


## Ordu İli Fatsa İlçesi Jeotermal Enerji Potansiyelinin Isıtma Sistemlerinde Kullanımı

Tuncay Şahin<sup>1</sup> , Mehmet Sami Güler<sup>2</sup> , İlhan Volkan Öner<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> Altınordu Belediye Başkanlığı, Ordu

<sup>2</sup> Ordu Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Ordu

<sup>3</sup> Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Erzurum

Geliş Tarihi / Received Date: 07.04.2023

Kabul Tarihi / Accepted Date: 22.06.2023

### Öz

Türkiye yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal enerji açısından, jeopolitik ve coğrafi konumu itibari ile önemli bir potansiyele sahiptir. Bu çalışmada, Ordu İli Fatsa İlçesi Ilica mahallesinde bulunan, bir Termal Otel için jeotermal kaynaklı ısı pompası ile duşlardan olan sıcak su ihtiyacının karşılanması için tesisat uygulama projeleri çizilerek sistemin tasarımı yapılmıştır. Çalışmamızın öncelikli amacı, düşük sıcaklık ve debiye sahip jeotermal bir kaynak için uygun bir ısı pompası seçilerek kullanım sıcak suyunun temin edilmesidir. Örnek alınan tesis için jeotermal kaynak suyu debisinin düşük olması sebebi ile jeotermal kaynağın doğrudan ısı pompasında kullanılamayacağı tespit edilmiş olup, bu sebeple termal havuzlarda gün içerisinde kullanılan havuz suyunun kullanım saatleri dışında boşaltılıp depolanması sağlanmış ve böylelikle atık su ısısından faydalanılması amaçlanmıştır. Ayrıca, jeotermal tesise ait kullanım sıcak su ihtiyacının, jeotermal kaynaklı atık su ısı pompası vasıtasıyla karşılanabilmesi için bir uygulama projesi hazırlanmış, 2023 yılı güncel ilk yatırım maliyeti, enerji tüketim giderleri ile beraber proje amortisman süreleri diğer enerji kaynakları ile karşılaştırılması yapılarak ekonomik açıdan değerlendirilmesi yapılmıştır. Isı pompasının kalorifer yakıtı fuel-oil kullanımına göre % 59 avantajlı olduğu görülmüştür. İlk yatırım maliyeti açısından bakıldığında ise hesaplama yapılan klasik sistemlere göre yüksek olduğu görülmektedir. Yakıt ve enerji maliyetlerinin her ikisi beraber değerlendirildiğinde amortisman süresinin yaklaşık 4.69 yılda kendisini amorti edeceği, ilk yatırım maliyetinde öne çıkan yüksek fiyatın yakıt maliyeti ile beraber avantajlı duruma geçeceği görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** jeotermal enerji, ısı pompası, ısı geri kazanımı, proje amortisman süresi

## The Use of Geothermal Energy Potential in Heating System in Fatsa, Ordu

### Abstract

Turkey has significant potential in terms of geothermal energy from renewable energy sources, given its geopolitical and geographical position. In this study, design of the system was carried out by drawing installation application projects for a Thermal Hotel located in Ilica neighborhood of Fatsa district in Ordu province, in order to meet the hot water demand from showers using a geothermal heat pump. The primary objective of our study is to provide hot water for domestic use by selecting a suitable heat pump for a geothermal source with low temperature and flow rate. Due to the low flow rate of the geothermal source water in the selected facility, it was determined that the geothermal source cannot be directly used in the heat pump. Therefore, it was ensured that the pool water, which is used during the day in the thermal pools, is drained and stored outside the usage hours, aiming to utilize the waste water heat. In addition, an application project was prepared for meeting the hot water demand of the geothermal facility through a geothermal wastewater heat pump, and the current initial investment cost, energy consumption expenses, and project payback periods were evaluated economically by comparing them with other energy sources. It was observed that the heat pump has a 59% advantage compared to conventional fuel-oil heating in terms of fuel consumption. However, in terms of initial investment cost, it is higher compared to calculations made for conventional systems. When both fuel and energy costs are taken into account, it is estimated that the payback period will be approximately 4.69 years, and the high initial investment cost will become advantageous when combined with fuel costs.

**Keywords:** geothermal energy, heat pump, heat recovery, project amortization period

## Giriş

Jeotermal enerji; yer altındaki birikmiş ısının oluşturduğu, sürekli olarak sıcaklığı 20°C' den fazla olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yer üstü sulara oranla daha çeşitli gazlar, çeşitli tuzlar ile mineraller içeren, ısıtmada, elektrik üretiminde, çeşitli sanayi tesislerinde, soğutma işlemlerinde, enerji hammaddesi olarak kullanılan, sağlık ve turizm amacıyla da yararlanılan, kimyasal madde üretimine elverişli ayrıca basınç altındaki buhar (akışkan) ve sıcak su ile devamlı yüzeye taşınan ısı enerjisi olarak tanımlanır (Öztürk vd., 2010).

Jeotermal enerjinin kronolojisine bakıldığında 20. yüzyılda artan enerji ihtiyacını karşılamak üzere ilk jeotermal elektrik üretimi 1904 yılında denenmiş ve 1911 yılında da İtalya'nın Larderello Bölgesi'nde dünyanın ilk ticari elektrik üretim santrali kurulmuştur. İtalya'daki jeotermal elektrik santrali, 1958 yılına kadar dünyanın tek endüstriyel üreticisi olarak bilinmektedir. Yeni Zelanda'da ki Wairakei İstasyonu, 1958 yılında İtalya'dan sonra en büyük ikinci endüstriyel üretici konumuna gelmiştir. İlk jeotermal elektrik santrali, 1960'lı yıllarda Kaliforniya'da Geysir'lerde kurulmuştur. 1967 yılında iki elemanlı çevrim santrali ilk Rusya'da kurulmuştur. 1981 yılında bu teknoloji Amerika'ya da gelmiştir. Tüm bu gelişmelerden sonra Alaska Chena Hot Springs Bölgesinde, 2006 yılında düşük sıcaklıklı olarak 570°C'de elektrik üretimi sağlanmıştır (Çentez, 2011).

Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA) verilerine göre ülkemizde jeotermal enerji ile ilk ısıtma uygulaması 1964 yılında Balıkesir Gönen (82°C – 83l sn<sup>-1</sup>) Park Oteli'nin ısıtılması ile başlamıştır. 1987 yılı itibari ile Balıkesir-Gönen'de 650 yataklı otelin ısıtılması, 1 400 konutun ısıtılması, 2 000m<sup>2</sup> 'lik seranın ısıtılması jeotermal enerji ile karşılanarak bu yönde önemli bir adım atılmıştır (JEÇGR, 1996). Konut ısıtma alanında Çeşme, Salihli, Sındırgı ve Dikili' de ise yine merkezi ısıtma sistemi için çalışmalar devam etmektedir (Uluşahin, 2009). Ülkemizde jeotermal enerji kullanılarak mevcut kapasite ile yaklaşık 115 000 konutun merkezi sistem ile ısıtılması yapılmaktadır (Akkuş & Alan, 2016). Türkiye'deki jeotermal enerjinin mevcut kullanım alanları ve kapasiteleri, 2022'de hazırlanan Türkiye Jeotermal Strateji Raporu'nda güncel verilerle sunulmaktadır. Bu kapsamda Türkiye'deki kurulmuş olan doğrudan kullanım jeotermal kapasitesi 5113 MWt olarak hesaplanmıştır. Yaklaşık %47,8'i termal turizm uygulamaları, %27,8'i merkezi ısıtma uygulamaları, %24,1'i sera ısıtma uygulamaları ve %0,4'ü ısı pompası, kurutma ve soğutma uygulamalarıdır (Şener, M.F. vd., 2022). Ayrıca Enerji Kentleri Birliği tarafından yapılan bir başka çalışmaya göre de Türkiye'nin şehirler, ticari binalar, tesisler için ısıtma sistemlerinin günümüzde en yaygın doğrudan kullanımın jeotermal enerji ile olduğunu belirtmiştir. Ülkemiz jeotermal enerjinin Merkezi jeotermal ısıtma ve termal tesis alanı ısıtma uygulamalarının doğrudan kullanım toplam kapasitesi 2102 MWt olarak güncellenmiştir (EKB, 2022).

Self vd. (2013), yaptıkları çalışmada jeotermal ısı pompası teknolojisini ve klasik ısıtma sistemlerini maliyet, CO<sub>2</sub> emisyonları ve diğer parametreler açısından karşılaştırmışlardır. Çalışmalarında ısı pompası teknolojisi, toprak bağlantıları, kullanımlarını arttıran uygulamalar ve günümüzde jeotermal ısı pompası sisteminin kullanımı ve son gelişmeleri ele alarak genel sistemi incelemişlerdir. Bu alanda yapılan başka bir çalışmada ise jeotermal kaynaklı ısı pompasının mevcut klasik ısıtma sistemlerine entegrasyonu incelemesinde kurulan deney düzeneğinde ısı pompasının diğer yakıt türleri enerji maliyetleri açısından karşılaştırılması yapılmıştır. Isı pompası ile ısıtmanın maliyeti Soma linyiti ve doğal gaz ile yaklaşık aynı görünmesine rağmen, ısı pompasının işletme giderlerinin de hesaba katılmasıyla daha verimli ve ekonomik olacağına karar verilmiştir (Demiral vd., 2010). Aynı şekilde Kızılcahamam jeotermal merkezi ısıtma sisteminin (JMIS) doğalgazlı klasik merkezi ısıtma sistemiyle (KMIS) karşılaştırılması yapılmış ve JMIS'lerin KMIS'lere göre daha ekonomik olduğu ve tamamen yenilenebilir enerjinin kullanımının daha ekonomik olacağı savunulmuştur (Altaş, 2010). Bursa İnegöl ilçesinde bulunan Oylat Jeotermal sahasında bulunan otellerin ısıtması jeotermal merkezi ısıtma sistemi ile karşılanmaktadır. Yapılan çalışmada jeotermal merkezi ısıtma sistemi ile doğalgazlı ısıtma sisteminin teknik ve mali açıdan karşılaştırılması ve termoeconomik analizi yapılmıştır. Jeotermal enerji kullanılarak ısıtma sistemi kurulum maliyetinin doğalgazlı ısıtma sistemine göre 7 kat daha uygun olduğu ve 1.8 yıl içerisinde kendini amorti edeceği öngörülmüştür (Şahmerdan, 2020).

Karadeniz Bölgesinde jeotermal potansiyele sahip kaynaklardan birisi de Fatsa İlçesi, Ilıca Mahallesi'nde bulunan Sarmaşık Kaplıcasıdır. Bu bölge Fatsa ilçesine yaklaşık olarak 13 km mesafede uzaklıkta olup, Karadeniz bölgesinde sahile en yakın termal otel olma özelliğine sahiptir. Sarmaşık Kaplıcası ile ilgili yapılan ilk çalışma İstanbul Üniversitesi, Tıbbi Ekoloji ve Hidro-Klimatoloji Kürsüsü, Türkiye Maden Suları araştırması ile yapılmıştır. Bu çalışma ile Sarmaşık kaplıcası sıcak su kaynağının sıcaklığının 47.5°C sıcaklıkta, debisinin 1.1 l sn<sup>-1</sup> olarak ve tek bir noktadan çıktığı belirtilmiştir (Yenal vd., 1976). MTA Genel Müdürlüğü tarafından 1986 yılında hazırlanan Sarmaşık Kaplıcası Ilıca-1 Sıcak Su Sondajı Kuyu Bitirme Raporu'nda inceleme alanı içerisinde 598 metrede yapılan sondaj çalışmasında karşılaşılan ölçümlerde su sıcaklığının 23°C ve su debisinin 0.05 l sn<sup>-1</sup> olduğu görülmüştür (Tangaç ve Erzenoğlu, 1986). 1992 yılında hazırlanan Sarmaşık Kaplıcası Ilıca-2 Sıcak Su Sondajı Kuyu Bitirme Raporu'nda 397.4 metrede su sıcaklığının 49.8°C olduğu görülmüştür (Uzel, 1992). 2005 yılında hazırlanan Türkiye Jeotermal Envanteri çalışmasında (Akkuş vd., 2005) Sarmaşık Kaplıca kaynağının su sıcaklığı 48°C, debisi 1.2 l sn<sup>-1</sup> olarak ölçülmüştür. Daha önceden yapılmış olan sondaj çalışmalarında 23-26°C sıcaklık ve 0.1 l sn<sup>-1</sup> debi ölçülmüştür (MTA, 2005). Sarmaşık (Fatsa-Ordu) Kaynağının Rezervuar Sıcaklığının Tayini adlı çalışmada su kaynağının 46.2 - 46.8°C sıcaklığa sahip olduğu ve farklı mevsimlerde ölçülen değerlerinin değişmediği belirtilmiştir. (Gültekin vd., 2015).

Miroslav vd. yapmış olduğu çalışmada Sırbistan Cumhuriyeti'nin kuzey kesimindeki jeotermal potansiyelini inceleyerek bölgesel ısıtma sisteminde jeotermal ısı pompası teknolojisinin kullanılmasının sonuçlarını ortaya koymuşlardır. Yoğun nüfuslu bir şehir bölgesinde yer alan 1274 konutu besleyen altyapı için enerji, ekonomik ve çevresel performans değerlendirilmiştir. Temel enerji, ekonomik ve çevresel performansı ölçülmüştür. Yapılan çalışma ile jeotermal ısı pompası sisteminin temel faydasına, yılda yaklaşık bir milyon metreküp doğal gaz kullanımının önüne geçmesini, enerjinin en az %30 oranında azaltılmasına aynı zamanda 17 EUR/MWh'lik bir enerji tasarrufuna, %38'e varan geri ödeme oranına sahip bu yatırımın kendisini 4,9 yılda geri ödeme süresine ulaşacağı sonucuna varmışlardır (Miroslav vd., 2020).

Jeotermal enerji ile ısıtma sistemleri ve çalışma bölgemizde yapılan araştırmalara bakıldığında sadece bu bölgemizde sıcaklık ve debi değerlerinin belirlenmesi konusunda bilgiler sunulmuştur. Yapmış olduğumuz bu çalışmada Ordu il Fatsa ilçesinin için yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarından biri olan jeotermal kaynağa ilişkin debi ve sıcaklık bilgileri güncellenerek, bölgenin jeotermal enerji potansiyelinin araştırılmıştır. Bu maksatla, bölgede bulunan termal otelin kullanım sıcak su sistemi için bir ısıtma projesi hazırlanarak (Ek-Kullanım suyu ısıtma projesi) alternatif yakıt türleri ve klasik ısıtma sistemleri ile enerji ve yatırım maliyeti giderlerinin karşılaştırılması yapılmış, yakıt ve enerji açısından sağlayacağı avantajlar sunulmuştur. Kullanım suyu ısıtması için jeotermal kaynağın debisi düşük olduğundan projemizde ısı pompası tercih edilmiştir. Bu çalışmamız ile dünyada hızla gelişmekte olan jeotermal ısı pompası teknolojisi hakkında teknik bilgi birikimini arttırmak ve ilgililerin bu temiz enerji kaynağına dikkatini çekerek bu konuda yapılacak olan uygulamaların ve projelerin hayata geçirilmesine öncülük ederek, konu ile ilgili farkındalık oluşturması amaçlanmaktadır. Jeotermal enerjinin tükenmezliği, ekolojik dengeyi koruması, çevreyi kirletmemesi ve en önemlisi yenilenebilir bir enerji kaynağı olması sebebi ile diğer yenilenemeyen enerji kaynaklarına karşı ısıtma sisteminde kullanımının yaygınlaştırılması ve doğru bir politika uygulanarak hem ülke ekonomisini ayakta tutabilmesi hem de doğayı koruması açısından önemli olacağı vurgulanmıştır.

### Materyal ve Yöntem

İnceleme alanımızda bulunan Sarmaşık Kaplıca Termal Otel toplam 5 800 m<sup>2</sup> alana sahip olup, toplamda 2 adet bay ve bayan termal havuzu, sauna, masaj salonu, fitness salonu, kafeterya, restoran, toplantı salonu, 8 adet süit odası ile toplam 80 odalı ve dört yıldızlı olma özelliğine sahiptir. Bu otel için jeotermal su kaynağından çıkan su sıcaklığının (48°C) uygun ve debisinin (1.2 l sn<sup>-1</sup>) düşük olması sebebi ile merkezi ısıtma sisteminde kullanılamayacağı sadece kullanım suyu ısıtma sisteminde kullanılmasının uygun olacağı düşünülmüştür. Bu sebeple otel için sıcak kullanım suyu kapasite hesabı

yapılarak en uygun ve verimli bir biçimde çalışacak kullanım suyu ısıtma sistemi tasarlanmıştır. Kullanım suyu ısıtma sistemi için, ısı pompası, katı yakıt kazanı, fue-oil kazanı ve duvar tipi yoğunlaşmalı kazan kurulum maliyetleri ayrıca bu sistemlerin sırası ile kullandığı elektrik, kömür, fuel-oil ve dökme LPG için enerji giderleri hesaplanarak amortisman süreleri tespit edilmiştir. Amortisman sürelerine göre kullanılacak sistem ve cihaza karar verilerek uygulama projesi (Ek-Kullanım suyu ısıtma projesi) hazırlanmıştır (Şahin, 2019).

### Bina Sıcak Kullanım Suyu Depo Kapasitesinin Belirlenmesi

Otel su ihtiyacının belirlenmesi için kullanılan cihazların 60°C sıcaklıktaki saatlik ani sıcak su ihtiyacı değerleri ( $l h^{-1}$ ) alınmıştır (Makine Mühendisleri Odası, 2018). Kullanılan cihazların 60°C sıcaklıktaki saatlik ani sıcak su ihtiyacı değerleri ( $l h^{-1}$ ) ve cihaz sayıları Tablo 1. de listelenerek;

**Tablo 1.** Otel Sıhhi Tesisat Cihaz Listesi ve Yük değerleri (Şahin, 2019)

Cihaz Adı	Miktar (Adet)	Birim Yük Değeri ( $l h^{-1}$ )	Toplam Yük Değeri ( $l h^{-1}$ )
Özel Lavabo	78	7.5	585
Genel Lavabo	7	30	210
Banyo	78	200	15 600
Evye	3	130	390
Çamaşır Makinesi	2	100	200
Bulaşık Makinesi	2	600	1 200
Duş	7	250	1 750
Toplam Su Hacmi			19 935 $l h^{-1}$

Sıcak Su İhtiyacı : Ani Toplam Su Hacmi x Eş Zaman Faktörü

$$V = 19\ 935 \times 0.25 = 4\ 983\ l\ h^{-1}$$

Gerekli Boyler Hacmi = Sıcak Su İhtiyacı x Depolama Faktörü

$$V_{\text{toplam}} = 4\ 983 \times 0.8 = 3\ 987\ l\ h^{-1}$$

yapılan hesaplamada 3 987  $l h^{-1}$  sıcak su boyleri kapasitesi bulunarak, 2 adet 2 000 litre kapasiteli tek serpantinli boyler tercih edilmiştir. Hesaplanan boyler hacmine göre boyler ısıtıcı serpantin gücü Eşitlik 1' den;

$$Q = m_{ss} \cdot c \cdot (t_c - t_g) \quad (1)$$

$$Q = 4\ 000 \frac{l}{h} \times 1 \frac{cal}{gr^{\circ}C} \times (60 - 15)^{\circ}C \quad (2)$$

$$Q = 180\ 000\ kcal\ h^{-1} \text{ (210 kw) olarak bulunmuştur} \quad (3)$$

Eşitlik 1'de ( $Q$ ) Boyler ısıtıcı serpantin gücü ( $kcal h^{-1}$ ), ( $m_{ss}$ ) Sıcak su ihtiyacı ( $l h^{-1}$ ), ( $c$ ) Suyun Özgül Isısı ( $4,2\ cal\ gr^{\circ}C^{-1}$ ) ( $m_3$ ), ( $t_c$ ) Su çıkış sıcaklığı ( $60\ ^{\circ}C$ ), ( $t_g$ ) Su giriş sıcaklığıdır ( $15\ ^{\circ}C$ ).

### Isı Pompası Kapasitesinin Belirlenmesi

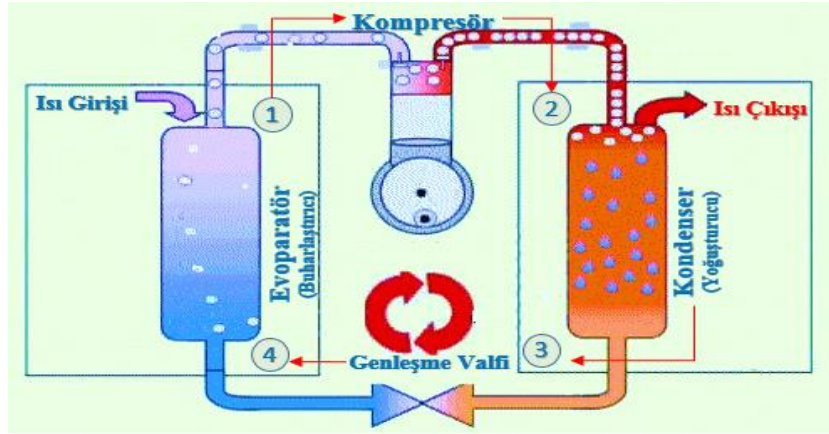
Isı pompası; temel olarak elektrik enerjisi kullanarak bir kaynaktan çıkan ısıyı alıp başka bir alana taşıyan sistemlerdir. Burada enerji alınan kaynak; su, hava, jeotermal enerji, toprak atık gaz, atık ısı olarak gösterilebilir (Anonim, 2019).

Isı pompalarına günlük yaşantımızdan örnek verecek olursak; buzdolabı, klima, derin dondurucular birer ısı pompası olarak gösterilebilir. Klimalar yazın soğutma amaçlı kullanıldıkları için iç ortama soğuk hava vermesi aynı zamanda dış ünitelerin fanından sıcak hava üfleme sebebiyle ısı pompası olarak gösterilebilir. Çünkü ısı pompası enerji aldığı kaynağı soğutma konumunda çalışırken ısıtır, ısıtma konumunda çalışırken soğutur. Bir döngü halinde gerçekleşen bu işlem gazın faz değişimi ile

enerji alma ve bu enerjiyi taşıma olayıdır. Genel anlamda ısıyı üretmek yerine taşımayı amaçlayan sistemlerdir (Anonim, 2019).

Isı pompaları dört ana elemandan oluşmaktadır; buharlaştırıcı (evaporatör), kompresör, yoğuşturucu (kondenser) ve genişleme valfidir. Isı pompaları ve soğutma makinaları bir çalışma prensibine göre çalışmaktadırlar ve dolaşan akışkana soğutucu akışkan adı verilmektedir.

Çalışma sistemine göre soğutucu akışkan kompresöre (1) doymuş buhar olarak girer ve izantropik olarak sıkıştırılır. Daha sonra (2) halinde kızgın buhar olarak yoğuşturucuya girer ve akışkandan çevreye ısı geçişi sonucu yoğuşturucudan (3) halinde doymuş sıvı olarak ayrılır. Akışkan daha sonra bir genişleme valfi ile buharlaştırıcı basıncına kısılır ve böylece soğutucu akışkanın sıcaklığı ısı çekilecek ortam sıcaklığının altına düşer. Soğutucu akışkan sıvı-buhar karışımı olarak buharlaştırıcıya (4) girer ve ortamdan ısı alarak tümüyle buharlaşır ve kompresöre girer ve çevrim Şekil 1’de gösterildiği gibi tamamlanır.



**Şekil 1.** Isı Pompası Çalışma Sistemi

Isı pompaları, ısı kaynaklarına göre su kaynaklı, hava kaynaklı, güneş kaynaklı ve toprak kaynaklı olarak dörde ayrılmaktadır.

Çalışmamızda, düşük debili termal kaynak kullanacağımızdan kullanım suyu ısıtma sistemimizde su kaynaklı ısı pompası kullanımı tercih edilmiştir. Bu sebeple ısı pompası firma katalog değerleri incelenerek cihaz giriş sıcaklıklarının minimum 25°C - 45°C aralığında olduğu tespit edilmiştir. Özellikle düşük sıcaklıktaki atık ısıdan ısı geri kazanımı sağlanmasında ısı pompaları öncelikle tercih edilmektedirler. Jeotermal kaynağımızın sıcaklığı ısı pompası kullanımı için yüksek olduğu, ayrıca debimizin de düşük olması sebebi ile jeotermal kaynağımızın ilk etapta termal havuzlarda kullanılarak, günlük kullanım sonrası havuzlardan çıkan atık suyun depolanıp kullanılmasının daha uygun olacağı görülmektedir. Tarif ettiğimiz şekilde, jeotermal atık suyun enerjisinden faydalandığımız takdirde maksimum çalışma sıcaklıklarına çıkılabileceği, kullanılmış su re-enjekte edilmeden önce atık ısı enerjisinin tekrar geri kazanılarak enerji tasarrufu sağlanmış olacaktır. Yukarıda hesapladığımız boyler hacmine uygun olacak şekilde ısı pompası gücü hesabı yapılır ise;

Buradan otelin (termal otel olduğu için) günlük su ısıtma ihtiyacının 8 saat olduğu düşünülerek Eşitlik 4’te hesaplanmış;

$$Q = 210 \text{ kw} \times \frac{8}{24} \text{ saat} = 210 \times \frac{1}{3} = 70 \text{ kw} \quad (4)$$

gücünde ısı pompası seçilmesinin uygun olacağı görülmüştür.

## Bulgular

Boylar kapasitesi ve ısı pompası gücü tespit edildikten sonra kullanılacak yakıtların enerji giderleri ve diğer klasik sistemlerin ilk yatırım maliyetleri tespit edilerek karşılaştırmalı olarak tüm sistemlerin amortisman süreleri karşılaştırılacaktır.

### Enerji Giderlerinin Tespiti

Hesaplamalarda 70 kW kapasiteli ısı pompası kullanılacağı düşünülerek COP değeri piyasa verilerine göre ortalama 4 alınmıştır. Isı pompası için örnek yakıt maliyeti Tablo 2’de verilen teknik verilere göre hesaplanmıştır. Yakıt tüketimi için Eşitlik 5 kullanılarak (Makine Mühendisleri Odası, 2022) diğer enerji (yakıt) türlerine göre aynı hesaplamalar yapılmış ve enerji giderleri karşılaştırılmıştır.

$$B_y = \frac{Q_{yıl}}{H_u \cdot \eta_k} \quad (5)$$

Eşitlik 5’te, ( $B_y$ ) yıllık yakıt tüketimini, ( $H_u$ ) terimi kullanılan yakıtın alt ısıl değerini, ( $\eta_k$ ) ise kazan verimini göstermektedir. Bu çalışmada yakıt olarak; elektrik, linyit kömürü, fuel-oil (kalorifer yakıtı) ve dökme LPG kullanılmıştır. Tablo 2’de çalışmamızda kullanılan yakıt türlerinin alt ısıl değerleri, yanma verimleri ve yakıt birim fiyatları gösterilmiştir. Eşitlik 5 ve 6 kullanılarak yıllık yakıt maliyetleri hesaplanmıştır.

**Tablo 2.** Bazı Yakıt Türlerinin Alt Isıl Değerleri, Yanma Verimleri ve Yakıt Birim Fiyatları

Yakıt Türü	Yakıt Alt Isıl Değeri	Yanma Verimi (%)	Yakıt Birim Fiyatı (KDV Dahil) TL
Elektrik	1 kw	400 (COP:4)	1.47 kw h <sup>-1</sup> *
Yerli Kömür	4 832 kcal	65	5.60 kg TL <sup>-1</sup>
Kalorifer Yakıtı(Fuel-Oil)	9 200 kcal	82	14.22 kg TL <sup>-1</sup> **
LPG (Saha içi gömme tank-Mix)	11 000 kcal	92	25.18 kg TL <sup>-1</sup> ***

\* 06.04.2023 <https://www.enerjiatlas.com/elektrik-fiyatları/>

\*\* 03.04.2023 <https://bildirim.epdk.gov.tr/bildirim-portal/faces/pages/tarife/petrol/yonetim/bultenSorgula.xhtml>

\*\*\* 03.04.2023 <https://bildirim.epdk.gov.tr/bildirim-portal/faces/pages/tarife/lpg/yonetim/bultenSorgula.xhtml>

Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına göre yıllık yakıt maliyeti Eşitlik 6’dan hesaplanmıştır;

$$M_y = B_y \cdot C_{fyak} \quad (6)$$

Eşitlik 6’da ( $M_y$ ) Yıllık yakıt maliyeti ( $B_y$ ) Yıllık yakıt miktarı ( $m^3$ ) ve ( $C_{fyak}$ ) Yakıt birim fiyatını ( $m^3$  TL<sup>-1</sup>) göstermekte olup, elektrik için kwh, kömür, fuel-oil ve LPG için TL kg<sup>-1</sup> birimleri kullanılmıştır. Isı pompası yıllık toplam yakıt tüketim değerleri hesabı için Tablo 3’te belirtilen teknik veriler kullanılarak;

**Tablo 3.** Isı Pompası Teknik Verileri

Teknik Veriler	Birim Değerler
Isı Pompası Kapasitesi	70 kw (60 200 kcal)
COP Değeri	4
Günlük ısıtma süresi	8 saat
Yıllık ısıtma Süresi	8 x 365=2 920 saat
Isıtma enerjisi	Elektrik
Isı pompası enerji tüketimi (kw h <sup>-1</sup> )	70 kw
Saatlik enerji tüketimi (cop:4 için)	4.50 kw
Yıllık Isı Enerjisi ( $Q_{yıl}$ )	70 x 2 920=204 400 kwh
Birim fiyat	1.47 TL h <sup>-1</sup>

Isı pompası için yıllık enerji maliyeti için;

$$B_y = \frac{204\,400 \text{ kwh}}{4.5 \text{ kw} \times 1}$$

$$B_y = 45\,422 \text{ h}$$

Buradan bulunan değer (6) numaralı eşitlikte yerine yazılır ise;

$$M_y = 45\,422 \text{ h} \times 1.47 \text{ TL h}^{-1} = 66\,770 \text{ TL}$$

Yıllık elektrik tüketim değeri hesaplanmış olur.

Aynı şekilde katı yakıt kazanı, Fuel-oil (sıvı, gaz yakıtlı kazan) ve LPG'li (gömme tank, dökme gazlı) duvar tipi yoğuşmalı kazan kurulumu için ayrı ayrı yıllık toplam yakıt tüketim değerleri hesaplanmış ve Tablo 4' te tüm veriler sunulmuştur. Yıllık toplam yakıt değerleri Şahin vd., (2019) tarafından yapılan tez çalışmasında 2019 yılı verileri hesaplanmış ve bu çalışmamızda veriler güncellenerek 2023 yılı tarife fiyatları referans alınmıştır.

**Tablo 4.** Isı Pompası ve Diğer Yakıt Türleri Yıllık Tüketim Değerleri

Yakıt Türü	Yıllık Toplam Yakıt Tüketim Fiyatı KDV Dahil
Elektrik	66 770.67 TL
Yerli Kömür	156 710.14 TL
Kalorifer Yakıtı (Fuel-oil)	165 671.29 TL
LPG (saha içi gömme tank)	218 687.80 TL

Tablo 4 incelendiğinde ısı pompası kullanımının yakıt maliyetine göre sıralandığında birinci sırada olduğu bunun yanında, yerli kömür kullanımına göre %17, kalorifer yakıtı fuel-oil kullanımına göre %57, LPG kullanımına göre %58 daha tasarruflu olduğu görülmekte yakıt sarfiyatı bakımından ısı pompasının kârlı olduğu düşünülmektedir. Uzun süreçte kar oranını hesaplayabilmek için ilk yatırım maliyet analizinin, işletme giderlerinin, bakım onarım giderlerinin de hesaplara katılması gerekmektedir.

#### Yatırım Maliyetlerinin Tespiti

Çalışma alanımızda bulunan termal otelin jeotermal ısıtma sistemi ile klasik ısıtma sistemleri arasında ekonomik karşılaştırmaları yapabilmek için ikinci olarak sistemlerin ilk yatırım maliyetlerini de hesaplamak gerekir. Sistemin ilk yatırım maliyeti için Şahin vd., (2019) tarafından yapılan tez çalışmasında 2019 yılı maliyet fiyatları hesaplanmış ve Tablo 5.' te veriler güncellenerek 2023 yılı ÇŞB birim poz fiyatları referans alınmıştır.

2023 yılı Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı mekanik tesisat birim fiyatları referans alınarak ısı pompası için örnek olarak ilk yatırım maliyeti verileri Tablo 5'te hazırlanmıştır.

**Tablo 5.** Isı Pompası Yatırım Maliyetleri

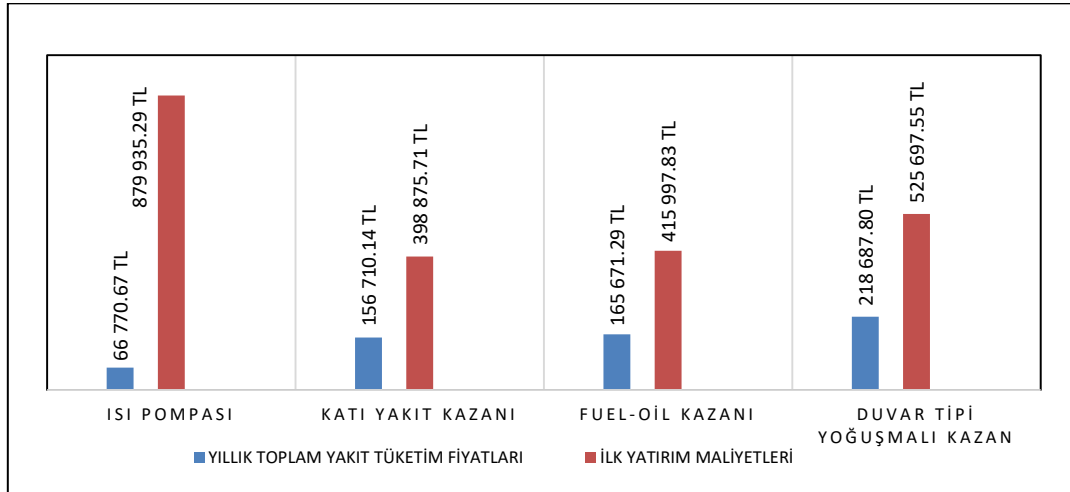
Poz Numarası	Malzeme Adı	Birimi	Miktarı	2023 Birim Poz Fiyatı (TL)	Toplam (TL)
25.175.1412	2000lt Minimum sıcak su debisi 2210 lt h <sup>-1</sup> (40.0 kPa) tek serpantinli dik boyler	Adet	2	37 827.06	75 654.12
25.307.1108	Ön yalıtımlı çelik boru 3" dış çapı Ø 160 mm	Metre	40	610.69	24 427.60
25.350.3009	Değişken devirli ( frekans konvertörlü )Islak Rotorlu sirkülasyon pompası	Adet	2	33 025.00	66 050.00
25.500.2109	(20-28) m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> (5 - 10) mSS Isıtma Kapasitesi 80 Kw, Soğutma Kapasitesi 64 Kw Su / Toprak Kaynaklı Isı pompaları	Adet	1	391 591.99	391 591.99
Diğer	Vanalar, borular, fittings malzeme, boru yalıtımları, manyetik filtre	-	-	-	322 211.58
Özel Pozlar	Montaj, işçilik, elektrik işleri ve otomasyon	-	-	-	100 500.00
				Toplam	879 935.29

Isı pompası için ilk yatırım maliyeti verileri bulunduktan sonra aynı şekilde katı yakıt kazanı (kömürlü), Fuel-oil (sıvı, gaz yakıtlı kazan) ve LPG'li (gömme tank, dökme gazlı) duvar tipi yoğuşmalı kazan kurulumu için ayrı ayrı ilk yatırım maliyetleri hesaplanmış ve Tablo 6' da sunulmuştur.

**Tablo 6.** Isı Pompası ve Diğer Sistemler için Yatırıma Maliyeti Verileri (Şahin, 2019)

Cihaz Türü	İlk Yatırım Maliyeti Verileri (TL)
Isı Pompası	879 935.29
Katı Yakıt Kazanı	398 875.71
Fuel-Oil Kazanı	415 997.83
Duvar Tipi Yoğuşmalı Kazan	525 697.55

Tablo 4 ve Tablo 6' da dört farklı enerji kaynağı için yıllık yakıt giderleri ve her bir sistem için ilk yatırım maliyet verileri Şekil 2'de grafik halinde gösterilmiştir.

**Şekil 2.** İlk Yatırım ve Enerji Tüketim Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Hesaplanan maliyet analizlerine göre kullanılabilir sistemlerin amortisman süreleri de göz önünde bulundurularak ısıtma sistemlerinin verimi, avantaj ve dezavantajları yönünden karşılaştırmasını yapmak daha uygun olacaktır. Tablo 7'de örnek olarak ısı pompası ve fuel-oil kazanı kullanılması durumunda gerekli amortisman süresi hesaplanmıştır (Kılıç ve Adalı, 2021).



**Tablo 7.** Amortisman Süresi için Gerekli Değerler (Isı Pompası-Fuel Oil Kazanı)

Isıtma Sistemi	İlk Yatırım Maliyeti (A)	İlk Yatırım Maliyeti (B)	Yıllık Yakıt Tüketimi (C)	Yıllık Yakıt Tüketimi (D)	Amortisman Süresi
Isı Pompası	879 935.29 TL	-	66 770.67	-	4.69 Yıl
Fuel-Oil Kazanı	-	415 997.83	-	165 671.29	

Örnek Amortisman Süresi Hesabı;

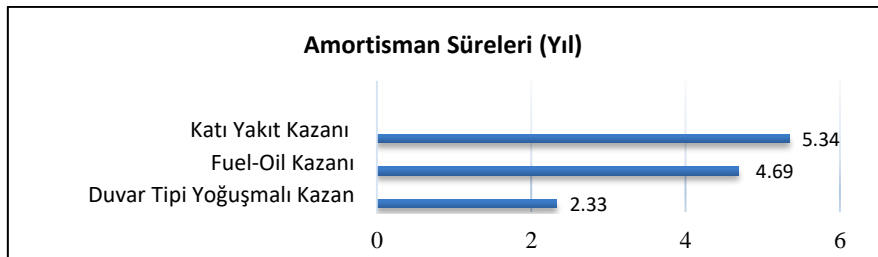
Amortisman Süresi = (A-B) / (D-C) için buradan;

Amortisman Süresi = (879 935.29 – 415 997.83) / (165 671.29 – 66 770.67)

Amortisman Süresi = (463 937.46) / (98 900.62)

Amortisman Süresi = 4.69 Yıl olarak hesaplanmıştır.

Aynı şekilde ısı pompası ile diğer yakıt türlerine de göre amortisman süreleri hesaplanmış ve hesaplanan sürelerle Şekil 3'te amortisman süreleri grafiği gösterilmiştir.

**Şekil 3.** Isı Pompası ve Diğer Yakıt Türleri Amortisman Süreleri Grafiği

Amortisman sürelerine bakıldığında, ısı pompası kullanımının getireceği enerji kârı yaklaşık 4.69 yıl sonra kendini amorti edecek şekilde ortaya çıkmaktadır. İlk yatırım maliyeti açısından en düşük maliyete sahip, katı yakıt kazanı kurulumu olmuştur. Bunun yanında yıllık toplam yakıt tüketim değerlerine bakıldığında ise en yüksek maliyet fuel-oil yakıtı kullanımında gerçekleşmiştir. Katı yakıt kazanı ve fuel-oil kazanlarının kullanımının getireceği dezavantajlara bakıldığında kullanım ömrünün kısa olması, işletme giderlerinin ve arıza oranının yüksek olması ayrıca yakıt depolama alanına ihtiyaç olması sebebi ile ısı pompasının uzun vadede getireceği avantaj yönünden kullanımının son sistem kurulan bir termal otel için işletme yönünden de kârlı olacağı düşünülmektedir.

### Tartışma ve Sonuç

Alternatif enerji kaynaklarından jeotermal enerji; yenilenebilir, kesintisiz, çevre kirliliği oluşturmayan temiz ve düşük maliyetli olması sebebi ile yakın gelecekte ülkelerin önemli enerji kaynağı konumuna gelmesi beklenmektedir. Mevcut alanlarda yapılacak arama ve sondaj çalışmaları ile yeni sahaların keşfedilmesi halinde ülkemiz gelecek yıllarda yaşanabilecek enerji ihtiyacının bir bölümünü yerli kaynaklardan karşılayabilecektir. Yapılan çalışmalarla jeotermal enerjinin doğrudan kullanımında son on yılda hızla artan bir gelişme gözlenmektedir. Jeotermal enerjinin doğrudan kullanım kapasitesi 2009 yılında 820 MW iken 2018 yılı güncel verilerine göre 5 000 MW kapasiteye çıktığı görülmektedir.

Ülkemiz jeotermal enerji kaynaklarının tümüne yakınının düşük entalpili olması, bu kaynakların değerlendirilmesi sürecinde endüstriyel alan ve konut ısıtması için kullanılması gerektiğini ortaya çıkarmaktadır. Yatırımcı ve işletmecilerin, jeotermal kaynakları, konut ısıtması ve endüstriyel alanda kullanmalarına yönelik yatırım yapmaları ülke ekonomisine katkıda bulunarak, petrol için harcanan döviz giderlerimizi büyük oranda azaltacağından önem kazanmaktadır.

Sıcaklığı 30-60 °C' ler arasında değişen jeotermal su, konutların ısıtılmasını kolay ve pratik bir şekilde sağlamaktadır. Daha düşük sıcaklıklara sahip jeotermal kaynaklardan yararlanmanın en verimli yöntemi ise ısı pompası kullanmaktır. Fatsa İlçesi Ilıca jeotermal alanının mevcut debi ve sıcaklığı ile kullanım suyu ısıtma sisteminde kullanılabileceği gösterilmiştir.

Yapılan bu çalışmada; Ordu İli Fatsa İlçesi Ilıca Mahallesi sıcak su bölgesinde bulunan termal otelin kullanım suyu ısıtma sistemi tasarlanarak ısı pompasının kullanımının, diğer yakıtlarla ve ısıtma sistemleri ile yakıt ve yatırım maliyeti analizleri karşılaştırılması yapılmıştır. Şahin vd. (2019) tarafından bulunan sonuçlar karşılaştırılmış ve güncel 2023 fiyatları ile tekrar değerlendirilerek sonuca ulaşılmıştır. 2023 yılı güncel yakıt ve enerji maliyetleri hesaplanarak ısı pompasının kömür kullanımına göre % 57, kalorifer yakıtı fuel-oil kullanımına göre % 59, LPG kullanımına göre % 69 daha avantajlı olduğu görülmüştür. Yatırım maliyeti açısından bakıldığında ise hesaplama yapılan diğer yakıt sistemlerine göre yüksek olduğu görülmektedir. Yakıt ve enerji maliyetlerinin her ikisi beraber değerlendirildiğinde amortisman süresinin yaklaşık 4.69 yılda kendisini amorti edeceği ve uzun süreli kullanımlarda diğer yakıt (fosil yakıtlar, petrol ve türevleri, kömür, vb.) sistemlerine göre kârlı olacağı, ilk yatırım maliyetinde öne çıkan yüksek fiyatın yakıt maliyeti ile beraber avantajlı duruma geçeceği görülmektedir. Isı pompası kullanımı klasik sistemlere kıyasla ısı enerjisi giderini azaltmakta ve bu yönde önemli bir enerji kazancı sağlamaktadır. Ayrıca, ısı pompasının kullanımı ile atık ısının değerlendirilmiş olması, bakım masraflarının az olması, aşınma sorunu olmaması, kullanım ömrünün uzun olması, düşük sıcaklıklarda çalışması durumunda dahi sistem veriminin yüksek olması, en önemlisi de alternatif yakıt türlerine ve bu sistemlere göre çevre kirliliği oluşturmaması gibi avantajlar elde edildiğinden sistemde ısı pompasının tercih edilmesinin doğru olduğu görülmektedir (Şahin, vd., 2019).

Çalışma kapsamında yapılan incelemeler, alanın jeotermal potansiyelinin belirlenmesine yönelik yapılan araştırmalar, kapasite ve potansiyel olarak verilen değerlere bakıldığında; mevcut saha geliştirildiğinde, rezervuar işletme sistemleri değiştirildiğinde (örneğin re-enjeksiyon uygulaması yapılması vb.) yeni sondajlar yapılarak revize edilebilecek ve yükseltilebilecek değerdedir. Mevcut sahamız hakkında yapılan çalışmalara ilave olarak yeni jeolojik, jeofizik ve jeokimya çalışmaları arttıkça ve daha fazla veri üretildikçe daha yüksek debi ve sıcaklıklara ulaşmanın mümkün olacağı düşünülmektedir. Bunun için bölgede jeotermal araştırmaların artarak devam etmesi gerekmektedir. Ordu ili ve ilçelerinde yapılabilecek sondaj çalışmaları ile jeotermal kaynakların farklı uygulamalarda kullanılabileceği bu sayede yöre halkına uzun vadede katkı sağlayacağı kaçınılmazdır. Çalışmalar sonrasında belirlenecek jeotermal kaynaklar sayesinde bölge ekonomisine ve turizmine katkıda bulunabilecek uygulamaların (yol ve konut ısıtma, termal turizm, sera, kurutma, enerji üretimi vb.) yapılabileceği çok açıktır.

### **Destek ve Teşekkür**

Bu çalışma, Doç. Dr. Mehmet Sami Güler danışmanlığında ve Dr. Öğr. Üyesi İlhan Volkan Öner'in ikinci danışmanlığında, Tuncay Şahin tarafından tamamlanan "Ordu İli Fatsa İlçesi Jeotermal Enerji Potansiyelinin Isıtma Sistemlerinde Kullanımı" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir (Tez No. 595712).

### **Yazar Katkısı**

*Tuncay Şahin*, verilerin toplanması, hesaplamaların yapılması, literatürün hazırlanması makalenin yazılması işlemlerini gerçekleştirdi. *Mehmet Sami Güler*, yüksek lisans danışmanlığı, konunun belirlenmesi, literatür araştırması, makalenin düzenlemesi ve kontrolü işlemlerini gerçekleştirdi. *İlhan Volkan Öner*, yüksek lisans ikinci danışmanlığı, literatürün taranması, makalenin düzenlemesi ve kontrolü işlemlerini gerçekleştirdi.

### **Etik**

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

### **Çıkar Çatışması**

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

**ORCID**

Tuncay Şahin  <https://orcid.org/0000-0002-7666-3869>

Mehmet Sami Güler  <https://orcid.org/0000-0003-0414-7707>

İlhan Volkan Öner  <https://orcid.org/0000-0003-3065-0189>

**EKLER**

1. Kullanım Suyu Isıtma Projesi

**Kaynaklar**

- Akkuş, İ. ve Alan, H. (2016). *Türkiye'nin jeotermal kaynakları, projeksiyonlar, sorunlar ve öneriler raporu*. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları. [https://www.jmo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=8581&tipi=58&sube=0](https://www.jmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=8581&tipi=58&sube=0)
- Akkuş, İ., Akıllı, H. ve Ceyhan, S. (2005). *Türkiye jeotermal kaynakları envanteri*. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü.
- Altaş, S. (2010). *Kızılcahamam jeotermal merkezi ısıtma sistemi ile klasik merkezi ısıtma sisteminin karşılaştırılması*. [Yüksek lisans tezi]. Gazi Üniversitesi.
- Anonim, (2019). Isı pompası nedir? Isı pompası nasıl çalışır? <https://www.tesisat.org/isi-pompasi-nedir-isi-pompasi-nasil-calisir.html> adresinden 16 Mart 2021 tarihinde alınmıştır.
- Çentez, M., (2011, 11 Nisan). Yer altından gelen enerji: Jeotermal. <http://www.elektrikport.com:sektor-rehberi/yer-altindangelen-enerjijeotermal/2856#ad-image-0> adresinden 16 Mart 2021 tarihinde alınmıştır.
- Demiral, D., Yenice Y. E. ve Balta, M. T. (2010). Jeotermal kaynaklı ısı pompasının hidronik ısıtma sistemlerine entegrasyonu. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 26 (2), 112-124. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/erciyesfen/issue/25574/269777>
- Enerji Kentleri Birliği, (2022). Türkiye jeotermal kentsel ısıtma verileri. <http://ekb.gov.tr/Icerik-217-JeotermalEnerji> adresinden 16 Mart 2021 tarihinde alınmıştır.
- Gültekin, F., Temizel H.E. ve Ersoy F.A., (2015, Kasım 4-6). Sarmaşık (Fatsa-Ordu) jeotermal sularının hidrojeokimyası [Sözlü sunum]. 3 üncü Jeotermal Kaynaklar Sempozyumu ve Sergisi, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara.
- JEÇGR, (1996). Madencilik özel ihtisas komisyonu endüstriyel hammaddeler alt komisyonu. Jeotermal enerji çalışma grubu raporu (Dpt. 2441, Öik. 497). T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı. [https://www.emo.org.tr/ekler/02a35b1563d0db5\\_ek.pdf?tipi=38&turu=X&sube=0](https://www.emo.org.tr/ekler/02a35b1563d0db5_ek.pdf?tipi=38&turu=X&sube=0)
- Kılıç, M. Y., ve Adalı, S. (2021). Yeşil bir villanın tasarım maliyetinin klasik villa tasarım maliyetiyle karşılaştırılması. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(2), 822-835. <https://doi.org/10.29130/dubited.820515>
- Makine Mühendisleri Odası (2018). *Sihhi Tesisat Proje Hazırlama Esasları* (Yayın No. 260/9).
- Makine Mühendisleri Odası (2022). *Kalorifer Tesisatı Proje Hazırlama Teknik Esasları* (Yayın No. 352).
- Miroslav V. K., Aleksandar S. A., Vaclav H., Vladimir M. M. ve Melissa B. (2020). Shallow geothermal energy integration in district heating system: An example from Serbia. *Renewable Energy*, 147(2), 2791-2800. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.11.103>
- Öztürk, H. H., Yaşar B. ve Eren Ö., (2010, Ocak). Tarımda enerji kullanımı ve yenilenebilir enerji kaynakları [Sözlü sunum]. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, Ankara.

- Self, S. J., Reddy, B. V. ve Rosen, M. A., (2013). Geothermal heat pump systems: Status review and comparison with other heating options. *Applied Energy*, 101, 341-348. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.01.048>
- Şahmerdan, O. (2020). Oylat jeotermal merkezi ısıtma sisteminin eşdeğer doğalgazlı merkezi ısıtma sistemiyle teknik ve mali açıdan karşılaştırılması ve termoekonomik analizi. [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Bursa Uludağ Üniversitesi.
- Şahin, T., Güler, M. S. ve Öner, İ. V. (2019). Ordu ili Fatsa ilçesi jeotermal enerji potansiyelinin ısıtma sistemlerinde kullanımı [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Ordu Üniversitesi.
- Şener, M. F., Baba, A., Uzelli, T., Akkuş, İ. ve Mertoğlu, O., (2022). *Türkiye jeotermal kaynaklar strateji raporu*. Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü. <https://mapeg.gov.tr/Home/Announcement/1424>
- Tangaç, Ö.F. ve Erzenoğlu Z. (1986). *Fatsa (Sarmaşık) kaplıcası Ilıca-1 sıcak su sondajı kuyu bitirme raporu*. MTA Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Uluşahin, A., (2009, Haziran). *Enerji gereksiniminde bazı gerçekler, jeotermal enerji ve yasal durum*. V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu [Sözlü Sunum]. Diyarbakır, Türkiye. [https://www.emo.org.tr/ekler/ca1581359aabfb2\\_ek.pdf](https://www.emo.org.tr/ekler/ca1581359aabfb2_ek.pdf)
- Uzel, Ö. F. (1992). *Ordu-Fatsa-Sarmaşık kaplıcası Ilıca-2 sıcak su sondajı kuyu bitirme raporu*. MTA Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı.
- Yenal, O., Usman, N. ve Kanan, E., (1976). *Türkiye maden suları*. İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Tıbbi Radyoloji ve Hidro-Klimatoloji Kürsüsü Kâğıt Basım İşleri A.Ş.

EK