece ağaç türü ile ıslanabilirlik değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmuştur. İroko örneklerinin yüzey pürüzlülüğü sapelli örneklerinden daha iyi olmasına karşın ıslanabilirliği daha düşüktür. Literatürde yüzey pürüzlülüğü azaldıkça temas açısının azaldığını belirtilen çalışmalar mevcuttur (Gindl vd., 2004; De Meijer vd., 2000).

**Elektrik Tüketimi:** CNC makinası ile yapılan işlemler sonucu oluşan örnek gruplarının bazı kriterlere göre oluşan işlem süresi ve tüketilen elektrik enerjisi ayrıca her bir grup için ölçülmüştür. Elektrik tüketimi birim zaman başına düşünülerek varyans analiz sonuçları aşağıdaki Tablo 15'te gösterilmiştir.

Aşağıdaki varyans analizi tablosuna (Tablo 15) göre üretim parametrelerinden sadece bıçak çapının elektrik tüketimi üzerine etkisi olduğu görülmektedir (Sig. 0,000). Bıçak çapları arasında yapılan Post Hoc. Testi sonucunda 8mm çaplı bıçağın diğer iki bıçaktan daha fazla elektrik tüketimine neden olduğu bulunmuştur.

vd., 2022; Li vd., 2019). Bu çalışmada elektrik tüketimini birim zamanda hesaplamak için işlem süresinde harcanan elektrik miktarının işlem süresine oranlanması ve çıkan sonucun saatte harcanan enerji olarak belirtilmesi yoluna gidilmiştir. Sadece tüketilen elektrik miktarına bakıldığında kesici takım çapının artmasıyla elektrik tüketiminin azaldığı sonucuna varılabilir. Burada geniş çaplı bıçakla işlem yapıldığında azalan işlem süresinin etkisi dikkate alınmadan çıkarım yapılmaktadır. Oysaki elektrik tüketimi konusu birim zamanda ne kadar olduğu ifade edilirse daha anlamlı olacaktır. Sonuç olarak elektrik tüketiminin artan kesici takım çapı nedeniyle makinenin



daha fazla zorlanması sonucunda artması literatürdeki çalışmalarla örtüşmektedir (Yavaşçı vd., 2022).

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında incelenen ağaç türleri arasında en iyi ahşap yüzey kalitesi, ıslanabilirliği, enerji tasarrufu için CNC kesim koşullarının belirlenmesi amaçlanmış ve yüzey pürüzlülüğü bakımından İROKO örneklerinin SAPELLİ örneklerinden daha düzgün yüzeyler oluşturduğu belirlenmiştir. Beklenildiği gibi yüzey pürüzlülüğü bakımından ağaç türleri arasında CNC işleme parametrelerinden bağımsız olarak belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Çalışmadaki örneklerin pürüzlülük sonuçları incelendiğinde iroko örneklerinden en iyi sonucu geniş çaplı bıçak (8mm) ve yüksek devir hızında (18000d/dk) elde edilirken, SAPELLİ örneklerinden İROKO örneklerinin aksine dar çaplı bıçak (3mm) ve düşük devir hızında (12000 d/dk) en iyi sonuç elde edilmiştir.

Bu çalışmanın sonuçlarının sanayide CNC ile işlem gören çoğu işletmeye ve bilime bir çok katkıda bulunacağı düşünülmektedir. Mobilya endüstrisinde sıklıkla tercih edilen İROKO ve SAPELLİ ağaç türlerinin yüzey kalite özellikleri CNC ile üretim koşullarında belirlenebilir. En uygun parametreler elde edilerek yüzey kalite sağlanarak enerji ve zaman kayıpları minimuma indirilebilir. Ayrıca ileride yapılacak olan çalışmalarda CNC kesme koşullarının daha fazla optimizasyon incelemelerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Mobilya sektöründe faaliyet gösteren fabrika ve tesisler; yaygın şekilde kullanılan CNC makinalarının parametrelerindeki değişiklikler sonucunda daha verimli üretimler elde edebilirler. Bunun sonucunda elektrik tüketimi de düşünülerek ülke ekonomisine katkı sağlanıp daha kaliteli ürünler oluşturulabilir.

## KAYNAKLAR

- Aguilera, A., Meausoone, P. J. & Martin P. (2000).** Wood material influence in routing operations: the MDF case. *European Journal of Wood and Wood Products*, **58**, 278-283. DOI: [10.1007/s001070050425](https://doi.org/10.1007/s001070050425)
- Bajić, D., Lela, B., & Živković, D. (2008).** Modeling of machined surface roughness and optimization of cutting parameters in face milling. *Metalurgija*, **47**(4), 331-334.
- Bekhta, P. & Krystofiak, T. (2016).** The influence of short-term thermo-mechanical densification on the surface wettability of wood veneers, Maderas. *Ciencia y Tecnología* **18**(1), 79-90. DOI: [10.4067/S0718-221X2016005000008](https://doi.org/10.4067/S0718-221X2016005000008)
- Çakiroğlu, E.O., Demir, A., Aydın, İ. & Büyüksarı, Ü. (2022).** Prediction of optimum CNC cutting conditions using artificial neural network models for the best wood surface quality, low energy consumption, and time Savings. *BioResources*, **17**(2), 2501. DOI: [10.15376/biores.17.2.2501-2524](https://doi.org/10.15376/biores.17.2.2501-2524)
- Davim, J.P., Clemente, V.C. & Silva, S. (2009).** Surface roughness aspects in milling MDF (medium density fibreboard). *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **40**(1-2), 49-55. DOI: [10.1007/s00170-007-1318-z](https://doi.org/10.1007/s00170-007-1318-z)
- De Deus, P.R., de Sampaio Alves, M.C. & Vieira, F.H. A.(2015).** The quality of MDF workpieces machined in CNC milling machine in cutting speeds, feedrate, and depth of cut. *Meccanica*, **50**(12), 2899-2906. DOI: [10.1007/s11012-015-0187-z](https://doi.org/10.1007/s11012-015-0187-z)
- De Meijer, M., Haemers, S., Cobben, W. & Militz, H. (2000).** Surface energy determinations of wood: Comparison of Methods and Wood Species *Langmuir*, **16** (2000), 9352-9359. DOI: [10.1021/la001080n](https://doi.org/10.1021/la001080n)
- Demir, A., Çakiroğlu, E.O. & Aydın, (2022).** I Determination of CNC processing parameters for the best wood surface quality via artificial neural network. *Wood Material Science & Engineering*, **17**(6), 685-692. DOI: [10.1080/17480272.2021.1929466](https://doi.org/10.1080/17480272.2021.1929466)
- Dumanoğlu, F. & Bal, B.C.(2022).** Cnc Makinesi ile İşlenmiş Lif Levhaların Yüzey Pürüzlülüğü ve İşlem Süresi Üzerine İşleme Parametrelerinin Etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **25**(4), 615-621. DOI: [10.17780/ksujes.1144224](https://doi.org/10.17780/ksujes.1144224)
- Fang, Q., Cui, H.W. & Du, G.B. (2016).** Surface wettability, surface free energy, and surface adhesion of microwave plasma-treated Pinus yunnanensis wood. *Wood Science and Technology*, **50**(2), 285-296. DOI: [10.1007/s00226-015-0793-x](https://doi.org/10.1007/s00226-015-0793-x)
- Fountas, N., Kimpenis, A., Vaxevanidis, N. & Davim, J. P. (2012).** Single and multi-objective optimization methodologies in CNC machining. In *Statistical and Computational Methods in Manufacturing*. Springer, 187-218. DOI: [10.1007/978-3-642-25859-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-642-25859-6_5)
- Gindl, M. & Tschegg, S. (2012).** Significance of the acidity of wood to the surface free energy components of different wood species. *Langmuir*, **18**(8), 3209-3212. DOI: [10.1021/la011696s](https://doi.org/10.1021/la011696s)
- Gindl, M., Reiterer A., Sinn, G. & Stanzl-Tschegg, S.E. (2004).** Effects of surface ageing on wettability, surface chemistry, and adhesion of wood. *Holz Roh Werkst*, **62**(4), 273-280. DOI: [10.1007/s00107-004-0471-4](https://doi.org/10.1007/s00107-004-0471-4)
- Gürgen, A., Çakmak, A., Yildiz, S. & Malkoçoğlu A. (2022).** Optimization of CNC operating parameters to minimize surface roughness of Pinus sylvestris using integrated artificial neural network and genetic

- algorithm. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, **24**(1), 5. DOI: 10.4067/s0718-221x2022000100401
- Hazir, E. & Koc, K.H. (2019).** Optimization of wood machining parameters in CNC routers: Taguchi orthogonal array based simulated angling algorithm, *Maderas. Ciencia y Tecnología*, **21**(4), 493-510. DOI: 10.4067/S0718-221X2019005000406
- Hazir, E. & Ozcan T. (2019).** Response surface methodology integrated with desirability function and genetic algorithm approach for the optimization of CNC machining parameters. *Arabian Journal for Science and Engineering*, **44**(3), 2795-2809. DOI: 10.1007/s13369-018-3559-6
- Hazir, E., Erdinler, E.S. & Koc, K.H. (2018).** Optimization of CNC cutting parameters using design of experiment (DOE) and desirability function. *Journal of Forestry Research*, **29**, 1423-1434. DOI: 10.1007/s11676-017-0555-8
- Iskra, P. & Hernandez, R. E. (2009).** The influence of cutting parameters on the surface quality of routed paper birch and surface roughness prediction modeling. *Wood and Fiber Science*, 28-37.
- Karagöz, U. (2011).** CNC ile işlemede ahşap malzemenin yüzey kalitesini etkileyen faktörler. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, **11**(1), 18-26, 2011.
- Karagoz, U., Akyildiz, M.H. & Isleyen, O. (2011).** Effect of heat treatment on surface roughness of thermal wood machined by CNC. *Pro Ligno*, **7**(4), 50-58.
- Kopač, J. & Šali, S. (2003).** Wood: an important material in manufacturing technology. *Journal of materials processing technology*, **133**(1-2), 134-142. DOI: 10.1016/S0924-0136(02)00217-0
- Krimpenis, A.A. & Vosniakos G.C. (2009).** Rough milling optimisation for parts with sculptured surfaces using genetic algorithms in a Stackelberg game, *Journal of Intelligent Manufacturing*, **20**(4), 447-461. DOI: 10.1007/s10845-008-0147-8
- Li, C., Li, L., Tang, Y., Zhu, Y. & Li, L. (2019).** A comprehensive approach to parameters optimization of energy-aware CNC milling. *Journal of Intelligent Manufacturing*, **30**, 123-138. DOI: 10.1007/s10845-016-1233-y
- Ohuchi, T. & Murase, Y. (2005).** Milling of wood and wood-based materials with a computerized numerically controlled router IV: development of automatic measurement system for cutting edge profile of throw-away type straight bit. *Journal of Wood Science*, **51**, 278-281. DOI: 10.1007/s10086-004-0663-x
- Özşahin, Ş. (2012).** The Use Of An Artificial Neural Network For Modeling The Moisture Absorption And Thickness Swelling Of Oriented Strand Board, *BioRes.*, **7**(1), 1053-1067. DOI: 10.15376/biores.7.1.1053-1067
- Rathke, J. & Sinn, G. (2013).** Evaluating the wettability of MUF resins and pMDI on two different OSB raw materials. *European Journal of Wood and Wood Products*, **71**(3), 335-342. DOI: 10.1007/s00107-013-0675-6
- Stanojevic, D., Mandic, M., Danon, G. & Svrzic, S. (2017).** Prediction of the surface roughness of wood for machining. *Journal of Forestry Research*, **28**(6), 1281-1283. DOI: 10.1007/s11676-017-0401-z
- Supadarattanawong, S. & Rodkwan, S. (2006).** An investigation of the optimal cutting conditions in Parawood (Heavea Brasiliensis) machining process on a CNC wood router. *Agriculture and Natural Resources*, **40**(5), 311-319.
- Suresh, R., Basavarajappa, S., Gaitonde, V. N. & Samuel, G. L. (2012).** Machinability investigations on hardened AISI 4340 steel using coated carbide insert. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, **33**, 75-86. DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2012.02.019
- Sutcu, A. (2013).** Investigation of parameters affecting surface roughness in CNC routing operation on wooden EGP. *BioResources*, **8**(1), 795-805. DOI: 10.15376/biores.8.1.795-805
- URL-1 (2023).** Deutsches Institut für Norming DIN 4768, Determination of Values of Surface Roughness Parameters Ra, Rz, Rmax Using Electrical Contact (Stylus) Instruments, Concepts and Measuring Conditions, Germany, May, 1990. <https://www.scribd.com/document/465303105/DIN-4768-1-RUGOSIDAD>, erişim tarihi: Aralık 5, 2023
- URL-2. (2024).** <https://www.alphacam.com/ALPHACAM-router/>, erişim tarihi: Ekim 10, 2024
- Yaghoubi, S. & Rabiei, F. (2023).** Investigating the CNC milling machine parameters and machining tool specifications on surface roughness of wooden products. *Journal Of Applied and Computational Sciences in Mechanics*, **35**(3), 65-74.
- Yavaşçı, E., Kardökmak, A.Ş. & Demirsöz, R. (2022).** Talaşlı imalatta kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği değişkenlerinin torna tezgâhı güç tüketimi üzerine etkileri. *Çelik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, **3**(1), 17-24.