

Kütahya-Simav jeotermal sularıyla emprenyeli çam odunlarının çekme ve şişme özellikleri ile kullanım yeri stabilitesi

Ahmet Ali Var^{*a}, İbrahim Kardeş^a

Özet: Bu çalışmada, üç farklı jeotermal kaynak suyunun, iki farklı çam odununun çekme ve şişme özellikleri ile kullanım yeri stabilitesine etkileri açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada, Kütahya-Simav jeotermal sahasından Naşa (N-1), Çitgöl (Ç-1) ve Eynal (E-6) jeotermal kaynak suları, kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) odun örneklerine batırma yöntemiyle uygulanmıştır. Emprenye işlemi ve testler, laboratuvarında normal şartlarda gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki, jeotermal sularla emprenyede, test örneklerinin radyal, teğet, hacimsel ve anizotropik çekme ve şişme değerleri azalmıştır. Bu azalmalar, jeotermal suların kızılçam ve karaçam odunlarının çalışma özellikleri ve kullanım yeri stabilitesini iyileştirdiğini göstermektedir. Bu iyileşmelerin, E-6 için diğer jeotermal sulara göre daha fazla olduğu gözlenmiştir.
Anahtar kelimeler: Odun, Jeotermal, Emprenye, Çekme, Şişme, Stabilite

Shrinking and swelling properties and stability of use place in pine woods impregnated with geothermal waters of Simav, Kütahya, Turkey

Abstract: The purpose of this study is to evaluate the effects of three different geothermal resource water shrinking and swelling properties and stability of use place on two different pine wood. This study used sapwood samples of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) and Crimean pine (*Pinus nigra* Arnold.), dipping method, and Naşa (N-1), Çitgöl (Ç-1) and Eynal (E-6) geothermal waters from Simav, Kütahya, Turkey. The impregnation procedures and tests were carried out under normal conditions in the laboratory. Results showed that the geothermal waters significantly decreased values of radial, tangential, volumetric and anisotropic shrinking and swelling of treated wood samples compared to untreated wood samples. These reductions showed that the shrinkage and swelling properties and stability of use place in pine wood samples were improved by geothermal waters in comparison to untreated wood samples. It was observed that these improvements were higher than other geothermal waters for the E6.

Keywords: Wood, Geothermal, Impregnation, Shrinking, Swelling, Stability

1. Giriş

Ülkelerin gelişmişlik düzeyi ve artan nüfusuna bağlı olarak, odun esaslı yapısal malzemelere olan talepler artmaktadır. Ancak üretim artışı, talep edilen miktarı karşılayamadığı için hammadde odun açığı giderek artmaktadır. Bu açığı kapatmanın akla en uygun yollarından biri, onu en ideal ve rasyonel şekilde değerlendirip kullanmaktır. Böyle bir kullanım, oduna dayalı yapısal malzemelerin faydalı özelliklerini koruyup sakıncalı özelliklerini iyileştiren ahşap emprenye maddelerinin ve bu maddelerin etki düzeylerinin bilinmesiyle mümkün olabilir.

Son yıllarda, dünya genelinde gittikçe artan sağlık ve çevresel sorunlara dayalı baskılardan dolayı, ahşap emprenye maddeleri kullanımında doğal, yenilenebilir, çevre dostu kimyasal maddeler tercih edilmektedir (Bozkurt vd., 1993). Ayrıca kirlenici etkileri sınırlandırıp denetim altına alabilmek için tercih edilen doğal kaynaklardan birinin de jeotermal sular olduğu belirtilmektedir (Mutlu, 2004).

Jeotermal sular, tabiatın sunduğu yenilenebilir önemli kaynaklardan biridir. Bu kaynaklar, yüksek oranda

çözünmüş zengin kimyasal maddeler ve mineral tuzlar içermekte, sıcaklıklarına göre farklı alanlarda değerlendirilmektedir. Bu bakımdan, kullanımları sanayiden tarım, hayvancılık ve tıbbi tedaviye kadar önemli ölçüde genişlemiştir (Gürü, 2005). Bunların ekonomik olarak işletilebilmesi için, sahip oldukları bütün özelliklerinin doğrudan/dolaylı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir (Mutlu, 2004). Bu kaynaklar planlı programlı bir şekilde işletilebildiği takdirde, elde edilecek ürünlerin de sürdürülebilirliği sözkonusu olmaktadır. Ancak bunların büyük bir kısmı henüz endüstride tam olarak kullanılmamaktadır (Gürü, 2005).

Jeotermal kaynakların kullanılmadığı endüstrilerden biri de ahşap koruma sektörüdür. Bu sektöre yönelik olarak, jeotermal kaynakların emprenye maddesi potansiyeline ilaveten odun esaslı yapısal malzemelerin özellikleri üzerine etkilerinin araştırılması da gerekmektedir. Bunların belirlenmesi, çevre dostu doğal bir kaynağın, emprenye maddesi olarak taşınması gereken niteliklerin ortaya konması bakımından önemlidir. Ancak jeotermal suların, bahsedilen bu özelliklerini inceleyen çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışmalardan bazıları şunlardır; jeotermal akışkanlarda

✉ ^a Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Isparta

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): alivar@sdu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 01.04.2016, **Accepted** (Kabul tarihi): 28.07.2016



aşşap emprenye maddesi potansiyeli (Var, 2009), jeotermal bölgesel ısıtma sistemlerinin ekonomik değerlendirmesi (Erdoğan vd., 2006), jeotermal bölgesel ısıtma sistemlerinin performansı (Özgener vd., 2006), Uşak yöresi jeotermal akışkanlarıyla emprenyeli ahşabın performansı (Karademir, 2012), jeotermal akışkanların antifungal aktivitesi (Var vd., 2012), Afyonkarahisar-Ömer-Gecek jeotermal sularıyla işlem görmüş ahşabın bazı özellikleri (Genç, 2013), İzmir-Doğanbey jeotermal sularıyla emprenyeli kızılçam odununda absorpsiyon, retensiyon ve genişleme (Var vd., 2013), Afyonkarahisar bölgesi jeotermal suları ile emprenyeli çam diri odunlarının bazı özellikleri (Var vd., 2014), Türkiye jeotermal kaynakları envanteri (Akkuş vd., 2005). Diğer yandan, ağaç malzemenin çekme ve şişme özelliklerini inceleyen öne çıkmış pek çok çalışmadan bazıları şunlardır; buharlanmış ağaç malzemenin özellikleri (Kubler, 1978), sıgla odununun fiziksel ve mekanik özellikleri (Bozkurt vd., 1990), kereste kurutma ve buharlama (Kantay, 1993), halep çamı odunun fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi (Erten ve Sözen, 1996), Türkiye'de yetişen endüstriyel öneme sahip ağaçların anatomik, fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri (As vd., 2001), masif ahşap döşemelerde duvar dibi genişleme boşluklarını etkileyen faktörler (Kantay ve Güngör, 2009), toros sediri odunun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri (Bal vd., 2012).

Kimyasal madde ve mineral tuz çeşidi bakımından çok zengin olan jeotermal sular, suda çözünen emprenye maddeleri kapsamında farklı kimyasal tuzlar/mineraller içermektedir (Var, 2009). Bu bağlamda, Kütahya-Simav yöresi jeotermal kaynak suları incelendiğinde, kimyasal madde ve mineral tuz çeşitleri ve derişimleri bakımından zengin oldukları anlaşılmaktadır (Çağlar, 1948; Öktü, 1984; Erişen vd. 1996; Bayram 1999; Akkuş vd. 2005; Özalp ve Ordu, 2010). Diğer yandan, ağaç malzeme emprenyesinde kullanılacak kimyasal maddeye karar verilmeden önce, o maddenin dayanma süresi ile derişiminin ve uygulanacak yöntemin belirlenmesi önemlidir (Bozkurt vd., 1993). Bu durumda, jeotermik maddelerin, ağaç malzemenin çekme ve şişme özellikleri ile kullanım yeri stabilitesini etkilemeleri beklenebilir. Ancak bu etkinin, emprenyesiz örnekler göre ne derece etkili olup olmadığının bilinmesi de önemlidir.

Günümüze kadar yapılan birçok çalışmada yerli çam türü ağaçlarımızın odunlarının daralma ve genişleme özellikleri belirlenmiştir. Ancak kimyasal madde ve mineral tuz çeşidi bakımından zengin olmasına karşılık, Simav yöresi jeotermal kaynak sularının, bu çam odunlarının çalışma özelliği ve kullanım yeri stabilitesi üzerine etkilerinin belirlenmesine yönelik bir araştırma bulunmamaktadır. Bu nedenle, bu makalede, sözkonusu yöreden alınan jeotermal suların, yerli çam odunlarının çalışma özellikleri ve kullanım yeri stabilitesine etki düzeylerinin araştırılması amaçlanmıştır. Makale, bu boşluğu doldurmakla beraber, doğal yenilenebilir bir kaynağın, yerli çamlarımızdan elde edilen ağaç malzemelerin çalışma özelliklerini ve kullanım yeri stabilitesini ne derece etkilediğinin belirlenmesi, benzer konularda yapılacak araştırmalar ve literatüre katkı sağlaması bakımından önem taşımaktadır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Deneysel materyal ve emprenye işlemi

Çalışmada, odun materyali olarak, kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) odunları kullanılmıştır. Deneysel için, sağlam, düzgün lifli ve budaksız seçilen örnekler diri odun kısmından radyal yönde alınmıştır. Her test için 20 x 20 x 30 mm ebadında 15'er adet örnek kullanılmıştır. Emprenye materyali olarak, Kütahya-Simav yöresi jeotermal alanından, Eynal (E-6), Çitgöl (Ç-1) ve Naşa (N-1) olmak üzere, üç farklı jeotermal kaynak suyu kullanılmıştır. Kaynaklardan sıcak/kızgın alınan jeotermal sular, normal hava koşullarında oda sıcaklığına kadar soğuduktan sonra, emprenye işlerinde kullanılmıştır. Emprenye işleri, laboratuvarında normal hava şartlarında gerçekleştirilmiştir (TS EN 47, 2011). Bu işlemde, odun örnekleri jeotermal su içine en fazla 24 saat batırılmıştır. Emprenyeden sonra, bütün örnekler, en az iki hafta bekletildikten sonra, çekme ve şişme özellikleri ile kullanım yeri stabilitesi test edilmiştir.

2.2. Radyal, teğet ve hacimsel çekme

Radyal ve teğet yönlerdeki çekmeler TS 4083 (1983)'e uyularak tayin edilmiştir. Hacimsel çekme tayininde radyal ve teğet yönlerdeki çekme deneyine ilişkin değerlerden yararlanılmıştır. Bu değerler kullanılarak hacimsel çekme TS 4085 (1983)'e göre tayin edilmiştir. Hesaplama boyuna yöndeki çekmeler dikkate alınmamıştır.

2.3. Radyal, teğet ve hacimsel şişme

Radyal ve teğet yönlerdeki şişmeler TS 4084 (1983)'e uyularak tayin edilmiştir. Hacimsel şişme tayininde radyal ve teğet yönlerdeki şişme deneyine ilişkin değerlerden yararlanılmıştır. Bu değerler kullanılarak hacimsel şişme TS 4086 (1983)'ya göre tayin edilmiştir. Hesaplama boyuna yöndeki şişmeler dikkate alınmamıştır.

2.4. Kullanım yeri stabilitesi

Kullanım yeri stabilitesi, anizotropik çekme ve şişmelerle yakından ilgilidir. Anizotropik çekme, teğet yöndeki çekmenin radyal yöndeki çekmeye oranıdır. Anizotropik şişme ise teğet yöndeki şişmenin radyal yöndeki şişmeye oranıdır. Kullanım yeri stabilitesinin tayininde radyal ve teğet yönlerdeki çekme ve şişme deneylerine ait değerlerden yararlanılmıştır. Bu değerler kullanılarak anizotropik çekme ve şişmeler, Kubler (1978) ve Bozkurt vd. (1993)'a göre aşağıdaki eşitliklerle tayin edilmiştir. Hesaplama boyuna yöndeki anizotropik çekme ve şişmeler dikkate alınmamıştır.

$$AD = TD / RD \quad (1)$$

$$AG = TG / RG \quad (2)$$

Bu eşitlikte; *AD* ve *AG*, sırasıyla, anizotropik çekme ve şişmedir. *TD* ve *TG*, teğet yönde, sırasıyla, çekme (%) ve şişmedir (%). *RD* ve *RG*, radyal yönde, sırasıyla, çekme (%) ve şişmedir (%).

2.5. İstatistiksel analiz

Çalışmaya ilişkin değerler, SPSS (Versiyon 20, 2012) yazılım programında varyans analizi (ANOVA) ve Duncan testi kullanılarak analiz edilmiştir. ANOVA, jeotermal kaynak türünün, kızılçam ve karaçam odun örneklerinin çekme ve şişme özelliği ile kullanım yeri stabilitesi üzerine etkilerinin istatistiksel anlamda güvenilirlik düzeyini belirlemede kullanılmıştır. Etkiler önemli ($p \leq 0.05$) bulunduğu, jeotermal kaynaklar arasındaki homojenlik grupları ve bunların ortalamaları arasındaki anlamlı farklılıklar %95 güven düzeyinde Duncan testiyle belirlenmiştir.

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Radyal, teğet ve hacimsel çekme

Kütahya-Simav'da üç değişik kaynaktan alınan jeotermal sularla empenyeli kızılçam ve karaçam odun örneklerinden elde edilen radyal, teğet ve hacimsel çekmelere ilişkin istatistik değerlendirmeler Çizelge 1'de verilmiştir.

Kızılçamda, en düşük radyal ve hacimsel çekme, Ç-1 için, sırasıyla, %5.29 ve %12.00 olurken, en düşük teğet çekme, E-6 için %7.02 olmuştur. En yüksek teğet ve hacimsel çekme, N-1 için, sırasıyla, %7.72 ve %13.17 olurken, en yüksek radyal çekme, E-6 için %6.25 olmuştur. Test örnekleri kontrol grubu örneklerle karşılaştırıldığında, bu üç özellik bakımından, kontrol ile Ç-1 ve E-6 arasında önemli farklılık varken, N-1 ile arasındaki fark önemli değildir. Aynı şekilde, jeotermal kaynaklar kendi aralarında karşılaştırıldığında, radyal çekmede N-1, Ç-1 ve E-6 arasında önemli farklılık varken, hacimsel çekmede N-1 ile E-6 arasında önemli bir fark yoktur. Radyal ve hacimsel çekmede Ç-1 ve E-6 arasındaki farklılık önemliyken, teğet çekmedeki fark önemsizdir. Ayrıca kızılçamda, E-6 radyal çekmeyi N-1 ve Ç-1'e göre arttırmıştır. Ç-1 radyal ve hacimsel çekmeyi N-1 ve E-6'ya göre azaltırken, teğet çekmede E-6'ya göre yaptığı değişiklik gözardı edilebilir. N-1 teğet çekmeyi E-6'ya göre arttırırken, hacimsel çekmede hiçbir değişiklik yapmamıştır.

Karaçamda, en düşük teğet çekme, N-1 için %5.89 olurken, en düşük radyal ve hacimsel çekme, sırasıyla, Ç-1 için %4.49 ve E-6 için %10.36 bulunmuştur. En yüksek teğet çekme, Ç-1 için %6.18 olurken, en yüksek radyal ve hacimsel çekme, N-1 için, sırasıyla % 4.96 ve %10.77 olmuştur. Test örnekleri kontrol grubu örneklerle karşılaştırıldığında, bu üç özellik bakımından, kontrol ile N-1, Ç-1 ve E-6 arasında önemli farklılıklar vardır. Aynı şekilde, jeotermal kaynaklar kendi aralarında karşılaştırıldığında, bu üç özellik bakımından, N-1 ve E-6 arasındaki farklılık önemli çıkarken, Ç-1 ve E-6 arasındaki farklılık önemsiz çıkmıştır. Ayrıca karaçamda, N-1 teğet çekmeyi Ç-1 ve E-6'ya göre azaltmıştır. Ç-1 ve E-6 radyal, teğet ve hacimsel çekmede hiçbir değişiklik yapmazken, radyal ve hacimsel çekmeyi N-1'e göre arttırmıştır.

Çalışmamıza ait radyal, teğet ve hacimsel çekme değerleri literatürle karşılaştırıldığında (Bozkurt vd., 1993; Erten ve Sözen, 1996; Bozkurt ve Erdin, 1997; As vd., 2001), literatürde, bu özelliklere ait değerlerin, sırasıyla, %3.10 - %5.60, %5.40 - %8.20 ve %8.80 - %13.90 arasında olduğu görülmüştür. Dolayısıyla, çalışmamızda bulunan radyal, teğet ve hacimsel çekme değerlerinin literatürle uyumlu olduğu söylenebilir.

Bilindiği üzere, bir ağacın çalışma özelliğinin iyi olması, teğet ve radyal yönlerdeki çekme değerleri arasındaki farkın azalmasına bağlıdır. Diğer bir ifadeyle, teğet ve radyal yönlerdeki çekmeler arasındaki fark ne kadar az olursa, çalışma özelliği de o kadar iyi olur (Kubler, 1978; Bozkurt ve ark., 1993). Buna göre, çalışmamıza ilişkin sonuçlar göstermiştir ki, empenyesiz kontrol örneklerine göre, empenyeli test örneklerinin radyal, teğet ve hacimsel çekmeleri önemli derecede azalmıştır. Bu sonuca göre, genel olarak, jeotermal suların, kızılçam ve karaçam odun örneklerinin radyal, teğet ve hacimsel çekme özelliklerini iyileştirdikleri söylenebilir.

3.2. Radyal, teğet ve hacimsel şişme

Kütahya-Simav'da 3 farklı kaynaktan alınan jeotermal sularla empenyeli kızılçam ve karaçam odun örneklerinde elde edilen radyal, teğet ve hacimsel şişmelere ait istatistik değerlendirmeler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Jeotermal sularla empenyeli kızılçam ve karaçamda radyal, teğet ve hacimsel çekmelere ait ortalama değerler*

Ağaç türü	Jeotermal kaynak	Radyal çekme (%)	Teğet çekme (%)	Hacimsel çekme (%)
Kızılçam	Kontrol	6.08 (±0.33) a	7.48 (±0.36) d	13.11 (±0.59) f
	N-1	5.91 (±0.31) a	7.72 (±0.36) d	13.17 (±0.65) f
	Ç-1	5.29 (±0.27) b	7.10 (±0.38) e	12.00 (±0.40) g
	E-6	6.25 (±0.35) c	7.02 (±0.47) e	12.83 (±0.50) f
Karaçam	Kontrol	5.52 (±0.18) j	6.94 (±0.22) m	12.20 (±0.32) ö
	N-1	4.96 (±0.22) k	5.89 (±0.15) n	10.77 (±0.28) p
	Ç-1	4.49 (±0.10) l	6.18 (±0.20) o	10.45 (±0.29) r
	E-6	4.53 (±0.14) l	6.13 (±0.17) o	10.36 (±0.28) r

*: Ayraç içindekiler standart sapmadır. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında önemli bir farklılık yoktur.

Çizelge 2. Jeotermal sularla empenyeli kızılçam ve karaçamda radyal, teğet ve hacimsel şişmelere ait ortalama değerler*

Ağaç türü	Jeotermal kaynak	Radyal şişme (%)	Teğet şişme (%)	Hacimsel şişme (%)
Kızılçam	Kontrol	6.20 (±0.27) a	9.07 (±0.34) ç	15.85 (±0.32) f
	N-1	5.76 (±0.47) b	7.79 (±0.38) d	14.00 (±0.76) g
	Ç-1	5.08 (±0.48) c	7.20 (±0.37) e	12.65 (±0.67) ğ
	E-6	5.72 (±0.51) b	7.27 (±0.30) e	13.41 (±0.67) h
Karaçam	Kontrol	6.61 (±0.18) k	7.57 (±0.18) o	14.60 (±0.30) s
	N-1	4.15 (±0.09) l	6.76 (±0.21) ö	11.20 (±0.29) ş
	Ç-1	4.51 (±0.07) m	7.08 (±0.23) p	12.00 (±0.19) t
	E-6	4.72 (±0.11) n	6.46 (±0.16) r	11.45 (±0.28) u

*: Ayraç içindekiler standart sapmadır. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında önemli bir farklılık yoktur.

Kızılçamda, en düşük radyal, teğet ve hacimsel şişme, Ç-1 için, sırasıyla, %5.08, %7.20 ve %12.65 olurken, en yüksek değerler, N-1 için, sırasıyla, %5.76, %7.79 ve %14.00 olmuştur. Test örnekleri kontrol grubu örneklerle karşılaştırıldığında, bu üç özelliğe ilişkin değerler, kontrol ile üç jeotermal su arasında önemli farklılık göstermiştir. Aynı şekilde jeotermal kaynaklar kendi aralarında karşılaştırıldığında, radyal şişme, sırasıyla, N-1 ve Ç-1 arasında farklılık gösterirken, N-1 ve E-6 arasında farklılık göstermemiştir. Teğet ve hacimsel şişme değerleri, N-1 ile Ç-1 ve E-6 arasında farklılık gösterirken, teğet şişme E-6 ve Ç-1 arasında farklılık ortaya koymamıştır. Ayrıca, kızılçam için, N-1 radyal, teğet ve hacimsel şişmeyi Ç-1 ve E-6'ya göre arttırmıştır. Bu artış, teğet ve hacimsel şişmeler için önemliyken, radyal şişme için, E-6'da önemsiz bulunmuştur.

Karaçamda, en düşük radyal ve hacimsel şişme değerleri, N-1 için, sırasıyla, %4.15 ve %11.20 olurken, en düşük teğet şişme, E-6 için, %6.46 olmuştur. En yüksek teğet ve hacimsel şişme değerleri, Ç-1 için, sırasıyla, %7.08 ve %12.00 olurken, en yüksek radyal şişme, E-6 için, %4.72 olmuştur. Bu üç özelliğe ilişkin değerler, hem kontrol ile jeotermal sular arasında hem de jeotermal suların kendileri arasında önemli bir farklılık göstermiştir. Ayrıca karaçam için, Ç-1 teğet ve hacimsel şişmeyi N-1 ve E-6'ya göre arttırırken, N-1 radyal ve hacimsel şişmeyi azaltmıştır. E-6 teğet şişmeyi azaltırken, radyal şişmeyi arttırmıştır.

Çalışmada elde edilen radyal, teğet ve hacimsel şişme değerleri literatür (Erten ve Sözen, 1996) sonuçlarıyla karşılaştırıldığında, radyal şişmenin %5.01 - %5.75, teğet şişmenin %7.24 - %9.36 ve hacimsel şişmenin %12.83 - %15.46 arasında değiştiği görülmüştür. Buna göre, çalışmamızda bulunan radyal, teğet ve hacimsel şişmelerin, genel olarak, literatürden farklı (düşük) olduğu söylenebilir. Bu farklılık deneysel materyal ve emprenye işleminden kaynaklanmış olabilir.

Bir ağacın çalışma özelliğinin iyi olması, teğet ve radyal yönlerdeki şişme değerleri arasındaki farkın azalmasına bağlıdır. Diğer bir ifadeyle, teğet ve radyal yönlerdeki genişlemeler arasındaki fark ne kadar az olursa, çalışma özelliği de o kadar iyi olur (Kubler, 1978; Bozkurt vd., 1993). Buna göre, çalışmamıza ilişkin sonuçlar göstermiştir ki, kontrol grubu örnekler göre, bütün test grubu örneklerin radyal, teğet ve hacimsel şişme değerleri önemli derecede azalmıştır. Bu sonuca göre, genel olarak, jeotermal suların, kızılçam ve karaçam örneklerinin radyal, teğet ve hacimsel şişme özelliklerini iyileştirdikleri söylenebilir.

3.3. Kullanım yeri stabilitesi

Kütahya-Simav jeotermal sahasında 3 değişik kaynaktan alınan jeotermal sularla emprenyeli kızılçam ve karaçam odun örneklerinde elde edilen kullanım yeri stabilitesine ilişkin istatistik değerlendirmeler Çizelge 3'de verilmiştir.

Kızılçamda, anizotropik çekme ve şişmede, en düşük değer, E-6 için, sırasıyla, 1.13 ve 1.28 olurken, en yüksek değer, Ç-1 için, sırasıyla, 1.35 ve 1.43 olduğu belirlenmiştir. Çekme anizotropisinde kontrol ile jeotermal sular arasında önemli bir farklılık olmasına karşılık, N-1 ve Ç-1 arasında hiçbir farklılık yokken, E-6 ile diğer iki kaynak arasında önemli farklılık bulunmuştur. Şişme anizotropisinde ise Ç-1 ile hem kontrol hem de N-1 arasında önemli hiçbir farklılık olmamasına karşılık, Ç-1 ve E-6 arasındaki farklılığın önemli, N-1 ve E-6 arasındaki farklılığın önemsiz olduğu görülmüştür. Ayrıca kızılçamda, anizotropik çekmeyi, N-1, E-6'ya göre arttırırken, Ç-1'e göre değişiklik yapmamıştır. Anizotropik şişmeyi ise N-1, Ç-1'e göre azaltıp E-6'ya göre değişiklik yapmazken, Ç-1, E-6'ya göre azaltmıştır.

Karaçamda, anizotropik çekme ve şişmede, en düşük değer, sırasıyla, N-1 için 1.19 ve E-6 için 1.37 bulunurken, en yüksek değer, sırasıyla, Ç-1 için 1.38 ve N-1 için 1.63 olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca her iki ağaç için, çekme ve şişme anizotropisi yönünden, hem kontrol ile jeotermal sular arasında hem de jeotermal suların kendi arasında önemli farklılık olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca karaçamda, anizotropik çekmeyi, N-1, Ç-1 ve E-6'ya göre azaltırken, Ç-1 ve E-6 birbirine göre değişiklik yapmamıştır. Anizotropik şişmeyi ise N-1 ve Ç-1, E-6'ya göre önemli derecede arttırmıştır. Bu artış, N-1'de Ç-1'dekinden daha fazla olmuştur.

Bir ağaç türünün kullanım yeri stabilitesi, onun, anizotropik çekme ve şişmesiyle yakından ilgilidir. Dolayısıyla, kullanım yerindeki stabilitenin iyi olması, anizotropik çekme ve şişmenin azalmasına bağlıdır. Diğer bir ifadeyle, teğet yöndeki çekme ve şişmenin radyal yöndeki, sırasıyla, çekme ve şişmeye oranı ne kadar az olursa, kullanım yeri stabilitesi de o kadar iyi olur (Kubler, 1978; Bozkurt vd., 1993). Buna göre, çalışmamıza ilişkin sonuçlar göstermiştir ki, kontrol örneklerine göre, bütün test örneklerinin anizotropik şişme değeri karaçamda artıp kızılçamda azalmasına karşılık, anizotropik çekme değeri, kızılçam için, E-6'da azalıp N-1 ve Ç-1'de artarken, karaçam için, N-1'de azalıp Ç-1 ve E-6'da artmıştır. Bu sonuca göre, genel olarak, E-6 kaynağının, kızılçam ve karaçam odun örneklerinin kullanım yeri stabilitesini iyileştirdiği söylenebilir.

Çizelge 3. Jeotermal sularla emprenyeli kızılçam ve karaçam odunlarının kullanım yeri stabilitesine ait ortalamadağerler

Ağaç türü	Jeotermal kaynak	Kullanım yeri stabilitesi*	
		Anizotropik çekme	Anizotropik şişme
Kızılçam	Kontrol	1.23 (± 0.08) a	1.47 (± 0.10) d
	N-1	1.31 (± 0.10) b	1.36 (± 0.11) ef
	Ç-1	1.35 (± 0.07) b	1.43 (± 0.15) de
	E-6	1.13 (± 0.09) c	1.28 (± 0.10) f
Karaçam	Kontrol	1.26 (± 0.04) g	1.15 (± 0.03) j
	N-1	1.19 (± 0.06) h	1.63 (± 0.06) k
	Ç-1	1.38 (± 0.05) ı	1.57 (± 0.06) l
	E-6	1.35 (± 0.05) ı	1.37 (± 0.04) m

*: Ayraç içindekiler standart sapmadır. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında önemli bir farklılık yoktur.

Bu çalışmaya dair anizotropik çekme ve şişme değerleri literatürle karşılaştırıldığında, literatürde, bu değerlerin, sırasıyla, 1.39 - 1.74 ve 1.45 - 1.63 arasında değiştiği görülmüştür (Bozkurt vd. 1993; Erten ve Sözen, 1996; Bozkurt ve Erdin 1997; As vd. 2001). Buna göre, çalışmamızda bulunan anizotropik çekme ve şişmelerin, diğer deyişle, kullanım yeri stabilitesinin, genel olarak, literatürden biraz düşük olduğu söylenebilir. Bu farklılık, kullanılan deneysel materyal ve emprenye işleminden kaynaklanmış olabilir.

4. Sonuç ve öneriler

Bu çalışmada, elde edilen sonuçlar ve yapılan öneriler, aşağıda verilmiştir:

Karaçam için, radyal, teğet ve hacimsel şişme değerleri, her üç kaynakta önemli farklılık gösterirken, çekme değerleri N-1'de farklı olup Ç-1 ve E-6'da hiçbir farklılık göstermemiştir. Ayrıca anizotropik çekme değerleri N-1'de farklı olup Ç-1 ve E-6'da farksız olmasına karşın, anizotropik şişme değerleri ise her üç kaynakta da farklılık göstermiştir.

Kızılçam için, radyal çekme değerleri her üç kaynakta farklılık gösterirken, şişme değerleri N-1 ve E-6'da bir farklılık ortaya koymamıştır. Teğet çekme ve şişme değerleri N-1'de farklı olup Ç-1 ve E-6'da farksız olmasına karşılık, hacimsel çekme değerleri Ç-1'de farklı olup N-1 ve E-6'da farksız iken, şişme değerleri her üç kaynakta bir farklılık göstermemiştir. Ayrıca anizotropik çekme değerleri E-6'da farklı olup N-1 ve Ç-1'de farksız bulunmuşken, anizotropik şişme değerleri Ç-1 ve E-6'da farklı olup N-1 ve Ç-1'de birbirine yakın değerler vermiştir.

Bir ağaç malzemedeki radyal, teğet ve hacimsel çekme ve şişme değerleri, onun, çalışma özelliğini doğrudan etkilerken, anizotropik çekme ve şişme değerlerinin ise kullanım yeri stabilitesiyle çok yakından ilgili olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla, çalışma özelliğinin iyi/düşük olması, teğet ve radyal yöndeki çekme değerleri arasındaki farkın azalmasına bağlı iken, aynı şekilde, teğet ve radyal yöndeki şişme değerleri arasındaki farkın azalmasına da bağlıdır. Kullanım yeri stabilitesinin iyi olması ise anizotropik çekme ve şişme değerlerinin düşük olmasına bağlıdır. Buna göre, Kütahya-Simav yöresi jeotermal suları, kızılçam ve karaçam odun örneklerinde, radyal ve teğet yöndeki çekme ve şişme değerleri arasındaki farkları, emprenyesiz kontrol örneklerine göre önemli derecede azaltmıştır. Bu azalmalar, diğerlerine göre E-6'da daha fazla olmuştur. Diğer yandan, kızılçam ve karaçam odun örneklerinin çekme ve şişme bakımından kullanım yeri stabiliteyi E-6'da azalıp Ç-1'de artmıştır. N-1'de ise kızılçamın kullanım yeri stabilitesi çekme bakımından artıp şişme bakımından azalırken, karaçamda tam tersi bir durum sergilenmiştir.

Radyal ve teğet yöndeki çekme ve şişmeler arasındaki farkların azalması, çalışma özelliğinin iyileştiğini gösterirken, anizotropik çekme ve şişmenin düşük olması ise kullanım yeri stabilitesinin iyileştiğini ortaya koymaktadır. Buna göre, çekme ve şişme özelliği ile kullanım yeri stabilitesinin önemli olduğu mekânlar için, kızılçam ve karaçam odunlarının, radyal biçmeye ilaveten, E-6 jeotermal ile emprenye edilmesi, N-1 ve Ç-1'e göre daha iyi sonuçlar verebilir.

Teşekkür

Bu çalışma, tasarımı ve geliştirilmesi Ahmet Ali VAR tarafından önerilip denetlenen ve SDU BAP 3365-YL1-12 numaralı proje ile desteklenip SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü'nde İbrahim KARDAŞ tarafından hazırlanan Yüksek Lisans tezinin bir bölümünün özetidir. Yazarlar, finansal ve jeotermal kaynak destekleri için, sırasıyla, SDU BAP Koordinasyon Birimi ile Eynal, Çitgöl ve Naşa jeotermal tesislerine teşekkür ederler.

Kaynaklar

- Akkuş, I., Akıllı, H., Ceyhan, S., Dilemre, A., Tekin, Z., 2005. Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri. MTA Genel Müdürlüğü Yayınları, Envanter Serisi-201, Ankara.
- As, N., Koç, K.H., Doğu, D., Atik, C., Aksu, B., Erdinler, S., 2001. Türkiye'de yetişen endüstriyel öneme sahip ağaçların anatomik, fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri. İ.Ü. OF Dergisi, 51(1): 71-88.
- Bal, B.C., Bektaş, İ., Kaymakçı, A., 2012. Toros sedirinde genç odun ve olgun odunun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri. KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15(2): 17-27.
- Bayram, F., 1999. Simav Jeotermal Alanının Hidrojeoloji İncelemesi. Doktora Tezi, SÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Bozkurt, A.Y., Goker, Y., Erdin, N., 1993. Emprenye Tekniği. İÜ Yayınları No: 3779/425, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y., Erdin, N., 1997. Ağaç Teknolojisi. İÜ Yayınları No: 3998/445, İstanbul.
- Bozkurt, Y., Göker, Y., Kurtoğlu, A., 1990. Sığla odununun fiziksel ve mekanik özellikleri. İÜ Orman Fakültesi Dergisi, 40(2): 1-18.
- Çağlar, K.O., 1948. Turkey's mineral waters and hot springs (in Turkish). Publications of Mineral Research and Exploration of Turkey (MTA), Ankara.
- Erdoğan, B., Toksoy, M., Özerdem, B., Aksoy, N., 2006. Economic assessment of geothermal district heating systems: A case study of Balçova-Narlıdere, Turkey. Energy Build., 38: 1053-1059.
- Erişen, B., Akkus, I., Uygur, N., Kocak, A., 1996. Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri. MTA Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Erten, P., Sözen, M.R., 1996. Halep çamı (*Pinus halepensis* Mill.) odunun fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi. İç Anadolu Ormanlık Araştırma Müdürlüğü, 268:1-40.
- Genç, A., 2013. Afyonkarahisar Ömer-Gecek Jeotermal Kaynaklarında Emprenye Maddelerinin ve Bu Kaynaklarla İşlem Görmüş Ahşabın Bazı Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Gürü, M., 2005. Jeotermal enerji kaynaklarının değerlendirilmesi. Çevreye Genç Bakış, 7.
- Usta, İ., Guray, A., 2000. Korsika çamının (*Pinus nigra* var. *maritima*) daralma ve genişleme özelliklerinin karşılaştırılması. Turk J Agric For., 24:461-464.
- Kantay, R., 1993. Kereste Kurutma ve Buharlama. Ormanlık Eğitim ve Kültür Vakfı, Yayın No: 6, İstanbul.

- Kantay, R., Güngör, N. M., 2009. Masif ahşap Döşemelerde duvar dibi genişleme boşluklarını etkileyen faktörler ve hesaplanması. İÜ Orman Fakültesi Dergisi, 59(1): 93-103.
- Karademir, E., 2012. Jeotermal akışkanlarla emprenye edilen ahşabın performansı: Uşak yöresi örneği. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Kubler, H., 1978. Buharlanmış ağaç malzemenin özellikleri, İÜ Orman Fakültesi Dergisi, 28(1): 231-240.
- Mutlu, M. A., 2004. 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, Erişim: 21 Ocak 2007.
- Özalp, M., Ordu, M., 2010. Kereste kurutmada kullanılan enerji kaynağının maliyete etkileri. Dumlupınar Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22: 99-108.
- Oktu, G., 1984. Hydrological investigation of Eynal and Çitgöl-Naşa (Simav) Hot Springs [in Turkish]. Publications of Mineral Research and Exploration of Turkey (MTA), Ankara.
- Özgener, L., Hepbaşlı, A., Dincer, İ., 2006. Performance investigation of two geothermal district heating systems for building applications: Energy analysis. Energy and Buildings, 38:286-292.
- TS EN 47, 2011. Ahşap koruma – Ev teke böceği larvalarına karşı zehirlilik değerlerinin tayini (laboratuvar metodu). TSE, Ankara.
- TS 4083, 1983. Odunda radyal ve teğet doğrultuda çekmenin tayini. TSE, Ankara.
- TS 4084, 1983. Odunda radyal ve teğet doğrultuda şişmenin tayini. TSE, Ankara.
- TS 4085, 1983. Odunda hacimsel çekmenin tayini. TSE, Ankara.
- TS 4086, 1983. Odunda hacimsel şişmenin tayini. TSE, Ankara.
- Var, A.A., 2009. Quantative of potential wood preservatives in geothermal fluids and their suitability for wood impregnation treatment. SDU Faculty of Forestry Journal, 1:184-197.
- Var, A.A., Yalçın, M., Şen, S., Taşçıoğlu, C., 2012. Antifungal activity of geothermal fluids from different regions of Turkey. Bioresources, 7(3):4226-4236.
- Var, A.A., Göncü, D., Karsantiözü, F., 2013. Investigation of absorption, retention and swelling in Izmir-Doğanbey geothermal waters-treated pine wood (*Pinus brutia* Ten.). SDU Faculty of Forestry Journal, 14:127-133.
- Var, A.A., Genç, A., Kardaş, I., 2014. Investigation of some properties of Afyonkarahisar-Omer-Gecek-Gazlıgöl geothermal waters-impregnated Crimean pine (*P. nigra* Arnold.) and Turkish red pine (*P. brutia* Ten.) sapwoods. SDU Faculty of Forestry Journal, 15:114-122.