



## Afyonkarahisar–Ömer–Gecek–Gazlıgöl jeotermal suları ile emprenyeli karaçam (*P. nigra* Arnold.) ve kızılçam (*P. brutia* Ten.) diri odunlarında bazı özelliklerin incelenmesi

Ahmet Ali Var<sup>a,\*</sup>, Ahmet Genç<sup>a</sup>, İbrahim Kardeş<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Isparta

\* İletişim yazarı/Corresponding author: alivar@sdu.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 30.12.2013, Kabul tarihi/Accepted: 06.05.2014

**Özet:** Çalışmada, bazı jeotermal suların emprenye maddesi potansiyeli ve bu sularla emprenyeli ahşapta çözelti absorpsiyonu, net kuru madde, teğet yönde şişme ve çekme miktarları araştırılmıştır. Araştırmada, Afyonkarahisar–Ömer (AF-23)-Gecek (R-260)-Gazlıgöl (GZL-1) jeotermal suları, karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve kızılçam diri odunları (*Pinus brutia* Ten.), basit daldırma yöntemi ve saf su kullanılmıştır. Emprenye ve test işlemleri, laboratuvarında normal oda şartlarında gerçekleştirilmiştir. Sonuçta, Ömer, Gecek ve Gazlıgöl jeotermal suları için, emprenye maddesi derişimi, sırasıyla, %0,45, %0,47 ve %0,13 olarak saptanmıştır. İstatistiki olarak, jeotermal suların, absorpsiyon ve net kuru madde üzerindeki etkileri anlamlı çıkarken, teğet yönde şişme ve çekme üzerindeki etkileri anlamsız çıkmıştır. En yüksek absorpsiyon ve net kuru madde, Gecek jeotermal ile emprenyeli örneklerde bulunmuştur. Jeotermal sular ile emprenyeli örneklerin teğet yönde şişme ve çekme miktarları, saf su ile muamele edilmiş örneklerdeki ile hemen hemen aynı oranda gerçekleşmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Ahşap, Ağaç malzeme, Emprenye, Jeotermal, Afyonkarahisar

## Investigation of some properties of Afyonkarahisar–Ömer–Gecek–Gazlıgöl geothermal waters-impregnated Crimean pine (*P. nigra* Arnold.) and Turkish red pine (*P. brutia* Ten.) sapwoods

**Abstract:** In this study, potential impregnants of some geothermal waters and several properties of these waters-treated wooden were studied: solution absorption, net dry matter, tangential swelling and shrinkage. For experiments, Afyonkarahisar–Ömer (AF-23), Gecek (R-260) Gazlıgöl (GZL-1) geothermal waters, sapwoods of Crimean pine (*Pinus nigra* Arnold.) and Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.), dipping method and distilled water were used. Impregnating and testing procedures were carried out in laboratory conditions. Consequently, for Ömer, Gecek and Gazlıgöl geothermals, the concentrations of potential impregnants were determined as 0,45%, 0,47% and 0,13%, respectively. Statistically, geothermal waters affected significantly absorption and dry matter, but did not affect swelling and shrinkage. The highest absorption and dry matter were found in samples treated with Gecek geothermal. Amounts of swelling and shrinkage of geothermal waters-treated wood were found almost the same ratio with that of pure water-treated wood.

**Keywords:** Wooden, Wood material, Wood impregnation, Geothermal, Afyonkarahisar

### 1. Giriş

Teknolojik yenilikler neticesinde yaşam kalitesinin yükselmesine bağlı olarak ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin kullanımına yönelik talepler giderek çoğalmaktadır. Bu artış, ahşabın doğal ve yenilenebilir kaynaktan gelmesi, kendine özgü estetik ve teknik birçok faydalı özellikleri taşımasından ileri gelmektedir. Ancak bazı sakıncalı yönleri de bulunmaktadır. En önemli sakıncası, biyotik ve abiyotik bozundurmaya karşı duyarlı olup, boyutlarını değiştirmesi ve bozunmasıdır. Bu yapısal değişim ve bozulum, sahip olduğu üstün değerlerin azalmasına ve kullanım süresinin daha da kısalmasına sebep olmaktadır. Ortalama bir asırdan fazla bir zamanda olgunlaşıp, kullanılabilir hale gelebilen bu hammaddenin, böyle zararlı unsurlara karşı korunması gerekmektedir (Berkel, 1972; Richardson, 1978).

Yerkabuğu bol miktarda çeşitli kaynaklara sahiptir. Günümüzde, enerji ihtiyacının büyük bir kısmı hidrolojik yoldan ve fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Ancak

gelecekte, fosil yakıtların tükenmesi ve yerini yeni kaynakların alması beklenmektedir. Jeotermal kaynaklar, fosil yakıtlara alternatif kaynaklar arasında en önemlilerden birisidir (Cemek vd., 2005).

Jeotermal enerji, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde biriken ısının oluşturduğu, sıcaklığı sürekli olarak bölgenin atmosferik ortalama sıcaklığının üzerinde olan ve çevresindeki yeraltı ve yerüstü sularına göre çok daha fazla erimiş çeşitli mineral, tuz ve gazlar içeren sıcak su, ıslak veya kuru buhar halindeki bir akışkan olarak tanımlanmaktadır (Cemek vd., 2005). Herhangi bir akışkan içermemesine rağmen, yerkürenin derinliklerindeki "Sıcak Kuru Kayalar" da jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir (Dağdaş, 2004).

Ülkemizde jeotermal araştırmalar, 1970'li yıllarda hız kazanmıştır. 1980'li yılların başlarına kadar kabuklaşma, korozyon, taşımının ekonomik olmaması, kalite özelliklerinin bilinmemesi gibi daha birçok nedenlerle, bu kaynakların kullanımı gerektiği kadar yaygınlaşmamıştır. Günümüzün teknolojik imkânlarıyla, bu ve benzer

sorunların tümü ya da pek önemli bir kısmı ortadan kaldırılmıştır (Mertoğlu, 2000). Buna bağlı olarak da jeotermal suların kullanımı, farklılaşarak gittikçe yaygınlaşmaktadır.

Su, bilinen en iyi çözücü ve aynı zamanda en iyi taşıyıcıdır. Katı ve çözünmüş halde pek çok maddeler ve organizmalar içermektedir. Yaşamsal ve endüstriyel gereksinimler için ihtiyaç duyulan su, hidrolojik çevrim denilen döngüden alınmakta ve kullanıldıktan sonra döngüye geri verilmektedir. Bu sırada, suya karışan maddeler, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirebilmektedir. Ayrıca su, sağlıklı yaşam, temiz çevre ve endüstriler için de vazgeçilmez bir unsurdur. Bu nedenle sahip olduğu özellikler/kalite, hem birey, toplum ve çevre sağlığı için, hem de endüstri için çok önemlidir. Jeotermal suların pek çoğunun içme ve kaplıca maksatları için, geriye kalanın da, az da olsa, endüstriyel maksatlar için kullanıldığı göz önüne alınırsa, bunların kalitesinin belirlenip, değerlendirilebilirliklerinin belirlenmesi son derece önem arz etmektedir (Akkurt vd., 2002).

Son yıllarda, tüm dünyada, yenilenebilir kaynaklara yönelim, tabii gıdalarla beslenme ve doğal yöntemlerle tedavi, güçlenen eğilimler haline gelmektedir. Buna paralel olarak, gelişen teknolojiye rağmen, temiz ve doğal çevre, organik gıdalar ve doğal tedavi yöntemleri gittikçe fazla tercih edilen sağlıklı yaşam modelleri olmaktadır. Ülkemizde de jeotermal kaynaklar ve bunlardan elde edilen akışkanlar benimsenerek, başta termal kaplıcalar ve merkezi ısıtma sistemleri olmak üzere, giderek yaygınlaşan kullanım haline gelmektedir (Cemek vd., 2005; Mutlu ve Güleç, 1998).

Jeotermal kaynaklar, 20-400°C arasında değişebilen sıcaklıklara ve yüksek oranlarda çözünmüş kimyasallara ve minerallere sahip olabilmektedir. Bu kaynaklar, eskiden olduğu gibi, günümüzde de, başta kaplıca/sağlık ve ısıtma amaçlarında kullanılmaktadır. Endüstriyel kullanımları ise, ilk olarak, elektrik üretimiyle başlamış, bunu, kimyasal madde üretimi ve entegre kullanımlar takip etmiştir. Ancak bu tür kullanımlar, kaplıca ve ısıtma amaçlı kullanımlara nazaran çok daha gerilerde kalmıştır (Arslan vd., 2001; Türkiye Jeotermal Derneği, 2004; Aydingöz, 2005; Özdemir, 2009).

Jeotermal enerji potansiyeli bakımından altıncı sırada yer alan ülkemizde, farklı maksatlar için kullanılabilen önemli bir jeotermal akışkan kaynağı bulunmaktadır (Mutlu, 2004; Gürü, 2005). Jeotermal sular, ısısının getirdiği üstünlükle magmatik kökenli kayalar ve derinlik kayalarını aşındırıp eritmekte, bünyesine bu kayaların mineral ve tuzluluk özelliklerini alarak yeryüzüne çıkmaktadır. Sıcak su, ıslak veya kuru buhar halinde çıkan bu akışkanlar, yüksek oranlarda çözünmüş kimyasal maddeler ve zengin mineral tuzlar içermektedir (Gemici ve Tarcan, 2004; Akıllı ve Ersöz, 2002; Ilgar, 2005). Yüzeye çıkınca, içerdikleri bu maddeler, sıcaklık azalması ve basınç düşmesine bağlı olarak yüze tutunmakta ve ortamda kalıcı bir tabaka oluşturmaktadır (Arslan vd., 2001; Akkuş ve Aydoğdu, 2006; Özdemir, 2009). Bu akışkanları, endüstriyel kullanım kapsamında, ağaç malzemenin, kendine has faydalı özelliklerinin korunup, sakıncalı özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik uygulamalarda

değerlendirmek mümkün olabilir. Bu bağlamda, ilk planda, jeotermal kaynak bakımından zengin bölgeler öne çıkmaktadır.

Afyonkarahisar bölgesi, jeotermal kaynak açısından zengin bölgelerimizden birisidir. İl sınırları içerisinde, AFJET, Başak, Gazlıgöl, Ömer, Gecek, Grand Özer, Grand Sönmez, Heybeli, Hüdayi, İkbali, Soydan, Oruçoğlu, Özdemir ve Yaylakent gibi, pek çok jeotermal saha bulunmaktadır (Cemek vd., 2005). Ömer-Gecek jeotermal sahası Batı Anadolu'nun genişleme tektoniği etkisi ile oluşan en önemli sahalardan birisidir. Sahada, MTA ve DSİ tarafından sıcak su ve soğuksu amaçlı, toplam 34 adet kuyu açılmıştır. Bu kuyuların bir kısmı zamanla yıkılarak, üretim dışı kalmıştır. Sahadaki mevcut kaynakların sıcaklıkları 25-105°C arasında değişmektedir. Bunlardan ortalama 300 lt/sn akışkan üretilmektedir. Bu akışkanların 175 lt/sn'lik kısmı şehirde binaların ısıtılmasında, geriye kalanı ise turistik termal otellerde veya motellerde kullanılmaktadır (Ulutürk, 2009).

Jeotermal kaynakça önemli bir konumda bulunmasına rağmen, Afyonkarahisar jeotermal kaynaklarının önemli bir kısmı, ülke genelinde olduğu gibi, endüstriyel maksatlarda için kullanılmamaktadır. Bölgenin mevcut jeotermal kaynakları incelendiğinde, bunların düşük ve orta sıcaklıklı kaynaklar olduğu, bu kaynakların orman ürünleri endüstrisinde, ısı enerjisi, mineral tuz, kimyasal madde ve çözücü gibi bir takım ihtiyaçların karşılanması adına önemli bir potansiyele sahip oldukları görülebilmektedir.

Bu çalışmada Afyonkarahisar ili Gazlıgöl, Gecek ve Ömer jeotermal sahalardan 1'er tane olmak üzere, toplam üç adet jeotermal suyun empenye maddesi potansiyelinin incelenmesi ve bu sular ile empenye edilmiş karaçam ve kızılçam odunlarında pratikte önemli bazı özelliklerin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma, bölgenin jeotermal kaynaklarının, mevcut kullanım yerleri dışında, endüstriyel anlamda, ahşap koruma sektöründe kullanımına yönelik bir araştırmanın ortaya konulması bakımından önemlidir.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

Deneylerde, üç farklı jeotermal su, kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) odunları ve saf su kullanılmıştır. Saf su, jeotermal suların, daralma ve genişleme üzerine etkilerini karşılaştırmak için kullanılmıştır.

Deney örnekleri, kızılçam ve karaçam tomruklarının diri odun kısmından, radyal yönde, muhtelif ebatlarda, sağlam, düzgün lifli ve budaksız latalardan elde edilmiştir (TS 345, 2012; TS 4176, 1984). Bu amaçla, öncelikle, latalar, TS 2470 (1976)'e göre 20±2°C sıcaklık ve %65±3 bağıl nem şartlarında, hava kurusu (%12) rutubete kadar kondisyonlanıp, planya makinesinden geçirilmiştir. Sonra, bu latalardan, test ve kontrol grubu örnekler hazırlanmıştır. Her test için 15'er adet olmak üzere, çözücü absorpsiyonu ve net kuru madde testleri için 3x3x1,5 cm, teget yönde daralma ve genişleme testleri için 2x2x3 cm ölçülerinde örnekler hazırlanmıştır. Örnekler, tekrar, aynı koşullarda,

hava kurusu rutubete kadar kondisyonlanıp, 0,01 g hassasiyetle ölçülmüştür.

Daha sonra, örnekler, TS 2471 (1976)'e göre, 103±2°C'de kurutma dolabında tam kuru ağırlığa (%0 rutubet) kadar kurutulmuş, desikatörde normal oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve tekrar, aynı hassasiyetle ölçülmüştür. Böylece, örneklerin, emprenyeden önceki, sırasıyla, hava kurusu ve tam kuru ağırlıkları ile boyutları ve hacimleri bulunmuştur. Ölçümleri tamamlanan örnekler, ayrı ayrı olmak üzere, naylon torbalara konularak, emprenye edilinceye kadar kuru halde muhafaza edilmiştir. Bu işlemler, kontrol grubu örnekler için de yapılmıştır.

Jeotermal sular, Afyonkarahisar yöresindeki Ömer (AF-23), Gecek (R-260) ve Gazlıgöl (GZL-1) jeotermal kuyularından sıcak olarak alınmıştır. Kuyuların derinlik ve debilerinin, sırasıyla, Ömer için 235-250 m ve 50 lt/sn, Gazlıgöl için 207 m ve 28 lt/sn, Gecek için 165-160 m ve 20-30 lt/sn arasında değiştiği bildirilmektedir (Çelik ve Sabah, 2002; Ötkü vd., 1997; Tamgaç vd., 2000; Akan, 2003; Ulutürk, 2009). Kuyulardan alınan sıcak sular, soğumaları için normal oda sıcaklığına (20±2°C) kadar bekletildikten sonra, özellikleri değişmeyecek şekilde, özel plastik kaplara konularak, emprenye işlerinde kullanıncaya kadar muhafaza edilmiştir.

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Jeotermal suda emprenye maddesi tayini

Çalışmada, Afyonkarahisar ili Ömer, Gecek ve Gazlıgöl bölgelerinde, 30°C ve üzerinde, sıcak su + buhar egemen kaynakların veya sondaj kuyularının bulunduğu sahalarda, özellikle, kimyasal analizleri yapılmış olan jeotermal sulara yer verilmiştir. Suların kimyasal analiz sonuçları, ilgili yayınlar taranarak tespit edilmiştir. Bu amaçla, öncelikle, genel olarak, bölgede bulunan ve kimyasal analizleri yapılan jeotermal sular ile ilgili yayınlar taranmıştır. Sonra, bunlar, ahşap emprenye maddeleri ve derişimleri bakımından, TS 788-2 EN 599-2 (1997) ve literatür (Berkel, 1972; Richardson, 1978; Bozkurt vd., 1993) ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, bu karşılaştırmaya göre, jeotermal suların içerdiği bireysel emprenye maddeleri ve bunların miktarları belirlenmiştir. Böylece, söz konusu suların, çözünmüş halde sahip oldukları emprenye maddesi potansiyeli tespit edilmeye çalışılmıştır.

### 2.2.2. Emprenye İşlemi

Emprenye deneylerinde, TS 343 (2012)'de bildirilen "batırma" yöntemi kullanılmıştır. Emprenye işlemi, TS EN 47 (2011)'de verilen esaslara göre, laboratuvarında normal hava şartlarında gerçekleştirilmiştir. Buna göre, tam kuru haldeki deney örnekleri, jeotermal su (çözelti) içinde 24 saat bekletilerek, TS 344 (2012)'e göre tam emprenye edilmiştir. Sonra, örnekler, çözüldükten çıkarılıp, filtre kâğıdı ile hafifçe kurulanmıştır.

Her test için, kontrol grubu örnekler hariç, bütün test grubu örnekler, bu şekilde, jeotermal sular (çözümler) ile ayrı ayrı emprenye edilmiştir. Emprenyeden sonra, çözelti absorpsiyonu ve net kuru madde testleri için, hafif kuru (ıslak) haldeki örnekler, hemen, bekletilmeden, 0,01 hassasiyetle ölçülmüştür. Sonra, bu örnekler, 20±2°C sıcaklık ve %65±3 bağıl nem şartlarında hava kurusu

rutubete kadar kondisyonlandıktan (TS 2470, 1976) sonra, 103±2°C'de tam kuru ağırlığa kadar kurutulup, oda sıcaklığına kadar soğutulmuş (TS 2471, 1976) ve aynı hassasiyetle ölçülmüştür. Böylece, bu iki test için, örneklerin, emprenyeden sonraki, sırasıyla, yaş, hava kurusu ve tam kuru hallerdeki ağırlıkları ve boyutları bulunarak, kayıt altına alınmıştır.

Teğet yönde çekme ve şişme testleri için ise, ıslak (hafif kuru) haldeki örnekler, yukarıda verilen şartlarda, hava kurusu rutubete kadar kondisyonlandıktan sonra, aynı hassasiyetle ölçülmüştür. Böylece, bu iki test için, örnekler, emprenyeden sonraki hava kurusu ağırlıkları ve boyutları bulunup kayıt altına alındıktan sonra, ayrı ayrı olmak üzere, naylon torbalara konularak, saf su ile muamele edilinceye kadar muhafaza edilmiştir.

### 2.2.3. Jeotermal çözelti absorpsiyonu tayini

Bu test, TS EN 47 (2011)'ye uygun yapılmıştır. Her örnek için, absorbe edilen jeotermal çözelti miktarı, g/cm<sup>3</sup> olarak, aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$J\text{ÇA} = (A_{\text{esy}} - A_{\text{e012}}) / V_{\text{e012}} \quad (1)$$

Bu eşitlikte; JÇA, jeotermal çözelti absorpsiyonu (g/cm<sup>3</sup>), A<sub>esy</sub>, emprenyeden hemen sonraki yaş ağırlık (g), A<sub>e012</sub> ve V<sub>e012</sub>, emprenyeden önceki, sırasıyla, hava kurusu ağırlık (g) ve hacim (cm<sup>3</sup>)'dir.

### 2.2.4. Jeotermal net kuru madde tayini

Bu test, TS EN 47 (2011)'e uygun yapılmıştır. Test için, JÇA tayininde kullanılan örneklerden faydalanılmıştır. Her örnek için, tam kuru rutubetteki jeotermal net kuru madde miktarı, % olarak, aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$J\text{NM} = [(A_{\text{e0}} - A_{\text{e00}}) / A_{\text{e00}}] \times 100 \quad (2)$$

Bu eşitlikte; JNM jeotermal net kuru madde miktarı (%), A<sub>e0</sub> emprenyeden sonraki tam kuru ağırlık (g), A<sub>e00</sub> emprenyeden önceki tam kuru ağırlık (g)'tir.

### 2.2.5. Teğet yönde şişme ve çekme tayini

Teğet yönde şişme ve çekme testleri, sırasıyla, TS 4084 (1983) ve TS 4083 (1983)'e göre yapılmıştır. Her örnek için, teğet yöndeki şişme ve çekme, % olarak, aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır. Hesaplama boyuna yöndeki şişme ve çekme dikkate alınmamıştır.

$$T\text{Ş}_{\text{max}} = [(L_{\text{tmax}} - L_{\text{tmin}}) / L_{\text{tmin}}] \times 100 \quad (3)$$

$$T\text{Ç}_{\text{max}} = [(L_{\text{tmax}} - L_{\text{tmin}}) / L_{\text{tmax}}] \times 100 \quad (4)$$

Bu eşitliklerde; TŞ<sub>max</sub> ve TÇ<sub>max</sub>, LDN rutubeti üzerinde, sırasıyla, teğet yöndeki maksimum şişme ve çekme (%), L<sub>tmax</sub> ve L<sub>tmin</sub>, sırasıyla, LDN rutubeti üzerinde ve tam kuru halde, teğet yöndeki boyut (cm)'tur.

## 2.3. İstatistik analiz

Tüm gözlemsel değerler, varyans analizi ve duncan karşılaştırma testi ile irdelenmiştir. Öncelikle, %95 istatistiki güvenle, bireysel faktörlerin (jeotermal su, ağaç türü) ve etkileşimin (jeotermal su-ağaç türü) yaptıkları

etkilerin önem durumu ve etki düzeyleri belirlenmiştir. Sonra, etkisi anlamlı çıkan her bireysel faktör ve etkileşim için, homojenlik gruplar araştırılmış, farklılık oluşturan gruplar belirlenip, harfli gösterimle ifade edilmiştir. Harfli gösterimde, farklı harfi taşıyan grupların ortalamaları arasındaki farklılık önemli, aynı harfi taşıyan grupların ortalamaları arasındaki farklılık ise önemsizdir. Tüm istatistikî değerler, SPSS yazılım programında hesaplanmıştır.

### 3. Bulgular ve tartışma

Çalışmada, Afyonkarahisar Ömer (AF-23), Gecek (R-260) ve Gazlıgöl (GLZ-1) jeotermal sularının emprenye maddesi potansiyeli, bu sularla emprenyeli kızılçam ve karaçam diri odunlarında jeotermal çözelti absorpsiyonu, jeotermal net kuru madde, teğet yönde şişme ve çekme miktarları incelenmiştir. İncelemelere ilişkin bulgular, ayrı ayrı irdelenip tartışılmıştır.

#### 3.1. Afyonkarahisar Ömer – Gecek – Gazlıgöl jeotermalleri emprenye maddesi potansiyeli

Bilindiği üzere, odun zararlılarına karşı, emprenye maddelerinin çeşitleri ve miktarları çok önemlidir. Bunların kullanılabilirlikleri, koruma etkilerinin kalıcı olmasına ilaveten, erimiş tuz veya mineral gibi, çeşitli elementleri içermesine ve bu elementlerin derişimine de bağlıdır. Emprenye işlerinde, etkileri yönünden mineral madde oranı yüksek olan bazı emprenye çözeltileri tuzluluk oranı yönünden de uygun olabilir. Bu açıdan, emprenye akışkanlarının, ahşap ve ahşap esaslı yapısal malzemeleri, olası zararlılara karşı koruyup korumayacaklarına dair bir yargıya varabilmek için, kimyasal madde içerikleri ve derişimleri, yani; kaliteleri üzerinde durulmaktadır (Berkel, 1972; Bozkurt vd., 1993).

Kalitenin (kimyasal madde içeriği ve derişim) belirlenmesi, emprenyede kullanılabilecek bütün kimyasallar ya da kimyasal karışımlar için geçerlidir. Buna göre, jeotermal sular da, çözülmüş halde birçok tuz ve mineral madde içermektedir. Dolayısıyla, bu suların, emprenye işlerine uygun olup olmayacaklarına dair bir hüküm verebilmek için, kimyasal madde içeriklerinin ve derişimlerinin bilinmesi gerekmektedir (Var, 2009).

Afyonkarahisar Ömer-Gecek-Gazlıgöl jeotermal suları için, kimyasal madde içeriği ve derişimin belirlenmesi amacıyla birçok çalışma yapılmıştır (Gülay, 1972; Demirel, 1990; Erişen vd., 1996; Mutlu, 1996; Mutlu, 1997; Mutlu, 1998; Çelik ve Sabah, 2002; Aydınöz, 2005; Ulutürk, 2009; Memiş, 2010). Bunlar incelendiğinde, bölgedeki jeotermal suların, kimyasal madde çeşidi ve derişimi açısından, başta birincil ve ikincil olarak çözünenler dahil, ahşap koruma sektörü için, çözülmüş halde, önemli ölçüde emprenye maddesi potansiyeline sahip oldukları anlaşılmaktadır.

Çizelge 1'de, bu çalışmada emprenye akışkanı olarak kullanılan Afyonkarahisar Ömer (AF-23), Gazlıgöl (GLZ-1) ve Gecek (R-260) jeotermal sularının kimyasal analiz sonuçları ve bu sulardaki mevcut emprenye maddesi potansiyeli, mg/lt olarak verilmiştir. Bu çizelgeye göre,

jeotermal sular, Al, As, B, Ca, Cl, F, K, Mg, Na, NH<sub>4</sub>, SiO<sub>2</sub> ve SO<sub>4</sub> ve olmak üzere, çözülmüş halde toplam 12 adet emprenye maddesi içermektedir. Bu maddeler, jeotermal suların içerdiği toplam 21 adet kimyasalın yaklaşık %57,14'ünü oluşturmaktadır. Bu maddelerin bireysel ve toplam derişimleri farklılık göstermektedir.

Örneğin; bireysel derişim, K için 76,0–156,8 mg/lt, Na için 900,0–1940,0 mg/lt, NH<sub>4</sub> için 5,9–7,5 mg/lt, Ca için 53,0–186,0 mg/lt, Mg için 5,4–18,9 mg/lt, As için 0,01–3,6 mg/lt, B için 7,8–12,0 mg/lt, SiO<sub>2</sub> için 36,0–170,0 mg/lt, SO<sub>4</sub> için 10,0–513,6 mg/lt, Cl için 137,0–1948,0 mg/lt, F için 0,06–6,0 mg/lt ve Al için 0,02–0,034 mg/lt arasında değişmektedir. Toplam derişim ise 1237,03–4941,50 mg/lt arasında dağılım yapmaktadır.

Diğer yandan, jeotermal sular, toplam emprenye maddesi derişimi bakımından, karşılaştırıldığında, Gazlıgöl jeotermal 1237,03-1394,20 (ort. 1315,62) mg/lt ile düşük derişime sahip su olurken, Gecek jeotermal 4402,50-4941,50 (ort. 4672,00) mg/lt ile en yüksek derişime sahip bulunmaktadır. Ömer jeotermal ise 4547,37 mg/lt'lik bir derişime sahip su konumundadır.

Bunlara göre, sonuç olarak, Gecek (R-260) jeotermal, çözülmüş halde, bireysel olarak 0,02–1948,0 mg/lt arasında değişen, toplamda ise 4672,00 mg/lt derişimde emprenye maddesi potansiyeline sahiptir. Toplam kimyasal madde derişimi bakımından da benzer durumlar söz konusudur. Dolayısıyla, Gecek jeotermal, normal hava şartlarında, uzun süreli batırma (24 saat) yöntemi kullanılarak yapılan emprenye işlemlerinde, diğer jeotermallere göre daha başarılı sonuçlar verebilir.

#### 3.2. Jeotermal çözelti absorpsiyonu

Çizelge 2'de, Afyonkarahisar Ömer, Gecek ve Gazlıgöl jeotermal sularıyla emprenyeli karaçam ve kızılçam odunlarında jeotermal çözelti absorpsiyonuna dair tanımlayıcı istatistikler, varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. Bu çizelgeye göre, ağaç türleri karşılaştırıldığında, absorbe edilen çözelti miktarı, karaçam için, Gazlıgöl kaynağında 0,30 g/cm<sup>3</sup> ile en az ve Gecek kaynağında 0,32 g/cm<sup>3</sup> en fazla olurken, kızılçam için, Gazlıgöl kaynağında 0,29 g/cm<sup>3</sup> ile en az ve Gecek kaynağında 0,34 g/cm<sup>3</sup> en fazla olmuştur. Dolayısıyla, absorbe edilen jeotermal çözelti, karaçam için, Gecek'te Gazlıgöl'den %6,67 ve Ömer'den %3,23, kızılçam için, Gecek'te Gazlıgöl'den %17,24 ve Ömer'den %6,25 daha yüksek olmuştur. Üç jeotermalin ortalaması olarak karşılaştırıldığında, absorpsiyon miktarı, karaçamda 0,31 g/cm<sup>3</sup> ve kızılçamda 0,32 g/cm<sup>3</sup> olmuştur. Bireysel faktörler ve faktörler arası etkileşimin absorpsiyon üzerindeki etkilerinin önem durumu karşılaştırıldığında, jeotermal kaynakların etkisi önemli çıkarken (p≤0,000), ağaç türü ve etkileşimin (jeotermal kaynak-ağaç türü) etkileri önemsiz çıkmıştır (p>0,05). Faktörler ve etkileşimin etki düzeyleri karşılaştırıldığında, jeotermal kaynaklar en yüksek düzeyde (R<sup>2</sup>=0,914), etkileşim orta düzeyde (R<sup>2</sup>=0,014) ve ağaç türü küçük düzeyde (R<sup>2</sup>=0,004) etki yapmıştır. Jeotermal kaynakların homojenlik grubuna bakıldığında, Gecek kaynağı farklı, Gazlıgöl ve Ömer kaynakları aynı homojenlik grubunda yer almıştır. İki ağacın ortalaması

olarak, çözelti absorpsiyonu karşılaştırıldığında, Gecek kaynağı 0,33 g/cm<sup>3</sup> ile en yüksek, Gazlıgöl kaynağı 0,30 g/cm<sup>3</sup> ile en düşük değeri vermiştir. Dolayısıyla, absorpsiyon, Gecek kaynağında, Ömer ve Gazlıgöl kaynaklarına göre, sırasıyla, %6,45 ve %10,00 daha fazla olmuştur. Bunlara göre, sonuç olarak, Afyonkarahisar Ömer-Gecek-Gazlıgöl jeotermalleri ile empenyede, kızılçamda absorbe edilen jeotermal çözelti miktarı, karaçamdan %3,23 daha fazla olmuştur. Jeotermal

kaynaklar, absorpsiyon üzerinde, %95 istatistiki güvenle, önemli ve yüksek düzeyde etkili olmuştur. Gecek kaynağı en büyük etkiyi, Gazlıgöl kaynağı en düşük etkiyi göstermiştir. Ömer kaynağı ile Gazlıgöl kaynağı aynı düzeyde etki yapmıştır. Bu sonuçlar, konuya benzer literatürle (Karademir, 2012; Var, vd., 2013) karşılaştırılmış ve yakın olduğu görülmüştür.

Çizelge 1. Afyonkarahisar Ömer-Gecek-Gazlıgöl jeotermal sularının kimyasal analiz sonuçları ve mevcut empenye maddesi potansiyeli

Kimyasal analiz sonuçları <sup>a</sup>	Jeotermal kaynak			Referans
	Ömer (AF-23)	Gecek (R-260)	Gazlıgöl (GLZ-1)	
Sıcaklık (°C)	90-94	87-94	63-66	Erişen vd., 1996; Mutlu, 1998; Çelik ve Sabah, 2002; Ulutürk, 2009
pH (25°C'de)	7,94	7,50-7,10	7,40-7,45	Erişen vd., 1996; Mutlu, 1998; Ulutürk, 2009;
K <sup>+</sup>	120,00	120,00-156,8 0	76,00-80,20	Erişen vd., 1996; Mutlu, 1998; Ulutürk, 2009
Na <sup>+</sup>	1760,5	1700,00-1940,00	900,00-940,00	Erişen vd., 1996; Mutlu, 1998; Ulutürk, 2009
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-	5,90	7,50	Erişen vd., 1996
Ca <sup>+</sup>	146,80	105,80-186,00	53,00-72,00	Erişen vd., 1996; Mutlu, 1998; Ulutürk, 2009
Mg <sup>+</sup>	12,46	5,4-18,9	15,30-17,00	Erişen vd., 1996; Mutlu, 1998; Ulutürk, 2009
As <sup>+</sup>	3,60	0,98-2,20	<0,01	Erişen vd., 1996; Ulutürk, 2009
B <sup>+</sup>	7,82	9,00	12,00	Erişen vd., 1996; Ulutürk, 2009
Li	-	1,60-2,20	-	Mutlu, 1998; Erişen vd., 1996
SiO <sub>2</sub> <sup>+</sup>	128,10	105,00-170,00	36,00-48,00	Erişen vd., 1996; Mutlu, 1998; Ulutürk, 2009
CO <sub>2</sub>	-	4,00	171,70	Erişen vd., 1996
HCO <sub>3</sub>	899,50	1239,00-1350,00	2471,00-2696,00	Erişen vd., 1996; Mutlu, 1998; Ulutürk, 2009
CO <sub>3</sub>	-	1,00	10,00	Erişen vd., 1996
SO <sub>4</sub> <sup>+</sup>	489,00	508,00-513,60	10,00	Erişen vd., 1996; Mutlu, 1998; Ulutürk, 2009
Cl <sup>+</sup>	1879,00	1842,00-1948,00	137,00-225,00	Erişen vd., 1996; Mutlu, 1998; Ulutürk, 2009
I	-	0,50	<0,50	Erişen vd., 1996
F <sup>+</sup>	0,06	0,40-6,00	2,20	Erişen vd., 1996; Ulutürk, 2009
Fe	0,064	0,20-0,40	2,20	Erişen vd., 1996; Mutlu, 1998; Ulutürk, 2009
NO <sub>2</sub>	-	0,01	<0,01	Erişen vd., 1996
NO <sub>3</sub>	-	1,00	1,00	Erişen vd., 1996
Al <sup>+</sup>	0,034	<0,02	0,02	Mutlu, 1998; Ulutürk, 2009
Br	0,50	0,20-9,60	-	Mutlu, 1998; Ulutürk, 2009
Toplam empenye maddesi derişimi (mg/l)	4547,37	4402,50-4941,50 (ort=4672,00)	1237,03-1394,20 (Ort=1315,62)	
Toplam jeotermal kimyasal derişimi (mg/l)	5447,44	5650,01-6303,70 (Ort=5976,86)	3893,44-4078,20 (Ort=3985,82)	

<sup>a</sup>: İlgili referanslardan alınmıştır. <sup>\*</sup>: Ahşap empenye maddesi.

Çizelge 2. Afyonkarahisar Ömer-Gecek-Gazlıgöl jeotermal sularıyla empenyeli kızılçam ve karaçam odununda jeotermal çözelti absorpsiyonu için tanımlayıcı istatistikler, varyans analizi ve duncan testi sonuçları

Tanımlayıcı istatistikler			Varyans analizi sonuçları							Duncan testi sonuçları	
Jeotermal kaynak	Ağaç türü	Ort. (g/cm <sup>3</sup> ) <sup>*</sup>	Varyans kaynağı	Kareler top.	Sd	Kareler ort.	F	P <sup>b</sup>	R <sup>2c</sup>	Jeotermal kaynak	Ort.(g/cm <sup>3</sup> ) <sup>d</sup>
Kontrol	Çk	0,00	Kontrol mod.	2,220 <sup>a</sup>	7	0,338	169,413	0,000	0,914	Kontrol	0,00 <sup>x</sup>
	Çz	0,00	Sınırlı alan	6,604	1	7,023	3527,926	0,000	0,969	Gazlıgöl (GLZ-1)	0,30 <sup>y</sup>
Ömer (AF-23)	Çk	0,31(0,04)	Jeotermal kaynak	2,216	3	0,784	394,640	0,000	0,914	Ömer (AF-23)	0,31 <sup>y</sup>
	Çz	0,32(0,04)	Ağaç türü	0,001	1	0,000	0,428	0,514	0,004	Gecek (R-260)	0,33 <sup>z</sup>
Gecek (R-260)	Çk	0,32(0,02)	Jeotermal kaynak- Ağaç türü	0,003	3	0,006	0,516	0,672	0,014		
	Çz	0,34(0,06)	Hata	0,210	112	0,003					
Gazlıgöl (GLZ-1)	Çk	0,30(0,07)	Toplam	9,033	120						
	Çz	0,29(0,05)	Düzeltilmiş toplam	2,429	119						

\*: Parantezdekiler standart sapmadır. Çk= Karaçam, Çz= Kızılçam. Sd= Serbestlik derecesi. a: R<sup>2</sup> = 0,914 (Düzeltilmiş R<sup>2</sup> = 0,908). b (Önem derecesi): p<0,05 ise önemlidir. c (Etki düzeyi): R<sup>2</sup> = 0,0099 ise küçük etki, 0,0588 ise orta etki ve 0,1379 ise büyük etki. d: Aynı harfle temsil edilen ortalamalar arasında, %95 istatistiki güvenle önemli farklılık yoktur.

### 3.3. Jeotermal net kuru madde

Çizelge 3’de, Afyonkarahisar Ömer, Gecek ve Gazlıgöl jeotermal sularıyla emprenyeli karaçam ve kızılçam odunlarında jeotermal net kuru madde miktarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler, varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. Bu çizelgeye göre, ağaç türleri karşılaştırıldığında, net kuru madde miktarı, karaçam için, Gazlıgöl kaynağında %0,80 ile en az, Gecek kaynağında %0,98 ile en fazla olurken, kızılçam için, Gazlıgöl kaynağında %0,97 ile en az, Gecek kaynağında %1,04 ile en fazla olmuştur. Dolayısıyla, tutunan jeotermal net kuru madde miktarı, karaçam için, Gecek’te Gazlıgöl’den %22,50 ve Ömer’den %11,11 daha yüksek olurken, kızılçam için, Gecek’te Gazlıgöl’den %7,22 ve Ömer’den %1,96 daha yüksek olmuştur. Üç jeotermalin ortalaması olarak karşılaştırıldığında, jeotermal net kuru madde miktarı, karaçam ve kızılçamda, sırasıyla, %0,89 ve %1,01 olmuştur. Bireysel faktörler ve etkileşimin, net kuru madde üzerindeki etkilerinin önem durumlarına bakıldığında, jeotermal kaynakların etkisi önemli ( $p \leq 0,000$ ), ağaç türü ve etkileşimin etkisi önemsiz ( $p > 0,05$ ) çıkmıştır. Faktörler ve etkileşimin, net kuru madde üzerindeki etki düzeylerine bakıldığında, jeotermal kaynaklar en yüksek düzeyde ( $R^2=0,619$ ), ağaç türü orta düzeyde ( $R^2=0,020$ ), etkileşim ise küçük düzeyde ( $R^2=0,010$ ) bir etki yapmıştır. Jeotermal kaynakların homojenlik grubuna bakıldığında, her üç kaynak da aynı grupta yer almıştır. İki ağacın ortalaması olarak, net kuru madde miktarına bakıldığında, Gecek kaynağı %1,01 ile en yüksek değeri verirken, Gazlıgöl kaynağı %0,89 ile en düşük değeri vermiştir. Dolayısıyla, net kuru madde miktarının, Gecek kaynağında, Ömer ve Gazlıgöl kaynaklarından, sırasıyla, %6,32 ve %13,48 daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunlara göre, sonuç olarak, Afyonkarahisar Ömer-Gecek-Gazlıgöl jeotermal sularıyla emprenyede, jeotermal net kuru madde miktarı, kızılçamda, karaçama göre %13,48 daha fazla olmuştur. Jeotermal kaynak türü, net kuru madde miktarı üzerinde, %95 istatistiki güvenle, anlamlı ve yüksek düzeyli bir etki yapmıştır. Etki düzeyi bakımından, kaynaklar arasında anlamlı bir farklılık çıkmamıştır. Gecek kaynağı en yüksek, Gazlıgöl kaynağı ise en düşük gözlem değerini vermiştir. Ayrıca Gecek kaynağında, net kuru madde miktarı, Ömer ve Gazlıgöl kaynaklarına göre daha fazla artmıştır. Bu artış, Gecek kaynağında, toplam kimyasal madde derişiminin daha yüksek olmasından kaynaklanabilir. Bu sonuçlar, konuya benzer çalışmalarla (Karademir, 2012; Var, vd., 2013) karşılaştırılmış ve farklı olduğu görülmüştür. Bu farklılık, jeotermal kaynaklardan, bu kaynakların içerdiği kimyasal madde türü, miktarı ve katılım oranlarından kaynaklanabilir.

### 3.4. Teğet yönde şişme

Çizelge 4’da, Afyonkarahisar Ömer, Gecek ve Gazlıgöl jeotermal sularıyla emprenyeli karaçam ve kızılçam odunlarında teğet yönde şişme miktarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler, varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. Bu çizelgeye göre, genel olarak, test ve kontrol

grubu örnekler karşılaştırıldığında, ortalama teğet yönde şişme miktarı, karaçam ve kızılçam için, test grubu örneklerde, sırasıyla, %6,62 - %7,20 ve %7,25 - %7,84 arasında değişirken, kontrol grubu örneklerde ise %6,19 - %8,32 arasında değişmiştir. Ağaç türleri karşılaştırıldığında, teğet yönde, karaçam, Ömer kaynağında %6,62 ile en az ve Gazlıgöl kaynağında %7,20 ile en fazla genişlerken, kızılçam ise Ömer kaynağında %7,25 ile en az ve Gecek kaynağında %7,84 ile en fazla genişlemiştir. Diğer bir ifadeyle, teğet yönde şişme miktarı, karaçam için, Gazlıgöl’de Gecek’ten %6,82 ve Ömer’den %8,76 daha fazla olurken, kızılçam için, Gecek’te Gazlıgöl’den %7,40 ve Ömer’den %8,14 daha yüksek olmuştur. Üç kaynağın ortalaması olarak karşılaştırıldığında, teğet yönde şişme miktarı, karaçamda %6,85 ve kızılçamda %7,46 olarak tespit edilmiştir. Bireysel faktörler ve etkileşimin, teğet yönde şişme üzerindeki etkilerinin önem durumlarına bakıldığında, ağaç türünün etkisi önemli ( $p \leq 0,001$ ), jeotermal kaynak ve etkileşimin etkileri ise önemsiz ( $p > 0,05$ ) çıkmıştır. Faktörler ve etkileşimin, teğet yönde şişme üzerindeki etki düzeylerine bakıldığında, ağaç türü en yüksek düzeyde ( $R^2=0,096$ ), etkileşim orta düzeyde ( $R^2=0,057$ ), jeotermal kaynaklar ise küçük düzeyde ( $R^2=0,009$ ) etki yapmıştır. Jeotermal kaynakların homojenlik grubuna bakıldığında, her üç kaynak da kontrol ile aynı grupta yer almıştır. İki ağacın ortalaması olarak, teğet yönde şişme miktarına bakıldığında, Gecek kaynağı %7,29 ile en yüksek, Ömer kaynağı %6,93 ile en düşük değeri vermiştir. Gazlıgöl kaynağı ise kontrol ile aynı değeri (%7,25) vermiştir. Diğer bir ifadeyle, teğet yönde şişme, Gecek’te, Ömer’den %5,19, Gazlıgöl’den ve kontrolden %0,55 daha fazla olmuştur. Bunlara göre, sonuç olarak, Afyonkarahisar Ömer-Gecek-Gazlıgöl jeotermal sularıyla emprenyede, teğet yönde, kızılçam, karaçamdan %8,91 daha fazla genişlemiştir. Jeotermal kaynak türü, teğet yönde şişme üzerinde, %95 istatistiki güvenle, anlamsız ve küçük düzeyli etki yapmıştır. Dolayısıyla, jeotermal kaynaklar, hem kontrol ile hem de kendi aralarında anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Yani; jeotermal sularla emprenyeli örnekler ile saf suyla muamele edilmiş örnekler, teğet yönde hemen hemen aynı miktarda genişlemiştir. Bu sonuçlar, konuya benzer çalışmalarla (Var, vd., 2013) karşılaştırılmış ve yakın olduğu görülmüştür.

### 3.5. Teğet yönde çekme

Çizelge 5’de, Afyonkarahisar Ömer, Gecek ve Gazlıgöl jeotermal sularıyla emprenyeli karaçam ve kızılçam odunlarında teğet yönde çekme miktarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler, varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. Bu çizelgeye göre, genel olarak, test ve kontrol grubu örneklere bakıldığında, ortalama teğet yönde çekme miktarı, test örneklerinde, %6,66 - %7,44 arasında değişirken, kontrol örneklerinde ise %6,50 - %7,58 arasında değişmiştir. Ağaç türlerine bakıldığında, teğet yönde çekme, karaçamda, Gazlıgöl kaynağında %6,66 ile en az, Gecek kaynağında %7,02 ile en fazla olurken, kızılçamda ise Ömer kaynağında %6,99 ile en az, Gazlıgöl kaynağında %7,44 ile en fazla bulunmuştur. Dolayısıyla, teğet yönde çekme,

karaçam için, Gecek'te Gazlıgöl'den %5,41 ve Ömer'den %4,62 daha fazla olurken, kızılçam için, Gazlıgöl'de Ömer'den %6,44 ve Gecek'ten %1,09 daha bulunmuştur.

Üç kaynağın ortalaması karşılaştırıldığında, teğet yönde çekme miktarı, karaçamda %6,80 ve kızılçamda %7,26 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3. Afyonkarahisar Ömer-Gecek-Gazlıgöl jeotermal sularıyla empenyeli kızılçam ve karaçam odununda jeotermal net kuru madde için tanımlayıcı istatistikler, varyans analizi ve duncan testi sonuçları.

Tanımlayıcı istatistikler			Varyans analizi sonuçları							Duncan testi sonuçları	
Jeotermal kaynak	Ağaç türü	Ort.(%)*	Varyans kaynağı	Kareler top.	Sd	Kareler ort.	F	P <sup>b</sup>	R <sup>2c</sup>	Jeotermal kaynak	Ort.(%) <sup>d</sup>
Kontrol	Çk	0,00	Kontrol mod.	20,990 <sup>a</sup>	7	2,999	26,526	0,000	0,624	Kontrol	0,00 <sup>x</sup>
	Çz	0,00	Sınırlı alan	61,118	1	61,118	540,653	0,000	0,828	Gazlıgöl (GLZ-1)	0,89 <sup>y</sup>
Ömer (AF-23)	Çk	0,89(0,39)	Jeotermal kaynak	20,605	3	6,868	60,757	0,000	0,619	Ömer (AF-23)	0,95 <sup>y</sup>
	Çz	1,02(0,44)	Ağaç türü	0,256	1	0,256	2,262	0,135	0,020	Gecek (R-260)	1,01 <sup>y</sup>
Gecek (R-260)	Çk	0,98(0,41)	Jeotermal kaynak- Ağaç türü	0,129	3	0,043	0,382	0,766	0,010		
	Çz	1,05(0,42)	Hata	12,661	112	0,113					
Gazlıgöl (GLZ-1)	Çk	0,80(0,31)	Toplam	94,770	120						
	Çz	0,97(0,35)	Düzeltilmiş toplam	33,651	119						

\*: Parantezdekiler standart sapmadır. a: R<sup>2</sup>=0,624 (Düzeltilmiş R<sup>2</sup> = 0,600). b (Önem derecesi): p≤0,05 ise önemlidir. c (Etki düzeyi): R<sup>2</sup> = 0,0099 ise küçük etki, 0,0588 ise orta etki ve 0,1379 ise büyük etki. d: Aynı harfle temsil edilen ortalamalar arasında %95 istatistikî güvenle önemli farklılık yoktur.

Çizelge 4. Afyonkarahisar Ömer-Gecek-Gazlıgöl jeotermal sularıyla empenyeli kızılçam ve karaçam odununda teğet yönde şişme için tanımlayıcı istatistikler, varyans analizi ve duncan testi sonuçları.

Tanımlayıcı istatistikler			Varyans analizi sonuçları							Duncan testi sonuçları	
Jeotermal kaynak	Ağaç türü	Ort.(%)*	Varyans kaynağı	Kareler top.	Sd	Kareler ort.	F	P <sup>b</sup>	R <sup>2c</sup>	Jeotermal kaynak	Ort.(%) <sup>d</sup>
Kontrol	Çk	6,19(1,76)	Kontrol mod.	48,656 <sup>a</sup>	7	6,951	2,809	0,010	0,149	Ömer (AF-23)	6,93 <sup>x</sup>
	Çz	8,32(1,64)	Sınırlı alan	6188,30	1	6188,30	2500,44 7	0,000	0,957	Kontrol	7,25 <sup>x</sup>
Ömer (AF-23)	Çk	6,62(1,49)	Jeotermal kaynak	2,458	3	0,819	0,331	0,803	0,009	Gazlıgöl (GLZ-1)	7,25 <sup>x</sup>
	Çz	7,25(1,36)	Ağaç türü	29,363	1	29,363	11,865	0,001	0,096	Gecek (R-260)	7,29 <sup>x</sup>
Gecek (R-260)	Çk	6,74(1,53)	Jeotermal kaynak- Ağaç türü	16,835	3	5,612	2,267	0,085	0,057		
	Çz	7,84(1,69)	Hata	277,186	112	2,475					
Gazlıgöl (GLZ-1)	Çk	7,20(1,37)	Toplam	6514,14	120						
	Çz	7,30(1,69)	Düzeltilmiş toplam	325,842	119						

\*: Parantezdekiler standart sapmadır. a: R<sup>2</sup> = 0,149 (Düzeltilmiş R<sup>2</sup> = 0,096). b (Önem derecesi): p≤0,05 ise önemlidir. c (Etki düzeyi): R<sup>2</sup> = 0,0099 ise küçük etki, 0,0588 ise orta etki ve 0,1379 ise büyük etki. d: Aynı harfle temsil edilen ortalamalar arasında %95 istatistikî güvenle önemli farklılık yoktur.

Çizelge 5. Afyonkarahisar Ömer-Gecek-Gazlıgöl jeotermal sularıyla empenyeli kızılçam ve karaçam odununda teğet yönde çekme için tanımlayıcı istatistikler, varyans analizi ve duncan testi sonuçları.

Tanımlayıcı istatistikler			Varyans analizi sonuçları							Duncan testi sonuçları	
Jeotermal kaynak	Ağaç türü	Ort.(%)*	Varyans kaynağı	Kareler top.	Sd	Kareler ort.	F	P <sup>b</sup>	R <sup>2c</sup>	Jeotermal kaynak	Ort.(%) <sup>d</sup>
Kontrol	Çk	6,50(0,94)	Kontrol mod.	16,359 <sup>a</sup>	7	2,337	1,244	0,285	0,072	Ömer (AF-23)	6,85 <sup>x</sup>
	Çz	7,58(1,49)	Sınırlı alan	5934,867	1	5934,867	3158,376	0,000	0,966	Kontrol	7,04 <sup>x</sup>
Ömer (AF-23)	Çk	6,71(1,59)	Jeotermal kaynak	1,718	3	0,573	0,305	0,822	0,008	Gazlıgöl (GLZ-1)	7,05 <sup>x</sup>
	Çz	6,99(1,20)	Ağaç türü	11,427	1	11,427	6,081	0,015	0,051	Gecek (R-260)	7,19 <sup>x</sup>
Gecek (R-260)	Çk	7,02(1,43)	Jeotermal kaynak- Ağaç türü	3,312	3	1,071	0,570	0,636	0,015		
	Çz	7,36(1,26)	Hata	210,458	112	1,879					
Gazlıgöl (GLZ-1)	Çk	6,66(1,70)	Toplam	6161,684	120						
	Çz	7,44(1,19)	Düzeltilmiş toplam	226,816	119						

\*: Parantezdekiler standart sapmadır. a: R<sup>2</sup> = 0,072 (Düzeltilmiş R<sup>2</sup> = 0,014). b (Önem derecesi): p≤0,05 ise önemlidir. c (Etki düzeyi): R<sup>2</sup> = 0,0099 ise küçük etki, 0,0588 ise orta etki ve 0,1379 ise büyük etki. d: Aynı harfle temsil edilen ortalamalar arasında %95 istatistikî güvenle önemli farklılık yoktur.

Bireysel faktörler ve etkileşimin, teğet yönde çekme üzerindeki etkilerinin önem durumlarına bakıldığında, ağaç türünün etkisi önemli ( $p \leq 0,05$ ), jeotermal kaynak ve etkileşimin etkileri önemsiz ( $p > 0,015$ ) çıkmıştır. Faktörler ve etkileşimin, teğet yönde çekme üzerindeki etki düzeylerine bakıldığında, ağaç türü ( $R^2=0,051$ ) ve etkileşim ( $R^2=0,015$ ) orta düzeyde, jeotermal kaynaklar ise küçük düzeyde ( $R^2=0,008$ ) etki yapmıştır. Jeotermal kaynaklar için, homojenlik grubuna bakıldığında, her üç kaynak da kontrol ile aynı grupta yer almıştır. İki ağacın ortalaması olarak, teğet yönde çekme miktarına bakıldığında, en yüksek değer %7,19 ile Gecek kaynağında, en düşük değer ise %6,85 ile Ömer kaynağında gerçekleşmiştir. Gazlıgöl kaynağı (%7,05) ise kontrol (%7,04) ile yaklaşık aynı değeri vermiştir. Diğer bir ifadeyle, teğet yönde çekme miktarı, Gecek'te, Ömer'den %4,96, Gazlıgöl'den %1,99 ve kontrolden %2,13 daha fazla olmuştur. Bunlara göre, sonuç olarak, Afyonkarahisar Ömer-Gecek-Gazlıgöl jeotermal sularıyla empenyede, teğet yönde, kızılçam, karaçamdan %6,76 daha fazla daralmıştır. Jeotermal kaynak türü, teğet yönde çekme üzerinde, %95 istatistiki güvenle, küçük düzeyde anlamsız bir etki yapmıştır. Dolayısıyla, jeotermal sularla empenyeli örnekler ile saf suyla muamele edilmiş örneklerin teğet yönde çekmeleri arasında anlamlı bir farklılık çıkmamıştır. Bu sonuçlar, benzer çalışmalara rastlanılmadığı için, literatürle karşılaştırılamamıştır.

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- Afyonkarahisar yöresindeki Ömer (AF-23), Gazlıgöl (GLZ-1) ve Gecek (R-260) jeotermal suları, çözünmüş halde, toplam 12 adet empenye maddesi barındırmaktadır. Bu maddelerin bireysel derişimleri, jeotermal kaynağa göre farklılık göstermektedir. Bu maddeler, jeotermal sudaki toplam kimyasalların, yaklaşık %57,14'ünü oluşturmaktadır.
- Ortalama olarak, Gecek jeotermal 4672,00 mg/lit (%0,47), Ömer jeotermal 4547,37 mg/lit (%0,45) ve Gazlıgöl jeotermal 1315,62 mg/lit (%0,13) derişimde empenye maddesi potansiyeline sahiptir. Gecek jeotermal, normal oda koşullarında, basit daldırma tekniğine göre yapılacak empenye işleminde, daha başarılı sonuçlar verebilir.
- Oda sıcaklığında olmak üzere, Afyonkarahisar-Ömer-Gecek-Gazlıgöl jeotermal sularına 24 saat daldırma empenyede, kızılçamda, karaçama göre, jeotermal çözelti absorpsiyonu, net kuru madde, teğet yönde şişme ve çekme miktarları, sırasıyla, %3,23, %13,48, %8,91 ve %6,76 oranında daha fazla bulunmuştur. %95 istatistiki güvenle, jeotermal kaynağa türü, çözelti absorpsiyonu ve net kuru madde miktarı üzerinde anlamlı ve yüksek düzede etkili olurken, teğet yönde şişme ve çekme miktarları üzerinde anlamsız ve küçük düzeyli bir etki yapmıştır.
- Jeotermal çözelti absorpsiyonu ve net kuru madde için, en büyük etkiyi Gecek kaynağı ve en düşük etkiyi Gazlıgöl kaynağı gösterirken, Ömer kaynağı ile Gazlıgöl kaynağı aynı düzeyde etki yapmıştır. Teğet yönde şişme ve çekme için, etki bakımından, jeotermal kaynaklar, hem kontrol ile

hem de kendi aralarında anlamlı bir etkinlik göstermemiştir.

#### Teşekkür

Yazarlar, mali destekleri için SDÜ-BAP Koordinasyon Birimi'ne (Proje no:3365-YL1-12) ve jeotermal teminindeki yardımları için AFJET A.Ş., ÖMER TERMAL ve GECEK TERMAL tesislerine teşekkür etmektedir.

#### Kaynaklar

- Akan, B., 2003. Afyon Ömer-Gecek jeotermal sisteminde reenjeksiyon uygulamalarının rezervuar sıcaklığı üzerine etkilerinin modellenmesi. HÜ., Yerbilimleri, 28: 81-97.
- Akıllı., H., Ersöz, M.C., 2002. The Application and the progress of geothermal energy in Türkiye, <http://www.kgvrs.mine.kyushu-u.ac.jp/GVR%20report/No11/turkiye.pdf>, Erişim: 20.01.2013.
- Arslan, S., Darıcı, M., Karahan, Ç., 2001. Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli, Jeotermal Enerji Semineri, [http://geocen.iyte.edu.tr/teskon/2001/teskon2001\\_02.pdf](http://geocen.iyte.edu.tr/teskon/2001/teskon2001_02.pdf), Erişim: 23.09.2013.
- Akkurt, F., Alicılar, A., Şendil, O., 2002. Sularda bulunan nitratin absorpsiyon yoluyla uzaklaştırılması. Gazi Üniversitesi, Müh.Mim.Fak.Der. 17(4): 83-91.
- Akkuş, İ., Aydoğdu, Ö., 2006. Türkiye'nin jeotermal kaynaklarının potansiyeli ve önemi. Jeoloji Mühendisleri Odası, Jeotermal Enerji ve Yasal Düzenlemeler Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, s. 48-57
- Aydınöz, M., 2005. Afyonkarahisar bölgesinde bulunan kaplıca sularının mevsimsel analizi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar.
- Berkel, A., 1972. Ağaç Malzeme Teknolojisi II. Cilt, Ağaç Malzemenin Korunması ve Empenye Tekniği, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İÜ Yayınları No:1745/183, İstanbul.
- Bozkurt, Y., Göker, Y., Erdin, N., 1993. Empenye Tekniği Ders Kitabı, İÜ OF Yayın No: 3779/425, İstanbul.
- Cemek, M., M. Aydınöz, M. Konuk, 2005. Jeotermal enerji ve Afyon bölgesinin jeotermal enerji potansiyeli, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 1: 39-48
- Çelik, M.Y., Sabah, E., 2002. The geological and technical characterisation of Ömer-Gecek geothermal area and the environmental impact assessment of geothermal heating system in Afyon, Turkey. Environmental Geology, 41: 942-953
- Dağdaş, A., 2004. Jeotermal enerjiden yararlanmada Türkiye'nin dünyadaki konumu ve potansiyeli, Tesistat Mühendisliği Dergisi, Mart-Nisan 2004, 38-49.
- Demirel, Z., 1990. Gazlıgöl G-2 Sondajı Kuyu Bitirme Raporu, MTA Raporu, No: 9016.
- Erişen, B., Akkuş, İ., Uygur, N., Koçak, A., 1996. Türkiye Jeotermal Envanteri. MTA Genel Müd.ğü, Ankara.
- Gemici, Ü., Tarcan, G., 2004. Hydrogeological and hydrogeochemical features of the heybeli spa, Afyon, Turkey: Arsenic and the other contaminants in the



- thermal waters. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 72(6) :1107– 1114.
- Gülay, A., 1972. Afyon, Ömer-Gecek-Afyon Ovası, Gazlıgöl, Çobanlar, Heybeli, Çay Yöreleri Jeotermik Enerji Araştırmaları Rezistivite Etüdü Raporu, MTA Raporu, No: 4852
- Gürü, M., 2005. Jeotermal enerji kaynaklarının değerlendirilmesi. Genç Çevreye Bakış, Mart 2005/ Sayı 7.
- İlgar, R., 2005. Ekolojik bakışla jeotermal kaynaklara düalist yaklaşım, Elektronik Sosyal Bil.Der., 4/13:88-98
- Karademir, E., 2012. Jeotermal akışkanlarla emprenye edilen ahşabın performansı: Uşak Yöresi Örneği, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Mertoğlu, O., 2000. Türkiye’de jeotermal enerji uygulamaları ve gelişimi. Yerel Yönetimlerde Jeotermal Enerji ve Jeoteknik Uygulamalar Sempozyumu, İller Bankası Genel Müdürlüğü, 20-22 Kasım 2000, Ankara.
- Memiş, Ü., 2010. Afyon-Sandıklı Hüdaı jeotermal alanının hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve iz element kirliliğinin incelenmesi. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Mutlu, H., 1996. Afyon jeotermal alanındaki termal suların jeokimyasal değerlendirilmesi; jeotermometre uygulamaları ve akışkan-mineral dengesi. ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Ankara.
- Mutlu, H., 1997. Gazlıgöl (Afyon) Termal ve maden sularının jeokimyasal özellikleri ve jeotermometre uygulamaları, MTA, Jeoloji Mühendisliği, 50: 1-7.
- Mutlu, H., 1998. Chemical geothermometry and fluid–mineral equilibria for the Ömer–Gecek thermal waters, Afton area, Turkey, J Volcanol Geotherm Res, 80: 303–321
- Mutlu, H., Güleç, N., 1998. Hydrogeochemical outline of thermal waters and geothermometry applications in anatolia, Turkey, 85(1-4): 495–515.
- Ötkü, G., Kara, Ü., Önder, İ., 1997. Afyon İlinde Yer Alan Ömer-Gecek-Uyuz Hamamı-Alaplı-Kızık Hamamı ve Gazlıgöl jeotermal enerji sahalarının detay etüdü. MTA Rapor No:10027.
- Özdemir, A., 2009. Türkiye’nin jeotermal enerji potansiyeli, Şehir Sağlığı Dergisi, 15(3): 34-37.
- Richardson, B.A., 1978. Wood Preservation, First edition, The Construction Press, Longman inc.,New York
- Tamgaç, Ö.F., Güner, A., Sarp, S., Yıldırım, N., Durak, S., Küçük, O. ve Koçak, A., 2000. Afyon Ömer-Gecek Jeotermal Sahasının Koruma Alanları, Test ve Potansiyel Değerlendirme Raporu. MTA Rapor No:10388.
- TS 4176, 1984. Odunun Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin Tayini İçin Homojen Mescerelerden Numune Ağacı ve Laboratuvar Numunesi Alınması, TSE, Ankara.
- TS 343,2012. Ahşap Koruma -Terimler ve Tarifler, TSE, Ankara.
- TS 344, 2012. Ahşap koruma-Genel kurallar. TSE, Ankara.
- TS 345,2012. Ahşap Emprenye Maddeleri Etkilerinin Deney Yöntemleri, TSE, Ankara.
- TS 788-2 EN 599-2, 1997. Ahşap ve Ahşap Esaslı Malzemelerin Dayanıklılığı-Ahşap Koruyucu Emprenye Maddelerinin Biyolojik Deneyle Tespit Edilen Performansı-Bölüm 2: Sınıflandırma ve Etiketleme, TSE, Ankara.
- TS 2471,1976. Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler için Rutubet Miktarı Tayini, TSE, Ankara.
- TS 2470,1976. Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Numune Alma Metotları, 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 EN 47, 2011. Ahşap Koruyucular - Ev Teke Böceği (*Hylotrupes bajulus* L.) Larvalarına Karşı Zehirlilik Değerlerinin Tayini (Laboratuvar Metodu), TSE, Ankara.
- Ulutürk, Y., 2009. Ömer-Gecek (Afyonkarahisar) Dolayının Jeolojisi Ve Suların Kökensele Yorumu, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Isparta.
- Türkiye Jeotermal Derneği, 2004. Türkiye Jeotermal Derneği, Jeotermal Enerji, <http://www.jeotermalderneği.org.tr>, Erişim: 08.11.2004
- Var, A.A., 2009. Jeotermal akışkanlarda potansiyel emprenye maddelerinin miktarı ve bunların ahşap emprenye işlemine uygunluğu. SDU Orman Fakültesi Dergisi, A(1): 184-197.
- Var, A.A.; Göncü, D.; Karsantöz, F., 2013. İzmir-Doğanbey jeotermal suları ile emprenye edilmiş kızılçam (*pinus brutia* Ten.) odununda absorpsiyon, retensiyon ve genişlemenin incelenmesi. SDU Orman Fakültesi Dergisi, 14: 127-133.