

500 M² BÜYÜKLÜĞÜNDE BİR SERANIN
TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI
İLE İKLİMLENDİRİLMESİNİN MALİ
ANALİZİ VE KÖMÜR KAZANLI BİR
ISITMA SİSTEMİ İLE KARŞILAŞTIRIMASI
Tezsiz Yüksek Lisans Dönem Projesi

Yavuz ŞAHİN

Eskişehir 2020

500 M² BÜYÜKLÜĞÜNDE BİR SERANIN
TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI
İLE İKLİMLENDİRİLMESİNİN MALİ
ANALİZİ VE KÖMÜR KAZANLI BİR
ISITMA SİSTEMİ İLE KARŞILAŞTIRIMASI

Yavuz ŞAHİN

TEZSİZ YÜKSEK LİSANS DÖNEM PROJESİ

İleri teknoloji Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Bülent AÇMA

Eskişehir
Anadolu Üniversitesi
Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü
Kasım 2020

DÖNEM PROJESİ ONAYI

.....'nın “.....
.....” başlıklı çalışması, .../.../20... Tarihinde, “Anadolu Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca,
..... Program/Bilim/Anabilim dalında dönem projesi olarak
değerlendirilmiş ve kabul edilmiştir.

Unvanı-Adı Soyadı

İmza

Proje Danışmanı :

.....

Anabilim Dalı Başkanı :

.....

..... Enstitü Müdürü

1. GİRİŞ

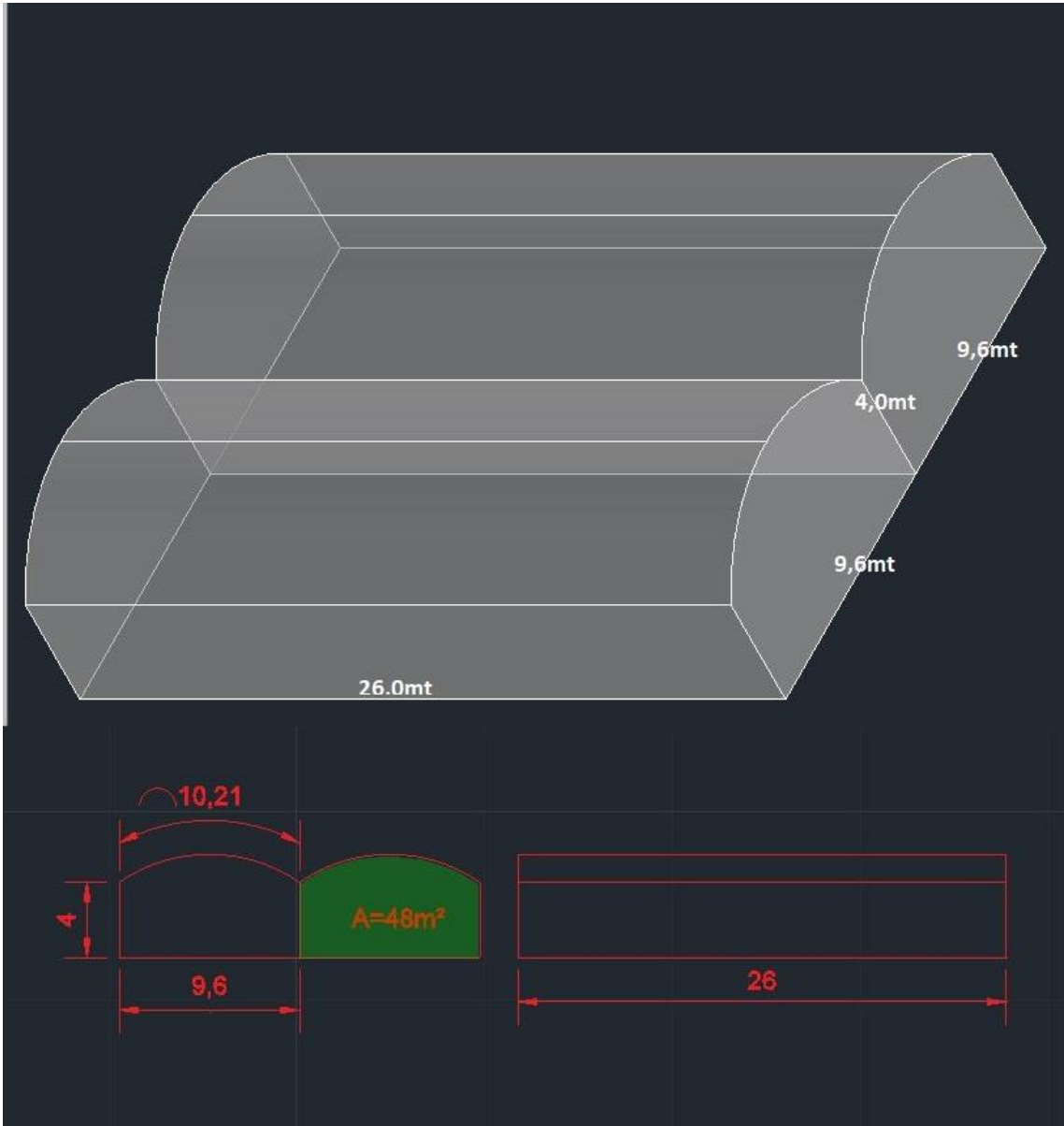
Seracılık beraberinde getirdiği birçok avantaj ile son yıllarda çok tercih edilen bir zirai üretim yöntemi olarak karşımıza çıkmakta. Sera yetiştiriciliğinin en büyük avantajlarından biri kuşkusuz iklim koşullarından bağımsız olarak ürün yetiştirebilmek. Bir serada Yer Kaynaklı Isı Pompası (YKIP) ve Kömür Kazanlı Isıtma Sistemi (KKIS) uygulamalarının maliyet analizini yapmak, iki yöntem arasındaki farkı görebilmemiz için bize fikir verecektir.

2. SERANIN YAPISAL ÖZELLİKLERİ

Uygulamanın yapılacağı seranın ısı kaybını ve yıllık ısı ihtiyacını belirleyebilmek için yapısal özelliklerini bilmemiz gerekiyor. Isı kaybı ve yıllık ısı ihtiyacını belirledikten sonra cihaz kapasiteleri belirlenecek. Bu değerler ışığında kurulum ve işletme maliyetleri incelenecek.

2.1. Genel Ölçüler ve Kaplama Malzemesi

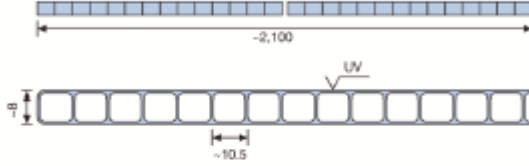
İnşa edilecek seranın genişlik, yükseklik, uzunluk ve tavan yüksekliği aşağıdaki şekilde verilmiştir. (Şekil 2.1.)



Şekil 2.1. Sera ölçüleri

Sera için kullanılacak malzeme ısı yalıtımı ve ışık geçirgenliği yüksek tek odacıklı 8mm kalınlığında polikarbonat malzeme seçilmiştir. (Şekil 2.2)

2/8mm



Kalınlık : 8mm
Ağırlık : 1,5Kg/m²
Genişlik : 2100 mm
Uzunluk : 2000 – 12000 mm
Min. büküm yarıçapı : 1200 mm
Işık geçirgenliği : Şeffaf : %81 Beyaz %78, Bronz %48 , Yeşil %58, Mavi 44
Isı transfer katsayısı : 3,3W/m²K
Isıl genleşme katsayısı : 0,065 mm/m°C
Isı ve neme bağlı genleşme : 3 mm/m
Yük olmaksızın max. ısı dayanımı : 120°C
Yangın sınıfı : Fransa M1 , Almanya B1 , Avrupa B-s1

Şekil 2.2. Sera kaplamasında kullanılacak polikarbonat levhanın özellikleri

2.2. Isı Kaybı Olan Toplam Yüzey Alanı ve Hacim Hesaplarının Yapılması

Isı kaybına sebep olan yüzeyler; seranın dış havaya temas ettiği yan duvarları ve tavanıdır. Bu kısımlarda kullanılan malzemenin ısı transfer katsayısı ile yüzey alanı çarpıldığında bize bu yüzeylerde ne kadar ısı kaybettiğimizi gösterecektir. Bu sebeple ileriki kısımlarda yapacağımız ısı kaybı hesabı için öncelikle dış temaslı yüzey alanını bulmamız gerekecektir.

Alan formülünü kullanarak

$$A=G*Y \quad (2.1)$$

Bu denklemde yer alan parametreler şu şekildedir;

A = Alan [m²]

G = Genişlik [m]

Y = Sera yüksekliği [m]

Gotik yapıdaki ön ve arka duvarlardan her biri 48 m² olarak çizim programı marifeti ile hesaplanmıştır. 4 adet gotik duvar alanı;

$$A_g = 4 \cdot 48 = 192 \text{ m}^2 \text{ dir.}$$

Dış temaslı 2 adet yan duvar için alan formülünü kullanarak;

$$A_y = (26 \cdot 4) \cdot 2 = 208 \text{ m}^2$$

Dış temaslı 2 adet tavan için alan formülünü kullanarak;

$$A_t = (10,21 \cdot 26) \cdot 2 = 530,92 \text{ m}^2$$

Toplam dış temaslı yüzey alanı;

$$S_A = A_g + A_y + A_t = 192 + 208 + 530,92 = 930,92 \text{ m}^2 \approx 930 \text{ m}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

Yıllık ısı ihtiyacını hesaplamak için gerekli olacak iç hacmi hesaplamak için ise hacim formülünü kullanırsak;

$$V = A_g \cdot G_s \quad (2.2)$$

Bu denklemde yer alan parametreler şu şekildedir;

$$V = \text{Sera hacmi [m}^3\text{]}$$

$$A_g = \text{Gotik yapıdaki duvar alanı [m}^2\text{]}$$

$$G_s = \text{Sera uzunluğu [m]}$$

2 blok halindeki seranın toplam hacmini, hacim formülünü kullanarak;

$$V = (48 \cdot 26) \cdot 2 = 2496 \text{ m}^3$$

3. ISI KAYBI VE YILLIK ISI İHTİYACININ HESAPLANMASI

3.1. Isı Kaybı Hesabı

Işık geçirgenliğini sağlamak, hafiflik ve havalandırma gereksinimleri nedeniyle seralarda oldukça fazla ısı kaybı olmaktadır. Bu nedenle ısıtma kapasitesi yüksek cihazlar tercih edilmektedir. Yüksek ısı kaybı enerji ihtiyacını ve tabii ki enerji maliyetini de yükseltmektedir.

Seranın Eskişehir yöresinde olduğu düşünülerek ısı kaybı hesaplamaları yapılırken, NSW (New South Wales Government Department of Primary Industries – Agriculture) tarafından önerilen yöntem kullanılacaktır. Bu yöntemde toplam ısı kaybı değeri, taşınım ile ısı kaybı (QC), infiltrasyon ile ısı kaybı (QL) ve radyasyonla olan ısı kaybı (QR) değerlerinin toplamına eşittir.

$$Q_T = Q_C + Q_L + Q_R \quad (3.1)$$

Genellikle radyasyon ile olan ısı transferi miktarı ihmal edilebilecek değerde olduğundan toplam ısı kaybı değeri hesaplanırken 3.2 denklemi kullanılacaktır.

$$Q_T = Q_C + Q_L \quad (3.2)$$

Taşınım ile gerçekleşen ısı kaybı değeri kW cinsinden aşağıdaki ifade ile hesaplanır.

$$Q_C = (U * SA * \Delta T) / 1000 \quad (3.3)$$

Bu denklemde yer alan parametreler şu şekildedir;

U = Toplam ısı transfer katsayısı [W/m²°C]

SA = Sera örtüsünün toplam yüzey alanı [m²]

ΔT = $t_i - t_o$ olmak üzere sıcaklık farkı [°C]

t_i = Sera iç ortam tasarım sıcaklığı [°C]

t_o = Dış ortam tasarım sıcaklığı [°C]

Sera için toplam ısı transfer katsayısının (U) belirlenmesinde şekil 2.2'deki 3,3 W/m²°C değeri kullanılır. ΔT için; dış sıcaklığın -9 °C iç sıcaklığında 15 °C olacağı kabul edilerek 24 °C sıcaklık farkı olacağı ön görülmüştür. Öyle ise Taşınım ile gerçekleşen ısı kaybı değerini hesaplırsak;

$$Q_C = (3,3 * 930 * 24) / 1000 = 73,66 \text{ kW}$$

İnfiltrasyon¹ sonucu kaybedilen ısı miktarı denklem 3.4 ile kW cinsinden hesaplanabilir.

$$Q_L = (0,373 * \Delta T * V * E * W) / 1000 \quad (3.4)$$

Bu denklemde yer alan parametreler şu şekildedir;

ΔT = $t_i - t_o$ olmak üzere sıcaklık farkı [°C]

V = Sera hacmi [m³]

E = Hava değişim katsayısı (Tablo 3.1)

W = Rüzgâr faktörü (Tablo 3.2)

Hava değişim Faktörünü Tablo 3.1'den tek katlı polietilen film ve metal iskeletli sera tasarımı için kabul edersek nispeten ortalama bir değer olacak ve polikarbonat yapı için yakın bir değer olacaktır. Rüzgâr faktörünü ise Eskişehir de ortalama rüzgâr hızı 25 km/h hızını aşmadığı için <25 km/h karşılığı gelen değer kullanılacaktır.

Sera Tasarımı	Hava Değişim Faktörü (E)
Tek kat polietilen film ve metal iskelet	1,0
Çift kat polietilen film ve metal iskelet	0,7
Tek cam ve metal iskelet	1.08

Tablo 3.1. Hava değişim katsayısı (E) değerleri

Rüzgâr Hızı (km/h)	Rüzgâr Faktörü (W)
<25	1,0
30	1,025
35	1,05
40	1,075

Tablo 3.2. Rüzgâr faktörü (W) değeri

Bu denkleme (3.4) göre infiltrasyon ile ısı kaybını hesaplırsak;

$$QL = (0,373 * 24 * 2496 * 1 * 1) / 1000 = 22,34 \text{ kW}$$

QT denklemine (3.1) dönersek, toplam ısı kaybımız;

$$QT = 73,66 + 22,34 = 96 \text{ kW}$$

Taşınım ve infiltrasyon ile oluşan toplam ısı kaybını 96 kW olarak bulduk bu değere göre ısıtıcı kapasitemizi %10'luk emniyet payı ile 105,6 kW'ın altına düşmeyecek şekilde seçebiliriz. Öyle ise bu sera için 116 kW ısıtma ve yaklaşık 100 kW soğutma gücü sağlayabilen Yer Kaynaklı Isı Pompası (YKIP) veya 116 kW ısıtma gücü sağlayabilen Kömür Kazanı Isıtma Sistemi (KKIS) seçilebilir.

3.2. Yıllık Isı İhtiyacı Hesabı

Eskişehir bölgesi için ısıtma ihtiyacı duyulan dönem; Kasım- Nisan aylarını kapsayan 6 aylık dönemdir. Isı ihtiyacını her ay için ayrı ayrı hesaplayarak yıllık toplam ısı ihtiyacını 3.5 denkleminde hesaplırsak;

$$Q(\text{ay}) = U * (Ac / Ag) * (tid - tst - mn) * nn * nd \text{ [Wh /m}^2 \text{ ay]} \quad (3.5)$$

U = Toplam ısı transfer katsayısı [W/m²K]

Ac / Ag = Sera örtüsü yüzey alanı / Sera taban alanı oranı

tid = Sera iç ortam tasarım sıcaklığı [°C]

tmn = Ortalama gece sıcaklık değeri
tst = Gündüz toprağa depolanan ısı nedeni ile gece sıcaklık artışı ortalama değeri [°C]

nn = Gece saatleri sayısı

nd = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı

Yıllık ısı ihtiyacı 3.4 numaralı denkleme göre hesaplanıp aylara göre aşağıdaki tablo 3.3'te verilmiştir.

AY	ISI İHTİYACI (KW)
KASIM	6.262
ARALIK	13.519
OCAK	17.482
ŞUBAT	12.342
MART	7.617
NİSAN	1.739
TOPLAM	58.961

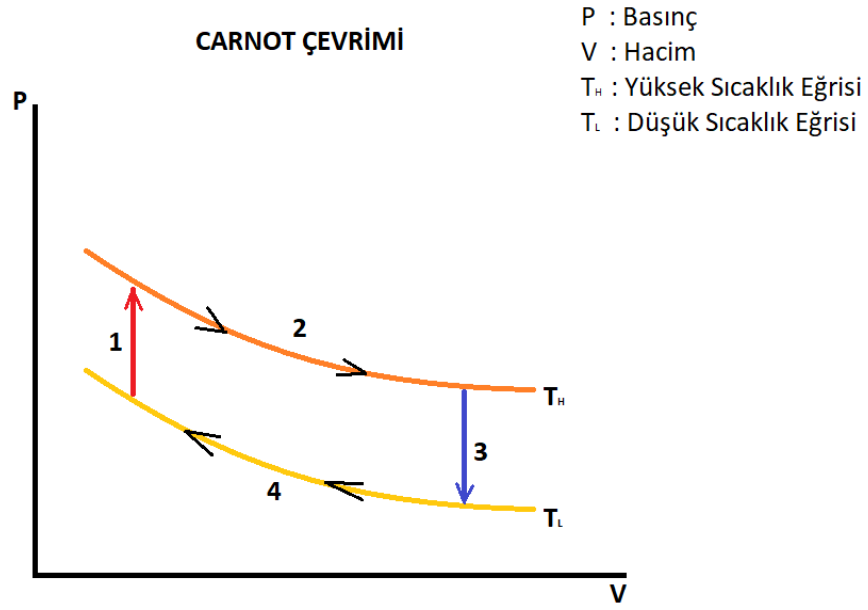
Tablo 3.3.*yıllık ısı ihtiyacı*

500 m² polikarbonat giydirme seranın yıllık ısı ihtiyacı tablo 3.3 'ten 58.961 kW olarak hesaplandı, bu değer kg. Cal biriminden değeri; 5.070.944 kg. Cal 'dir.

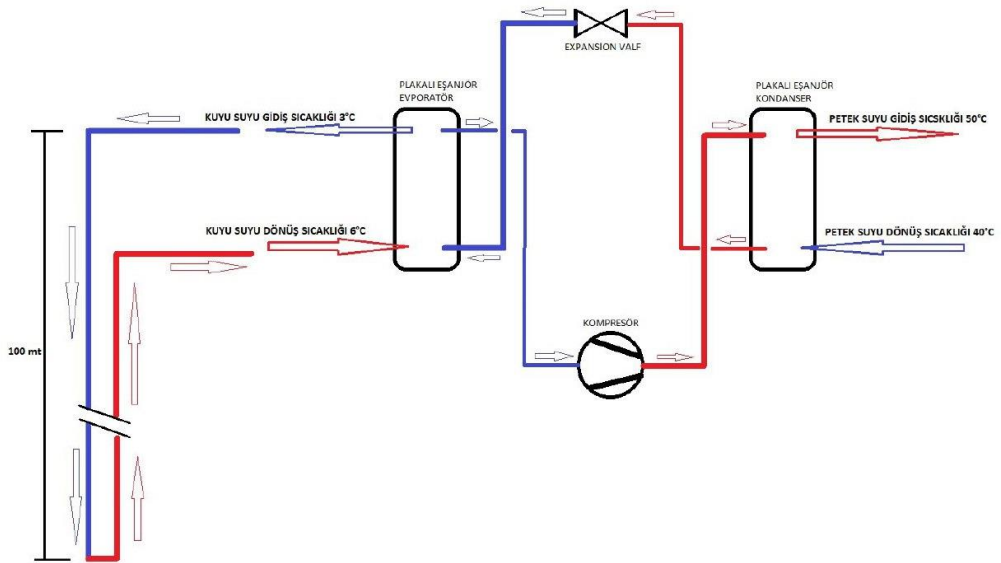
4. YER KAYNAKLI ISI POMPASI (YKIP) TANIMI

Sondajlarla yeraltında yerleştirilen Sondaj Eşanjörleri (SE) sayesinde yeraltından çekilen ısıyı alarak daha yüksek ısı çıktısı elde eden cihazlara Yer Kaynaklı Isı Pompası diyoruz. Cihazın çalışma prensibini carnot çevrimine dayanmaktadır. Bu çevrim; enerjinin sabit kaldığı, dışarıya kaçmadığı, en yüksek verimde çalışan ve kendini sürekli tekrarlayan kapalı bir çevrimdir. Aşağıdaki şekilde (Şekil 4.1) de bu çevrimi görmekteyiz.

En fazla ısı transferinin olduğu bölümler, üst grafikteki 2 ve 4 ile işaretlenmiş bölümlerdir. Bu bölümlerde, ısıtma ya da soğutma tercihinin göre ısı, Sondaj Eşanjörü marifeti ile çekilerek Evaporatöre verilmiş olur.



Şekil 4.1. Carnot çevirimi



Şekil 4.2. Yer kaynaklı ısı pompası çalışma prensibi

Örneğin; Ortamda ısıtma (2) olsun. Soğutma (4) bölümündeki ısı transferi enerji kuyuları vasıtası ile kullanıcıya herhangi bir maliyet oluşturmadan sağlanır. Grafikte (1) ile gösterilen bölüm ise elektrige ihtiyaç duyan tek kısımdır, burada gazı sıkıştırmak için kullanılan kompresör elektrik ile çalışmaktadır. Grafikte (3) ile gösterilen bölüm ise; ortamda ısıtma (2) işi yapıldıktan sonra, genişleme valfi marifetiyle

gazın tekrar genleştigi kısımdır. Bu kısımda kullanıcıya maliyet oluşturmamaktadır. Özet olarak; ısıtma için gerçekleşen bu çevrimde, sadece soğutucu akışkanı sıkıştırmak için enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır (1). Diğer aşamalarda Elektrik tüketimine ihtiyaç duymadan carnot çevrimi tamamlanmış olur. Enerji kuyusu ile birlikte bu çevrimi gerçekleştirebilen YKIP, 1 birim elektrik kullanarak yaklaşık 6-8 birim ısıtma yapmış oldu (COP=6-8).

5. MALİYET ANALİZİ

Maliyet analizi yaparken üzerinde duracağımız maliyet kalemleri yatırım ve işletme (değişken) maliyeti olacaktır. Sera içindeki iklimlendirmeyi stabil tutmak hem yıl boyu hasat almak hem de ürün kalitesi bakımından oldukça önemlidir. Bu nedenle fırsat maliyetini göz ardı ederek değerlendirmek doğru olacaktır. Her iki ısıtma yöntemi için oluşacak yatırım maliyeti ve ilk 10 yıl için oluşacak işletme maliyetleri arasında karşılaştırma yaparak, sera gibi uzun vadeli bir yatırımda hangi sistemin daha faydalı olacağına karar verilebilir.

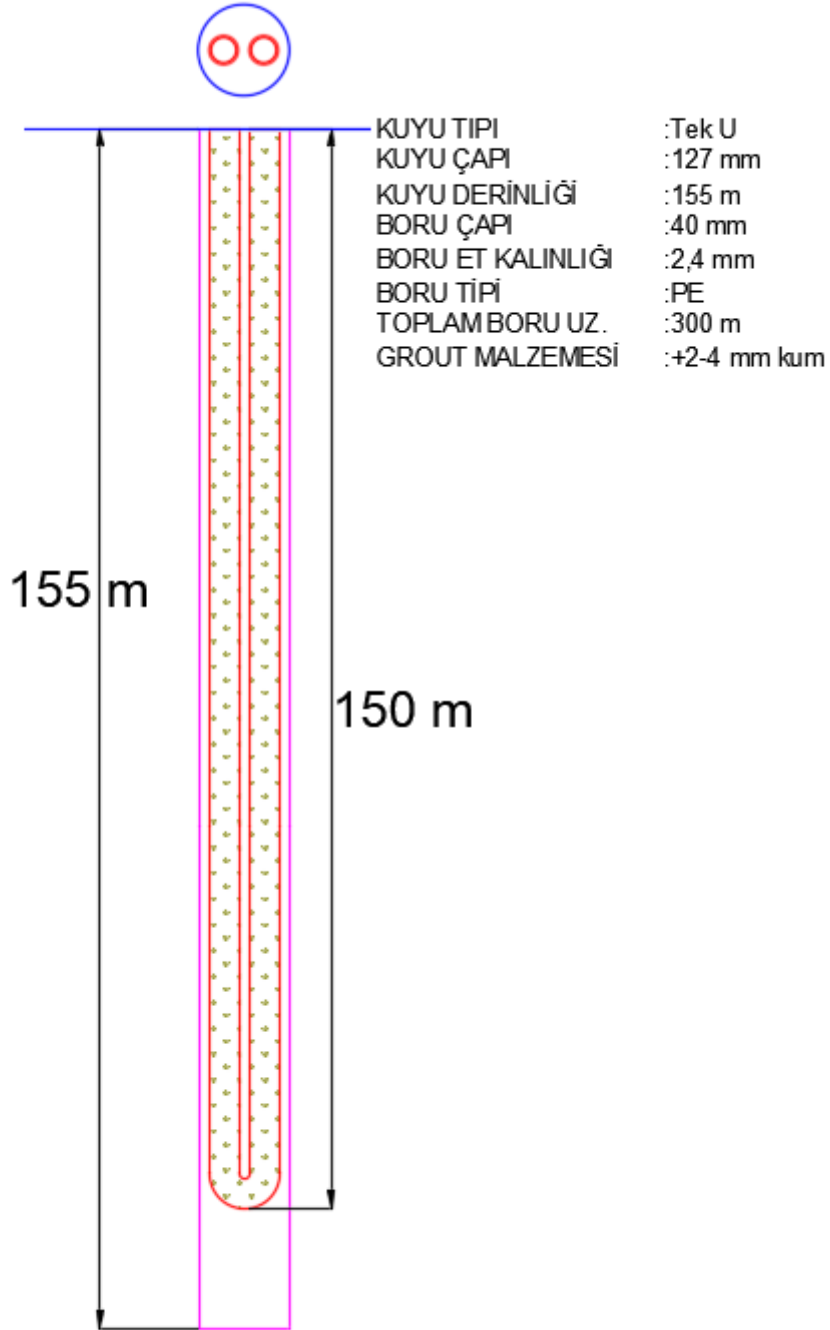
Yenilenebilir enerjiden faydalanmak maalesef yatırım maliyeti en yüksek yöntemlerden biri. Makine parçalarında dışa bağımlılık ve hızlı döviz kuru artışı bu yöntemdeki en büyük engeli teşkil ediyor. Ancak işletme maliyeti düşük ve çevreci olan yenilenebilir enerji uzun vadede birçok yönden rüştünü ispat etmiş durumda.

5.1. YKIP Kurulum Maliyeti

5.1.1. Sondaj eşanjörü maliyeti

YKIP için en önemli kısım şüphesiz ki yer yüzü kabuğudur. Yer kabuğundaki ısıyı kullanarak ısıtma veya soğutma yapmamıza olanak sağlar. YKIP cihazlarında Performans Katsayısı (PK) çok yüksektir. Bunun bir sebebi yeraltındaki sıcaklığın stabil olması ve mevsim değişikliklerinden etkilenmemesidir. Diğer sebebi de Sondaj Eşanjörleri (SE) (Şekil 5.1) marifeti ile ısı transferinin büyük bir kütlede gerçekleştirilmesidir. Bu büyük yeraltı kütlesi kolayca ısıtılıp soğutulamaz ve SE sayısına bağlı olarak çok büyük miktar da ısı çekmemize ya da depolamamıza olanak sağlar. YKIP yatırım maliyetinin %37'lik kısmını oluşturan Sondaj Eşanjörleri YKIP performansının yanı sıra yatırım maliyeti yönünden en önem verilmesi gereken kısımdır. Gerek PK için gerekse yatırım maliyeti için çok hassas hesaplanmalıdır. SE sayısı bulmamız için, sırasıyla aşağıdaki parametreleri bilmeliyiz.

- İhtiyaç duyulan ısıtma kapasitesi (kWh)
- YKIP cihazının Performans Katsayısı (PK)
- Sondaj Eşanjörü Spesifik Isı Çekme Kapasitesi (W/m)



Şekil 5.1. Sondaj Eşanjörü

Bu parametrelerden ısıtma kapasitesi; ilk bölümlerde 96 kWh olarak hesaplanmıştı %10 emniyet payı ile birlikte, SE miktarı için 105 kWh olarak kabul edeceğiz. Isıtma ihtiyacının büyük kısmını YKIP marifeti ile yeraltından çekilecek olup bu miktar Performans Katsayısına göre hesaplanacaktır. Isı Pompalarında PK; Isıtma kapasitesinin tüketilen enerjiye oranıdır. YKIP cihazları için PK 6-8 aralığında olabilmektedir. Bu sera için kullanılacak YKIP için PK oranı 6 olacak. Buna göre YKIP 105 kWh ısı üretirken bunun 1/6'sı kadar elektrik tüketecektir. Buna göre;

$$105 \text{ kWh} / 6 = 17,5 \text{ kWh}$$

Öyleyse YKIP maksimum kapasite ile çalıştığı sürede, saatte 17,5 kWh elektrik enerjisi tüketecek ve 87,5 kWh ısıyı da yeraltından çekerek sera içerisinde 105 kWh ısıtma sağlayabilecektir. 87,5 kWh ısıyı yeraltından çekmek için ne kadar SE gerekir? Bu sorunun yanıtını bulmak için ise bir metre uzunluğunda SE 'nün spesifik ısı çekme kapasitesini bulmamız gerekiyor. Aslında bu değeri tam olarak tespit etmek için, seranın yapılacağı alana bir kılavuz SE yerleştirilip termal tepki testi yapılması gerekir. Bu kapasitedeki bir iklimlendirme için özellikle maliyetlerin yüksek olduğu bir yatırım için bu şarttır. Ülkemizde YKIP uygulaması yok denecek kadar az olduğu için bu test yapılmamaktadır. Bu nedenle zemin yapısına uygun olarak aşağıdaki tablodan (tablo 5.1) bu seçim yapılır.

ZEMİN YAPISI	SPEŞİFİK ISI ÇEKME KAPASİTESİ
KURU, KUMLU ZEMİN	20-40 W/m
NEMLİ, KAYA ZEMİN	50-60 W/m
YERALTI SUYU BULUNAN ZEMİN	70-90 W/m

Tablo 5.1. Zemin yapısına göre spesifik ısı çekme kapasiteleri (W/m)

Sera yapılacak alanda yüzeye yakın yeraltı suyu olduğu bilindiğine göre 70-90 W/m arasında bir değer olan **80 W/m** değeri kullanılabilir. Öyle ise;

$$87,5 \text{ kWh} * 1000 = 87500 \text{ W} / 80 = 1093,75 \text{ m SE}$$

Her biri 150 m uzunluğunda 7 adet ve 100 m uzunluğunda bir adet olmak üzere toplam 8 adet kuyu açılarak, bu kuyulara 1100 m SE yerleştirmek sera için yeterli olacaktır. Delgi hizmeti, borulama maliyeti, enjeksiyon ve işçilik toplam metre fiyatı 200 TL/m +KDV (20€) olarak piyasadan edinilmiştir. Buna göre toplam SE maliyetimiz;

$$1100 * 200 = \underline{220.000,00} \text{ TL} + \text{KDV olacaktır.}$$

YKIP cihaz bedeli

YKIP, dünya üzerinde çok fazla uygulaması olsa da maalesef ülkemizde çok tanınmamaktadır. Üretici firmalar da bu sebeple Türkiye politikalarını ağırlıklı olarak Hava Kaynaklı Isı Pompası satmak yönünde geliştirmiş durumdadır. Bu nedenle asıl işi bu olmadığı halde talep üzerine özel sipariş olarak üretim yapabilen imalatçı sayısı çok azdır. Bu durum elbette cihaz maliyetini yükseltmektedir. 105 kWh ısıtma ve 86 kWh soğutma gücü olan bir cihaz imalatı yaklaşık 176.000,00 TL +KDV (17.600€) tutarındadır.

Sera içinde kullanılacak Fan Coil maliyeti

TKIP 'nın en büyük avantajlarında biri, cihazın ısıtma ve soğutma modunda kullanılabilmesidir. Bu yüzden tıpkı klima iç ünitesine benzer cihazlar sera içerisine yerleştirilecektir. Bu iç ünitelere (Fan Coil) ısıtma modunda 35-40°C aralığında sıcak su, soğutma modunda da 5-10°C aralığında soğuk su gönderilecektir. Isıtma ya da soğutma modunda sera içerisinde istenilen sıcaklığı homojen olarak sağlayabilecek bu iç ünitelerden 500 m² sera alanı için 7 adet kullanılması yeterli olacaktır. Adet fiyatı 9.000,00 TL +KDV (900€) olan iç ünitelerin toplam maliyeti;

$$7*9.000 = \underline{63.000,00} \text{ TL+KDV olacaktır.}$$

Tesisat elemanları ve montaj işçiliği maliyetleri.

Tesisat elemanları ve montaj işçiliği maliyeti, liste halinde aşağıdaki tabloda (tablo 5.2) verilmiştir.

MALİYET KALEMİ	MİKTARI	B. FİYAT	TOPLAM
Sirkülasyon Pompası (Wilo 25 m³/h)	2 adet	750 €	1500 €
Genleşme Tankı	2 adet	300 €	600 €
Akümülayon Tankı 1000 LT	1 adet	950 €	950 €
Bağlantı malz. ve kolektörler	1 adet	3000 €	3000 €
İşçilik	1 adet	2250 €	2250 €
TOPLAM			8300 €

Tablo 5.2. Tesisat ve işçilik maliyetleri

Euro/TL güncel kuru 10 TL olduğu için Toplam Maliyet 83.000,00 TL 'dir.

Kalıp ve beton maliyetleri

Sondaj Eşanjörlerini ve buradan kazan dairesine gelen boru hattını, beton bir kanal içerisine almak hem üstte kalan alanı kullanmak için hem de bu bölümleri izole etmek açısından önemlidir. Bu nedenle resim de (resim 5.1) görüldüğü şekilde bir beton kanalın maliyetini de hesaba dahil etmek doğru olacaktır.



Resim 5.1. SE beton kanal uygulaması

Sekiz adet SE için beton kanal uygulamasında 40 m² kalıp işçiliği ve 10 m³ c25 beton maliyeti toplam;

$$(40 \text{ m}^2 * 50 \text{ TL}) + (10 \text{ m}^3 * 250 \text{ TL}) = 5500,00 \text{ TL olur.}$$

MALİYET KALEMİ	TUTAR
SE Maliyeti	220.000,00 TL
YKIP Cihaz Maliyeti	176.000,00 TL
Fan Coil Maliyeti	63,000,00 TL
Tesisat Elemanları ve İşçilik maliyeti	83.000,00 TL
Kanal için Kalıp Beton Maliyeti	5.500,00 TL
TOPLAM MALİYET	547.500,00 TL

Tablo 5.2. YKIP toplam yatırım maliyeti

Kömür Kazanı Kurulum Maliyeti

Kömür kazanı maliyeti

116 kWh kapasiteli bir kömür kazanı piyasadan kolaylıkla temin edilebilir. Ortalama kalitede cihaz bedeli yaklaşık 14.200,00 TL (1420 €) olacaktır.

TESİSAT ELEMANLARI VE MONTAJ İŞÇİLİĞİ MALİYETLERİ

MALİYET KALEMİ	MİKTARI	B. FİYAT	TOPLAM
Sirkülasyon Pompası (Wilo 25 m ³ /h)	1 adet	750 €	750 €
Genleşme Tankı	1 adet	500 €	500 €
48 mm demir boru	1200 m	1,81 €	2172 €
Bağlantı mal. Ve kolektörler	1 adet	2000 €	2000 €
İşçilik	1 adet	2250 €	2.250 €
TOPLAM			4250 €

Tablo 5.3. Tesisat ve işçilik maliyetleri

Sera içlerinde ısı iletim cihazı olarak kullanılan demir borular, en sık kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde seranın zemininde belli sıklıkla döşenen 48 mm kalınlığındaki demir borular içerisinde, kömür kazanın ısıttığı suyu dolaştırarak ısıtma sağlanmaktadır. Bu borularda 70 °C su dolaştığında, her 1 m borudan yaklaşık 96 Wh ısı aktarılmış olur. Öyle ise sera içerisine; $105000W/96 = 1093$ m boru döşemek gerekmektedir. Cihaz kapasitesini ve kazan sera arası mesafe dikkate alarak bu miktar 1200 m olarak belirlenebilir.

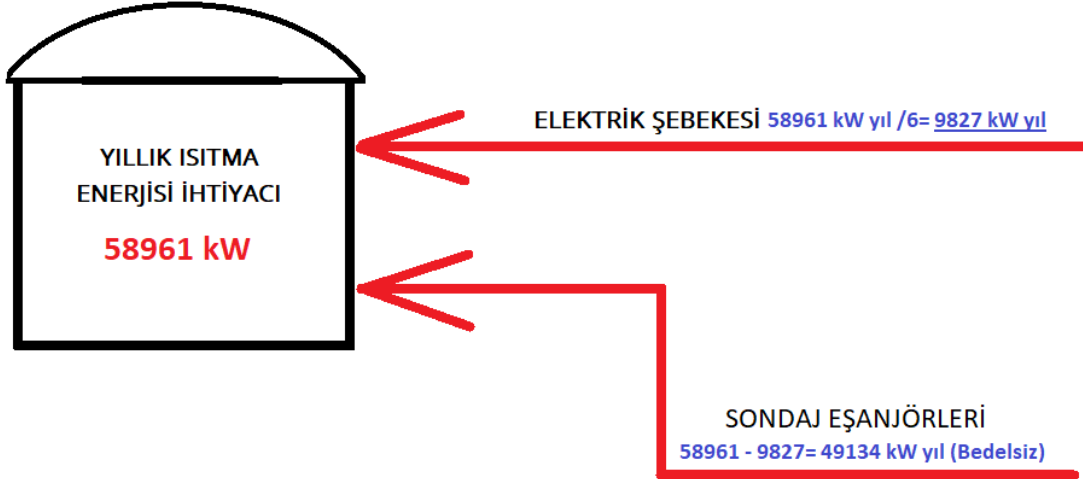
MALİYET KALEMİ	TUTAR
116 kWh Kömür Kazanı	14.200,00 TL
Tesisat El. Ve işçilik maliyeti	42.500,00 TL
TOPLAM MALİYET	56.700,00 TL

Tablo 5.4. Kömür kazanı toplam yatırım maliyeti

YKIP İşletme Maliyeti

YKIP işletme maliyetinde enerji tüketimi en önemli gider kalemi olacaktır. Bu tüketimi hesaplarken yıllık ısı ihtiyacı ve YKIP cihazının PK değeri kullanılır. Önceki bölümlerde hesaplanan yıllık ısı ihtiyacı 58.961 kW (5.070.944 kg. Cal) (tablo 3.3) oluşuna göre yıllık tüketim PK (6) değeri kullanarak bulunabilir. YKIP seranın ihtiyacı olan ısının 1/6'sını elektrik şebekesinden karşılayacağı için yıllık elektrik tüketimi;

$$58.961 \text{ kW}/6 = 9827 \text{ kW yıl olacaktır.}$$

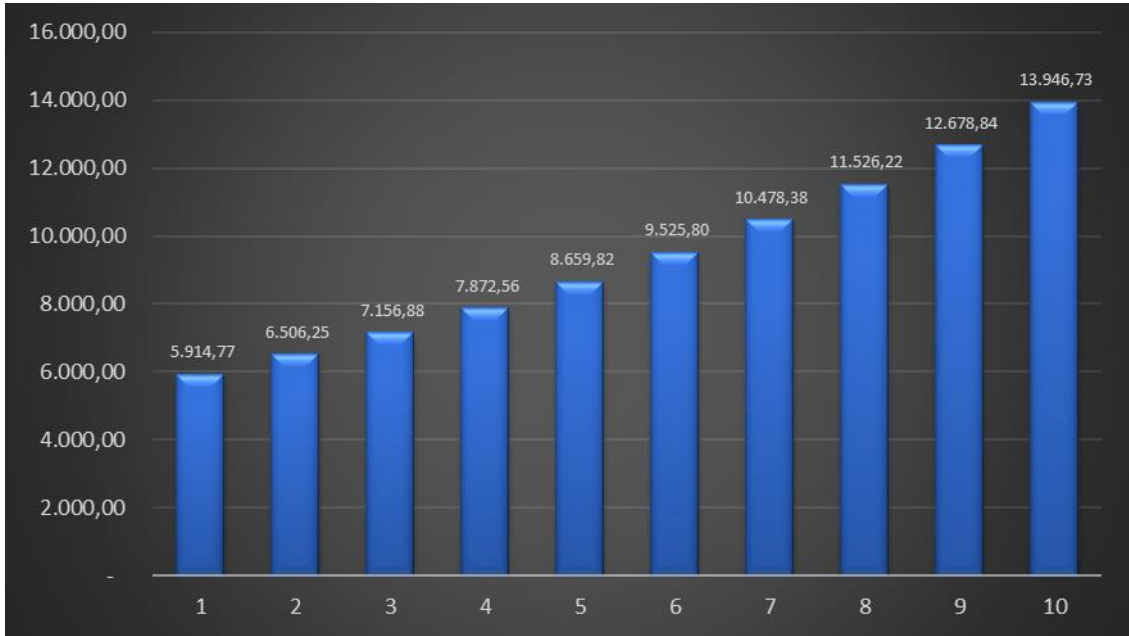


Şekil 5.2. YKIP ısı ihtiyacı şeması

Bu veriler ışığında yatırımın ilk 10 yıllık işletme maliyeti tablo 5.5'te görülmektedir. Tablo oluşturulurken elektrik tüketim bedelindeki artış, yıllık % 10 Olarak kabul edilmiştir.

YIL	TÜKETİM (Kw)	BİRİM F. (TL)	TUTAR (TL)
2020	9827	0,60	5.914,77
2021	9827	0,66	6.506,25
2022	9827	0,73	7.156,88
2023	9827	0,80	7.872,56
2024	9827	0,88	8.659,82
2025	9827	0,97	9.525,80
2026	9827	1,07	10.478,38
2027	9827	1,17	11.526,22
2028	9827	1,29	12.678,84
2029	9827	1,42	13.946,73
TOPLAM			94.266,25

Tablo 5.5. YKIP 10 yıllık enerji tüketim bedeli



Grafik 5.1. YKIP 10 yıllık enerji tüketim bedeli

YKIP cihazları ve Fan Coiller periyodik bakım ihtiyacı duymazlar. Kendi içlerinde elektronik olarak kontrol sağladıkları için kolay kolay arıza vermezler. Şebeke ya da su hatları ile ilgili bir problem çıkarsa kendini korumaya alır. Uzaktan erişim imkânı sağlayabilen yazılımları sayesinde gözetim altında tutmaya gerek kalmaz. Katı atık üretmediği için atık bertaraf sorunu yoktur. Haliyle bu iş için ayrıca bir istihdama gerek yoktur. Herhangi bir patlama ya da yangın riski yoktur. Bu nedenle birçok yönetmelikten ve bu yönetmeliklerin şart koştuğu külfetlerden muaftır. CO₂ salınımı olmadığı için filtre veya baca maliyeti yoktur. Bu nedenlerle, işletme maliyeti sadece elektrik tüketimi ile sınırlı olarak değerlendirilebilir.

Kömür Kazanı İşletme Maliyeti

Kömür kazanı işletme maliyeti incelenirken, yıllık kömür tüketim maliyeti dışında kazan sistemiyle ilgilenecek bir personel istihdam etmek gerekecektir. Bu personel kazanı yakabilecek eğitimi almış vasıflı bir personel olmalıdır. Kazanın kömür ihtiyacına göre kömür beslemesini yapmak, emniyet için kazan basınçlarını takip etmek, kazanın temizliğini yapıp çıkan külü atmak gibi işler bu personelin yapması gereken işler olacaktır. Bu iki maliyet kalemini incelersek;

Yıllık kömür tüketim maliyeti

Yıllık kömür tüketimi, yıllık ısı ihtiyacına göre belirlenecek. Bu hesabı yapabilmek için kullanılacak kömürün ısıl değerini ve ton fiyatını bilmek gerekir. Isıl değeri 7500 kg. Cal olan ithal kömürün Ton fiyatı piyasada 1300,00 TL +KDV'dir. Bu değerlere göre tablo 5.6 da ilk 10 yıllık kömür maliyeti verilmekte. Tablo oluşturulurken ithal kömür bedelindeki artış, yıllık %10 Olarak kabul edilmiştir.

YIL	TÜKETİM (kg)	BİRİM F. (TL/kg)	TUTAR (TL)
2020	10.400	1,30	13.520,00
2021	10.400	1,43	14.872,00
2022	10.400	1,57	16.359,20
2023	10.400	1,73	17.995,12
2024	10.400	1,90	19.794,63
2025	10.400	2,09	21.774,10
2026	10.400	2,30	23.951,50
2027	10.400	2,53	26.346,66
2028	10.400	2,79	28.981,32
2029	10.400	3,07	31.879,45
TOPLAM			215.473,98

Tablo 5.6. Kömür Kazanı için 10 yıllık enerji tüketim maliyeti



Grafik 5.2. Kömür kazanı için 10 yıllık enerji tüketim maliyeti

Yıllık işçilik maliyeti

Kazan dairesinin sevk ve idaresini yapacak, kömürün iyi yanmasını sağlayacak ve katı atıkları boşaltıp bertaraf edecek personelin 6 aylık iş veren maliyeti 23.407,82 TL dir (tablo 5.7).

Brütten Nete Maaş Hesabı												
	Brüt	SSK İşçi	İşsizlik İşçi	Aylık Gelir Vergisi	Damga Vergisi	Kümülatif Vergi Matrahı	Net	Asgari Geçim İndirimi	Toplam Ele Geçen	SSK İşveren	İşsizlik İşveren	Toplam Maliyet
Ocak	2943,00	412,02	29,43	375,23	22,34	2501,55	2103,98	220,73	2324,71	456,16	58,86	3458,03
Şubat	2943,00	412,02	29,43	375,23	22,34	5003,10	2103,98	220,73	2324,71	456,16	58,86	3458,03
Mart	2943,00	412,02	29,43	375,24	22,34	7504,65	2103,98	220,73	2324,71	456,16	58,86	3458,03
Nisan	2943,00	412,02	29,43	375,23	22,34	10006,20	2103,98	220,73	2324,71	456,16	58,86	3458,03
Kasım	2943,00	412,02	29,43	500,31	22,34	27517,05	1978,90	220,73	2199,63	456,16	58,86	3458,03
Aralık	2943,00	412,02	29,43	500,31	22,34	30018,60	1978,90	220,73	2199,63	456,16	58,86	3458,03
TOPLAM	35316,00	4944,24	353,16	4903,71	268,08	30018,60	24846,83	2648,76	27495,59	5473,92	706,32	20748,18

Tablo 5.7. Bekar bir işçinin, işletmeye 6 aylık masrafı

Bir işçinin haftalık çalışma süresi yasal olarak 45 saat tir ve hafta tatili kullanmaları iş kanunu gereği mecburidir. Bu bilgiler dahilinde gece sürelerinde de kazan dairesi için bir işçi bulundurmak, yasal olarak ve ürün kalitesini korumak açısından zaruridir. Bir işçinin 6 aylık işveren maliyeti 20.748,18 TL idi 2 işçi için bu rakam 41.496,36 TL dir. Günlük 1 öğün yemek hakkı da her iki işçi için $20*2=40$ TL olacaktır bu da aylık $40*30=1200$ TL. Aylık İaşe giderleri ve İSG masraflarını da dahil etmek gerekirse toplam 1500,00 TL yıllık olarak bu rakam $6*1500=9000$ TL olacaktır. Sonuç olarak sera da kazan dairesini sevk ve idare etmek için yıllık işçilik maliyetimiz; $41.496,36+9.000,00=50.496,36$ TL olacaktır. Yıllık %10 tüfe ile 10 yıllık maliyet tablo 5.8 de verilmiştir.

YIL	İŞÇİLİK MAL. (TL)
2020	50.496,36
2021	55.546,00
2022	61.100,60
2023	67.210,66
2024	73.931,72
2025	81.324,89
2026	89.457,38
2027	98.403,12
2028	108.243,43
2029	119.067,78
TOPLAM	804.781,93

Tablo 5.8. Kömür kazan dairesi sevk ve idaresi için 10 yıllık işçilik maliyeti



Grafik 5.3. Kömür kazan dairesi sevk ve idaresi için 10 yıllık işçilik maliyeti

Serayı istenilen sıcaklıkta tutmak kömür kazanıyla tabii ki mümkün olacaktır ancak serinletme yapılamayacağı da aşikardır. Bu nedenle 365 gün ürün devamlılığı sağlanamayacaktır ki bu da seranın ürün kalitesini ve devamlılığını düşüreceği için sera işletme maliyetini olumsuz yönde etkileyecektir. Bu gibi dolaylı etkileri ve sera içerisini soğutmak için yapılabilecek işlemler sonucu oluşabilecek soğutma maliyetlerini göz ardı edersek seranın 10 yıllık işletme maliyeti tablo 5.9 gibi olacaktır.

YIL	YAKIT MAL. (TL)	İŞÇİLİK MAL. (TL)	TOPLAM İŞL. MAL.
2020	13.520,00	50.496,36	64.016,36
2021	14.872,00	55.546,00	70.418,00
2022	16.359,20	61.100,60	77.459,80
2023	17.995,12	67.210,66	85.205,78
2024	19.794,63	73.931,72	93.726,35
2025	21.774,10	81.324,89	103.098,99
2026	23.951,50	89.457,38	113.408,89
2027	26.346,66	98.403,12	124.749,78
2028	28.981,32	108.243,43	137.224,75
2029	31.879,45	119.067,78	150.947,23
TOPLAM	215.473,98	804.781,93	1.020.255,91

Tablo 5.9. Kömür kazan için 10 yıllık işletme maliyeti



Grafik 5.3. Kömür kazan için 10 yıllık işletme maliyeti

Maliyetlerin Karşılaştırılması

Sağlıklı bir karşılaştırma yapabilmek için her iki sisteminde yatırım ve işletme maliyetleri ayrıntılı bir şekilde hesaplandı. Her iki yöntemin, yatırım maliyetini ve 10 yıllık işletme maliyetini ayrı ayrı incelemek ve karşılaştırarak için kümülatif maliyetleri grafik olarak analiz etmek çok doğru olacaktır.

YKIP yatırım ve 10 yıllık işletme maliyeti

YKIP sisteminin yatırım ve 10 yıllık işletme maliyetini, yatırımın gerçekleştiği ilk yıldan itibaren kümülatif olarak tablo 5.10 da görebiliriz.

YIL	YATIRIM M.	İŞLETME MAL.	KÜMÜLATİF
2020	547.500,00	5.914,77	553.414,77
2021		6.506,25	559.921,02
2022		7.156,88	567.077,90
2023		7.872,56	574.950,46
2024		8.659,82	583.610,28
2025		9.525,80	593.136,08
2026		10.478,38	603.614,46
2027		11.526,22	615.140,68
2028		12.678,84	627.819,52
2029		13.946,73	641.766,25

Tablo 5.10. YKIP ilk 10 yıllık kümülatif maliyet



Grafik 5.4. YKIP ilk 10 yıllık kümülatif maliyet

YKIP sisteminin ilk 10 yıllık işletme maliyeti, ilk yatırım maliyetinin %17'sine karşılık gelmektedir. Grafik 5.4'te kümülatif maliyet eğrisi, yatırım maliyetinin etkisi ile ilk yıl yüksek bir değerden başlasa da sonraki yıllarda yatay bir seyir izlemektedir.

Kömür kazanı yatırım ve 10 yıllık işletme maliyeti

Kömür kazanlı sistemin yatırım ve 10 yıllık işletme maliyetini, yatırımın gerçekleştiği ilk yıldan itibaren kümülatif olarak tablo 5.11'de görebiliriz.

YIL	YATIRIM M.	İŞLETME MAL.	KÜMÜLATİF
2020	56.700,00	64.016,36	120.716,36
2021		70.418,00	191.134,36
2022		77.459,80	268.594,15
2023		85.205,78	353.799,93
2024		93.726,35	447.526,28
2025		103.098,99	550.625,27
2026		113.408,89	664.034,15
2027		124.749,78	788.783,93
2028		137.224,75	926.008,68
2029		150.947,23	1.076.955,91

Tablo 5.11. Kömür kazanı ilk 10 yıllık kümülatif maliyet



Grafik 5.5. Kömür kazanı ilk 10 yıllık kümülatif maliyet

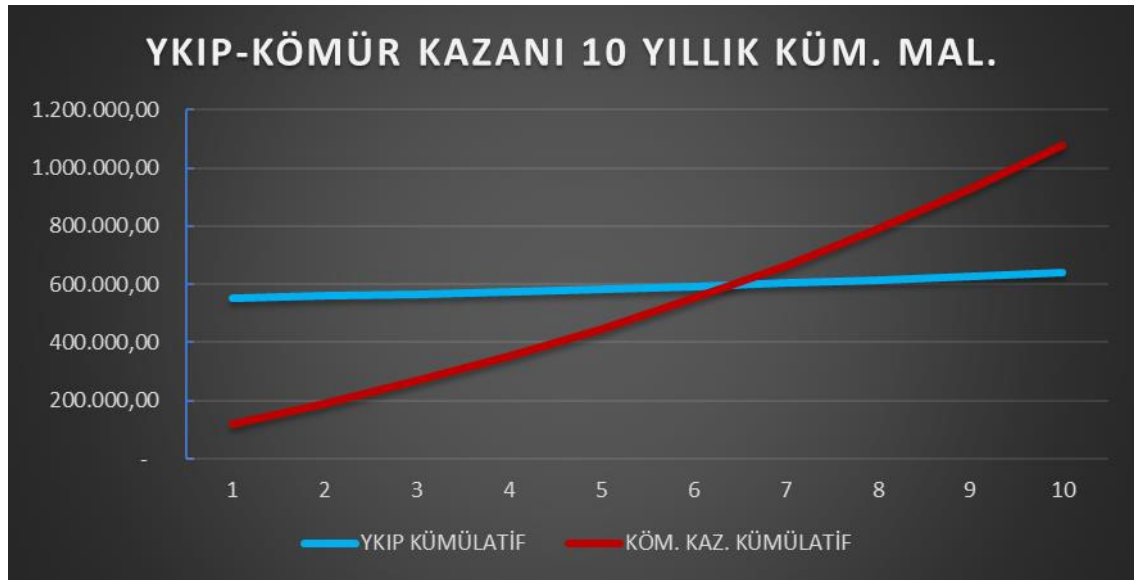
Kömür kazanlı sistemin 10 yıllık işletme maliyeti, ilk yatırım maliyetinin 18 katına karşılık gelmektedir. Grafik 5.5'te kümülatif maliyet eğrisi, ilk yıl düşük bir değerden başlasa da sonraki yıllarda agresif bir seyir izlemektedir.

Maliyetlerin karşılaştırılması

Grafik 5.6'ya göre, 6. yılda iki sistemin kümülatif maliyetlerinin kesiştiği gözüküyor. YKIP iklimlendirme sistemi, 10 yıl sonunda işletmeyi 435.189,66 TL kâra geçirmiştir. (Tablo 5.12)

YIL	YKIP KÜMÜLATİF	KÖM. KAZ. KÜMÜLATİF	FARK
2020	553.414,77	120.716,36	-432.698,41
2021	559.921,02	191.134,36	-368.786,67
2022	567.077,90	268.594,15	-298.483,75
2023	574.950,46	353.799,93	-221.150,53
2024	583.610,28	447.526,28	-136.084,00
2025	593.136,08	550.625,27	-42.510,81
2026	603.614,46	664.034,15	60.419,69
2027	615.140,68	788.783,93	173.643,25
2028	627.819,52	926.008,68	298.189,16
2029	641.766,25	1.076.955,91	435.189,66

Tablo 5.12. YKIP ve Kömür Kazanı ilk 10 yıllık kümülatif maliyetlerinin karşılaştırılması



Grafik 5.6. YKIP ve Kömür Kazanı ilk 10 yıllık kümülatif maliyetlerinin karşılaştırılması

SONUÇ Bu karşılaştırma yapılırken, Kömür kazanlı sistemin sadece ısıtma için kullanıldığı, YKIP sisteminin ise iklimlendirme için kullanıldığı göz ardı edilmemelidir.

İklimlendirmenin 365 gün standart ürün kalitesi ve devamlılığı sağlaması, YKIP sisteminin seracılığın avantajlarını yıl boyu kullanmaya daha elverişli olduğunun ispatıdır.

Sera işletmecisinin ısıtma için bir sisteme yatırım yapması şart olduğuna göre YKIP iklimlendirme sistemi tercih edilmelidir.

Bundan sonraki yıllar için de sondaj eşanjörlerinin ömrü olan 50 yıl boyunca da belki diğer kısımlarda yapılacak ufak tefek revizyonlar ile birlikte çok daha kârlı bir iklimlendirme