



---

**Makale / Research Paper**

---

**Bazı Jeotermal Sularla Muamele Edilmiş Kızılcım Odununun Yoğunluk, Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü: Konya Bölgesinden Bir Çalışma**

Ahmet Ali VAR<sup>1\*</sup> ve Ömer KAPLAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Isparta

<sup>2</sup>Isparta Orman Bölge Müdürlüğü, Eğirdir Orman İşletme Müdürlüğü, Aksu Orman İşletme Şefliği, Isparta  
[alivar@isparta.edu.tr](mailto:alivar@isparta.edu.tr), [omerkaplan1985@gmail.com](mailto:omerkaplan1985@gmail.com)

Received/Geliş: 26.09.2018

Accepted/Kabul: 14.12.2018

**Öz:** Bu çalışmanın amacı Konya-İlgın bölgesinden bazı jeotermal kuyu sularının ağaç malzeme empenyesinde kullanılabilirliği ve yoğunluk, eğilme direnci ve elastikiyet modülü üzerine etkilerinin belirlenmesidir. Araştırmada SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal kuyularından alınan termal sular ve kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) diri odun örnekleri kullanılmıştır. Jeotermal sulardan normal oda ve kaynak çıkış sıcaklıklarında 6 farklı empenye çözeltisi hazırlanarak odun örnekleri ayrı ayrı muamele edilmiştir. Kontrol (emprenyesiz) ve emprenyeli odun örnekleri üzerinde yoğunluk, statik eğilme direnci ve statik eğilmede elastikiyet modülü özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yoğunlukların arttığı, buna karşın eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. En yüksek retensiyon değerinin elde edildiği SJ-5 jeotermal kuyusundan alınan 40.9°C sıcaklıklı su ile muamele edilen odun örneklerinin yoğunluğunun %16.64 arttığı, ancak eğilme direncinin %3.17 ve elastikiyet modülünün %29.06 azaldığı görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Konya, Jeotermal, Odun, Emprenye, Yoğunluk, Eğilme direnci, Elastikiyet modülü.

---

**The Density, Bending Strength and Elasticity Modulus of  
Brutian Pine Wood Treated with Some Geothermal Waters:  
A Case Study from Konya Region of Turkey**

**Abstract:** The aim of this study was to determine the effects on the density, bending strength and modulus of elasticity and utilizable in impregnation process of wood materials of some geothermal waters from Konya-İlgın region of Turkey. In the study, thermal waters of SJ-1, SJ-3 and SJ-5 geothermal wells and sapwood samples of brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) were used. After six different treatment solutions were prepared from the geothermal waters at normal room and source outlet temperatures, the wood samples were treated separately with these solutions. The density, the static bending strength and the elasticity modulus properties were studied for treated and untreated (control) wood samples. According to the obtained results, it was determined that the density values increased, whereas the bending strength and the modulus of elasticity values decreased. The SJ-5's 40.9°C treatment, which was obtained the highest retention value, showed that the density of wood samples increased by 16.64% compared to the control samples, but decreased the bending strength by 3.17% and the elasticity modulus by 29.06%.

**Keywords:** Konya, Geothermal, Wood, Impregnation, Density, Bending strength, Modulus of elasticity.

---

## 1. Giriş

*Bu makaleye atf yapmak için*

Var A. A., Kaplan Ö., "Bazı Jeotermal Sularla Muamele Edilmiş Kızılcım Odununun Yoğunluk, Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü: Konya Bölgesinden Bir Çalışma" El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi 2019, 6(1); 181-192.

*How to cite this article*

Var A. A., Kaplan Ö., "The Density, Bending Strength and Elasticity Modulus of Brutian Pine Wood Treated with Some Geothermal Waters: A Case Study from Konya Region of Turkey" El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 2019, 6(1); 181-192.

Doğal ve organik bir madde olan odun hammaddesinin uygun koşullar altında biyotik ve abiyotik faktörler tarafından tahrip edilerek doğal dayanım ve kullanım süresi kısaltılmaktadır [1]. Bu nedenle çok uzun süreli kullanımını arttırmaya yönelik çeşitli ahşap koruyucu kimyasal maddelerle muamele edilmesi gerekmektedir [2, 3].

Kimyasal ahşap koruma işlerinde emprenye sıcaklığı, emprenye sonrası malzemenin kurutulma ve kullanım yeri sıcaklığı gibi her bir sıcaklık değerinde meydana gelen ortalama 10°C'lik bir artış ağaç malzemedeki direnç kayıplarını arttırmaktadır [4]. Ayrıca odun bünyesindeki asit mevcudiyeti direncini zayıflatarak direnç değerlerini önemli ölçüde azaltmaktadır. Asit içerikli formülasyonlar karbonhidratların parçalanarak ayrışmasını hızlandırmakta ve zincir yapısı bütünlüğünü bozarak depolimerize olmasına neden olmaktadır [5]. Suda çözünen yüksek derişimli tuzlar ağaç malzemenin denge rutubetini yükseltmekte ve dolayısıyla bu yükselişe bağlı olarak da direnç değerleri azalabilmektedir [6].

Kollman [7]'a göre su bazlı ahşap emprenye tuzları çam ve ladin odunlarının eğilme, çekme ve şok direnci değerlerini az miktarda azaltıp basınç direnci değerlerini az miktarda arttırırken, Hesp ve Watson [8]'a göre bakır/krom/arsenik tipi tuzlar çam odununun basınç, eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerini önemli ölçüde değiştirmemiştir.

Çam ve kayın odunlarında elastikiyet modülü ve çekme direncini bakır/krom/arsenik tuzları azaltırken basınç direncini %10 oranında arttıran katran yağının diğer mekanik özelliklerde önemsiz bir artış yaptığı ifade edilmiştir [9]. Çinko klorür ve sülfat maddelerinin çam, melez ve ladin odunlarının eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve basınç direncini azalttığı, fakat bu azalmanın önemli olmadığı saptanmıştır [10]. Kayın odununda su itici maddeler tek başına ve bor bileşikleri üzerine uygulandığında yoğunluk değerlerinin önemli derecede arttığı ortaya konmuştur [11]. Yoğunluk değerini sarıçam odunu için %1'lik barit az miktarda azaltırken [12], kavak odunu için %2'lik silisyum dioksitin %27 oranında yükselttiği [13] ve kayın odunu için amonyağın önemsiz miktarda da olsa arttırdığı rapor edilmiştir [14].

Son yıllarda, dünyada gittikçe artan sağlık ve çevre sorunları kaynaklı baskılardan dolayı ahşap emprenye maddesi kullanımında doğal, yenilenebilir, çevre dostu kimyasal maddeler tercih edilmektedir [15]. Tüm dünyada kirletici etkenleri sınırlandırıp denetim altına alabilmek için doğal kaynaklara yönelinmektedir. Bunlardan biri olan jeotermal enerji kaynaklarının ekonomik olarak kullanılıp işletilebilmesi için tüm parametrelerinin doğrudan veya dolaylı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir [16].

Yüksek oranda çözünmüş zengin kimyasal ve mineral tuzlar içeren jeotermal enerji kaynakları sıcaklıklarına göre farklı alanlarda değerlendirilmektedir. Bu bakımdan kullanımları sanayiden tarım, hayvancılık ve tıbbi tedaviye kadar önemli ölçüde farklılaşarak genişlemekte, fakat önemli bir kısımdan endüstriyel anlamda tam olarak faydalanılmadığı dile getirilmektedir [17].

Konya ili jeotermal enerji kaynakları açısından önemli bir yere sahip olup bilinen jeotermal sahalardaki kaynaklar içme ve kaplıca suyu olarak kullanılmaktadır. Farklı sıcaklık, debi ve derinliğe sahip olup sodyum, kalsiyum, magnezyum, bor, potasyum, klorür, sülfat, karbondioksit gibi maddelerce zengin mineralli jeotermal sular ilin batı bölgelerinde yoğunlaşmış bulunmaktadır [18]. Bunların biri olan Ilgın bölgesi jeotermal alanında çoğu balneoloji amaçlı kullanılan jeotermal kaynaklar ve kuyular bulunmaktadır. Termal turizm açısından gelişmeye açık yörede bu kaynakların ekonomiye kazandırılmasına yönelik örtüaltı sebze, meyve ve süs bitkisi yetiştiriciliği gibi giderek önem kazanan çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Fakat yöredeki bu kaynakların ahşap sektöründe kullanımına yönelik araştırmalar bulunmamaktadır. Bu düşünceyle hareketle hazırlanan

bu özgün makalede bölgedeki bazı jeotermal suların kızılçam odununda yoğunluk, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma jeotermal enerji kaynaklarımızın ahşap sektöründe de değerlendirilmek suretiyle hem daha verimli ve rasyonel kullanımını teşvik etmesi hem de literatüre katkı yapması açısından büyük bir öneme sahip bulunmaktadır.

## 2. Malzeme ve Yöntem

Çalışmada termal turizm ve seracılık amaçlı kullanılan jeotermal kuyu suları, ticarete önemli ibrelili ağaç türü odun örnekleri ve prensipte basınç metoduna benzeyen bir uygulama şekli olan (sıcaklık değişimiyle oluşan basınç farkının emprenye maddesinin ahşaba derin bir şekilde nüfuz etmesini sağlayan) termik metod kullanılmıştır.

### 2.1. Odun örnekleri ve jeotermal suların hazırlanması

Odun örnekleri, piyasadan temin edilen kerestelik kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) tomruklarının diri odun kısmından radyal yönde muhtelif ebatlarda kesilen sağlam, düzgün lifli ve budaksız latalardan alınmıştır [19]. Planya makinesinden geçirilen latalardan, her test için, 10'ar adet test ve kontrol grubu örnekler hazırlanmıştır. Hava kurusu rutubete kadar kondisyonlandıktan sonra  $\pm 0.01$  hassasiyetle boyutları ölçülüp ağırlıkları tartılan örnekler [20] etüvde  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de tam kuru ağırlığa kadar kurutulduktan sonra, desikatörde normal oda sıcaklığına kadar soğutmayı takiben aynı hassasiyetle tekrar ölçülüp tartılmıştır [21]. Böylece test edilecek her özellik için tüm örneklerin jeotermal sularla muamele öncesi verileri elde edilmiştir.

**Tablo 1.** Konya-İlgın bölgesi SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal kuyuları termal sularının analiz raporu

Analizler	Jeotermal kaynak türü			
	SJ-1	SJ-3	SJ-5	
Derinlik (m)	22	20	26	IBFİM [22]
Debi (L/sn)	32.9	33.3	55	
Sıcaklık ( $^\circ\text{C}$ )	40.3	38.4	40.9	
pH	6.90	6.92	6.88	Kayan ve Aydınbelge [23], Kayan vd. [24], Kayan vd. [25]
Sülfür (mg/L)	0.01	0.01	0.01	
Sodyum (mg/L)	53.07	62.41	53.49	
Potasyum (mg/L)	10.77	11.14	10.78	
Kalsiyum (mg/L)	117.70	120.25	119.54	
Magnezyum (mg/L)	32.99	36.42	33.40	
Klorür (mg/L)	18.33	24.38	18.35	
Sülfat (mg/L)	99.84	106.50	101.42	
Arsenik (mg/L)	0.007	0.006	0.005	
Bikarbonat (mg/L)	561	592	567	
Demir (mg/L)	-	0.044	0.05	
Nikel (mg/L)	-	0.041	0.001	
Borik asit (mg/L)	3.388	3.082	3.443	
Amonyum (mg/L)	0.012	0.012	0.012	
Nitrat (mg/L)	0.59	3.19	0.55	
Baryum (mg/L)	0.083	0.061	0.083	

Jeotermal sular Konya-İlgın bölgesi jeotermal alanında balneoloji amaçlı kullanılan SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal kuyularından alınmıştır (Tablo 1). Kaplara doldurulup normal çevre koşullarında soğuduktan sonra pH değerleri değişmeyecek şekilde laboratuvara taşınan bu sulardan, her kuyu için,  $\pm 2^\circ\text{C}$  hassasiyetle, normal oda sıcaklıklı ve kuyu çıkış sıcaklıklı (SJ-1 için  $23^\circ\text{C}$  ve  $40.1^\circ\text{C}$ , SJ-

3 için 23°C ve 38.3°C, SJ-5 için 23°C ve 40.9°C) olmak üzere altı adet jeotermal su (emprenye sıvısı) hazırlanmıştır.

## 2.2. Jeotermal sularla muamele

Odun örneklerinin jeotermal sularla muamelesinde sıcak-soğuk batırma yöntemi (termik metot) kullanılmıştır [26]. Laboratuvarda normal oda şartlarında gerçekleştirilen emprenye işlerinde [27], tam kuru odun örnekleri, önce, 6 saat sıcak jeotermal su içinde, ardından, 2 saat soğuk jeotermal su içinde bekletilip çıkarıldıktan sonra kağıt havlu yardımıyla hafifçe kurulanmıştır. Örnekler bu şekilde SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 için hazırlanan altı farklı jeotermal su ile ayrı ayrı muamele edilmiştir.

Her muamelenin ardından, hafif kuru örnekler,  $\pm 0.01$  hassasiyetle ağırlıkları tartılıp boyutları ölçüldükten sonra hava kuru rutubete kadar kondisyonlamayı takiben [20] tam kuru ağırlığa kadar kurutulup oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra, tekrar aynı hassasiyetle tartılıp ölçülmüştür [21]. Böylece, incelenecek her özellik için, bütün örneklerin jeotermal sularla muamele sonrası verileri elde edilmiştir.

## 2.3. Retensiyon Tayini

TS EN 47 [27] standardına göre retensiyon (tutunma) oranı (RO) değerleri tayin edilmiştir.  $30 \times 30 \times 15$  mm boyutunda odun örnekleri kullanılarak elde edilen bu değerler;  $RO = ((A_{eso} - A_{eöo}) / A_{eso}) \times 100$  eşitliği ile hesaplanmıştır. Bu eşitlikte; RO retensiyon oranı (%),  $A_{eso}$  emprenye sonrası tam kuru ağırlık (g) ve  $A_{eöo}$  emprenye öncesi tam kuru ağırlık (g)'tir.

## 2.4. Yoğunluk Tayini

TS 2472 [28] standardına göre hava kuru ve tam kuru yoğunluk değerleri hesaplanmıştır.  $20 \times 20 \times 30$  mm boyutunda odun örnekleri kullanılarak hesaplanan bu değerlerden hava kuru yoğunluk  $D_{12} = M_{12} / V_{12}$  eşitliği ile tayin edilirken, tam kuru yoğunluk tayininde  $D_0 = M_0 / V_0$  eşitliğinden faydalanılmıştır. Bu eşitliklerde;  $D_{12}$ ,  $M_{12}$  ve  $V_{12}$  hava kuru haldeki;  $D_0$ ,  $M_0$  ve  $V_0$  ise tam kuru haldeki, sırasıyla, yoğunluk ( $\text{g/cm}^3$ ), ağırlık (g) ve hacim ( $\text{cm}^3$ )'dir.

## 2.5. Eğilme Direnci Tayini

TS 2474 [29]'de standardına göre Üniversal Test makinesinde eğilme direnci (ED) değerleri tayin edilmiştir. Bu değerler, deney öncesi iklimlendirme odasında hava kuru rutubete kadar bekletilen [20]  $20 \times 20 \times 300$  mm ebadında odun örnekleri kullanılarak  $ED = (3 \times P \times L) / (2 \times b \times h^2)$  eşitliği ile hesaplanmıştır. Bu eşitlikte; ED eğilme direnci ( $\text{N/mm}^2$ ), P kırılma anındaki maksimum kuvvet (N), L dayanak noktalarının merkezleri arasındaki uzaklık (mm), b ve h örneklerin enine kesit boyutları (mm)'dir.

## 2.6. Eğilmede Elastikiyet Modülü Tayini

TS 2478 [30] standardına göre eğilmede elastikiyet modülü (EEM) değerleri tayin edilmiştir. ED örneklerinden yararlanarak tayin edilen bu değerler  $EEM = (P \times L^3) / (4 \times F \times b \times h^3)$  eşitliği ile hesaplanmıştır. Bu eşitlikte; EEM eğilmede elastikiyet modülü ( $\text{N/mm}^2$ ), P kırılma anındaki

maksimum kuvvet ( $N$ ),  $L$  dayanak noktalarının merkezleri arasındaki uzaklık (mm),  $F$  net eğilme alanındaki sehim (mm),  $b$  ve  $h$  ise örneklerin enine kesit boyutları (mm)'dir.

## 2.7. İstatistiksel Analiz

Elde edilen bulgular SPSS programı ile %95 güven düzeyinde varyans analizi (ANOVA) ve Duncan testi kullanılarak analiz edilmiştir. Kullanılan jeotermal suların test edilen odun özellikleri üzerine etkilerinin önem dereceleri ANOVA ile belirlenmiştir. İstatistiksel anlamda önemli ( $P \leq 0.05$ ) çıkan etkilerin homojenlik grupları Duncan testiyle belirlenip gruplar arası farklılıklar harfli gösterimle belirtilerek ortalamalar karşılaştırılmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışmalar

### 3.1. Emprenye sıvısı

Tablo 1'de verilen analiz raporuna göre, emprenye sıvılarının (jeotermal suların), emprenye sonrası ölçülen pH değerlerinde emprenye öncesine göre önemli bir farklılık olmadığı görülmüştür. Bu durum, her muamele için emprenye sıvısının yeniden hazırlanıp kullanılmasından olabilir. Ayrıca Tablo 1'de jeotermal suların, ahşap korumada kullanıldığı bilinen Na, K, Ca, Mg, Cl, SO<sub>4</sub>, Arsenik, Borik asit ve NH<sub>4</sub> olmak üzere 9 adet kimyasal/mineral madde içerdiği görülmektedir. Jeotermal kimyasalın %60'nı oluşturulan bu maddelerin toplam miktarının 336.11 mg/L - 364.200 mg/L arasında değiştiği, dolayısıyla, SJ-3'ün en yüksek, SJ-1'in ise en düşük derişime sahip olduğu belirlenmiştir.

### 3.2. Retensiyon

SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal sularıyla muamelede kızılçam odunu RO değerine ilişkin ANOVA ve Duncan testi sonuçları, sırasıyla, Tablo 2 ve 3'de verilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre jeotermal suların RO üzerindeki etkileri istatistik anlamda ( $P \geq 0.05$ ) önemsiz çıkmıştır (Tablo 2).

**Tablo 2.** SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 sularıyla muamelede kızılçam odununda RO'na dair ANOVA sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F-değeri	P*
Gruplar arası	0.306	5	0.061	1.886	0.112
Gruplar içi	1.752	54	0.032		
Toplam	2.058	59			

SD: Serbestlik derecesi. \*: Önem düzeyi ( $P$ )  $\leq 0.05$  ise önemlidir.

**Tablo 3.** SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 sularıyla muamelede bulunan kızılçam odununda RO'na dair Duncan testi sonuçları.

Jeotermal kuyu	Su sıcaklığı ( $\pm 2^\circ\text{C}$ )	Ortalama (%)*	Homojenlik grubu**
SJ-1	23.0 <sup>a</sup>	2.565 (0.196)	A
	40.3 <sup>b</sup>	2.724 (0.209)	AB
SJ-3	23.0 <sup>a</sup>	2.616 (0.192)	AB
	38.4 <sup>b</sup>	2.697 (0.163)	AB
SJ-5	23.0 <sup>a</sup>	2.620 (0.159)	AB
	40.9 <sup>b</sup>	2.773 (0.154)	B

a: Normal oda sıcaklığı. b: Kuyu çıkış sıcaklığı. \*: Ayractakiler standart sapmadır. \*\*: Aynı harfle gösterilenler arasında önemli fark yoktur.

Duncan testi sonuçlarına göre en yüksek RO değeri SJ-5 40.9°C muamelesinde %2.773 olarak bulunurken, en düşük değer SJ-1 23.0°C muamelesinde %2.565 olarak elde edilmiştir (Tablo 3). RO değerinin SJ-5'in kuyu çıkış sıcaklıklı suyu ile muamelesinde en yüksek değerlerin bulunması, diğerlerinden daha yüksek olan sıcaklığının, sıcak-soğuk değişimine bağlı daha fazla basınç farkı (vakum) oluşturup daha fazla kimyasalın vakumlanıp tutunmasına sebep olmasından kaynaklanabilir. SJ-1'in 23.0°C muamelesinin düşük RO değeri vermesi ise sahip olduğu kimyasal madde derişiminin diğerlerine göre daha az olmasından olabilir.

Literatürde hücre boşluklarındaki havanın, sıcaklıkla genişleyip soğumayla büzülerek oluşturduğu basınç farkının oluşturduğu vakum (sıcak-soğuk değişimi) etkisinin, kimyasal maddenin ağaç malzemeye derin bir biçimde nüfuz etmesini sağladığı belirtilmektedir [15]. Buna göre ulaşılan bu sonucun literatürle uyumlu olduğu söylenebilir. Literatür sonuçlarıyla bulduğumuz retensiyon oranına dair bulgular karşılaştırıldığında, elde ettiğimiz RO değerlerinin %2.565–%2.773 arasında değiştiği ve literatürden farklı olduğu görülmüştür [31-34]. Bu fark, jeotermal kaynak türü, içerdiği kimyasalın cinsi ve katılım oranından kaynaklanabilir.

### 3.3. Yoğunluk

SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal kuyuları termal sularıyla muamelede kızılçam odunu yoğunluk değerine ilişkin ANOVA ve Duncan testi sonuçları, sırasıyla, Tablo 4 ve 5'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.** SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 sularıyla muamelede kızılçam odunu yoğunluğuna dair ANOVA sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F-değeri	P*
Gruplar arası	0.052	6	0.009	4.787	0.000
Gruplar içi	0.115	63	0.002		
Toplam	0.167	69			

SD: Serbestlik derecesi. \*: Önem düzeyi ( $P \leq 0.05$  ise önemlidir).

Tablo 4 incelendiğinde, jeotermal kuyu sularının yoğunluk üzerindeki etkilerinin, istatistikî anlamda önemli ( $P \leq 0.05$ ) çıktığı görülmektedir. Etkileri bakımından jeotermal kaynaklar, kendi aralarında aynı homojenlik grubunda toplanırken, kontrol ile farklı homojenlik grubunda yer aldığı, dolayısıyla, yoğunluk üzerine etki açısından, jeotermal sularla işlem gören örneklerin yoğunluk değerleri arasında anlamlı bir fark yokken, işlem görmeyen kontrol grubu örneklerin yoğunluk değerleri arasında önemli bir fark olduğu anlaşılmaktadır (Tablo 5).

**Tablo 5.** SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 sularıyla muamelede bulunan kızılçam odunu yoğunluğuna dair Duncan testi sonuçları

Jeotermal kuyu	Su sıcaklığı ( $\pm 2^\circ\text{C}$ )	Ortalama ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )*	Homojenlik grubu**	Değişim (%)
-	Kontrol	0.553 (0.046)	A	0
SJ-1	23.0 <sup>a</sup>	0.619 (0.052)	B	11,935
	40.3 <sup>b</sup>	0.621 (0.042)	B	12,297
SJ-3	23.0 <sup>a</sup>	0.627 (0.040)	B	13,382
	38.4 <sup>b</sup>	0.628 (0.046)	B	13,562
SJ-5	23.0 <sup>a</sup>	0.628 (0.029)	B	13,562
	40.9 <sup>b</sup>	0.645 (0.041)	B	16,637

a: Normal oda sıcaklığı. b: Kuyu çıkış sıcaklığı. \*: Ayraçtakiler standart sapmadır. \*\*: Aynı harfle gösterilenler arasında önemli fark yoktur.

İstatistiksel olarak aralarında bariz bir farklılık olmasa da yoğunluk değerini en fazla SJ-5 kuyusundan alınan suların etkilediği, onu sırasıyla, SJ-3 ve SJ-1 muamelelerinin izlediği

saptanmıştır. Her üç kuyu için, ortalama yoğunluk değeri, normal oda sıcaklıklı muamelede  $0.619 \text{ g/cm}^3$  -  $0.628 \text{ g/cm}^3$  arasında değişirken, kuyu çıkış sıcaklıklı muamelede  $0.621 \text{ g/cm}^3$  -  $0.645 \text{ g/cm}^3$  arasında dağılım yapmıştır. En yüksek yoğunluk değeri SJ-5  $40.9^\circ\text{C}$  muamelesiyle elde edilirken, en düşük değer SJ-1  $23.0^\circ\text{C}$  muamelesiyle gerçekleşmiştir. Kontrol örneklerinin yoğunluk değeri ise  $0.553 \text{ g/cm}^3$  olarak elde edilmiştir (Tablo 5). Buna göre, normal oda sıcaklıklı ve kuyu çıkış sıcaklıklı jeotermal sularla muamelede, kızılçam odunu yoğunluk değeri kontrole göre yükselmiştir. Yoğunluktaki bu artış, jeotermal sudaki kimyasal veya mineral maddelerin, odun örneklerinin hücre çeperleri ve lümenlerine tutunarak yoğunluğu artırıcı etki yapmış olmasından ileri gelebilir.

Yoğunluk miktarına dair bulgular benzer çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada  $0.619 \text{ g/cm}^3$  -  $0.645 \text{ g/cm}^3$  arasında elde edilen yoğunluk değerlerinin,  $0.53 \text{ g/cm}^3$  -  $0.57 \text{ g/cm}^3$  arasında değişen literatür [31-35] sonuçlarına yakın olduğu görülmüştür. Ayrıca literatürde, amonyumtetraflüborat [36] ve bor katkılı yağ ile sarıçam odununda [37], silisyumdioksit ile kavak odununda [13] ve amonyak ile de kayın odununda [14] yoğunluk değerlerinin yükseldiği belirtilmiştir. Bu açıdan da bakıldığında bu çalışmadaki sonuçların literatürle uyumlu olduğu söylenebilir.

### 3.4. Eğilme Direnci

SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal sularıyla muamele edilen kızılçam odununda elde edilen ED değerlerine ilişkin ANOVA ve Duncan testi sonuçları, sırasıyla, Tablo 6 ve 7’de verilmiştir.

Tablo 6 incelendiğinde, jeotermal suların ED üzerinde istatistik anlamda ( $P < 0.05$ ) önemli bir etkisinin olduğu görülmektedir. Etkileri bakımından, SJ-5  $40.9^\circ\text{C}$  işlemi hariç, diğer işlemlerin kontrol ile farklı homojenlik grubu oluşturdukları ve aralarında %95 güvenle önemli farklılık olduğu anlaşılmaktadır. SJ-5  $40.9^\circ\text{C}$ ’in ise kontrol ile aynı homojenlik grubunu oluşturduğu görülmektedir. Ayrıca her üç kuyu için, ortalama ED değerinin, oda sıcaklıklı uygulamalarda  $72.805 \text{ N/mm}^2$  -  $87.574 \text{ N/mm}^2$  arasında olduğu, kuyu çıkış sıcaklıklı uygulamalarda ise  $77.158 \text{ N/mm}^2$  -  $92.535 \text{ N/mm}^2$  dolayında olduğu görülmektedir.

**Tablo 6.** SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 sularıyla muamelede kızılçam odununda ED’ne dair ANOVA sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F-değeri	P*
Gruplar arası	4019.494	6	669.916	12.043	0.000
Gruplar içi	3504.371	63	55.625		
Toplam	7523.864	69			

SD: Serbestlik derecesi. \*: Önem düzeyi ( $P \leq 0.05$  ise önemlidir).

En yüksek ( $92.532 \text{ N/mm}^2$ ) değer SJ-5  $40.9^\circ\text{C}$  muamelesinde gerçekleşirken, en düşük ( $72.805 \text{ N/mm}^2$ ) değer SJ-1  $23.0^\circ\text{C}$  muamelesinde elde edildiği; kontrol örneklerinin ise  $95.556 \text{ N/mm}^2$ ’lik ED değeri verdiği anlaşılmaktadır (Tablo 7).

Bu bulgular hem oda sıcaklıklı hem de kuyu çıkış sıcaklıklı jeotermal sularla muamelede, kızılçam odunu ED’nin kontrole göre azaldığını göstermektedir. Bu durum sıcaklık ve odun rutubetinin artmasından olabilir. Literatürde,  $0^\circ\text{C}$  üzeri sıcaklıklarda odun rutubeti ve sıcaklık artarsa, ağaç malzemenin, deformasyon meydana getiren kuvvetlere karşı koyma gücü zayıfladığından ED’nin azaldığı ifade edilmektedir [38].

**Tablo 7.** SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 sularıyla muamelede bulunulan kızılçam odununda ED'ne dair Duncan testi sonuçları

Jeotermal kuyu	Su sıcaklığı ( $\pm 2^{\circ}\text{C}$ )	Ortalama ( $\text{N/mm}^2$ )*	Homojenlik grubu**	Değişim (%)
SJ-1	23.0 <sup>a</sup>	72.805 8 (7.914)	A	-23.809
	40.3 <sup>b</sup>	77.158 8 (6.600)	AB	-19.254
SJ-3	23.0 <sup>a</sup>	81.592 (6.139)	B	-14.613
	38.4 <sup>b</sup>	81.756 8 (6.987)	BC	-14.442
SJ-5	23.0 <sup>a</sup>	87.574 (10.185)	C	-8.353
	40.9 <sup>b</sup>	92.532 (7.420)	CD	-3.165
-	Kontrol	95.556 (6.155)	D	0

a: Normal oda sıcaklığı. b: Kuyu çıkış sıcaklığı. \*: Ayraçtakiler standart sapmadır. \*\*: Aynı harfle gösterilenler arasında önemli fark yoktur.

Kızılağaç odununda ED'ni %10'luk CCA  $100^{\circ}\text{C}$ 'de %18 yükseltirken,  $60^{\circ}\text{C}$ 'de azalttığı ifade edilmiştir [39]. Sarıçam odununda ED'ni bor katkılı yağ %0.22 [37], amonyumsulfat %48, diamonyumfosfat %5 ve borik asit %30 azaltırken, CBC %15 ve boraks %12 arttırdığı rapor edilmiştir [11]. Kavak odununda ED'ni %10'luk reçine %8 arttırırken, %2'lik silisyumdioksit %5 azalttığı [13], buna karşılık nanoalüminyumoksitin EEM, ED ve liflere paralel basınç direncinde artış sergilediği ifade edilmektedir [40]. Kore çamı ED'ni amonyumfosfatın %14.4 azalttığı rapor edilmiştir [37]. Ayrıca farklı jeotermal sularla yapılan benzer [31-34] çalışmalarda ED'nin  $76.82 \text{ N/mm}^2$ - $122.87 \text{ N/mm}^2$  arasında değiştiği görülmüştür. Buna göre ED'ne dair bulguların literatür sonuçlarıyla uyumlu olduğu söylenebilir.

### 3.5. Eğilmede Elastikiyet Modülü

SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal sularıyla muamelede kızılçam odununda elde edilen EEM değerlerine ilişkin ANOVA ve Duncan testi sonuçları, sırasıyla, Tablo 8 ve 9'da gösterilmiştir.

**Tablo 8.** SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 sularıyla muamelede bulunulan kızılçam odununda EEM'ne dair ANOVA sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F-değeri	P*
Gruplar arası	191564268.893	6	31927378.149	84.964	0.000
Gruplar içi	23673874.805	63	375775.791		
Toplam	215238143.697	69			

SD: Serbestlik derecesi. \*: Önem düzeyi ( $P \leq 0.05$  ise önemlidir).

Tablo 8'deki ANOVA sonuçları, kullanılan tüm jeotermal suların, kızılçam odununda EEM üzerindeki etkilerinin istatistik anlamda önemli ( $P \leq 0.05$ ) olduğunu ortaya koymaktadır. Etkileri açısından, tüm jeotermal işlemler ile kontrol arasında anlamlı bir farklılık çıkarken, SJ-1  $40.3^{\circ}\text{C}$  ile SJ-3  $23.0^{\circ}\text{C}$  muamelesi, SJ-3  $38.4^{\circ}\text{C}$  ile de SJ-5  $23.0^{\circ}\text{C}$  ve SJ-5  $40.9^{\circ}\text{C}$  işlemleri arasındaki farklılıkların anlamsız olduğu; ayrıca, SJ-1  $23.0^{\circ}\text{C}$  ile diğer tüm işlemler arasında anlamlı farklılıkların bulunduğu görülmektedir. Bununla beraber, test grubu örnekler için  $5018.841 \text{ N/mm}^2$  -  $7491.830 \text{ N/mm}^2$  arasında değişen ortalama EEM değerinin kontrol grubu örnekler için  $10560.870 \text{ N/mm}^2$  olduğu görülmektedir. SJ-5'in ardından en büyük değerleri SJ-3'ün, en düşük değerleri ise SJ-1'in verdiği anlaşılmaktadır. Tüm jeotermal uygulamalar içinde en büyük değerini SJ-5  $40.9^{\circ}\text{C}$  muamelesiyle, en düşük değerini ise SJ-1  $23.0^{\circ}\text{C}$  işlemiyle elde edildiği gözlenmiştir (Tablo 9).



Özellikle SJ-1 için belirgin olan bu sonuç bakımından en iyi performansı SJ-5'in gösterdiği kanısına varılabilir.

**Tablo 9.** SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 sularıyla muamelede bulunulan kızılçam odununda EEM'ne dair Duncan testi sonuçları

Jeotermal kuyu	Su sıcaklığı ( $\pm 2^{\circ}\text{C}$ )	Ortalama ( $\text{N/mm}^2$ )*	Homojenlik grubu**	Değişim (%)
SJ-1	23.0 <sup>a</sup>	5018.841(407.849)	A	-52.477
	40.3 <sup>b</sup>	5796.940 (549.502)	B	-45.109
SJ-3	23.0 <sup>a</sup>	6103.372 (495.016)	B	-42.208
	38.4 <sup>b</sup>	7065.332 (533.974)	C	-33.099
SJ-5	23.0 <sup>a</sup>	7258.149 (657.722)	C	-31.273
	40.9 <sup>b</sup>	7491.830 (544.914)	C	-29.060
-	Kontrol	10560.870 (949.968)	D	0

a: Normal oda sıcaklığı. b: Kuyu çıkış sıcaklığı. \*: Ayraçtakiler standart sapmadır. \*\*: Aynı harfle gösterilenler arasında önemli fark yoktur.

EEM'ndeki bu azalma, jeotermal suların pH (asidite) değerlerinin asidik bölgede olmasından kaynaklanabilir. Bilindiği üzere, pH değeri asidik bölgede olan çözeltiler mekanik özellikleri olumsuz yönde etkilemekte ve polisakkaritlere negatif etkisi nedeniyle hidroliz olasılığını güçlendirmektedir [39]. Dolayısıyla, Tablo 1'den de görüldüğü üzere, sözkonusu jeotermal suların pH değerlerinin asidik bölgede olduğu bu nedenle odun örneklerinin EEM'nü azalttığı öne sürülebilir.

EEM değerinin, amonyumfosfat ile Kore çamında %1.7 ve bor katkılı yağ ile sarıçamda %2.2 azaldığı vurgulanırken [37], kavak odununda %2'lik silisyumdioksit ile %40 ve %10'luk reçine ile %11 arttığı belirtilmiştir [13]. Ayrıca farklı bölgelerden jeotermal kaynak sularıyla yapılan çalışmalarda [31-34] eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin  $5128.43 \text{ N/mm}^2$  -  $11304.61 \text{ N/mm}^2$  arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu literatürler ışığında, çalışmamızdan elde edilen EEM verilerinin literatür sonuçlarıyla benzerlik gösterdiği görülmüştür.

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada Ilgın bölgesinden bazı jeotermal kuyu sularıyla muamele edilmiş kızılçam diri odununda belirlenen yoğunluk, ED ve EEM değerleri hem kontrol örnekleriyle hem de literatürle karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ayrıca bu jeotermal kaynakların, bahsedilen yoğunluk, ED ve EEM özellikleri yanında, retensiyon oranı üzerine etkileri de araştırılmıştır. Önce belirlenen retensiyon oranlarını, yoğunluk ve mekanik özelliklerin testi izlemiştir.

En yüksek retensiyon oranları kuyu çıkış sıcaklığı jeotermal sularla muamelede bulunmuştur. Örneğin; SJ-5'in  $40.9^{\circ}\text{C}$  muamelesinde %2.77 elde edilen retensiyon değerini, sırasıyla, SJ-1  $40.3^{\circ}\text{C}$ 'de %2.72 ve SJ-3  $38.4^{\circ}\text{C}$ 'de %2.70 izlemiştir. Retensiyon üzerindeki etkisi önemsiz olan bu muamele, istatistiksel olarak, yoğunluk değerlerinde artışa neden olurken ED ve EEM değerlerinde azalmaya neden olmuştur. Yoğunluk artışının %11.94 - %16.64 arasında değiştiği belirlenmiştir. Ancak bu yoğunluk değişiminin %95 güvenle önemsiz olduğu hesaplanmıştır. Dolayısıyla odun örneklerinin jeotermal sularla muamelesinde bir yoğunluk artışının olduğu, ancak bu artışın empenye sıvısının sıcaklık değişimine bağlı olmadığı anlaşılmıştır. Ayrıca ED'de %3.17 - %23.81 ve EEM'de ise %29.06 - % 52.48 arasında değişen oranlarda azalmalar olduğu hesaplanmıştır.

SJ-5  $40.9^{\circ}\text{C}$  muamelesinden elde edilen ED sonuçları ile kontrol örneklerinden elde edilen sonuçların birbirine yakın ve istatistiksel olarak önemsiz olduğu bulunmuştur. Bu durum, SJ-5'in kuyu çıkış sıcaklıklı suyu ile muamele edilen ağaç malzemelerin, eğilme direncinin önemli olduğu yerlerde kullanılabileceğini işaret etmektedir.

SJ-3 38.4°C işleminde elde edilen EEM değerleri ile SJ-5 23.0°C ve SJ-5 40.5°C işlemlerinin verdiği değerler istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bu sonuç, elastikiyet gerektiren durumlarda SJ-3'ün kuyu çıkış sıcaklıklı suyu ile muamele edilen ağaç malzemelerin SJ-5'in hem oda sıcaklıklı hem de kuyu çıkış sıcaklıklı suları ile muamele edilen malzemeler kadar güvenle kullanılabilceğini ortaya koymaktadır.

Elde edilen bu sonuçlar ışığında jeotermal suların ahşap emprenye işlerinde kullanılabilceği görülmüştür. Özellikle iç mekânlarda kullanılacak ağaç malzemelerin emprenyesinde kullanılabilceği anlaşılmıştır. Ancak yüksek korumanın istendiği yerlerde kaynaktan elde edildiği gibi kullanılmasının uygun olmadığı görülmüştür. Bununla birlikte ahşap korumada kullanılan emprenye maddelerinin birçoğunun yüksek maliyetli, insan ve çevre sağlığı açısından zararlı olduğu bilinmektedir. Bu durum jeotermal suların ahşap koruyucu olarak emprenye işleminde kullanılabilmesinin önemini artırmaktadır. Sonuç olarak, jeotermal suların bazı organik veya inorganik maddelerle zenginleştirilerek koruma etkisinin artırılmasının önemli olduğu anlaşılmıştır. Gelecekte bu konuların üzerinde daha fazla çalışmaların yapılması, çevreci ve ucuz olması noktasında dikkate alınması gerekmektedir.

### Teşekkür

Yazarlar, destekleri için SDÜ-BAP Koordinasyon Birimi (Proje no:4571-YL1-16), Konya-İlgin Belediyesi Fen İşleri Müdürlüğü ve Sahip Ata Termal Tesisleri yetkililerine teşekkür etmektedir.

### Kaynaklar

- [1] Levan SL., Winandy JE., "Effects of fire reterdant treatments on wood strength", Wood and Fiber Science, 1990, 22: 113-131.
- [2] Richardson B., "Wood Preservation," The Construction Pres. Ltd, Lancaster, England, (1987).
- [3] Wilkinson JG., "Industrial Timber Preservation", Rentokil Ltd., Research and Development Division, Associated Business Press, London, (1979).
- [4] Young RA., Mayers J., "Heartwood and sapwood impregnations with vinyl monomers", Forest Products Journal, 1968, 18(4): 393-409.
- [5] Hafizoğlu H., "Orman Ürünleri Kimyası", KTÜ Orman Fakültesi Yayın No:52, Trabzon, (1982).
- [6] Burmester A., Becker G., "Untersuchungen überden einfluss von-holzschuttmitteln auf die holzfestighert" Holz als Roh-und Werkstoff, 1987, 21: 393- 40.
- [7] Kollman F., "Principles of wood science and technology: Solid wood", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (1968).
- [8] Hesp TR., Watson W., "The effects on water born preservatives applied by vacuum pressure methods on the strength properties of wood", Forest Products Journal, 1964, 29: 50-53.
- [9] Gillwald W., "Der einfluss verschiedener impregnier mittel auf die physikalischen and fasting keit seigen schaften des hozes", Holz Technologie, 1961, 2: 4-16.
- [10] Tetjamer L., "Methoden und resultate der prüfung schweizerischen bahvolzer" Materialprüfungsaf Schweizerischen Polytechnikum, Paul Paray Verlag, Zurich, (1986).
- [11] Baysal E., Peker H., Çolak M., Göktaş O., "Çeşitli emprenye maddeleri ile muamale edilen kayın odununun yoğunluğu, eğilme direnci ve elastikiyet modülü", FÜ Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2003, 15 (3): xx-yy.
- [12] Tan H., Peker H., "Barit (BaSO<sub>4</sub>) maddesinin ahşapta emprenye edilebilme özelliği ve yoğunluk üzerine etkisi", Fırat Üniv. Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2015, 27(1): 29-33.

- [13] Dong Y., Yan Y., Zhang S., Li J., Wang J., “Flammability and physical–mechanical properties assessment of wood treated with furfuryl alcohol and nano-SiO<sub>2</sub>”, *Eur. J. Wood Prod.*, 2015, 73: 457–464
- [14] Bariska M., “Collapse phenomena in beechwood during and after NH<sub>3</sub>-impregnation”, *Wood Sci Technol*, 1975, 9: 293–306.
- [15] Bozkurt AY., Göker Y., Erdin N., “Emrenye Tekniği Ders Kitabı”, İstanbul Üniversite Orman Fakültesi Yayınları No: 3779/425, İstanbul, (1993).
- [16] Mutlu MA., “Jeotermal Enerji ve Türkiye’deki Durumu, Dünya’da ve Türkiye’de Enerji Potansiyeli ve Enerji Politikaları Konferans Notları, [www.turkocagi.org.tr/toa/grup-enerji](http://www.turkocagi.org.tr/toa/grup-enerji), (2004).
- [17] Gürü M., “Jeotermal enerji kaynaklarının değerlendirilmesi”, *Çevreye Genç Bakış*, Sayı 7, (2005).
- [18] Akkuş İ., Akıllı H., Ceyhan S., Dilemre A., Tekin Z., “Türkiye Jeotermal Envanteri”, MTA Genel Müdürlüğü, Envanter Serisi-201, Ankara, (2005).
- [19] TS 4176, “Odunun fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin tayini için homojen mescerelerden numune ağacı ve laboratuvar numunesi alınması”, (1984).
- [20] TS 2470, “Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için numune alma metotları ve genel özellikler”, (1976).
- [21] TS 2471, “Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için rutubet miktarı tayini”, (1976).
- [22] İBFİM (İlgın Belediyesi Fen İşleri Müdürlüğü), “Pompanın bulunduğu metrajlar, Tablo 25. Tüm kuyular açıkken debileri ve sıcaklıkları”, (2017).
- [23] Kayan N., Aydınbelge B., “T.C. Konya Valiliği Konya Halk Sağlığı Müdürlüğü Konya Halk Sağlığı Laboratuvarı Analiz Raporu”, Rapor No:2016-1404, 3s, (2016).
- [24] Kayan N., Kahraman H., Aydınbelge B., “T.C. Konya Valiliği Konya Halk Sağlığı Müdürlüğü Konya Halk Sağlığı Laboratuvarı Analiz Raporu”, Rapor No:2016-1404, 26s, (2016a).
- [25] Kayan N., Karakaya A., Aydınbelge B., “T.C. Konya Valiliği Konya Halk Sağlığı Müdürlüğü Konya Halk Sağlığı Laboratuvarı Analiz Raporu”, Rapor No:2016-1404, 3s, (2016b).
- [26] TS 343, “Ahşap Koruma-Terimler ve Tarifler”, (2012).
- [27] TS EN 47, “Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için su absorpsiyonu ve net kuru madde retensiyon tayini”, (2011).
- [28] TS 2472, “Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığı tayini”, (1976).
- [29] TS 2474, “Odunun statik eğilme dayanımının tayini”, (1976).
- [30] TS 2478, “Odunun statik eğilmede elastikiyet modülünün tayini”, (1976).
- [31] Karademir E., “Jeotermal akışkanlarla emprenye edilen ahşabın performansı: Uşak yöresi örneği”, *Yüksek Lisans Tezi*, SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2012).
- [32] Genç A., “Afyonkarahisar Ömer-Gecek jeotermal kaynaklarında emprenye maddelerinin ve bu kaynaklarla işlem görmüş ahşabın bazı özelliklerinin incelenmesi”, *SDÜ, Fen Bilimleri Ens., Yüksek Lisans Tezi*, (2013).
- [33] Demirtaş M., “Jeotermal akışkan ile emprenyeli ahşabın açık hava ortamındaki dayanımı”, *SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, (2015).
- [34] Soygüder A., “Jeotermal kaynak sularıyla muamele edilen kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odununun bazı fiziksel özellikleri”, *SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, (2017).
- [35] Var AA., Yıldız MY., “Alangüllü, Çamköy ve Germencik (Aydın) jeotermal kaynaklarının ahşap emprenye maddeleri potansiyeli ve bu sularla muamelenin karaçam odununda absorpsiyon, retensiyon ve yoğunluk üzerine etkisi”, *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2017, 4(3): 482-496.

- [36] Atılgan A., Peker H., “Çeşitli emprenye maddelerinin mobilya ve yapı endüstrisinde kullanılan odun türlerinin bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri”, Artvin Çoruh Üniv. Orman Fakültesi Dergisi, 2012, 13(1): 67-78.
- [37] Özçiftçi A., Batan F., “Bor yağının ağaç malzemenin bazı mekanik özelliklerine etkisi”, Politeknik Dergisi, 2009, 12(4): 287-292.
- [38] Bozkurt AY., Erdin N., “Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı”, İstanbul Üniversite Orman Fakültesi Yayınları No: 3998/445, İstanbul, (1997).
- [39] Yıldız UC., Temiz A., Gezer ED., Yıldız S., “Effects of the wood preservatives on mechanical properties of yellow pine (*Pinus sylvestris* L.) wood”, [Building and Environment](#), 2004, 39(9): 1071-1075.
- [40] Ramezanpour M., Tarmian A., Taghiyari HR., “Improving impregnation properties of fir wood to acid copper chromate (ACC) with microwave pre-treatment”, *iForest Biogeosciences and Forestry*, 2015, 8:89-94.