

Maden Şantiyeleri İçin Yer Kaynaklı Isı Pompası (YKIP) Uygulaması

Ground Source Heat Pump (GSHP) Application for Mining Sites

Yavuz Şahin

Gempa Mühendislik San. Tic. A.Ş. Maden Mühendisi, yavuzsahin@gempa.com.tr

ÖZET Madencilik, büyük miktarlarda enerjiye ihtiyaç duyulan bir sektördür. İşletmeciler tarafından göz ardı edilse de şantiye binalarında da hatırı sayılır miktarlarda enerji ihtiyacı vardır. Isıtma, soğutma ve sıcak su ihtiyaçlarının karşılanması için elektrik ya da fosil yakıt gibi bir enerji kaynağı mutlaka kullanılmaktadır. Genel de kırsal bölgelerde inşa edilen şantiye binalarının ısıtılması için kömür kazanları tercih edilmekte veya elektrikli kombi adı verilen rezistanslı sistemler kullanılmaktadır. Bu sistemlere bir alternatif olarak 'Yer Kaynaklı Isı Pompası' (YKIP), yenilenebilir enerji kaynağı olarak bize yer altındaki ısıyı kullanma imkânı vermektedir. Bu sistem kömür kazanlı ısıtma sistemlerine göre %65, elektrikli kombilere göre %85 e kadar işletme maliyeti tasarrufu sunmaktadır. 200 m² bir şantiye binası için halihazırda kullanılan bir YKIP cihazının diğer ısınma yöntemlerine göre avantajları bu bildiri de anlatılacaktır.

Anahtar kelimeler: *Yer Kaynaklı Isı Pompası, Yenilenebilir Enerji, Sıfır Karbon, Çevreci Madencilik, Şantiye Isıtma*

ABSTRACT Mining is an industry where large amounts of energy are needed. Although ignored by managers, construction site buildings also need considerable amounts of energy. In order to meet heating, cooling and hot water needs, there must be an energy source such as electricity or fossil fuels. In general, coal boilers are preferred for heating construction site buildings built in rural areas or resistance systems called electric combi boilers are used. As an alternative to these systems, the 'Ground Source Heat Pump' (GSHP) allows us to use underground heat as a renewable energy source. This system offers 65% operating cost savings compared to coal boiler heating systems and 85% operating cost savings compared to electric combi boilers. The advantages of a GSHP device already used for a dormitory building of 200 m² compared to other heating methods will be explained in this paper.

Keywords: *Ground Source Heat Pump, Renewable Energy, Zero Carbon, Green Mining, Site Heating.*

1 UYGULAMA ADIMLARI

Uygulamaya geçilmeden önce şantiye binasının mevcut durumu değerlendirilerek gerekli iyileştirmeler yapılmıştır. Daha sonra TS 825 Standartlarına göre ısı ihtiyacı belirlenerek uygun YKIP kapasitesi belirlenmiştir. Bu aşamadan sonra gerekli Sondaj Eşanjörü (SE) kapasitesi belirlenmiş ve diğer tesisat elemanları seçilmiştir.

1.1 Isı Yükü İhtiyacının Hesaplanması

TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kurallarına göre mevcut şantiye binasını ısıtmak için ne kadar ısıya ihtiyaç duyulacağı hesaplanmıştır. Şantiye binası Eskişehir de bulunduğu için sadece ısıtma ihtiyacı hesaplanmış ve YKIP seçimi bu yönde yapılmıştır. Yapılan hesaplamalarda binanın dış hava ile temas eden bütün yüzeyleri belirlenmiş ve bu yüzeylerin ısı geçirgenlikleri hesaplanmıştır. Binanın yapımında kullanılan yapı malzemeleri taban ve tavan yalıtımları kapı ve pencere tipleri bu hesaplamalar için belirleyicidir. Bu parametreler ışığında bina sıcaklığını kış boyunca 22°C civarında tutmak için gerekli enerji miktarı hesaplanmıştır. Uygulama öncesinde şantiye binasının iç sıcaklığını 1 birim arttırabilmek için yaklaşık 865W/K enerji ihtiyacı olacağını özgül ısı kaybı hesabı (Tablo 1) ile hesaplanmıştır.

Tablo 1. Şantiye binasının özgül ısı kaybı

YAPI ELEMANLARI	ISIL GEÇİRGENLİK DİRENCİ R (m ² K/W)	ISIL İLETKENLİK KATSAYISI U=1/R (W/ m ² K)	ISI KAYBEDİLEN ALAN A (m ²)	ISI KAYBI A*U (W/K)
YALITIMLI DIŞ TEMASLI DUVAR	1,939	0,52	77,5	39,97
YALITIMSIZ DIŞ TEMASLI DUVAR	0,510	1,96	100,65	197,35
ÇATILI TAVAN	0,824	1,21	164,5	159,71
ZEMİN TEMASLI TABAN	0,277	3,61	164,5	296,93
DIŞ TEMASLI KAPI VE PENCERELER	1	3,2	9	28,8
TOPLAM (HT)				722,76
HAVALANDIRMA KAYBI (HV) HV=0,33*0,8*V (V=542m ³)				143,088
H=HT+HV				865,85

Daha sonra yıllık ısı ihtiyacı hesabı (Tablo 2) yapılarak, şantiye binasının yıl boyu 72385kW enerjiye ihtiyaç duyduğu hesaplanmıştır.

Tablo 2. Şantiye binasının yıllık ısı ihtiyacı

AYLAR	ÖZGÜL ISI KAYBI W/K	FARK K	ISI KAYIPLARI W	İÇ ISI KAZANCI W	GÜNEŞ ENERJİSİ ISI KAZANCI W	TOPLAM ISI KAZANCI W	KKO γ	KAZANÇ KULLANIM FAKTÖRÜ η _{ay}	ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI kj	ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI kW
OCAK		25,4	21.992,59	1939,2	588	2527,2	0,11	1	50.454.300,31	14.026,30
ŞUBAT		24,7	21.386,50	1939,2	726	2665,2	0,12	1	48.525.605,81	13.490,12
MART		19,7	17.057,25	1939,2	834	2773,2	0,16	1	37.024.251,95	10.292,74
NİSAN		12,1	10.476,79	1939,2	36	1975,2	0,19	1	22.036.112,81	6.126,04
MAYIS		7,2	6.234,12	1939,2	1026	2965,2	0,48	0,96	8.780.475,25	2.440,97
HAZİRAN	865,85	2,7	2.337,80	1939,2	1068	3007,2	1,29	0,71	525.355,34	146,05
TEMMUZ		-	-	1939,2	1044	2983,2	-	0	-	-
AĞUSTOS		-	-	1939,2	996	2935,2	-	0	-	-
EYLÜL		3,5	3.030,48	1939,2	876	2815,2	0,93	0,82	1.871.453,81	520,26
EKİM		9,7	8.398,75	1939,2	732	2671,2	0,32	0,99	14.915.037,74	4.146,38
KASIM		16,9	14.632,87	1939,2	564	2503,2	0,17	1	31.440.097,95	8.740,35
ARALIK		22,8	19.741,38	1939,2	516	2455,2	0,12	1	44.805.787,02	12.456,01
TOPLAM									260.378.478,00	72.385,22

Bu ihtiyaca sıcak kullanım suyunu da eklemek gerekli görülmüş ve günlük toplam 2 saat sıcak su kullanımı ön görülmüştür. Zira sıcak su tüketimi gerek banyo ve mutfak için gerekse makine yıkamak için şantiyede önemli bir ihtiyaçtır. Böyle bir ihtiyacı karşılamak için ise yıllık 7300kW enerji ihtiyacı hesap edilmiştir. Böylece yıllık toplam ihtiyaç 79685kW olmuştur. Bu ihtiyacı YKIP ile sağlamak adına diğer adımlara geçilmiştir.

1.2 YKIP seçimi

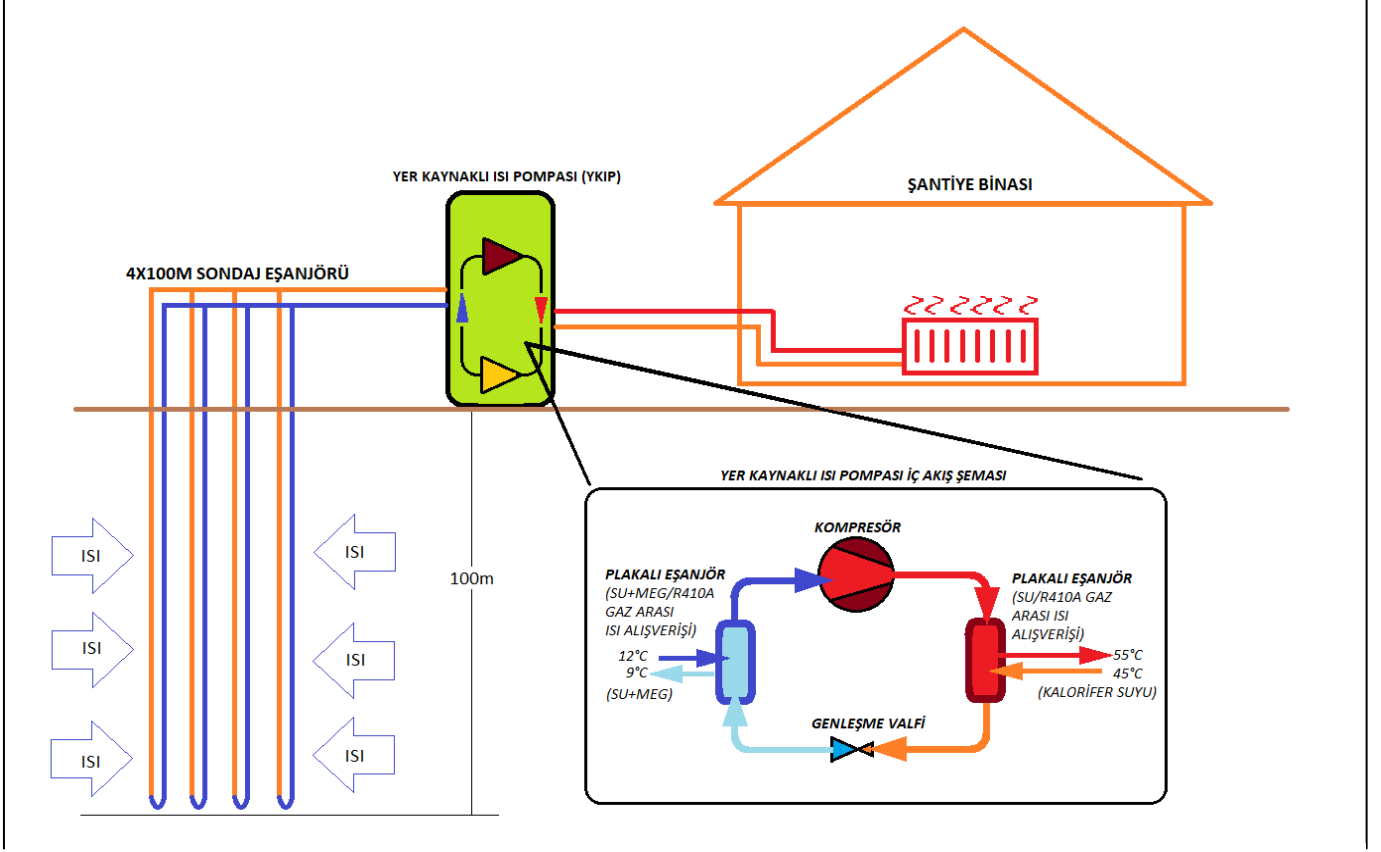
Bu seçim yapılırken, özgül ısı kaybı baz alınmış ve hesaplama en fazla enerji ihtiyacı olan ocak ayı için yapılmıştır. Şantiye binası için ocak ayı, iç ve dış hava sıcaklık farkının en fazla olduğu aydır. Bu ay içerisinde ortalama dış sıcaklık $-3,4^{\circ}\text{C}$ olmaktadır. Oda sıcaklığını 22°C de tutabilmek için, sıcaklığı 25,4K arttırabilecek bir cihaz seçilmiştir. Özgül ısı kaybı hesabında, şantiyede oda sıcaklığını 1 birim arttırabilmek için 865W/K enerji ihtiyacı olduğu hesaplanmıştır. En soğuk ay olan ocak ayında ise $25,4\text{K}$ birim bir ısıtma yapabilmek için; $25,4\text{K} * 865\text{W/K} = 21971\text{W}$ ısı verebilen bir YKIP cihazına ihtiyaç olduğu belirlenmiştir. Bu hesaplama neticesinde emniyet payı da hesap edilerek 25000W gücünde bir YKIP cihazı (Şekil 1) kullanılmıştır.



Şekil 1. YKIP kazan odası

Yer Kaynaklı Isı Pompaları için COP (Coefficient Of Performance) 3,5 ila 6 arası olabilmekte ve bu değer, ısıtma yöntemi ve Sondaj Eşanjörü verimine göre değişebilmektedir. Hava kaynaklı ısı pompalarında (split klimalar) bu değer 2 ila 3 arasında olurken elektrikli ısıtıcılarda 1 olmaktadır. COP, cihazın ürettiği ısı enerjisinin tükettiği enerjiye oranıdır. Bildiriye konu şantiyede kullanılan YKIP (Şekil 2) için COP beklentisi 4 tür. YKIP'nın 22kWh ısı üretirken,

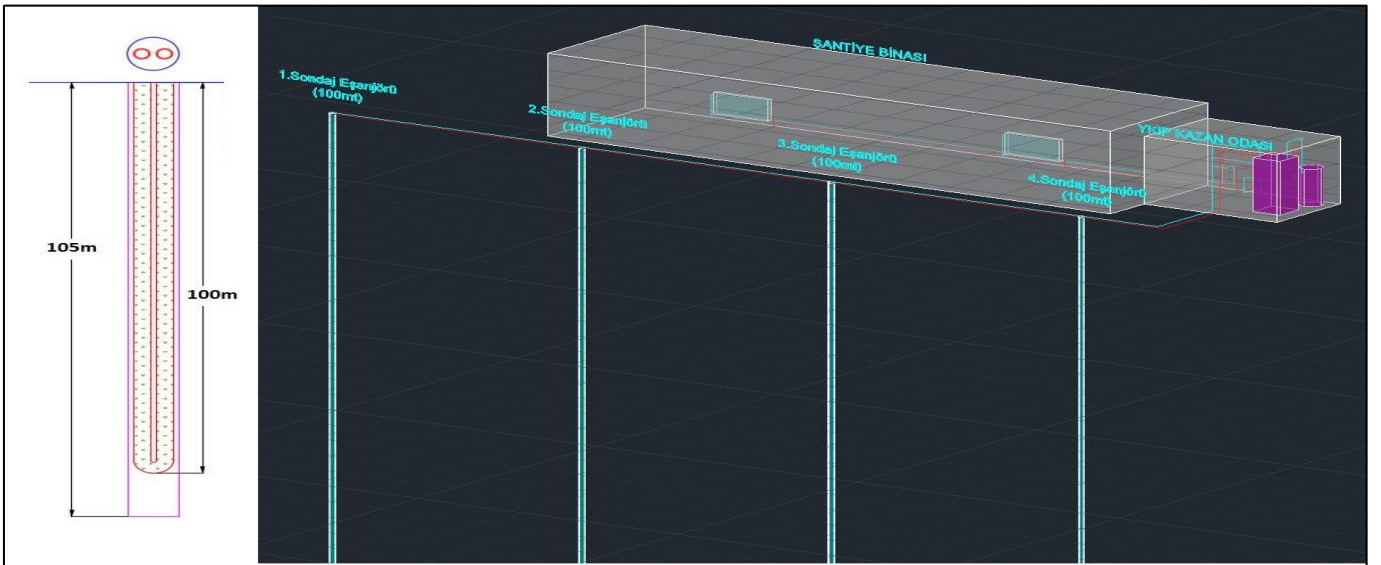
ürettiği ısının $\frac{1}{4}$ (5,5kWh) oranında elektrik tüketmesi ve kalan $\frac{3}{4}$ lük (16,5kWh) ısıyı ise yeraltından çekmesi planlanmıştır.



Şekil 2. YKIP çevrim ve ısıtma

1.3 Sondaj Eşanjörlerinin (SE) Yerleştirilmesi

COP değeri 4 olan ve 22kW ısı üretmesi gereken bir YKIP için Şantiye binasının yanında, her biri 100m uzunluğunda 4 adet Sondaj Eşanjörü (Şekil 3) yerleştirilmiştir. 4 kuyu da toplam 400m SE yardımı ile YKIP sisteminin yer altından en az 16,5kWh enerji (ısı) çekmesi sağlanmıştır.



Şekil 3. Sondaj eşanjörü (SE) kesiti ve yerleşimi

1.3 Diğer Tesisat Elemanları

Bina içinde panel radyatörler sayesinde ısıtma yapılmakta ve YKIP bu radyatörlere 55°C sıcaklığında su gönderebilmektedir. Şantiye binasında sıcak su ihtiyacını da karşılamak için YKIP ısıtma sisteminden faydalanılmış ve personelin ihtiyacı doğrultusunda 500 LT kapasiteli bir sıcak su tankı sisteme entegre edilmiştir. Bu sayede Cihaz binayı ısıtırken aynı zamanda sıcak suyu da sürekli kullanıma hazır tutabilmektedir. Bu kısımda anlatılan tesisat elemanları YKIP özelinde değildir, fosil yakıtlı ya da elektrikli sistemlerde de uygulanabilmektedir.

2 MALİYETLER

Bir işletme için ekonomiyi doğru yönetmek elbette ki hayati önem taşımaktadır. Yatırımlar kısa ya da uzun vadeli olsa da amaç her zaman işletme maliyetini düşürmektir. Uzun yıllar işletmeye ve çalışanlarına hizmet verecek olan şantiye binası için yapılan bu yatırım ile, işletme maliyetini düşürmek hedeflenmiş ve elektrik tüketiminde %73 tasarruf sağlanmıştır.

2.1 YKIP İlk Yatırım Maliyeti

Sistemin kurulumunda en büyük maliyet kalemleri Sondaj Eşanjörleri ve YKIP cihazıdır. Buna rağmen bu iki ana kısım için periyodik bakım maliyeti bulunmamaktadır. 2019 yılından beri hizmet veren bu iki ana kısım için herhangi bir tadilat yapılmamıştır. Sondaj Eşanjörleri En az 50 yıl sorunsuz çalışmak üzere dizayn edilmiştir. Bu sayede şantiye binaları yenilense dahi Sondaj Eşanjörü tekrar kullanılabilir durumda olacaktır. YKIP cihazı ise herhangi bir yağ filtre değişimine ihtiyaç duymamaktadır. Cihaz içerisindeki akış sensörleri sayesinde, elektrik kesintisi veya su sirkülasyonunda yaşanabilecek aksaklıklar karşısında cihaz korunmaktadır.

Şantiye için kullanılan YKIP ilk yatırım maliyeti; Sondaj Eşanjörleri, YKIP cihazı, Sıcak su tankı, sirkülasyon pompaları ve diğer borulama maliyetleri dahil 15869 EURO+KDV olmuştur. Bunun dışındaki panel radyatör ve diğer tesisat malzemeleri mevcut ısıtma sistemlerinde de kullanıldığı için yapılacak karşılaştırmaya dahil edilmemiştir. 2019 yılında yapılan yatırımın o zamanki TL karşılığı yaklaşık 100000 TL civarında olmuşsa da bugünkü kur farkı ile yaklaşık 160000 TL olmaktadır.

2.2 YKIP İşletme Maliyeti

Şantiye binasının ısı ihtiyacını karşılayabilmek için yıllık yaklaşık 79685 kW (Tablo2) enerji ihtiyacı olduğu yapılan hesaplarda belirlenmişti. YKIP ile işletme maliyetinde %75 bir tasarruf öngörülmüş ve bir süzme sayaç ile de tüketim değerleri takip edilmiştir. 2019 ile 2021 arası tüketim rakamları ile öngörülen tüketim miktarının uyduğu süzme sayaç verilerine göre tasarrufun %73 olduğu görülmüştür. Süzme sayaç verilerine göre, ısınma ve sıcak su ihtiyacını karşılamak için, 2 yıl boyunca toplam 42251kW enerji tüketimi yapılmıştır. Buna karşılık 2 yıllık 159370kW enerji ihtiyacı karşılanmıştır.

2.3 İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırılması

2 yıl sonunda YKIP için, genel olarak kabul görmüş ısıtma yöntemleri ile bir karşılaştırma yapılmış ve sonuç paylaşılmıştır (Tablo 3). Şantiyede elektrikli ısıtıcı kullanımına devam edilseydi yıllık işletme maliyeti 64.544TL olacaktı. YKIP kullanımı ile bu maliyet 17.120TL ye düşmüş ve 47.424TL tasarruf yapılmıştır. Bu sayede yaklaşık 3 yıl gibi bir sürede cihazın yatırım maliyetinin karşılanacağı ve daha sonraki yıllar için çevreci ve ekonomik bir çözüm üretildiği görülmüştür. Eğer elektrik yerine kömür kaloriferi tercih edilseydi yıllık işletme maliyeti 44.753TL olacak ve yıllık tasarruf 27.632TL olacaktır. Bu yöntemle göre yatırım

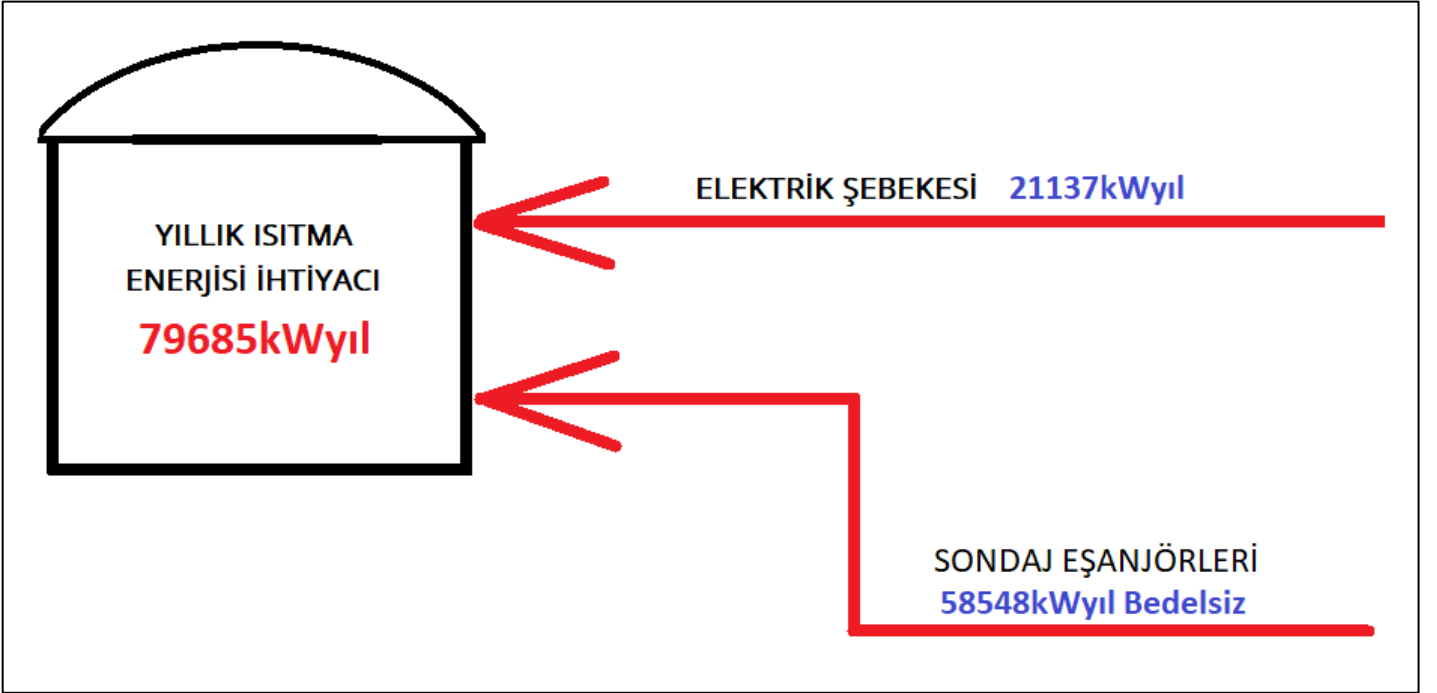
maliyetini geri dönüşü yaklaşık 6 yıl olacaktır. Bu karşılaştırmalarda elektrikli ısıtma ya da kömür kazanlı yöntemlerin ilk yatırım maliyetleri göz ardı edilmiştir. Zira bu maliyetler de hesaba katılırsa YKIP yatırım maliyetinin geri dönüşü daha hızlı olacaktır.

Tablo 3. YKIP ve diğer ısıtma sistemlerinin işletme maliyeti kıyaslaması

ŞANTIYE BİNASININ ISITMA VE SICAK SU İÇİN ENERJİ İHTİYACI					79.685	
					kg.cal yıl	68.529.100
ISITMA TÜRÜ	TÜKETİM	BİRİM	BİRİM FİYAT	YILLIK MALİYET KDV HARİÇ	İŞÇİLİK	TOPLAM YILLIK MALİYET
KÖMÜR	14	TON/YIL	₺ 1.450,00	₺ 20.383,01	₺ 24.370,00	₺ 44.753,01
ELEKTRİKLİ ISITMA	79.685	kW/YIL	₺ 0,81	₺ 64.544,85	-	₺ 64.544,85
YKIP	21.137	kW/YIL	₺ 0,81	₺ 17.120,65	-	₺ 17.120,65

3. SONUÇ

Gelişen ve artan ihtiyaçlar daha çok enerji tüketimine sebep olmaktadır. Tükenmekte olan karbon esaslı enerji kaynaklarının yerine sürekli yeni kaynaklar bulunsa da dünyamızın artık daha fazla karbon salınımına tahammülü kalmamıştır. İşletmeler için sağlam bir gelecek inşa etmek, ekonomik sürdürülebilirlik anlamına gelse de sürdürülebilir enerji kavramı da göz ardı edilmemelidir. Ekonomik ve doğal kaynakları Gelecek nesillere tüketerek değil geliştirerek miras bırakmak hayati öneme sahiptir. Maden şantiyesi için kullanılacak alternatif bir ısıtma sisteminin ekonomik getirilerini görmek elbette ki önemli. YKIP ile karbon salınımına sebep olmadan ve herhangi bir doğal kaynağı tüketmeden, maden şantiyesinin enerji ihtiyacını karşılamakta önemli olmalıdır. Yapılan yatırımla yıl boyunca 58548kW enerji tasarrufu sağlanmış ve ekonomiye kazandırılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. YKIP kullanımı ile yıllık enerji tüketimi ve SE sayesinde bedelsiz enerji kullanımı

Sistemin avantajları ise;

- Düşük işletme maliyeti.
- Karbon salınımı veya kül vb. katı atığın olmaması.
- İşçilik ve periyodik bakım ihtiyaç olmaması.
- Her türlü iklim ve coğrafyada uygulanabilir oluşu.
- Doğal kaynakları tüketmemesi.
- Abonelik gerektirmemesi.
- Zehirlenme ya da patlama tehlikesi olmaması.
- Uzaktan kontrol teknolojilerine uygun oluşu.
- Tek bir cihazla ısıtma ve soğutma ihtiyacını karşılayabilmesi.
- Enerji kaynağı olarak elektrik kullanıldığı için solar enerji ya da rüzgâr enerjisi ile desteklenebilir oluşu.

Olarak sıralanabilir. Yenilenebilir enerji yatırımlarında en önemli engel olan yüksek ilk yatırım maliyeti YKIP için de bir dezavantaj olmaktadır. Avantajlar, dezavantajlar ve uygulama verileri incelendiğinde sistemin cazip olduğu, daha önemlisi sürdürülebilir olduğu görülmüştür.