



**ODUNPAZARI
BELEDİYESİ HAHYVAN
SAĞLIĞI MERKEZİ YER
KAYNAKLI ISI POMPASI
DEĞERLENDİRME
RAPORU**

Yavuz ŞAHİN

Yük. Maden Mühendisi

Gempa A.Ş.

ESKİŞEHİR 2022

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	3
2. YER KAYNAKLI ISI POMPASININ(YKIP) ÇALIŞMA PRENSİBİ.....	3
3. İLK KEŞİF VE YAPILACAKLARIN BELİRLENMESİ.....	4
4. SONDAJ EŞANJÖRLERİNİN YERLEŞTİRİLMESİ	6
5. YKIP TEKNİK ÖZELLİKLERİ VE KURULUM	9
6. SONUÇ	10
7. KAYNAKÇA.....	12

GÖRSELLER DİZİNİ

Görsel 1 YKIP ile ısıtılacak zeminden ısıtma boruları (26-10-2020)	5
Görsel 2 YKIP ile ısıtma yapılacak diğer bina (26-10-2020).....	6
Görsel 3 Köpek barınma binası (26-10-2020).....	6
Görsel 4 Delgi işlemi (22-12-2020)	7
Görsel 5 Sondaj Eşanjörü (SE)	7
Görsel 6 Sondaj Eşanjörleri giriş-çıkış ağzları.....	8
Görsel 7 Sondaj Eşanjörleri üst bağlantı (05-02-2021).....	8
Görsel 8 Tesisat şeması	9
Görsel 9 YKIP kazan dairesi (20-10-2021).....	10
Görsel 10 Genel görünüm	10

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1 Carnot çevrimi basınç, hacim ve sıcaklık grafiği	3
Şekil 2 YKIP çalışması ve iç akış şeması.....	4

TABLO DİZİNİ

Tablo 1 YKIP teknik özellikleri	9
Tablo 2 YKIP çalışması süresince üretilen ısı.....	11

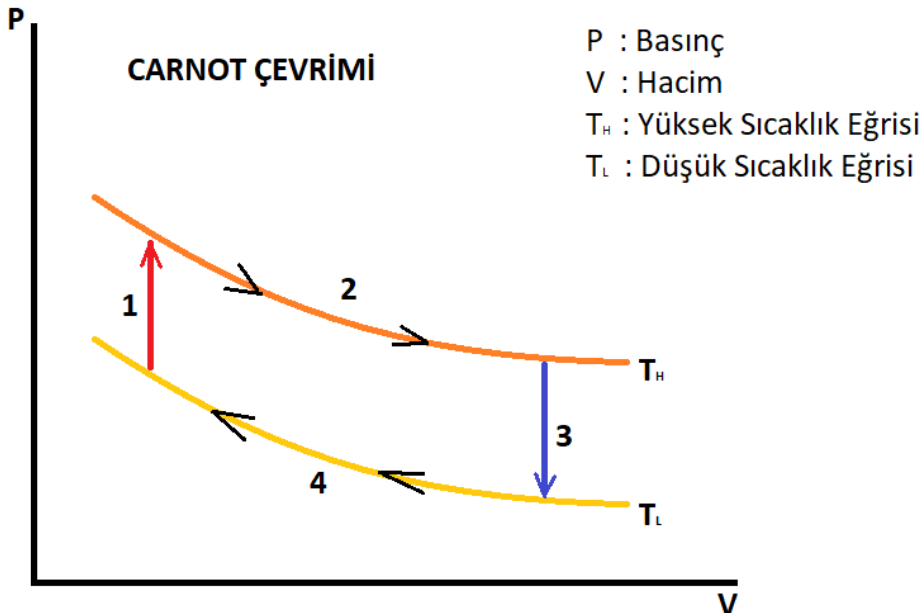
1. GİRİŞ

2020 yılı Ekim ayı içerisinde Odunpazarı belediye başkanı Sn. Av. Kazım KURT beyefendi ile yapılan görüşmede şirketimiz tanıtılmış ve Yer Kaynaklı Isı Pompası (YKIP) ile ilgili çalışmalarımızdan bahsedilmiştir. Gempa Mühendislik San. Tic. A.Ş. olarak YKIP'nın ülkemizde ve şehrimizde daha iyi anlaşılması için belediye bünyesinde bir hibe gerçekleştirme isteğimiz olduğunu bu görüşmede Sn. Kazım Kurt'a ilettik. Sn. Kazım Kurt tarafından talebimiz olumlu karşılanmış ve uygulamanın Alpu yolundaki Odunpazarı Belediyesi Hayvan Sağlığı Merkezinde (Barnak) yapılması tavsiye edilmiştir. Bu doğrultuda barnakta YKIP uygulaması tamamlanmış ve 23-10-2021 tarihinde devreye alınmıştır.

YKIP'nın 23-Ekim-2021 ile 18-Şubat-2022 arasındaki çalışması süreç boyunca takip edilmiş ve çalışma sonuçları bu raporda bildirilmiştir. Rapor içerisinde, Uygulama aşamaları, üretilen ve tüketilen enerji miktarları paylaşılmıştır. Sistemin fayda maliyetleri ve çevresel faydaları da raporda sunulmuştur.

2. YER KAYNAKLI ISI POMPASININ(YKIP) ÇALIŞMA PRENSİBİ

Konunun daha iyi anlaşılabilmesi için öncelikle ısı pompalarının çalışma prensibinden kısaca bahsetmekte fayda olacaktır. Bir ortamı ısıtmak için daha sıcak bir kütleden o ortama ısı çekmek gerekmektedir. Bir ortamı soğutmak için ise ortamdaki daha soğuk bir kütleyle ısı vermek gerekmektedir. Isı pompaları bu ısı aktarımını her iki yönde de yaparak konforlu ve ekonomik bir iklimlendirme sağlayabilmektedir. Isı pompalarının çalışma prensibi Carnot Çevrimine [1] dayanmaktadır. Fransız bilim insanı Sadi Carnot tarafından 1824 yılında ortaya atılan bu termodinamik çevrim; enerjinin sabit kaldığı, dışarıya kaçmadığı, en yüksek verimde çalışan ve kendini sürekli tekrarlayan kapalı bir çevrimdir (Şekil1).

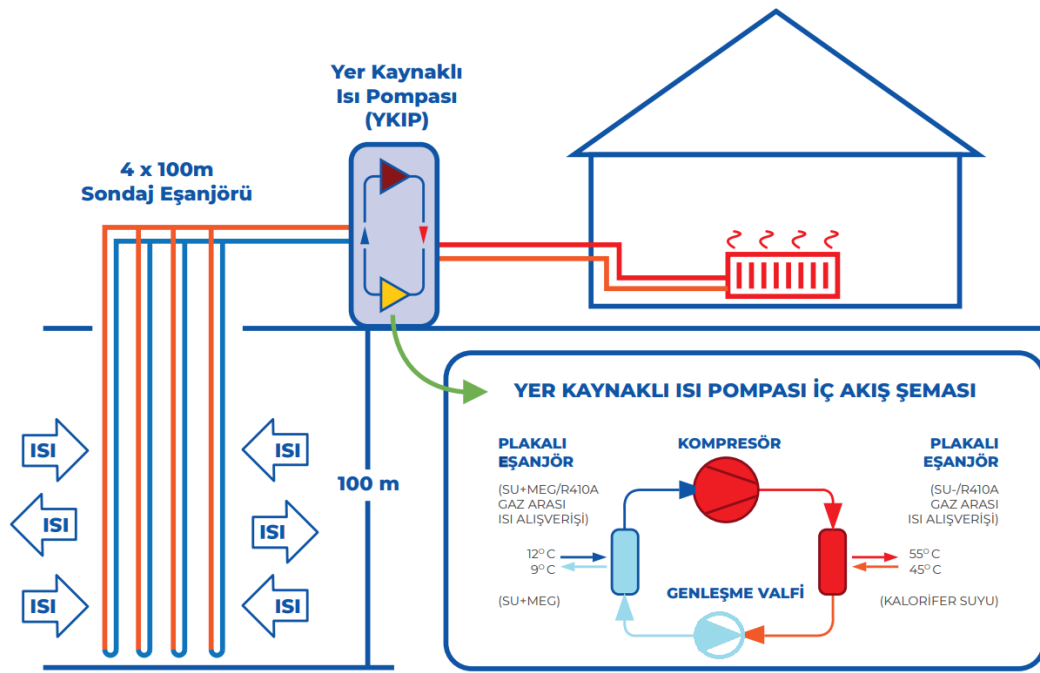


Şekil 1 Carnot çevrimi basınç, hacim ve sıcaklık grafiği

Kaynak kütle olarak havayı kullanan klimalar aslında birer Hava kaynaklı ısı pompasıdır [2]. YKIP ise adından da anlaşılacağı üzere kaynak kütle olarak yeraltını kullanır. Hava kaynağına kıyasla yerin altında mevsimsel sıcaklık değişimlerinden etkilenmeden ısı transferi yapabilmek

YKIP'nın yüksek verimde çalışmasını sağlamaktadır. Isı pompalarının verimliliği COP (Coefficient of Performance) [3] değeri ile ölçülmektedir. COP değeri; cihazın, sağladığı ısının tükettiği enerjiye oranıdır. Hava kaynaklı ısı pompalarında bu değer dış hava sıcaklığına bağlı olarak 1-4 arasında değişmektedir. Yer Kaynaklı Isı Pompalarında ise, mevsim sıcaklıklarına göre daha sabit kalan yeraltı sıcaklığı sayesinde COP değeri 3,5-7 arasında kalabilmektedir [4].

YKIP iç akış şeması (Şekil 2) ve carnot çevrimini (Şekil 1) birlikte düşünürsek, soğutucu akışkan gaz çevrimi ile bir ortam için ısıtma yapıldığı varsayılırsa; 1 numaralı kısımda kompresör ile basıncı arttırılan gaz bir miktar sıvılaşıyor 2 numaralı kısma ilerler. Sıvı+gaz halindeki akışkan 2 numaralı kısımda ortama ısı verdikten sonra sıcaklığı ve basıncı düşürerek 3



Şekil 2 YKIP çalışması ve iç akış şeması

numaralı kısma geçer. 3 numaralı kısımda genişleme valfi ile hızla basınç kaybeden akışkan tekrar tamamen gaz haline geçerek 4 numaralı kısma geçer. Hızla genişlediği için sıcaklığı çok fazla düşen Soğutucu akışkan gazın tekrar 1 numaralı kısma geçebilmesi için ısı alması gerekmektedir. Gaz, bu ıyı SE marifeti ile yeraltından çeker ve aynı döngüye tekrar başlar. Sondaj Eşanjörleri ile birlikte bu çevrimi gerçekleştirebilen YKIP, 1 birim elektrik kullanarak yaklaşık 3,5-7 birim ısıtma yapabilir.

3. İLK KEŞİF VE YAPILACAKLARIN BELİRLENMESİ

Kırsal hizmetler müdürlüğü öncülüğünde barnakta 26 Ekim 2020 tarihinde yapılan inceleme sonucunda, 60 ayrı bölümden oluşan köpek barınma binasında (Görsel 3) yapılan zeminden ısıtma boruları (Görsel 1) görülmüş ve buna ek olarak yeni yapılmakta olan bir ek bina (Görsel 2) tespit edilmiştir. Yapılan görüşmede 60 kafesten oluşan barnak binasında ikamet edecek hayvanların kış aylarında yatacaıkları zeminin ısıtılmak istendiği bu sebeple zemine boru döşendiği, ayrıca ek binada 2 odanın ısıtılmak istendiği yetkililerce tarafımıza bildirilmiştir. Yapılan görüşmeler neticesinde hayvanların yatacağı zeminin yeterli ısıda kalması gerektiği ancak bu sıcaklığın zeminde kaç derece olması gerektiği gibi bir bilgi alınamamıştır. Yapılması

düşünülen YKIP cihazında sıcaklık ayarı 35 ila 57°C aralığında ayarlanabildiği için bu tercih barmak yetkililerine bırakılmıştır. Zeminden ısıtma sistemleri için Gidiş-Dönüş sıcaklığının 40-30 °C [5] olduğu düşünülürse bu ısı fazlasıyla yeterli olacaktır. Isıtılması istenen diğer binada ise 2 oda bulunmakta, bu odalardan birinde 10 ton kapasiteli su deposu olduğu görülmektedir. Her bir odanın ısıtılması için birer Panel radyatör kullanılacağı söylenmiştir.

Yapılan ön değerlendirme sonucunda mevcut zemin ısıtma boruları ölçülmüş ve 60 kafes için toplam 280 m zeminden ısıtma borusu kullanıldığı tespit edilmiştir. Mevcut boruların oksijen bariyerli zeminden ısıtma borusu olmayışı ve boruların altında herhangi bir yalıtım kullanılmadığı yetkililere bir tavsiye olarak iletilmiş ve değiştirilmesi sağlanmıştır. 1 metre zemin ısıtma borusunun kayıplar da gözetilerek yaklaşık 20 Wh ısı [6] verdiği kabul edilirse 280 metre için ısı ihtiyacı;

$$Q=280*20= 5600Wh \text{ olacaktır.}$$

Yapılan hesaba göre, kafes zeminleri için 5,6kWh olarak hesaplanan ısı ihtiyacına karşın 25kWh gücünde bir YKIP cihazı koymak tarafımızdan uygun görülmüştür. Bunun sebebi, daha sonra kafeslerin sayısının artma ihtimaline karşın ısı ihtiyacının karşılanabilmesi ve kafeslerin iki tarafının da açık olmasıdır. Diğer bir sebebi ise inşaatı süren binadaki ihtiyacın tam olarak hesaplanamamasıdır.

Özet olarak; 25kWh kapasiteli bir cihaz kurulumu yapılması ve bu doğrultuda 4x100m Sondaj Eşanjörü yerleştirilmesi kararlaştırılmış ve Aralık 2020 de çalışmalar başlatılmıştır.



Görsel 1 YKIP ile ısıtılacak zeminden ısıtma boruları (26-10-2020)



Görsel 2 YKIP ile ısıtma yapılacak diğer bina (26-10-2020)



Görsel 3 Köpek barınma binası (26-10-2020)

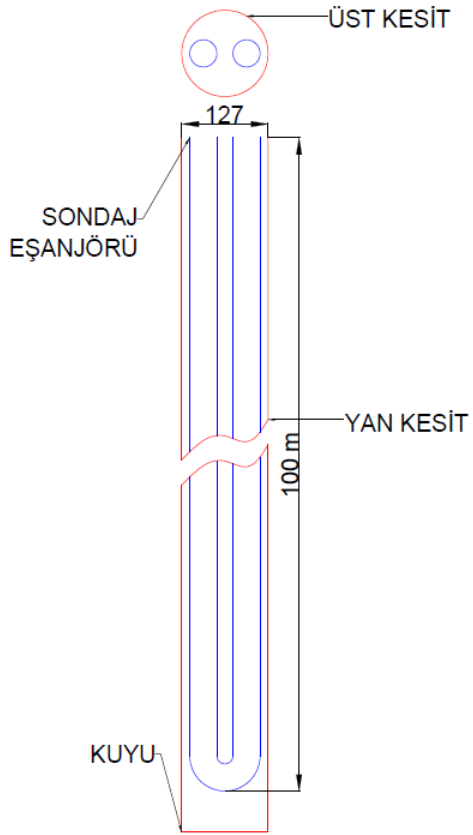
4. SONDAJ EŞANJÖRLERİNİN YERLEŞTİRİLMESİ

Yetkililer tarafından gösterilen alanda 21 Aralık 2020 tarihinde delgi işlemleri başlatılmış ve 07 Ocak 2021 tarihinde tamamlanmıştır. Bu süre boyunca 100 metre derinliğinde ve 127mm çapında 4 adet kuyu açılmıştır. Her kuyu içerisine Sondaj Eşanjörü yerleştirilmiş (Görsel 5) ve

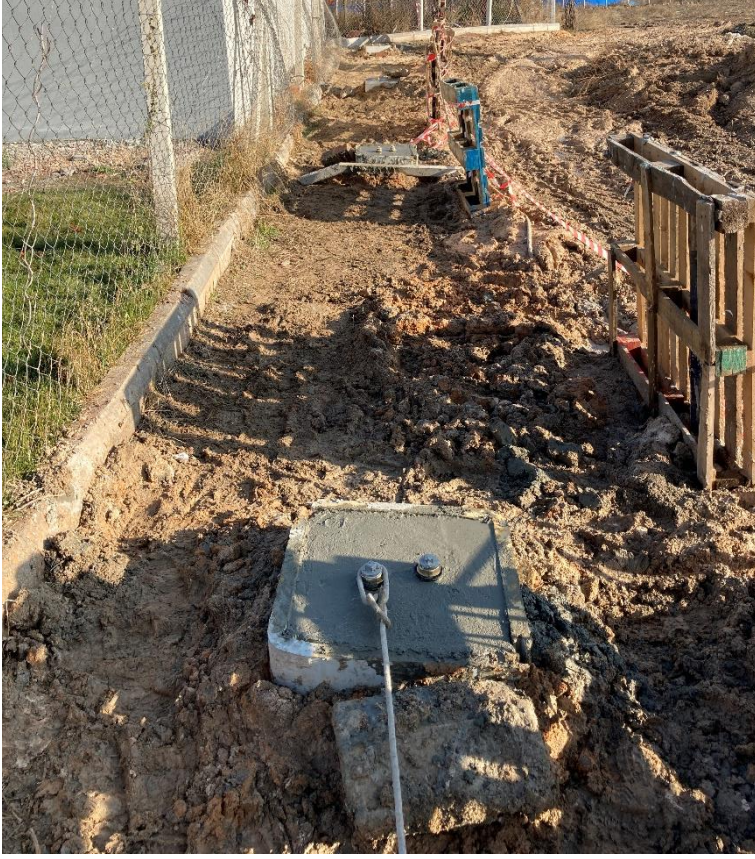
kuyular kapatılmıştır (Görsel 6). Kuyuların üst bağlantıları Tichelman bağlantı yöntemi [7] ile yapılmış (Görsel 7) ve koruma önlemleri alındıktan sonra YKIP kazan dairesinin yapımı beklenmiştir.



Görsel 4 Delgi işlemi (22-12-2020)



Görsel 5 Sondaj Eşanjörü (SE)



Görsel 6 Sondaj Eşanjörleri giriş-çıkış ağızları



Görsel 7 Sondaj Eşanjörleri üst bağlantı (05-02-2021)

5. YKIP TEKNİK ÖZELLİKLERİ VE KURULUM

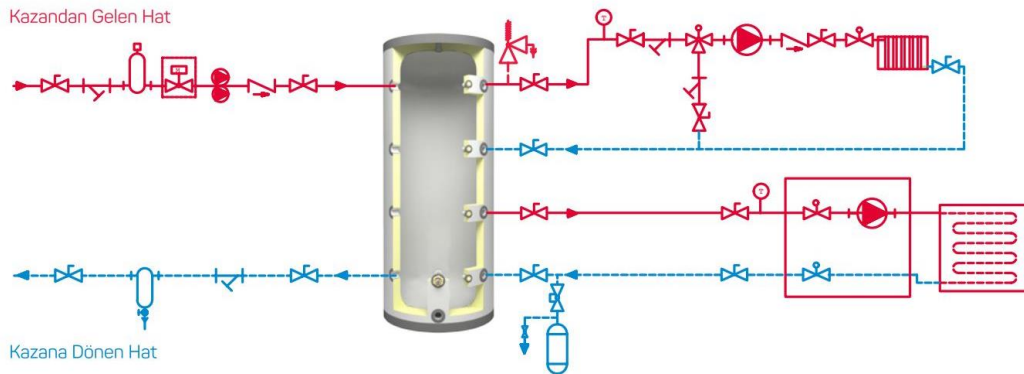
Yeterli kapasite belirlendikten sonra 25kWh ısıtma kapasiteli YKIP cihaz tasarımı yapılmıştır. Kullanılan YKIP için teknik özellikler aşağıda (Tablo 1) verilmiştir. Bura da en dikkat edilmesi gereken kısım olan COP değeridir. COP tamamen cihazın çalışma rejimine bağlıdır. YKIP, Sondaj Eşanjörlerinden ne kadar iyi ısı çekebilirse COP değeri o kadar yüksek olacaktır. Böylece enerji tasarrufu artacaktır. Tablodaki COP değeri 6-9°C yer sıcaklığına göre belirlenmiştir. Bu sıcaklık cihaz çalışmaya ilk başladığı ay 9-12°C daha sonraki aylarda 7-10°C olmuş ve kış sonuna doğru 6-9°C rejiminde sabit kalmıştır. Bu değerler cihaz üzerindeki Topak tesisatı gidiş-dönüş sıcaklıkları göstergelerinden takip edilebilmektedir. Cihaz için oluşturulan teknik tabloda COP en düşük değer olan 6-9°C baz alınarak 3,82 olarak kabul edilmiştir. Özetle toprak tesisatına (Sondaj Eşanjörlerine) gidiş-dönüş sıcaklıkları arttıkça cihaz verimi de (COP) artarak 3,82 ile 7 arasında değişecektir. Rapor için yapılacak hesaplamada emniyetli değer olan 3,82 kullanılacaktır.

Soğutucu Akışkan Gaz Tipi	R410A
Isıtma Kapasitesi (kW)	27,08
Akım (A)	12,76
COP (W/W)	3,82
Güç Tüketimi (kW)	7,084
Frekans (Hz)	50
Güç Kaynağı (V)	380-400 3 Faz

Tablo 1 YKIP teknik özellikleri

Gerekli kuyu bağlantıları yapıldıktan sonra tesisat şeması (Görsel 8) tasarlanmış ve 2021 yılı Ekim ayında cihaz kurulumu (Görsel 9) tamamlanmıştır. Bu süreçte Sondaj Eşanjörleri ile YKIP kazan dairesi içi pompa ve diğer tesisat elemanları tarafımızdan temin edilip bağlantıları yapılmış Kazan dairesi ile mevcut zeminden ısıtma boruları arasındaki bağlantılar Odunpazarı Belediyesi teknik ekipleri tarafından yapılmıştır. Genel bağlantıların daha iyi anlaşılması için genel görünüm görseline (Görsel 10) bakmak faydalı olacaktır.

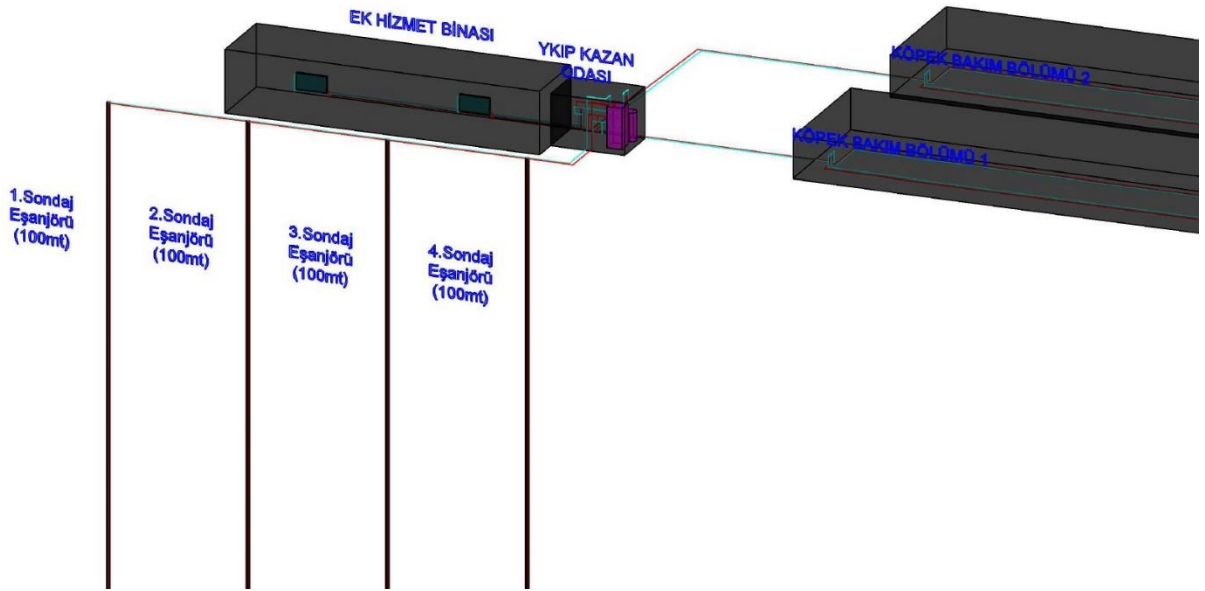
YKIP 23 Ekim 2021 de devreye alınmış kış ayları boyunca cihaz tüketimi Süzme sayaç yardımı ile takip edilmiştir. Tüketim verileri raporun sonuç kısmında irdelenecektir.



Görsel 8 Tesisat şeması



Görsel 9 YKIP kazan dairesi (20-10-2021)



Görsel 10 Genel görünüm

6. SONUÇ

Yapılan uygulamanın sonuçlarının değerlendirilmesi için, çalışma süresince üretilen Isı'nın hesaplanması, tüketilen enerjinin hesaplanması ve çevresel faydaların saptanması önemli bir gösterge olacaktır.

YKIP çalışma süresince elektrik enerjisi ile beslenmiş bu tüketim miktarı da YKIP kazan odasına koyulan süzme sayaç ile takip edilmiştir. Cihazın COP değerini toplam elektrik tüketimi ile çarptığımızda elde edeceğimiz Q değeri cihazın çalışma süresince ürettiği ısıyı verecektir. Toplam tüketim değerleri barmak yetkililerinin katkısı ile belirli aralıklarda bir kâğıda yazılmış ve değerlendirme için tarafımıza verilmiştir. Oluşturulan tabloda (Tablo 2) 23 Ekim 2021 ile 18 Şubat 2022 arasındaki 118 günlük tüketim değerlerinin toplamı ve buna karşılık olarak üretilen ısı miktarı verilmiştir.

YKIP çalışma süresi (gün)	118
Toplam güç tüketimi (kW)	9.650
COP (W/W)	3,82
Isıtma kapasitesi (kW)	36.863
Isıtma kapasitesi (k.cal)	31.702.180

Tablo 2 YKIP çalışması süresince üretilen ısı

Tablo 2 de görüldüğü gibi 118 günlük çalışmada 9650kW bir elektrik tüketimine karşılık 31702180k.cal (36863kW) ısı elde edilmiştir. YKIP marifeti ile yenilenebilir enerji kullanılarak elde edilen bu Isı, barmakta bulunan mevcut kömür kazanı ile karşılsaydı tüketilecek 7000k.cal ısı değerinde İthal kömür miktarı ;

$$\frac{31702180k.cal}{7000k.cal/kg \times 0.77} = 5882kg$$

(Verimli yanma ve ısı aktarımı sağlandığı kabul edilerek hesaplama yapılmıştır [8].)

7000k.cal ithal kömür ton fiyatı vergiler dahil 5200TL olarak kabul edersek maliyet;

$$5,882ton \times 5200TL/ton = 30584TL \text{ olacaktır.}$$

(Nakliye, işçilik ve katı atık bertaraf bedelleri hesaplamaya dahil edilmemiştir.)

YKIP kullanımı ile toplam 9650kW (Tablo 2) elektrik tüketimi gerçekleşmiştir. Bu rakam üzerinden oluşan maliyeti hesaplamak için güncel konut elektrik birim fiyatını vergiler dahil 1,44TL olarak kabul edersek maliyet;

$$9650kW \times \frac{1,44TL}{kW} = 13896TL \text{ olacaktır.}$$

Kömür kazanı ile YKIP karşılaştırıldığında 118 günlük tasarruf tutarı;

$$30584TL - 13896TL = 16688TL \text{ olmaktadır.}$$

En az işletme maliyeti kadar önemli bir diğer konu olan yanma sırasında oluşan emisyonlardır. Kömür kazanlı sistem de yanma işlemi gerçekleşirken CO, CO₂, SO₂ ve Azot gibi baca gazları havaya salınmaktadır [9]. İnsan sağlığı için son derece sakıncalı bu gazlar sera gazı etkisi yaratmakta ve asit yağmurlarına sebebiyet vermektedir. 1 ton kömür tüketildiğinde 2457 kg CO₂ oluşmaktadır [10]. Barmakta YKIP kullanımı ile zararlı gazların salınımı önlenmiş ve 14742kg CO₂ salınımı engellenmiştir.

Bunun yanı sıra;

- İşçilik ve periyodik bakım ihtiyacı olmaması,
- Doğal kaynakları tüketmemesi,
- Zehirlenme ya da patlama tehlikesi olmaması,
- Uzaktan izleme ve kontrol gibi akıllı teknolojilere entegre olması,
- Enerji kaynağı olarak elektrik kullanıldığı için solar enerji ya da rüzgâr enerjisi ile desteklenebilmesi,

Kömür kazanlı sisteme göre diğer avantajları olarak sıralanabilir.

Enerji kaynaklarının hızla tükendiği ve bunun yanı sıra karbon emisyonlarının hızla arttığı dünya da YKIP gibi sürdürülebilir enerji sistemlerinin ülkemizde de kullanılabilmesi adına bir

farkındalık yaratmak adına tamamladığımız proje, sağladığı ve sağlayacağı katkılarla barınakta uzun yıllar hizmet verecektir.

7. KAYNAKÇA

- [1] “Carnot Çevrimi Nedir - Mühendis Beyinler”, 21 Temmuz 2021. <https://www.muhendisbeyinler.net/carnot-cevrimi-nedir/> (erişim 20 Ocak 2022).
- [2] P. Carroll, M. Chesser, ve P. Lyons, “Air Source Heat Pumps field studies: A systematic literature review”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, c. 134, s. 110275, Ara. 2020, doi: 10.1016/j.rser.2020.110275.
- [3] “Coefficient of performance - Energy Education”. https://energyeducation.ca/encyclopedia/Coefficient_of_performance (erişim 21 Ocak 2022).
- [4] L. Valizade, “Ground Source Heat Pumps”, *JOCET*, ss. 216-219, 2013, doi: 10.7763/JOCET.2013.V1.49.
- [5] C. Parmaksizo, “DÖŞEMEDEN ISITMA TASARIMI”, s. 12.
- [6] O. Çalışır, “YERDEN ISITMA SİSTEMLERİNİN BOYUTLANDIRILMASI”, Erişim: 24 Şubat 2022. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: https://www.academia.edu/41797178/YERDEN_ISITMA_S%C4%B0STEMLER%C4%B0N_%C4%B0N_BOYUTLANDIRILMASI
- [7] “Tichelman Bağlantı Nedir - Tesisat Soru Cevap”. <https://www.tesisat.org/sorucevap/675/tichelman-baglanti-nedir> (erişim 24 Şubat 2022).
- [8] A. Yıldız ve H. Günerhan, “Katı Yakıtlı Kazan Tasarımı ve Kazan Isıl Kapasite Verimlilik Değerinin Deneysel Olarak Belirlenmesi”, s. 8.
- [9] “Kömür”, *Vikipedi*. 29 Aralık 2021. Erişim: 25 Şubat 2022. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=K%C3%B6m%C3%BCr&oldid=26814461>
- [10] “Calculator”. <http://www.karbonayakizi.com/calculator/calculator.aspx> (erişim 26 Şubat 2022).