

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

TAKIM ADI: SMYRNA Enerji ve Çevre Projeleri Geliştirme Takımı.

PROJE ADI: Soğutma Sistemlerinde Yüksek Basınç Hattında Meydana Gelen Atık Isının Etkin Kullanımı.

TAKIM SEVİYESİ: Üniversite ve Üzeri Seviyesi.

BAŞVURU ID: 335498

İÇİNDEKİLER

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)	3
2. Problem/Sorun:	4
2.1 Kalorifer Kazanları:.....	4
2.2 Kalorifer Kazanlarında Yakılan Fosil Yakıtların Çevreye Verdiği Zararlar:	5
2.3 Fuel-Oil'in Çevreye Verdiği Zararlar:.....	6
2.4 Güneş Kollektörleri:	6
3. Çözüm	7
4. Yöntem	8
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü	12
6. Uygulanabilirlik	12
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması	12
8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar)	13
9. Riskler	13
10. Kaynakça	15



1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Firmaların rekabet edebilmeleri, kısaca ayakta kalabilmeleri için en önemli unsur, uygun fiyata üretim yapabilmeleridir. Uygun fiyata üretim yapabilmeleri için, maliyetleri düşürmeleri gerekmektedir. Maliyetleri yükselten en önemli unsurların başında enerji maliyetleri gelmektedir. Bunun için firmalar enerji tüketimi düşük cihazları kullanmaya yönelmekte ve enerji tüketimini düşürecek tedbirler almaktadırlar. Bunlar, firmaların kendi menfaatleri için almış oldukları tedbirlerdir. Günümüzde enerji üretiminin büyük bir kısmı fosil yakıtlar tarafından elde edilmektedir. Fosil yakıtlar ise yeryüzünde iklim değişikliklerine ve çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Bunun için enerjiyi mümkün olduğunca dikkatli ve verimli kullanmalıyız. Eğer açığa çıkan enerji varsa bunu en etkin şekilde değerlendirmeliyiz.

Bilindiği gibi en ucuz enerji, atık enerjilerin değerlendirilmesiyle elde edilen enerjilerdir. Fabrikalar, alışveriş merkezleri, spor salonları, yemekhaneler, oteller, askeri kışlalar ve hastaneler gibi yerlerde endüstriyel tip soğutma sistemleri bulunmaktadır ve bu yerlerde sürekli kullanım sıcak suyu ihtiyaç duyulmaktadır ve bu sıcak suyu üretmek için sıcak su üretim cihazları kullanılmaktadır. Bu cihazlar yaz- kış suyu kullanım sıcaklığına getirmek için yüksek enerji harcamaktadır. Projemizde ihtiyaç duyulan sıcak suyun ısısını bir miktar soğutma sistemimizin kondenserin de bulunan atık ısı sayesinde yükseltip sıcak su üreten cihazımıza göndererek hem sıcak su ihtiyacı için harcanan enerji miktarını düşürdük, hem de soğutma sistemimiz de ki kondenser verimini yükselterek soğutma etkisini artırdık. Böylece, Soğutma sistemlerinde kondenser ısısından sıcak su elde eder iken, sistemin verimini yükseltip çevreye, ekonomiye ve kullanıcıya yarar sağlamayı amaçladık. Yapmış olduğumuz bu çalışmayı bir prototip setine uyarladık ve bu prototip üzerinde testler yaptık. Uyarladığımız prototipten aldığımız test verilerini bir rapor haline getirdik.

Aşağıdaki fotoğraflarda da görüldüğü gibi büyük tesislerde endüstriyel tip soğutma gruplarının yanında mutfak, duşlar vb. suretle kullanılmak üzere sıcak su üretmek için ısıtma grupları da mevcuttur. Bu proje ‘‘2012 yılı TÜBİTAK-ETKB/YEG Ortaöğretim Öğrencileri Arası Enerji Verimliliği Proje Yarışmasına’’ Takım liderimiz Yasin Kayasarı tarafından katılmıştır ve Türkiye 1.ligi ödülüne layık görülmüştür.



Fotoğraf-1: İzmir Büyük Şehir Belediyesi, Aşık Veysel Rekreasyon Alanı buz pisti tesisine ait endüstriyel tip soğutma grupları ve sıcak su temini için kullanılan doğalgaz kazanları.

2. Problem/Sorun:

Fabrikalar, alışveriş merkezleri, spor salonları, buz pistleri, yemekhaneler, askeri kışlalar, oteller ve hastaneler gibi yerlerde makinelerin soğutulması, gıda, ilaç ve tıbbi malzemelerin uygun koşullarda saklanması vb. nedenlerden ötürü sürekli çalışan endüstriyel tip soğutma sistemleri bulunmaktadır. Ayrıca bu yerlerde bulaşıkların yıkanması, sporcuların, işçilerin, askerlerin ve hastaların duş yapması için sürekli kullanım sıcak suyuuna ihtiyaç vardır. İşletmeler, hem soğutma sistemini çalıştırmak için hem de kullanım sıcak suyu temin etmek için ayrı ayrı yüksek miktarda enerji bedeli ödemektedirler. Günümüzde sıcak su temin etmek için çeşitli yöntemler vardır, ev gibi küçük binalarda sıcak su temini kombi, şofben, güneş kollektörleri ve elektrikli termosifon gibi bireysel sıcak su üreten cihazlarla sağlanırken. İnsanların toplu yaşadığı veya faaliyet gösterdiği otel, fabrika ve spor salonları gibi yerlerde bireysel sıcak su üretimi yerine daha çok kullanıcıya ekonomik fayda sağlayacak; kalorifer kazanları ve boyler gibi merkezi sıcak su temini yapan sistemler kullanılmaktadır. Ancak bu sistemler fosil yakıt yaktığı için birçok dezavantajları ve çevreye büyük zararları vardır.

2.1 Kalorifer Kazanları:

Kömür kazanı, katı yakıtlı kalorifer kazanları diye de adlandırılan bir kazan tipidir. Genellikle doğal gazın olmadığı veya doğal gaza ulaşılamayan yerlerde kullanılır. Katı yakıtta ulaşmanın kolay olması nedeniyle tercih edilir. Doğal gazın olmadığı bölgelerde, apartmanlarda ve toplu konut bölgelerinde, toplu yaşamın olduğu bölgelerde kullanımı görülür. Kalorifer kazanları iki çeşitte imal edilirler. Bunlar dökme dilimli kazanlar ve çelik kazandır. Çelik kazanlar tek parçadan yapılırlar. Maliyeti düşük fakat montaj ve demontajı sırasında birçok problem yaşanan kazanlardır. Dökme kazanlar ise pahalı ama parçalanacak şekilde yapılırlar. Bu kazanların montaj ve demontajı eğer küçük kapasiteli kazanlar ise kişilerce taşınabilir fakat diğerlerini mutlaka iş makinesi ile taşımamız gerekmektedir.



Fotoğraf-2.1: Küçük kapasiteli bir kazanın dilimlerinin taşınması ve bir kazan dairesinin kurulumu.

Kalorifer kazanlarının ömrü yaklaşık olarak 10-15 yıl olarak hesaplanmıştır. Bir süre sonra kazanların içyapısı bozulduğu için işlevlerini yerine getiremez hale gelirler. Resimdeki gibi hale gelen bu kazanların mutlaka yenisi ile değiştirilmesi gerekir. Sıvı yakıtlı (fuel-oil yakıtlı) ve kömür yakan kazanlarda kazan dairesi sürekli kirlenmektedir. Özellikle fuel-oil yakıt çevreye çok büyük zarar vermektedir. Buradaki kirler yıkanarak kanalizasyona atılmakta oradaki canlılara ve kanalizasyonun boşaldığı yerlerde çok büyük çevre felaketlerine yol açmaktadır.



Fotoğraf-2.1.2: Dökme dilimli ve çelik kalorifer kazanının hurdaya ayrılmış hali.

2.2 Kalorifer Kazanlarında Yakılan Fosil Yakıtların Çevreye Verdiği Zararlar:

Fosil yakıtlar, yeraltındaki tortulardan 100 milyonlarca yılda oluşan, kömür, petrol ve doğalgaz gibi yakıtlardır. Kömür, petrol ve doğalgaz yoğunlaştırılmış enerji kaynağı olarak yeraltından kolay çıkarılır ve nakledilir. Yandığı zaman kömür ve petrol, çevreyi çok fazla kirletir. Fosil yakıtlı santrallerden yılda milyonlarca ton kükürt ve azotoksit ile on binlerce ton kirletici parçacıklar meydana gelir ve bunlar atmosfere yayılır. Kükürt ve azotoksitler asit yağmuruna yol açarlar. Asit yağmurları ise bitkilerin, nehir ve göllerdeki balıkların ölümüne sebep olurken, metal sanayi ürünlerine de zarar verirler. Azotoksit, ozon tabakasının incelmeye ve delinmesine yol açar. Ozon tabakası, ultraviyole (mor ötesi) ışınları soğurarak biyosferi korur, stratosferi ısıtır. Ozon tabakasının incelmeye insan sağlığına, ekolojik sisteme ve ekonomiye büyük zararları vardır. Fosil yakıtlardan bol miktarda CO₂ yayılması olur. CO₂ atmosferde sera etkisi yaratır yani CO₂ güneşten gelip yere ulaşan ve tekrar yükselen ışınları dünyaya geri yansıtır. Son zamanlarda havadaki kirletici gazların artışı; bölgesel yağışlarda belirgin farklılık, deniz seviyesinin 10 ila 20 cm arasında yükselmesi, hava ve okyanusların uzun süreli ortalama sıcaklığında artışlar, tropik bölgelerde buharlaşmanın artması ve buzulların erimeye başlaması ve mevsim değişiklikleri gibi değişikliklere yol açmaktadır. Fosil yakıtlardan dolayı yayılan diğer gaz ve parçacıklar ise, solunum yolları hastalıklarına, kansellere ve erken ölümlere sebep olmaktadır. Ayrıca, kömür dumanlarında da radyoaktivite mevcuttur. Dünyanın tüm enerji ihtiyacının %85 kadarı kömür, petrol, doğalgaz,

bitümlü şist gibi fosil yakıtlardan üretilmektedir. Türkiye'deki elektrik üretiminin %65'i fosil kaynaklı, %35'i ise hidroelektrik kaynaklıdır. Fosil yakıtların başka bir problemi ise yenilenebilir enerji olmaması ve bunun sonucunda da mevcut rezervlerin hızla tükeniyor olmasıdır. Bu yüzden fosil yakıtları olabildiğince dikkatli ve verimli kullanmalıyız. Nükleer enerjinin temelini oluşturan uranyum da yenilenemeyen bir enerji kaynağıdır ve fosil denen klasik yakıtların tersine parçalanabilir bir yakıt türüdür.

2.3 Fuel-Oil'in Çevreye Verdiği Zararlar:

Fuel-oil'in atıkları çevreye bırakıldığında, tüm canlı kesime çok büyük miktarda zarar vermektedir. İçinde bulun durduğu kükürt dioksit, toksit ağır metalleri ve kurşun tüm canlılara zarar vermektedir. Bu bileşikler çevreye atılması kanunen yasak olduğu halde bu kazanlarda çalışan yetkili teknisyenler gerekli miktarda hassas davranmadığı için çevre zarar görmektedir. İçinde bulundurduğu flor hayvanlara inanılmaz derecede zararlar vermektedir. Bu element hayvanların kemik yapısını bozmakta bitkilerin ise gelişimini engellemektedir. İçinde bulundurduğu ağır metaller ve gazlar yapılara ve metallere bile zarar vermekte onların çok daha hızlı yıpratmakta yani korozyona uğratmaktadır.



Fotoğraf-2.3: Fuel-oil ile çalışan bir kazanın kazan dairesi ve oluşturduğu çevre kirliliği.

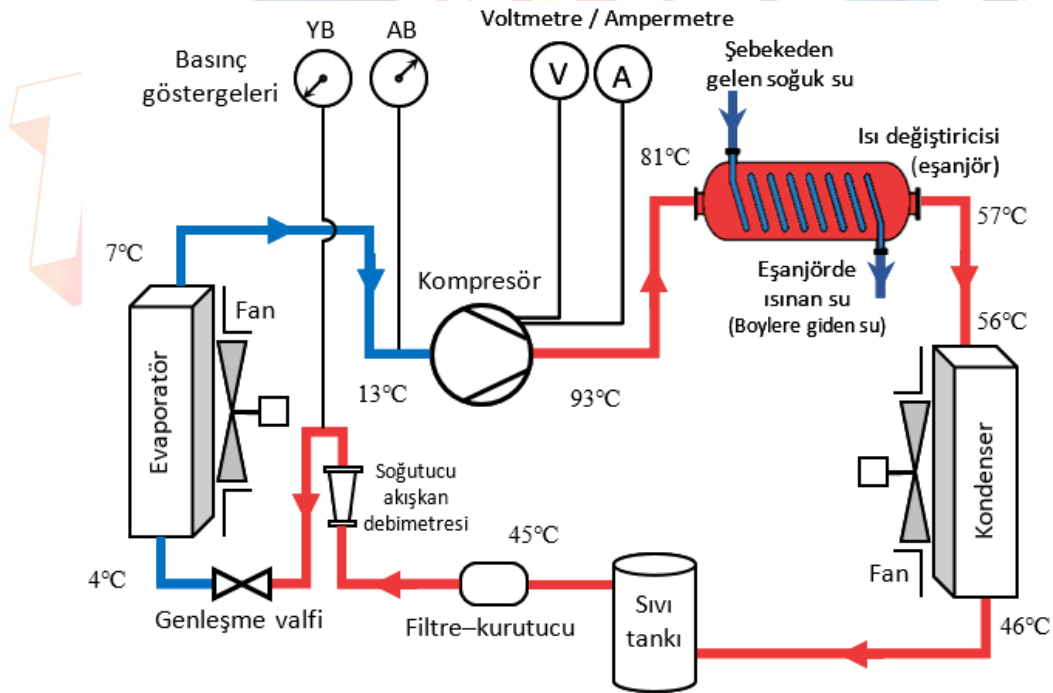
2.4 Güneş Kollektörleri:

Sıcak su temin yöntemlerinden birisi de güneş kolektörü sistemlerdir. Fakat bu sistemler dış havaya açık sistemler olduğu için çok çabuk korozyona ve Fotoğraf-2.4'te de görüldüğü gibi tahribata uğrarlar. Özellikle kış aylarında don tehlikesinden dolayı mutlaka bakıma ihtiyaç duyulur. Bundan dolayı kış aylarında birçok bölgede bu sistemler kullanılamazlar.



Fotoğraf-2.4: Dış etkenlerden dolayı tahribata uğramış güneş kolektörü.

3. Çözüm



Şekil-3: Projenin soğutma devre şeması ve soğutma sisteminin farklı bölgelerindeki ortalama sıcaklıklar.

Mekanik buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemlerinde kompresör ile kondenser arasında soğutucu akışkanın ısısı dış ortam sıcaklığına bağlı olarak değişmekle birlikte bu sıcaklık Şekil-3’de görüldüğü gibi ortalama 93°C ’dir. Bu sıcaklık normal soğutma sistemlerinde fan motoru vasıtası ile kondenser yardımıyla atmosfere atılmaktadır. Projemizde soğutma sisteminin kompresör ile kondenser arasındaki gaz borusu üzerine Şekil-3’de görüldüğü gibi bir ısı eşanjörü yerleştirerek yüksek sıcaklıktaki soğutucu akışkanın ısısını düşük sıcaklıktaki kullanım suyuna aktardık. Böylelikle, hem kullanım sıcak suyu elde ediminde harcanan enerji miktarını düşürdük hem de soğutma sisteminin verimi arttırdık. Ayrıca hem elektrik üretimi için harcanan hem de sıcak su temini için tüketilen fosil yakıtların miktarı azaldığı için çevrenin korunmasına katkı sağlamış olduk.

4. Yöntem

Mekanik buhar sıkıştırırmalı soğutma çevriminin temel prensibi termodinamiğin ikinci yasasına göre sağlanır ve çalışma prensibi şöyledir:

Termodinamiğin ikinci yasasına göre ısı geçişinin her zaman sıcaklığın azaldığı yönde olduğu bilinen bir gerçektir, başka bir deyişle ısı geçişi yüksek sıcaklıktaki ortamdan düşük sıcaklıktaki ortama doğru olur. Düşük sıcaklıktaki bir ortamdan yüksek sıcaklıktaki bir ortama ısı geçişi ancak soğutma makinelerinin kullanımıyla sağlanmaktadır. Bu doğal bir olgudur. Kendiliğinden gerçekleşir. Bu olgunun tersi ise kendiliğinden gerçekleşemez. Soğutma makineleri de ısı makineleri gibi bir çevrimi esas alarak çalışır. Bir soğutma çevriminde kullanılan aracı akışkana, soğutucu akışkan adı verilir. En yaygın kullanılan soğutma çevrimi mekanik buhar sıkıştırırmalı buhar çevrimidir ve çevrim, Şekil-3’de de görüldüğü gibi dört ana elemana sahiptir. Bu elemanlar ise; kompresör, yoğunlaştırıcı (kondenser), genleşme elemanı ve buharlaştırıcı (evaporatör)’dür.

Şekil-3’de de görüldüğü gibi mekanik buhar sıkıştırırmalı soğutma çevriminin en sıcak bölgesi kompresör çıkışı ile kondenser girişi arasındadır buradaki sıcaklık ise ortalama 93°C ’dir. Buradaki atık ısıyı değerlendirmek adına atölyemizde Fotoğraf-4’te görüldüğü gibi iç içe borulu bir ısı eşanjörü imal ettik ve ısı eşanjörümüzü soğutma sistemimizin en sıcak bölgesi olan kompresör çıkışı ile kondenser girişi arasına yerleştirdik. Bu ısı eşanjörü sayesinde termodinamiğin ikinci kanunu uygulayarak kompresörden çıkıp kondensere giden yüksek sıcaklıktaki soğutucu akışkanımızın ısısını daha düşük sıcaklıkta olan ve soğutucu akışkanın akış yönüne göre ters yönden akan şehir şebekesi suyumuza aktardık. Böylelikle, şehir şebekesinden gelip, sıcak su üretme cihazına (boylere) giden suyun sıcaklığı arttırdık buna bağlı olarak hem sıcak su üretmek için harcanan enerji miktarı düşürdük hem de soğutma sisteminin verimi arttırırken aynı zamanda soğutma sistemimizin tüketmiş olduğu enerji miktarını düşürdük.



Fotoğraf-4: Atölye şartlarında imal ettiğimiz ısı eşanjörü.

Yapmış olduğumuz bu çalışmanın sonuçlarını görebilmek için atölyemizde kendi imkanlarımızla aşağıda bulunan Fotoğraf-4.1’de de görüldüğü gibi bir prototip yaptık.



Fotoğraf-4.1: Proje prototipimiz.

Prototipimizle sonuçları değerlendirmek adına veriler almak ve projemizi konvansiyonel mekanik buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi ile kıyaslamak için bir dizi testler yaptık. İlk önce normal konumda yani hava soğutmalı kondenser ile çalıştırdık ve çalıştırmamız sırasındaki aldığımız verileri belirli aralıklarla bir tabloya aktardık. Veriler sabitlenip, değişmeyinceye kadar bu verileri almaya devam ettik. Daha sonra sistemimize entegre ettiğimiz ısı eşanjörünün içinden su geçirerek yine aynı şekilde verileri aldık. Tüm bu işlemleri yine aynı şekilde veriler sabitleninceye kadar devam ettik.

Proje prototipimizden aldığımız veriler aşağıda bulunan Tablo-4.2 ve Tablo-4.3’te verilmiştir.

Tablo-4.2: Hava soğutmalı kondenserden alınan veriler.

Ortam Hava Sıcaklığı: 28,5 °C			Tarih: 30.04.2022			Saat: 15:00
HAVA SOĞUTMALI KONDENSERDEN ALINAN VERİLER						
Süre (Dakika)	Amper	Yüksek Basınç (Bar)	Alçak Basınç (Bar)	Kondenser Gaz Giriş Sıcaklığı (°C)	Kondenser Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	Evaporatör Yüze Y Sıcaklığı (°C)
3 dk.	3,2	12,8	2,4	37,3	35,2	17,4
6 dk.	3,23	13	2,4	40,5	36,4	16,5
9 dk.	3,25	13,3	2,4	43,1	37,5	15,4
12 dk.	3,26	14	2,4	48,2	37,5	16,4
15 dk.	3,26	14	2,4	49,3	37,5	16,7

Tablo-4.3: Suyun ön ısınması sırasında alınan veriler.

Ortam Hava Sıcaklığı: 28,3 °C				Tarih: 30.04.2022			Saat: 15:30	
SUYUN ÖN ISINMASI SIRASINDA ALINAN VERİLER								
Süre (Dakika)	Amper	Yüksek Basınç (Bar)	Alçak Basınç (Bar)	Kondenser Gaz Giriş Sıcaklığı	Kondenser Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	Evaporatör Yüze Y Sıcaklığı (°C)	Su Giriş Sıcaklığı (°C)	Su Çıkış Sıcaklığı (°C)
3 dk.	2,77	9,8	2,1	41,4	34,6	15,3	16,6	22,5
6 dk.	2,76	10	2	39,5	33,6	14,4	15,7	22,6
9 dk.	2,73	9,5	2	36,7	33,5	13,1	15,4	22,3
12 dk.	2,75	9,5	2	36,8	33,7	13,3	15,6	22,4

NOT: Bundan sonraki sürelerde verilerde belirgin değişim gözlenmemiştir.

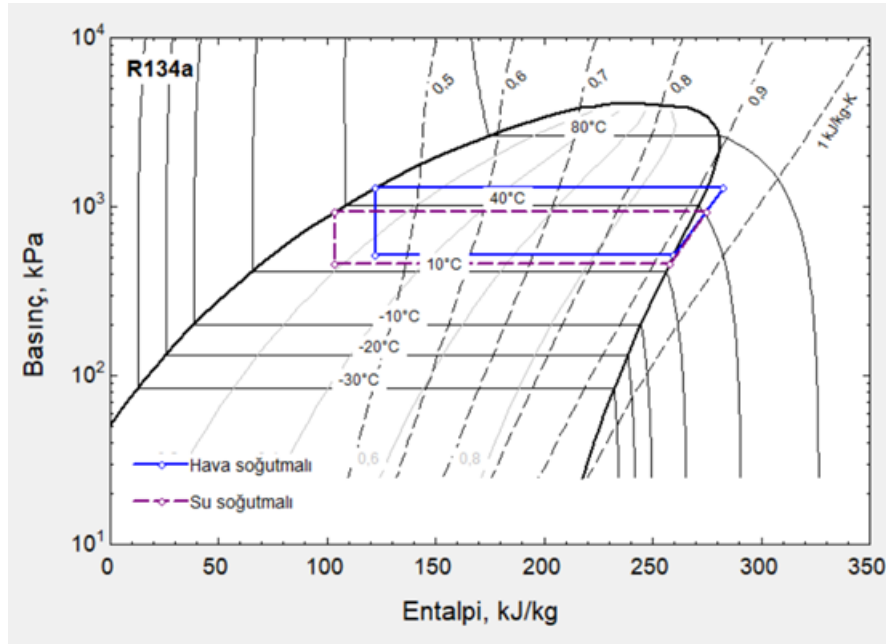
Proje prototipinden almış olduğumuz bu verilerin, verim analizlerini ve soğutma sisteminin enerji analizlerini “Engineering Equation Solver (EES)” yazılımında yaptık. Yapmış olduğumuz analiz sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 1. EES yazılımında soğutma sisteminin enerji analizinde kullanılan parametreler

Parametre	Özellikler	
	Hava soğutmalı kondenser	Su soğutmalı kondenser
Yoğuşma sıcaklığı	49,3°C	36,8°C
Buharlaştırma sıcaklığı	16,7°C	13,3°C
Aşırı kızdırma derecesi	7°C	7°C
Aşırı soğutma derecesi	3°C	3°C
Kompresörün izantropik verimi	%85,0	%84,7
Kompresörün güç faktörü (CosØ)	0,85	0,85

Çizelge 2. EES yazılımından elde edilen soğutma sisteminin enerji analizi sonuçları

Sistem elemanları	Hava soğutmalı kondenser	Su soğutmalı kondenser
Kondenserden atılan ısı, kW	4,315	6,105
Evaporatördeki soğutma miktarı, kW	3,706	5,495
Kompresördeki sıkıştırma işi, kW	0,6096	0,5143
Soğutucu akışkanın kütle debisi, g/s	26,96	35,57
Performans katsayısı	6,079	10,69



Diyagram-4.4: Hava soğutmalı ve su soğutmalı soğutma sisteminin basınç entalpi diyagramında kıyaslanması.

Diyagram-4.4’de kesik çizgili ve mor renkli olan kısım ön soğutması su ile yapılan sistemimizdir. Diyagramda da görüldüğü gibi alanımız hem genişlemiş hem de basınçları düşmüştür. Bu da bize hem enerji tasarrufunun olduğunu hem de sistemimizin daha az yorulacağını göstermektedir.

Yapılan testlerde elde edilen sonuçlar:

Sıcak su üretimindeki enerji tasarrufu

Bilindiği gibi şehir şebekesinden gelen su sıcaklığı ne kadar olursa olsun sıcak su üretim sistemleri yaklaşık olarak 60°C sıcaklığında su üretmektedir. Hava soğutmalı kondenserli soğutma sisteminde su sıcaklığı 15,6°C iken su soğutmalı kondenserli soğutma sisteminde ön ısıtma sonucunda su 22,4°C elde edilmiştir. Böylece 1 kg suyu 60°C sıcaklığına ısıtmak için 185,7 kJ ısı gerekirken sıcak su üretici kazana (boyler) daha yüksek sıcaklıkta su sağlanması ile **%15,33 enerji tasarrufu sağlanarak** 157,2 kJ ısı yeterli olmaktadır.

Soğutma performansındaki iyileşme

Hava soğutmalı kondenserli soğutma sisteminde soğutma performans katsayısı 6,079 iken su soğutmalı kondenserli soğutma sisteminde soğutma performans katsayısı 10,69’a yükselmiştir. Su soğutmalı kondenserin soğutma sistemine dahil edilmesiyle soğutucu akışkan dış ortama daha rahat ısı atabildiği için hem buharlaşma basıncı yükselirken yoğuşma basıncı düşmüş böylece kompresördeki sıkıştırma oranının düşmesiyle de **soğutma performans katsayısı %75,85 yükselmiştir.**

Kompresördeki elektrik tüketimindeki azalma

Su soğutmalı kondenserin soğutma sistemine dahil edilmesiyle soğutucu akışkan dış ortama daha rahat ısı atabildiği için hem buharlaşma basıncı yükselirken yoğuşma basıncı düşmüş böylece kompresördeki sıkıştırma oranının düşmesiyle hava soğutmalı soğutma çevriminde kompresör 3.25 A akım çekerken (0,85 güç faktörü için) 609,6 W elektrik işi harcarken, su soğutmalı kondenser kullanılmasıyla kompresör 2,75 A akım çekerek 514,3 W elektrik işi harcamaktadır. Böylece **kompresördeki elektrik tüketimi %15,63 azalmıştır**.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Konvansiyonel sistemlerde sadece fanlı kondenser bulunur ve evaporatörün çektiği ısı ile kompresörde soğutucu akışkana yüklenen ısının toplamı bu kondenserden uzaklaştırılması gerekir. Yaptığımız çalışmada kompresör çıkışına su soğutmalı eşanjör yerleştirilmiştir. Su soğutmalı eşanjörün toplam ısı transferi katsayısı, fanlı kondenserin ısı transferi katsayısından çok büyük olduğu için kondenserde atılması gereken ısının önemli bir bölümü suya aktarılmakta ve böylece fanlı kondenserin boyutu, hatta fan kapasitesi, düşürülmektedir. Daha düşük kapasiteli fan kullanımı hem az da olsa elektrik tüketimini hem de gürültüyü azaltmaktadır. Daha önemlisi su soğutmalı eşanjörde sıcak su üretilmekte ve çeşitli amaçlarda kullanıma sunulmaktadır. Böylece suyu ısıtmak için ayrıca bir sistem kullanım gerekliliği ortadan kalkmakta ve dolayısıyla enerji tüketiminde de önemli ölçüde tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca fanlı kondenserler çevre sıcaklığının yükseldiği zamanlarda ısı atmakta zorlandığı için kompresörün elektrik tüketimini arttırmaktadır. Oysaki su sıcaklığı, hava sıcaklığında olduğu gibi, çok yükselmediği için su soğutmalı eşanjörün çektiği ısı daha fazladır ve sadece kompresörün elektrik tüketimindeki tasarruf %15,63 civarında elde edilmektedir.

6. Uygulanabilirlik

Projemiz hali hazırda bulunan veya sıfırdan üretilecek tüm endüstriyel tip soğutma sistem gruplarına enerji tasarrufu açısından kabul edilebilir maliyetle, rahatlıkla uygulanabilmektedir. Projemizde bulunan ısı eşanjörünün tasarımı, imalatı ve montajının basit olması nedeniyle işçilik ve malzeme fiyatları çok yüksek çıkmamaktadır ve çıkan bu maliyetler projenin verimliliği göz önüne alındığında kısa sürede kendi kendini telafi etmektedir. Bu durum ise nihai kullanıcının ilgisini çekmekte ve projemizi uygulanabilir kılmaktadır.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Proje prototipimizde eşanjörü kendimiz atölye şartlarında imal ettik Fotoğraf-4'de görüldüğü gibi ½'' bakır boru içinden ¼'' boru geçirdik. ½'' boru içinden su geçerken, ¼'' boru içinden kompresörden çıkıp, kondensere giden sıcak gaz geçti. Eşanjörümüz için ısı transfer yüzey alanı arttırılmış özel yapım yivli bakır boru kullanabildik, yivli bakır boru bize daha fazla ısı transfer yüzey alanı sağlayarak daha yüksek verim elde ettirirdi ancak yivli bakır boru eşanjör maliyetimizi arttırmaktadır. Eşanjörümüzü en uygun fiyata imal etmek için eşanjörümüzün imalatında klasik düz bakır boru kullandık. Eşanjör uzunluğumuzu 1,5 metre olarak belirledik. 1,5 metre eşanjörümüzün maliyeti ise (güncel dolar kuru 1\$=14,95 TL alındı)

toplamda 208 TL tuttu. Ancak bu fiyat sadece prototipimizdeki eşanjör için geçerli, projemizin uygulanabileceği herhangi bir endüstriyel tip soğutma sisteminin kurulu gücüne, boru çaplarının büyüklüğü ve uzunluğuna göre bu fiyat değişiklik göstermektedir. Prototipimizde ayrıca ufak çaplı bir soğutma grubu oluşturabilmek için; kompresör, kondenser, evaporatör, genişleme valfi, fan motorları, basınç ve sıcaklıkları ölçebilmek için termometre ve manometreler, su sirkülasyonunu sağlamak için bir adet su pompası, soğutma sistemimizin çektiği elektrik akımını ölçebilmek için ise bir adet ampermetre kullandık. Bu malzemelerin fiyatları ise tablo şeklinde riskler başlığında toplanarak verilmiştir. Projemizin zaman planlaması ise aşağıdaki Tablo-7’de açıkça gösterilmektedir ve projemizin yapım süresi ise yaklaşık olarak 1 yıl sürdü.

Tablo-7: Proje zaman planlaması tablosu.

Aşamalar	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta	7. Hafta	8. Hafta	9. Hafta	10. Hafta	11. Hafta	12. Hafta
Literatür araştırmasının yapılması												
Prototip için ilgili parçaların tedariki												
Prototipin imal edilmesi												
Prototipin test edilmesi ve ilgili verilerin toplanması												
Toplanan verilerin değerlendirilmesi ve verim hesaplamalarının yapılması												

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar)

Fabrikalar, alışveriş merkezleri, spor kompleksleri, buz pistleri, oteller, hastaneler ve askeri kışlarlar gibi yerlerde kısacası aklınıza gelebilecek hem endüstriyel tip soğutma gruplarının bulunduğu hem de kullanım sıcak suyuna ihtiyaç duyulan işletme veya tesis sahipleri tarafından projemiz rahatlıkla kullanılabilir. Bu işletme veya tesislerin en büyük sorunu enerji girdi maliyetleridir, projemiz sayesinde bu işletme veya tesis sahiplerinin enerji girdi maliyetleri bir nebze olsa da azaltılmaktadır.

9. Riskler

Projemizde en önemli risk eşanjörümüzün kirlenme faktörüdür. Eşanjörümüz zamanla şehir şebeke suyunun temizlik kalitesi veya kullanılan suyun kaynak kalitesine bağlı olarak kirlenebilir veya kireç tutabilir. Bu risklerin önüne geçebilmek için eşanjörümüz cıvata somun tertibatı ile sökülebilir bir eşanjör olarak imal edilebilir, su sızdırmazlığını sağlamak adına eşanjörümüzün birleşim yerlerinde conta kullanılabilir. Eşanjörümüzün sökülebilir olması, ilgili teknisyen tarafından içinin kolayca açılıp temizlenebilmesine olanak sağlamaktadır.

Proje prototipimizde kullandığımız malzemelerin ve parçaların adetleri ve fiyatları aşağıdaki Tablo-9’da belirtilmiştir. Fiyat listesi oluşturulurken güncel Dolar ve Euro kurları; 1 Dolar = 14,94 TL, 1 Euro = 15,77 TL olarak alınmıştır.

Tablo-9: Prototipin maliyet analizi tablosu.

PARÇA ADI	MARKA/MODEL	ADET/KG	FİYAT
Kompresör	Embraco ERU2 80 HSP	1	1265 TL
Kondenser	AK 1/3 Kondenser Azak AK 271	1	671 TL
Evaporatör	AK 1/4 Evaporatör Azak AK 270	1	564 TL
Genleşme Valfi	Sanhua RFK-24019 Genl.V.R134a	1	463 TL
Eşanjör	Kendimiz imal etik	1	208 TL
Fan Motorları	FrigoCraft FC5MQ 5-26 5W	2	210 TL
Alçak Basınç Manometresi	Agondon	1	118 TL
Yüksek Basınç Manometresi	Agondon	1	59 TL
Termometreler	Robolink	6	146 TL
Amper Metre	Myrobotech	1	89 TL
Su Pompası	Bosch	1	95 TL
Bakır Borular	Angren Bakır Boru 1/2"	2 KG	532 TL
Su tankı	Kendimiz imal etik	1	50 TL
Filtre Kurutucu	DENA 13,5 gr. Kurutucu Filtre 6.35-2.50 SAE	1	16 TL
Switch Basınç Kontrol	Danfoss 061F8185	1	190 TL
TOPLAM MALİYET			4676 TL

Takım Üye Bilgisi

SIRA	İSİM	ÜNİVERSİTE ADI	FAKÜLTE	BÖLÜM	SINIF	İLETİŞİM
1	Yasin KAYASARI	Adana Alparslan Türkçe Bilim ve Teknoloji Üniversitesi	Mühendislik Fakültesi	Makine Mühendisliği (İngilizce)	3	+90 554 258 86 67
2	Betül Feyza ACAN	Beykent Üniversitesi	Mühendislik/Mimarlık Fakültesi	Endüstriyel Tasarım (İngilizce)	2	+90 555 832 08 08
3	Mert ÇETİNDAG	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü	Mühendislik Fakültesi	Makine Mühendisliği (İngilizce)	3	+90 506 937 93 29
DANIŞMAN						
Öğretim Görevlisi İbrahim KARAÇAYLI, Ege Üniversitesi, Ege Meslek Yüksekokulu, İklimlendirme ve Soğutma Programı						+90 534 233 65 61

10. Kaynakça

- 1- Nuri ÖZKOL, Uygulamalı Soğutma Tekniği 5. Baskı (2014), TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.
- 2- Prof. Dr. Ali Yücel UYAREL, Isı Transferi Ders Notları, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları.
- 3- Engin Deniz SAYAR, Soğutma ve İklimlendir Meslek Bilgisi Temel Ders Kitabı, MEB. Yayınları.
- 4- Yunus A. ÇENGEL & Michael A. BOLES, Thermodynamics: An Engineering Approach, Eighth Edition (2015), McGraw-Hill Education.
- 5- Yunus A. ÇENGEL & Afshin J. GHAJAR, Heat And Mass Transfer: Fundamentals & Applications, Fifth Edition (2015), McGraw-Hill Education.
- 6- Yunus A. ÇENGEL & John M. CIMBALA, Fluid Mechanics: Fundamentals & Applications, Fourth Edition (2018), McGraw-Hill Education.
- 7- Kuppan THULUKKANAM, Heat Exchanger Design Handbook, Second Edition (2013), CRC Press Taylor & Francis Group.

