

# Hava Kaynaklı Isı Pompası SCOP Değerinin Sakarya İklim Şartlarında İncelenmesi

\*<sup>1</sup>Onur Kaya and <sup>2</sup>Yusuf Çay

\*<sup>1,2</sup>Faculty of Technology, Department of Engineering Sakarya University of Applied Sciences, Türkiye

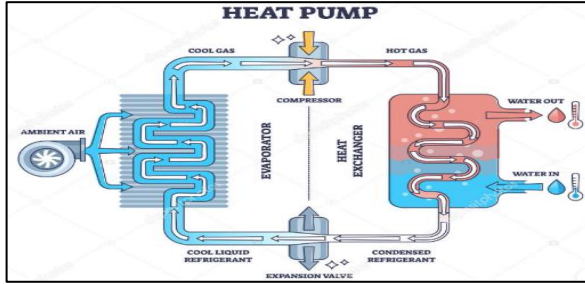
**Özet-** Günümüzde konutlarda enerji verimliliğini artırmak ve fosil yakıt tüketimini azaltmak amacıyla alternatif ısıtma sistemlerine olan ilgi giderek artmaktadır. Bu sistemler arasında, çevrede doğal olarak bulunan ısıyı düşük enerji harcayarak kullanabilen ısı pompaları, sürdürülebilir ve çevre dostu çözümler sunmaktadır. Isı pompaları, dış ortam havası, toprak veya su gibi kaynaklardan elde ettikleri düşük sıcaklıktaki ısıyı, elektrik enerjisi yardımıyla konfor sıcaklığına yükselterek yaşam alanlarının ısıtılmasını sağlarlar. Bu özellikleri sayesinde, özellikle iyi yalıtılmış yapılarda yüksek verim ile çalışmaktadır. Bu çalışma kapsamında, hava kaynaklı bir ısı pompası ile doğalgaz kullanılması durumunda enerji tüketimi, verim, ve CO<sub>2</sub> emisyon değerleri karşılaştırması yapılmıştır. Sakarya ili Adapazarı ilçesi için minimum çevre sıcaklığı T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan veriler ve TS 825 standardı esas alınarak, ilgili konutun ısı kayıp yükleri belirlenmiştir. Performans simülasyonlarının gerçekleştirilmesinde geliştirmiş olan "Heating Solutions Navigator" yazılımı kullanılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, hava kaynaklı ısı pompalarıyla kullanılması, doğalgaz yakıtına devletin vermekte olduğu destekten dolayı günümüz şartlarında daha maliyetli görünmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Isı Pompası, Enerji Verimliliği, Panel Radyatör, Sürdürülebilir Isıtma, Doğalgaz

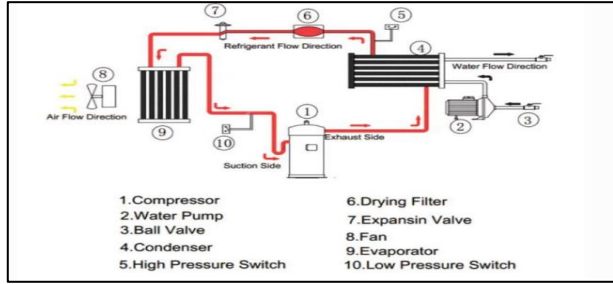
## 1. GİRİŞ

İklim değişikliği, enerji kaynaklarının tükenme riski ve artan enerji maliyetleri, binalarda kullanılan ısıtma sistemlerinin hem çevresel etkileri hem de ekonomik verimliliği açısından yeniden değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır [1]. Bu bağlamda, fosil yakıt tüketimine dayalı geleneksel ısıtma sistemlerinin yerini, daha düşük enerji ile daha yüksek verim sağlayabilen, çevre dostu teknolojiler almaya başlamıştır. Bu teknolojiler arasında ısı pompası sistemleri hem enerji verimliliği hem de karbon salımının azaltılması açısından öne çıkan bir çözüm olarak değerlendirilmektedir [2]. Isı pompası sistemleri, çevrede doğal olarak bulunan düşük sıcaklıktaki enerjiyi (hava, toprak veya su kaynağı) alarak, bu enerjiyi kompresör yardımıyla daha yüksek sıcaklık seviyelerine çıkarır ve bu şekilde konutların ısıtılması sağlanır (Şekil 1,2). Isı pompasının temel prensibi, termodinamiğin ikinci yasasına dayanmakta olup, düşük sıcaklık seviyesindeki bir ısı kaynağından, yüksek sıcaklık gereksinimi olan ortama enerji transferini mümkün kılmaktadır [3]. Bu sistemlerde kullanılan soğutucu akışkanlar, buharlaşma ve yoğunlaşma döngüsü içerisinde faz değiştirerek ısı taşıyıcı görevi görür [4]. Isı pompası sistemlerinin performansı genellikle COP (Coefficient of Performance) değeri ile ifade edilir. COP, cihazın sağladığı ısı enerjisinin, harcadığı elektrik enerjisine oranını gösterir ve bu oran, sistem tasarımı, dış ortam koşulları, iç ortam sıcaklığı ve yalıtım gibi birçok faktörden etkilenir [5]. Isı pompaları, yerden ısıtma ve düşük sıcaklık

radyatörleri gibi sistemlerle entegre çalışabilmektedir. Düşük sıcaklık radyatörleri, standart radyatörlere göre çok daha büyük boyutludur ve ısıyı verimli dağıtabilmek için ince sac



Şekil 1. Isı Pompası Çalışma Prensibi [14]



Şekil 2. Hava Kaynaklı Isı Pompası Çalışma Prensibi

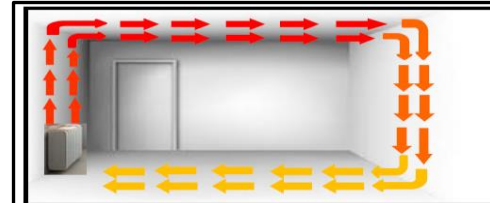
malzemeden üretilir. Isı pompası sistemlerinin performans değerlendirmesinde, kullanılan iç mekân ısı dağıtım sisteminin tipi önemli bir parametre olarak öne çıkmaktadır [6].

### Panel Radyatör Sistemleri [7]:

Panel radyatör sistemleri, kısa sürede yüksek sıcaklıklara ulaşabilme özellikleri sayesinde hızlı ısıtma sağlayan geleneksel bir ısıtma yöntemidir. Bu sistemlerde, sıcak suyun metal yüzeyli radyatörlerin içerisinden geçmesiyle birlikte ısı, konveksiyon yoluyla ortama aktarılır (Şekil 3). Ancak bu yöntemle ısı, radyatör çevresinde yoğunlaştığından dolayı, mekân genelinde homojen bir sıcaklık dağılımı elde etmek güç olabilir (Şekil 4) [8].



Şekil 3. Kesit Alınmış Panel Radyatör



Şekil 4. Isıtılan Odadaki Sıcaklık Dağılımı

Panel radyatörlerin temel avantajlarından biri, hızlı tepki süreleridir; sistem devreye alındıktan kısa bir süre içinde ortamdaki sıcaklık hissedilir düzeyde artar. Ayrıca, bireysel radyatörlerin sıcaklıklarının ayrı ayrı kontrol edilebilmesi, bölgesel ısı konforunun sağlanmasına olanak tanır. Bununla birlikte, bu sistemler genellikle düşük sıcaklık radyatörler için 35°C-55°C aralığında çalıştıkları için enerji tüketimleri yerden ısıtma sistemlerine kıyasla daha yüksektir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, Sakarya ili Adapazarı ilçesinde yer alan, 120 m<sup>2</sup> büyüklüğünde, ısı yalıtımı yapılmış ve 9,596 kW ısıtma yükü gereksinimi bulunan tek katlı bir konutta, düşük sıcaklıklı panel radyatör sistemine sahip ısı pompasının enerji tüketimi ve verimliliği analiz edilmiştir. Bölgeye ait iklim koşulları esas alınarak yapılan ısı yükü hesaplamaları ve enerji tüketim analizleri doğrultusunda, sistemin yıllık enerji ihtiyacı, verimlilik düzeyi ve karbon salımı yönünden performansı

\*Corresponding author: Address: Faculty of Technology, Department of Civil Engineering Sakarya University of Applied Sciences, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: mehmet@subu.edu.tr, Phone: +0264 616 0000-01-02

değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın temel amacı, konut tipi yapılarda tercih edilecek ısıtma sistemlerinin teknik ve ekonomik açıdan daha doğru bir şekilde belirlenmesine katkıda bulunmaktır. Analiz sürecinde bazı varsayımlar temel alınmış olup, bu varsayımlara ilişkin bilgiler Tablo 1’de detaylı şekilde sunulmuştur. Gerekli veriler, Daikin firması tarafından geliştirilen ve hâlihazırda kullanılan “Heating Solutions Navigator” isimli yazılım aracılığıyla değerlendirilmiş; böylece en uygun ısıtma sistemi belirlenmeye çalışılmıştır. Sakarya bölgesine ait dış hava koşulları, kış aylarında kuru termometre sıcaklığı -2,6 °C; yaz aylarında ise kuru termometre sıcaklığı 35 °C ve yağ termometre sıcaklığı 25 °C olarak dikkate alınmıştır [9].

**Tablo 1.** Kabullere ait Bilgiler

| Parametre                         | Değer | Birim |
|-----------------------------------|-------|-------|
| Isı Kaybı                         | 9.596 | W     |
| Yerden Isıtma Sıcaklık            | 35    | °C    |
| Düşük Sıcaklık Radyatör           | 55    | °C    |
| Isıtma Minimum Dış Hava Sıcaklığı | -2,6  | °C    |

Sakarya ili Adapazarı ilçesine ait mevsim koşullarıyla ilgili bilgiler Tablo 2’ de verilmiştir. Düşük sıcaklık panel radyatör çıkış sıcaklığı 55°C olarak kabul edilmiştir. Konut için gerekli ısı yükleri TS 825 standartlarına göre hesaplanmıştır. Bu çalışmada analizler, yazılım tabanlı bir program kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, herhangi bir programa başvurulmadan benzer hesaplamaların yapılabilmesi için, binayı oluşturan yapı bileşenlerine ait detaylı bilgilerin kullanılarak TS 825 standardı çerçevesinde hesaplamaların yapılması gerekmektedir [10]. Her bir yapı bileşeni için oluşan ısı kaybı, Denklem (1)’de verilen formül yardımıyla ayrı ayrı hesaplanabilir.

$$Q = UxAx\Delta T \quad (1)$$

Çalışmada duvar, zemin, pencere ve çatı için ısı kayıpları da benzer şekilde Denklem (1)’ den faydalanılarak hesaplanabilir.

**Tablo 2.** Adapazarı İlçesine Ait Mevsimlik Sıcaklık Değerleri [9]

| Sakarya                          | Ocak  | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Yıllık |
|----------------------------------|-------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|--------|
| Ortalama Sıcaklık (°C)           | 6,2   | 6,9   | 8,7  | 13,0  | 17,4  | 21,5    | 23,5   | 23,5    | 19,9  | 15,6 | 11,7  | 8,3    | 14,7   |
| Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C) | 10,0  | 11,3  | 13,9 | 19,0  | 23,6  | 27,7    | 29,5   | 29,6    | 26,5  | 21,5 | 16,9  | 12,1   | 20,1   |
| Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)  | 3,1   | 3,4   | 4,7  | 8,2   | 12,3  | 16,0    | 18,1   | 18,1    | 14,6  | 11,2 | 7,7   | 5,2    | 10,2   |
| En Yüksek Sıcaklık (°C)          | 26,5  | 28,7  | 31,9 | 35,8  | 38,0  | 40,4    | 44,0   | 41,8    | 40,7  | 38,6 | 30,2  | 28,5   | 44,0   |
| En Düşük Sıcaklık (°C)           | -14,5 | -13,5 | -7,3 | -2,4  | 2,0   | 6,1     | 8,7    | 7,8     | 5,4   | -0,2 | -6,6  | -9,1   | -14,5  |

"Yukarıdaki formüllerde 'U' ile gösterilen büyüklük, Isıl Geçirgenlik Katsayısı (Thermal Transmittance) olarak adlandırılır. Bu katsayı, yapı bileşenlerinin ısı geçirgenlik dirençleri (R) ile iç ve dış yüzey direnç değerlerinin (R<sub>i</sub> ve R<sub>e</sub>) toplamının tersi alınarak Denklem (2)'deki gibi hesaplanır.

$$U = \frac{1}{R_1 + R_2 + R_e} \quad (2)$$

Bu ifadenin tersi Toplam Isıl Geçirgenlik Direnci ( $1/U$ ) olarak ifade edilir. Bu ifade aşağıdaki Denklem (3)' deki gibidir.

$$\frac{1}{U} = R_i + R_2 + R_e = \frac{1}{\alpha} + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_d} \quad (3)$$

Gerekli panel radyatör nominal kapasite hesaplamalarında TS EN 442 standardı kullanılmaktadır. İçerdikleri su miktarlarına göre ısı hesaplamaları aşağıda verilen denklem (4) ile yapılabilir [[11]].

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (4)$$

## 2.1. Tek Katlı Evde İncelenen Isıtma Sistemi

Tek katlı bir konutun ısıtma ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılan ısı pompasının Tablo 3'te teknik özellikleriyle verilmiştir. Söz konusu ısı pompası, düşük sıcaklıkta çalışan radyatör sistemleri ile uyumlu olarak çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır. İncelenen ısıtma sistemine ait mekanik tesisat şeması Şekil 5' de verilmiştir. Bu şema, sistemde yer alan bileşenlerin konumlarını, akış yönlerini ve ısı enerjisinin devre içerisindeki iletim sürecini görsel olarak ifade etmektedir.

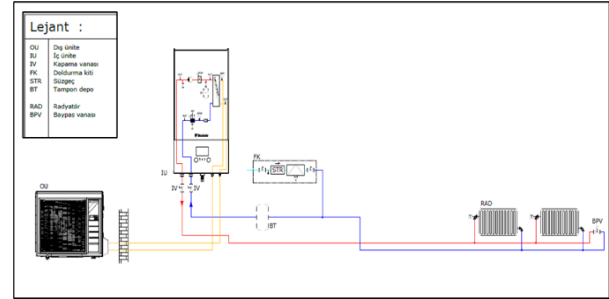
## 2.2. Isı Pompası ile Düşük Sıcaklık Radyatörlü Isıtma Sistemi

Tek katlı konutun ısıtma ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılan ısı pompasının mevsimsel performans katsayısı (SCOP) 3,4 olarak belirlenmiştir. Dış ortam sıcaklığının en düşük düzeye indiği  $-2,6^\circ\text{C}$  koşullarında, ısı pompasının sağladığı ısıtma kapasitesi  $7,1\text{ kW}$  olarak hesaplanmıştır. Aynı sıcaklık koşullarında, yapının ihtiyaç duyduğu ısıtma yükü ise  $9,6\text{ kW}$  olarak tespit edilmiştir. Bu durumda ortaya çıkan güç yetersizliği, sisteme entegre edilen yardımcı (yedek) ısıtıcı aracılığıyla giderilmektedir. Şekil 6'da sunulan grafik, ısı pompasının sağladığı ısıtma kapasitesi eğrisi ile yapının ihtiyaç duyduğu ısıtma kapasitesi eğrisinin karşılaştırmasını göstermektedir. Grafik incelendiğinde, dış ortam sıcaklığının  $-2,6^\circ\text{C}$  ile sistemin denge noktası olan  $2,2^\circ\text{C}$  arasında seyrettiği koşullarda, ısı pompasının tek başına yeterli ısıtma gücü sağlayamadığı görülmektedir. Bu kapasite eksikliğini telafi edebilmek amacıyla, sisteme  $6\text{ kWh}$  kapasiteli yardımcı bir ısıtıcı entegre edilmiştir. Böylece toplam sistemin kapasite eğrisi, bu sıcaklık aralığında da yeterli ısıtmayı sağlayacak şekilde optimize edilmiştir. Denge noktası olan  $2,2^\circ\text{C}$ 'de, konutun anlık ısı ihtiyacı yaklaşık olarak  $7\text{ kW}$  düzeyindedir. Sistemin çevresel etkileri açısından da önemli avantajlar sunduğu gözlemlenmiştir. Şekil 7'te yer alan karşılaştırmalı değerlere göre, aynı yapının ısıtılmasında geleneksel sistemler (doğalgaz, LPG veya sıvı yakıtlı kazanlar) kullanıldığında ortaya çıkan yıllık karbondioksit emisyonlarıyla karşılaştırıldığında; ısı pompası temelli sistemlerin çevresel etkisinin çok daha düşük olduğu belirlenmiştir. Yıl bazında

aylık olarak ısıtma termal grafiğinde görüleceği üzere Ocak ve Şubat aylarında yardımcı sistem devreye girmektedir (Şekil 8).

Tablo 3. Isı Pompasının Genel Özellikleri (Daikin, 2025)

| Verimlilik Değerleri           |                                |       |                                        |      |
|--------------------------------|--------------------------------|-------|----------------------------------------|------|
| Isıtma Kapasitesi Nominal (kW) |                                |       |                                        | 16   |
| Güç Girişi Isıtma Nominal (kW) |                                |       |                                        | 4,56 |
| COP                            |                                |       |                                        | 3,51 |
| Alan Isıtma                    | Ilıman İklimde su çıkışı 55 °C | Genel | SCOP                                   | 3,32 |
|                                |                                |       | Sezonsal alan ısıtma verimlilik sınıfı | A++  |
|                                | Ilıman İklimde su çıkışı 35 °C | Genel | SCOP                                   | 4,61 |
|                                |                                |       | Sezonsal alan ısıtma verimlilik sınıfı | A+++ |

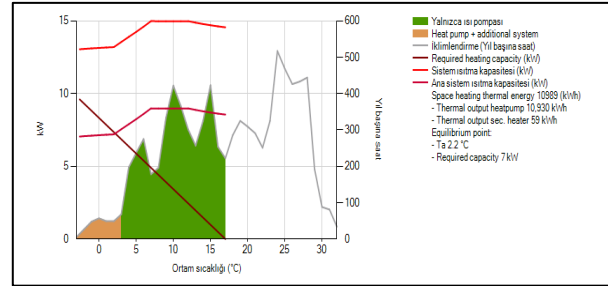


Şekil 5. Isı Pompası ile Düşük Sıcaklık Radyatörlü Tesisat Şeması

Yıllık bazda; doğalgazlı kazan sistemine kıyasla 1.548 kg, LPG kazan sistemine kıyasla 1.627 kg ve sıvı yakıtlı kazan sistemine kıyasla yine 1.627 kg daha az CO<sub>2</sub> emisyonuna sebep olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, düşük sıcaklıklı radyatörlerle çalışan ısı pompası sistemlerinin yalnızca enerji verimliliği açısından değil, çevresel sürdürülebilirlik bakımından da önemli bir üstünlük sunduğunu ortaya koymaktadır.

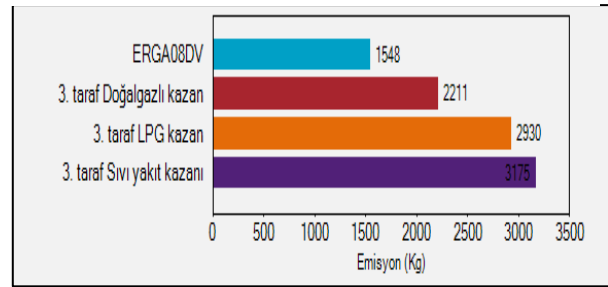
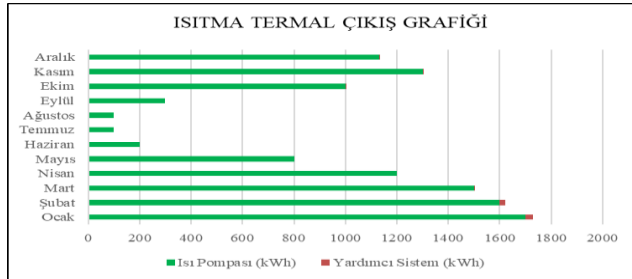
Tablo 4. Isı Pompalı Düşük Sıcaklık Radyatörlü Isıtma Sisteminin Sonuçları

|                                                 |                           |
|-------------------------------------------------|---------------------------|
| İhtiyaç Olan Isıtma Kapasitesi (kW)             | Min. Çevre (-2,6 °C): 9,6 |
| Sıcaklık Aralığı Isıtma (Çıkış Suyu için) (°C)  | 35-50                     |
| Isı Pompasıyla Kapsanan (%)                     | 99,5                      |
| Yedek Isıtıcı Tarafından Kapsanan (%)           | 0,5                       |
| Isıtma Kapasitesi (Isıtma Kapasitesi için) (kW) | Min. Çevre (-2,6 °C): 7,1 |
| Enerji Tüketimi Isıtma (kWh)                    | 3.199,00                  |
| Mahal Isıtma Termal Enerjisi (Yıllık) (kWh)     | 10.989,00                 |
| Isı Pompası Sezonluk Verimi                     | 3,4                       |



Şekil 6. Sistem için ısıtma ve soğutma kapasitesi

Şekil 8. Kaynak Başına Isıtma Termal Çıkışı



Şekil 7. Farklı Isıtma Sistemlerinin Kullanılması Durumunda Yıllık CO2 Emisyonu

Bu avantajın temel nedeni, sistemin birincil enerji kaynağı olarak elektrik kullanması ve bu elektriğin en azından kısmen yenilenebilir kaynaklardan temin edilebilme potansiyelidir. Öte

\*Corresponding author: Address: Faculty of Technology, Department of Civil Engineering Sakarya University of Applied Sciences, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: mehmet@subu.edu.tr, Phone: +0264 616 0000-01-02

yandan, geleneksel kazan sistemlerinde genellikle fosil yakıtlar tercih edilmekte ve bu durum, daha yüksek seviyede karbon salımına neden olmaktadır [12].

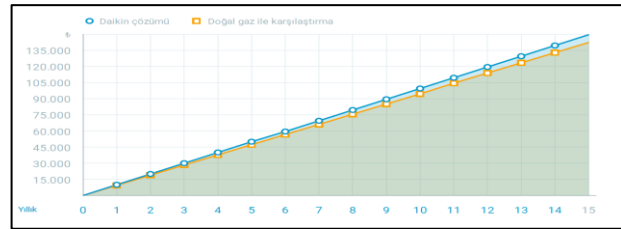
### 3. SONUÇLAR

Bu çalışma ile, Sakarya ili Adapazarı ilçesinde yer alan tek katlı ve yalıtımlı bir konutun ısı pompası kullanılarak ısıtılması incelenmiştir. Emitör sistemi olarak panel radyatör uygulaması çalışılmıştır. Tablo 6’da bu sistemden elde edilen verilerin analizi sunulmuştur. Yapılan değerlendirmelerde dış ortam sıcaklığının  $-2,6^{\circ}\text{C}$ ’ye düştüğü durumlarda ısıtma kapasitesinin karşılanabilmesi için en yüksek enerji tüketiminin gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu koşullarda ısı pompasına ek olarak, sisteme entegre edilen yedek ısıtıcı da devreye girmektedir.

Düşük sıcaklık panel radyatörlü sistemde yıllık toplam elektrik tüketimi 3.183 kWh düzeyinde gerçekleşmiş ve bu miktarın 6 kWh’si yedek ısıtıcıya aittir. Nitekim sistem verimliliğindeki bu gelişme, yıllık enerji tüketiminde 1.051 kWh’lik bir azalmaya ve buna bağlı olarak yıllık  $\text{CO}_2$  salımında 512 kg’lık bir düşüşe yol açmaktadır. Doğalgaz sistemleriyle yapılan ısıtma ile karşılaştırma yapıldığında ise devlet sübvansiyonlarından dolayı mevcut ısıtma sistemleri daha avantajlı görünmektedir (Şekil 9)

Tablo 6. Isı Pompalı Düşük Sıcaklık Radyatörlü Isıtma

| Isıtma Yöntemi | Çıkış Suyu Sıcaklık Aralığı | SCOP | Isı Pompasının Kapasitesi ( $-2,6^{\circ}\text{C}$ ) (kW) | Yıllık Enerji Tüketimi (kWh) | Yıllık Isı Pompası Enerji Tüketimi (kWh) | Yıllık Ek Isıtıcı Enerji Tüketimi (kWh) | Denge Noktası ( $^{\circ}\text{C}$ ) | Isıtma $\text{CO}_2$ Emisyonu (kg) |
|----------------|-----------------------------|------|-----------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| Panel Radyatör | 35-50                       | 3,4  | 7,1                                                       | 3.199                        | 3.183                                    | 6                                       | 2,2                                  | 1.548                              |



Şekil 9. Doğalgaz ile düşük sıcaklık radyatörün 15 yıllık zamandaki maliyet karşılaştırılması

### 4. TARTIŞMA

Burada elde edilen veriler, düşük sıcaklıkta çalışan radyatörlerin ısı pompası ile birlikte kullanılması durumunda, doğalgaza kıyasla daha yüksek maliyetli bir sistem ortaya çıkabilmektedir. Bu bağlamda, suyun güneş enerjisi ile ön ısıtılmasını sağlayarak ısı pompasının üzerindeki yükü azaltabilecek sistemlerin tasarımı ve uygulanabilirliği, gelecekteki araştırmalar için potansiyel bir inceleme alanı oluşturmaktadır.

#### Semboller

|            |                                                            |
|------------|------------------------------------------------------------|
| $\Delta T$ | Çalışma bölgesindeki sıcaklık farkı ( $^{\circ}\text{C}$ ) |
| $C_p$      | Özgül ısı ( $\text{J/kg}^{\circ}\text{C}$ )                |
| $k$        | Isı iletim katsayısı ( $\text{W/m}^{\circ}\text{C}$ )      |
| $\dot{m}$  | Debi ( $\text{kg/s}$ )                                     |
| $\dot{Q}$  | Isı ( $\text{W}$ )                                         |
| $U$        | Isıl Geçirgenlik Katsayısı ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )      |
| $R$        | Isıl Geçirgenlik Direnci ( $\text{m}^2\text{K/W}$ )        |

\*Corresponding author: Address: Faculty of Technology, Department of Civil Engineering Sakarya University of Applied Sciences, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: mehmet@subu.edu.tr, Phone: +0264 616 0000-01-02

## KAYNAKÇA

- [1] C. Doğan, “Isı Pompası Farkındalık ve Karşılaştırma,” Jul. 2023.
- [2] C. Treichel and C. A. Cruickshank, “Economic analysis of heat pump water heaters coupled with air-based solar thermal collectors in Canada and the United States,” *Journal of Building Engineering*, vol. 35, Mar. 2021,
- [3] Milli Eğitim Bakanlığı, “Isı pompası çalışma prensibi, nasıl çalışır ? Hava kaynaklı ısı pompası nasıl çalışır , su kaynaklı ısı pompası nasıl çalışır.” Accessed: Apr. 13, 2025.
- [4] D. Materyali, *ISI POMPALARI*.
- [5] A. Ç. K. Kemal Çomaklı, “Farklı Kaynaklı Isı Pompası Ekonomik Analizi,” Aug. 2015.
- [6] X. Kong, P. Zhang, X. Xu, X. Yan, and Z. Yue, “EXPERIMENTAL STUDY ON R290 DIRECT-EXPANSION SOLAR-ASSISTED HEAT PUMP HEATING SYSTEM,” *Taiyangneng Xuebao/Acta Energiæ Solaris Sinica*, vol. 44, no. 6, pp. 323–329, Jun. 2023,
- [7] M. M. Bölümü, M. Fakültesi, and A. Üniversitesi, “Farklı Bağlantı Şekillerinin Panel Radyatörlerin Verimleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi Gökhan ÖMEROĞLU \*,” 2019.
- [8] A. Vadiée, A. Dodoo, and E. Jalilzadehazhari, “Heat supply comparison in a single-family house with radiator and floor heating systems,” *Buildings*, vol. 10, no. 1, Jan. 2020
- [9] “Meteoroloji Genel Müdürlüğü.” Accessed: Apr. 10, 2025. [Online]. Available: <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=SAKARYA>
- [10] B. R. ÖZÇELİK, A. Ç. GÜREL, and Ö. AKDEMİR, “DENİZLİ’DEKİ VİLLANIN ISI POMPASIYLA ISITILMASININ İNCELENMESİ,” *Teknik Bilimler Dergisi*, Feb. 2023,
- [11] Erol and Naciye, “Comparison of Radiator and Under Floor Heating Systems in North Cyprus,” 2013, Accessed: Apr. 10, 2025.
- [12] M. J. Huang and N. J. Hewitt, “Performance investigation of an air source heat pump for residential heat supply through PCM underfloor heating International Solar Energy Society, 2020, pp. 1838–1846. doi: 10.18086/swc.2019.39.01.
- [13] F. Jiao, G. Li, C. Zhang, and J. Liu, “Study on the Coupling of Air-Source Heat Pumps (ASHPs) and Passive Heating in Cold Regions,” *Buildings*, vol. 14, no. 8, Aug. 2024
- [14] T. Ural, A. Keçebaş, and O. V. Güler, “Thermodynamic performance evaluation of a heat pump system with textile based solar air heater for heating process,” Jun. 2021