KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OTOMOTİV SANAYİNDE POTANSİYEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ PROJELERİ

BERKER SİPAHİ

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

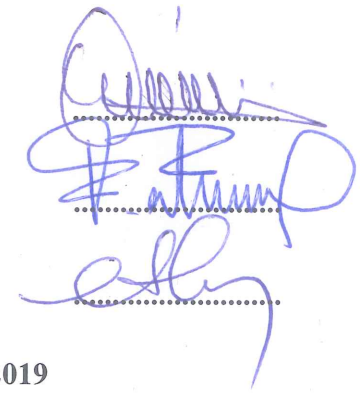
OTOMOTİV SANAYİNDE POTANSİYEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ PROJELERİ

BERKER SİPAHİ

Prof. Dr. Durmuş KAYA
Danışman, Kocaeli Üniversitesi

Prof. Dr. Fatma ÇANKA KILIÇ
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

Doç. Dr. Ethem TOKLU
Jüri Üyesi, Düzce Üniversitesi



Tezin Savunulduğu Tarih: 01.07.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, otomotiv sektöründeki fırsatlarını incelemek ve verimliliği artıracak potansiyeldeki projeleri belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışmamda desteğini esirgemeyen, çalışmalarıma yön veren, bana güvenen ve yüreklendiren danışmanım Prof. Dr. Durmuş KAYA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca görüşleri ile çalışmalarıma katkıda bulunan, karşılaştığım her zorlukta desteğini ve zamanını esirgemeyen hocam Dr. Öğr. Üyesi Muharrem EYİDOĞAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Saha çalışmalarım sırasında, birçok aşamada beni destekleyen Sayın Güneş Şık Savaş'a teşekkür ediyorum.

Her zaman manevi desteklerini hissettiğim, eşim Nazan Sipahi'ye ve aileme teşekkür ediyorum.

Ağustos-2019 Berker Sipahi

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iii
TABLOLAR DİZİNİ iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
GİRİŞ 1
1. GENEL BİLGİLER 2
1.1. Otomotiv Sektörü 2
1.2. Otomotiv Sektörün Güçlü Yönleri 3
1.3. Otomotiv Sektöründeki Fırsatlar 3
1.4. Otomotiv Sektöründeki Zayıf Yönler 3
1.5. Otomotiv Sektöründeki Tehditler 4
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 5
3. OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE POTANSİYEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ PROJELERİ 7
3.1. Kürleme Fırınları 7
3.1.1. Ünite ve sistem tarifi 7
3.1.2. Egzoz kanalından atılan ısının geri kazanılması ile taze havanın ön ısıtılması 9
3.1.3. Brülör egzoz kanalından atılan ısının geri kazanılması ile brülör yakma havasının ön ısıtılması 12
3.2. Buhar Sistemleri 14
3.2.1. Ünite ve sistem tarifi 14
3.2.2. Flaş buhar geri kazanım sistemi 15
3.3. Soğutma Üniteleri 17
3.3.1. Ünite ve sistem tarifi 17
3.3.2. Set değeri optimizasyonu 18
3.4. Kataforez Tesisleri Isıtma ve Soğutma Sistemleri 19
3.4.1. Ünite ve sistem tarifi 19
3.4.2. Isı pompası projesi 20
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 24
KAYNAKLAR 27
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER 28
ÖZGEÇMİŞ 29

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Kürleme fırını şematik görünümü 7
Şekil 3.2. Kürleme fırını ısı jeneratör grubu şematik gösterimi 8
Şekil 3.3. Isı jeneratör grubu şematik gösterimi 8
Şekil 3.4. Mevcut durum şematik gösterimi 9
Şekil 3.5. Uygulama sonrası şematik gösterimi 10
Şekil 3.6. Doğalgaz tasarruf miktarı 11
Şekil 3.7. Isı jeneratör grubu mevcut durum şematik gösterimi 12
Şekil 3.8. Isı jeneratör grubu uygulama sonrası şematik gösterimi 13
Şekil 3.9. Buhar sistemi şematik gösterimi 14
Şekil 3.10. Mevcut durum şematik gösterimi 15
Şekil 3.11. Uygulama sonrası şematik gösterimi 16
Şekil 3.12. Soğutma grupları şematik gösterimi 17
Şekil 3.13. Kataforez tesisi çalışma prensibi şematik gösterimi 19
Şekil 3.14. Isı pompası çalışma prensibi şematik gösterimi 20
Şekil 3.15. Kataforez kaplama tesisi şematik gösterim 22
Şekil 3.16. Isı pompası uygulama sonrası tesisi şematik gösterim 23

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Soğutma grupları envanter listesi 17

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

cm : Santimetre
CO : Karbonmonoksit
CO_2 : Karbondioksit
Em : Kompresör motor verimi
GJ : Gigajoule
h : Saat
kcal : Kilokalori
kg : Kilogram
kJ : Kilojoule
kW : Kilowatt
kWh : Kilowatt saat
m : Metre
m^3 : Metreküp
MW : Megawatt
MWh : Megawatt saat
Sm^3 : Standart metreküp
T_{baca} : Baca gazı sıcaklığı, (^oC)
TL : Türk lirası
€ : Euro
$: Dolar
^oC : Santigrat derece

Kısaltmalar

AB : Avrupa Birliği
ABD : Amerika Birleşik Devletleri
ARGE : Araştırma Geliştirme
BYKP : Beş Yıllık Kalkınma Planı
EİE : Elektrik İşleri Etüt İdaresi
TEP : Ton Eşdeğer Petrol
UETM : Ulusal Enerji Tasarruf Merkezi

OTOMOTİV SANAYİNDE POTANSİYEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ PROJELERİ

ÖZET

Bu çalışmada otomotiv sektöründe uygulanmış ve diğer sektörlerde de uygulanabilir hayata geçirilmiş enerji verimliliği projeleri incelenmiştir. Çalışma kapsamında; en yoğun enerji tüketen ekipmanlar olan kürleme fırınlarında, buhar sistemlerinde, soğutma sistemlerinde ve kataforez tesislerinde yapılan çalışmalar analiz edilmiştir. Yapılan çalışmaları özetlemek gerekirse; Kürleme fırınlarında bulunan egzoz bacalarından atmosfere atılan ısının geri kazanılması ile fırın içerisine beslenen taze hava ön ısıtılmıştır. Bu proje ile 177.824 m^3/yıl doğalgaz tasarrufu sağlanmıştır. Tasarrufun mali değeri 218.723 TL/yıl'dır. Brülör gruplarının yakma havalarının ön ısıtılması projesi ile 37.440 m^3/yıl doğalgaz tasarrufu sağlanmıştır. Tasarrufun mali değeri 46.051 TL/yıl'dır. Flaş buhar geri kazanım sistemi ile 83.089 m^3/yıl doğalgaz tasarrufu sağlanmıştır. Tasarrufun mali değeri 102.200 TL/yıl'dır. Soğutma ünitelerinde yapılan set değeri yükseltme çalışması sonucunda ile 505.440 kWh/yıl elektrik tasarrufu sağlanmıştır. Tasarrufun mali değeri 151.632 TL/yıl'dır. Isı pompası projesi sonucunda 108.000 kWh/yıl elektrik tasarrufu, 252.195 Sm^3/yıl doğalgaz tasarrufu sağlanmıştır. Tasarrufun toplam mali değeri 342.600 TL/yıl'dır. Yapılan bu çalışmalar ile 1.436 ton CO_2 emisyonunun doğaya salınması engellenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Atık Isı Geri Kazanımı, Enerji Verimliliği, Flaş Buhar Geri Kazanım, Isı Pompası, Otomotiv.

POTENTIAL ENERGY EFFICIENCY PROJECTS IN AUTOMOTIVE INDUSTRY

ABSTRACT

In this work, we have reviewed the energy efficiency projects that has been implemented in automotive sector which can also be implemented in other sectors. Within the scope of this work, we have analyzed the equipments with the highest energy consumption such as; ovens, steam systems,cooling systems and e-coat facilities. To summarize the projects that has been implemented; with recovery of the waste heat thet thrown away from the exhaust chimneys of the oven, the air which is fed into oven is preheated. With this project, 177,824 m^3/year natural gas saving is provided. Financial value of this saving is 218,723 TL/year. With preheating of burner group's burning air, 37,440 m^3/year natural gas saving is provided. Financial value of this saving is 46,051 TL/year. With flash steam recovery system, 83,089 m^3/year natural gas saving is provided. Financial value of this saving is 102,200 TL/year. As a result of set value increasing project, 505,440 kWh/year electricity saving is provided. Financial value of this saving is 151,632 TL//year. With the heat pump project, 108,000 kWh/year electricity saving, 252,195 Sm^3/year natural gas saving is provided. Total financial value of this saving is 342,600 TL/year. With this projects 1,436 tons of CO_2 emission is prevented.

Keywords: Waste Heat Recovery, Energy Efficiency, Flash Steam Recovery, Heat Pump, Automotive.

GİRİŞ

Ülkemizin enerji talebi son on yılda önemli ölçüde artış göstermiştir. Teknolojik gelişmelerden büyük ölçüden beslenen ekonomik ve sosyal kalkınma, enerji talebini artıran temel unsurlardan biri olmuştur. Nüfus artışı ve artan sanayileşme de enerji talebini artıran diğer önemli ektenlerdir [1].

Günden güne artan dünya nüfusu ile artış gösteren tüketim ihtiyaçları ve artan sanayileşme, günümüzde enerji kullanımının artmasına ve daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulmasına neden olmaktadır.

Enerji kullanımında çevresel olarak sorunlar da ortaya çıkmaktadır. Bunlar, fosil yakıtların kullanımı ile elde edilen enerjinin kullanılmasının neden olduğu dışa bağımlılık, artan ithalat harcamaları, küresel ısınma gibi problemlerdir. Beklenen bir diğer büyük sorun da fosil yakıtların yakın gelecekte tükenecek olması sebebiyle ortaya çıkacak enerji sorunudur [2].

Bu sorun iki farklı konu üzerine yoğunlaşma ihtiyacı doğurmaktadır. İlki yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının arttırılması, ikincisi ise mevcut enerji kaynaklarımızın en verimli biçimde kullanılmasıdır. Uygulanan ve uygulanması planlanan enerji verimliliği çalışmaları ile Türkiye'nin enerji yoğunluğunun yani kişi başına tüketilen enerji miktarının, 2023 yılına kadar, 2011 yılı ile kıyaslandığında en az %20 azaltılması hedeflenmektedir.

Ayrıca, TUİK verilerine göre; Türkiye’de 2017 yılında nihai enerji tüketimi 51 milyon 276 bin 804 TEP (Ton Eşdeğer Petrol) olarak gerçekleşmiş ve %66’lık bir pay ile, imalat sektörü enerji tüketiminde en büyük paya sahip sektör olmuştur.

Bu nedenle, imalat sektöründeki firmaların enerji verimliliği ile ilgili yapacağı çalışmalar kritik bir öneme sahiptir.

1. GENEL BİLGİLER

Enerji verimliliği, üretim miktarı ve kalite düşürülmeden, ekonomik kalkınma ve sosyal refah engellenmeden tüketilen enerji miktarının en aza indirilmesi olarak tanımlanabilir.

Şimdiye kadar yapılmış olan çalışma ve analizler göstermiştir ki, ülkemizin üretim ve hizmet sektöründe kullanılan enerjinin azaltılabilmesi için hatrı sayılır boyutta bir potansiyel mevcuttur.

Enerji Verimliliği Kanunu'nda tam olarak belirtilmemesine rağmen, 2020 yılında, beklenen birincil enerji tüketimi olan 222 MTEP'in % 15 altında (33 MTEP) bir enerji tüketimi gerçekleşebileceği beklentisi bulunmaktadır. Bu değer günümüzdeki tüm sanayi kuruluşlarının tükettiği toplam enerjiden daha büyük bir değerdir. Aynı zamanda Enerji Yoğunluğu değeri gelişmiş ülkelerle de karşılaştırılmış ve büyük bir potansiyelimiz olduğu vurgulanmıştır. Uluslararası Enerji Ajansı'nın dolar bazındaki ortalama enerji yoğunluğu göstergesi 0,19 iken Türkiye'nin 0,35 ve Avrupa Birliği'nin 15'nin Euro cinsinden göstergesi 208 iken Türkiye'nin göstergesi 480'dir [3].

1.1. Otomotiv Sektörü

Ülkemizde otomotiv sektörü, Ar-Ge ve kapasite yatırımları sayesinde, her yıl biraz daha yükseliş göstererek uluslararası pazardaki yerini sağlamlaştırmaktadır. 2016 verilerine göre Türkiye %16,1'lik bir artış göstererek 2016'da üretim performansını en çok artıran ülkelerden biri olmuş ve 15. Sırada yer almıştır. Avrupa'da Almanya, İspanya, Fransa, Birleşik Krallık ve Rusya'dan sonra 6. olmuştur. Türkiye, Avrupa Birliği'ne yapılan motorlu taşıt ihracatında ise birinci sırada yer almaktadır. Otomotiv sektöründeki üretim ve ihracat, 2016'da, son 10 yıldaki en yüksek düzeyine erişmiştir. 2017'de de aynı başarı devam etmiş ve rakamlar yükselmiştir.

1.2. Otomotiv Sektörün Güçlü Yönleri

• Ülkemizdeki genç nüfus ve nüfus artışı, otomotiv iç pazardaki en güçlü yanlarından biridir. Avrupa ülkelerinde iç talepte azalma gözlenirken, Türkiye iç talep konusunda avantajlı durumdadır.

• Standartlarda ve mevuatlardaki değişimlerine adaptasyon yeteneği Türkiye'nin birçok alanda olduğu gibi otomotivde de güçlü olduğu bir yönü. Bu nedenle yabancı firmalarda bu konu bir tehdit olarak görülürken, ülkemiz firmalarının adaptasyon ile ilgili konularda daha iyimser olduğu gözlemlenmiştir.

• Otomotivdeki güçlü grupların yabancı ortaklıklara sahip olması sektöre güç vermektedir.

• Avrupa ülkelerine kıyasla iş gücü maliyetlerinin düşük olması sosyal açıdan olumsuz bir durumken, üretim maliyetleri anlamında avantaj sağlayan bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır.

1.3. Otomotiv Sektöründeki Fırsatlar

• Ülkemizde otomotiv sektöründe, girişim merkezleri ile girişimcileri bir araya getirecek bir çok platform bulunmaktadır.

• Hükümet, Ar-Ge ve yatırım teşviklerinde katkıyı sağlıyor.

• Sektör ülkemizde güçlü bir iç pazara sahip.

• Jeopolitik konumundan dolayı birçok pazara kolay ulaşılabilirliği bulunmaktadır.

1.4. Otomotiv Sektöründeki Zayıf Yönler

• Endüstriyel tasarım, patent ve uluslararası standartlar konusunda daha çok yol alınması gerekiyor.

• Sektörün Endüstri 4.0 yapılarına geçmesinde eğitimli iş gücü eksikliği önemli bir engel olarak ortaya çıkıyor. Üniversitelerde lisans ve yüksek lisans düzeyinde otomotiv ile ilgili bölümler yeterli talebi görmemesi sektörün uzun dönem verimliliğini de etkiliyor.

• Lojistik sektörü gelişiyor ama altyapıda önemli eksiklikler var.

• Dış politika kaynaklı bölgesel sorunlar sektörü doğrudan etkiliyor.

• Ham maddede dışa bağımlılık sektörü olumsuz etkiliyor

1.5. Otomotiv Sektöründeki Tehditler

• Türkiye otomotiv sektörü için iç pazara yönelik en önemli tehditlerin başında giderek artan vergi oranları geliyor. Yürürlüğe girecek yeni değişikliklerin pazarı rakamsal olarak daraltacağı öngörülüyor.

• AB ve küresel teknik mevzuata uyum çalışmaları, AB ile sürdürülen katılım müzakerelerinin donma noktasına gelmesi ile risk altına girdi. Firmalar, teknik uyum konusunda yaptıkları yatırımları sürdürseler de sürecin durağanlığı motivasyonu etkiliyor.

• Endüstri 4.0 ve geleceğin fabrikalarına dönüşümde Avrupa'nın gerisinde kalınma ihtimali sektörün bir an önce gündemine alması gereken önemli bir risk.

• Makroekonomik konjonktür sektöre yönelik en önemli tehditlerden biri olarak karşımıza çıkıyor

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Sert, Mehmet Önder (2018), entegre bir tekstil fabrikasındaki enerji verimliliği fırsatlarını araştırmıştır. Yapılan araştırmada klima santralleri, fanlar, pompalar, kojenerasyon tesisi, basınçlı hava sistemleri ve kaçakları, kızgın yağ ve buhar kazanı, buhar kaçakları, sıcak hatlar ve yüzeyler, ring iplik makineleri ve ram makineleri, aydınlatma sistemleri mevcut çalışma şartlarında analiz edilmiştir ve iyileştirme potansiyellerine yönelik proje önerileri sunulmuştur. Yapılan araştırma sonucu ortaya çıkan projelerden; fanlara sürücü ekleme projesi ile 427.728,00 kWh,/yıl, ,kompresörlere sürücü eklenerek boşta-yükte çalışmasının önüne geçilmesi ile 106.034,40 kWh/yıl, basınçlı havanın set değerinin düşürülmesi ile 155.832,00 kWh/yıl, basınçlı hava kaçaklarının iyileştirilmesi ile 540.891,84 kWh/yıl, eski masuraların yeni hafif masuralarla değiştirilmesi ile 291.480,00 kWh/yıl, LED dönüşümü projesi ile 322.589,09 kWh/yıl, izolasyon eksikliklerinin tamamlanması ile 8.910.276,26 kWh/yıl ve ram makinalarının doğalgazlı sisteme dönüştürülmesi ile 28.205.943,47 kWh/yıl tasarruf sağlanacağı öngörülmüştür [4].

Cabak, Burak (2018), tekstil fabrikasında enerji verimliliği uygulamalarını araştırmıştır. Enerjinin verimsiz olarak kullanılmasının önüne geçilmesi adına işletmedeki buhar hatlarının ve vanalarının yalıtımı yapılmıştır. Turbo kompresörün eski airend ünitesi daha aerodinamik olarak tasarlanmış ünite ile değiştirilmiştir. Basınçlı hava sistemlerindeki kaçaklar giderilmiş, aydınlatmalar daha verimli olan led sisteme dönüştürülmüştür. Arıtma tesisinde bulunan loblu blowerlerın vidalı blowerlar ile değiştirilmesi ve ramöz makinelerine ısı geri kazanım sistemi kurulması projeleri ele alınmıştır [5].

Özyurt, Hakan (2016), fabrika üretim hattında üretim kapasitesini artırmak ve enerji verimliliğini sağlamak adına yapılan çalışmaları incelemiştir. Çalışmadaki temel hedef, buzdolabı üreten bir fabrikada üretim hattının üretim kapasitesini artırmak, böylelikle daha düşük maliyet ile ürün üretme kabiliyetine sahip olmak ve fabrikada enerji verimliliği elde etmektir. Yapılan analiz ve iyileştirmeler sonucunda ürünlerin

üretim hattındaki vardiyalık temposu %23,5 artmıştır. Çalışan makinelerin ve operatörlerin verimlilikleri artmış, üretim maliyetleri düşmüştür.

Üretim tesisinde yıllık 126.000 kWh elektrik enerjisi tasarrufu sağlanmıştır. Bu gelişmeler ile yıllık 257.000 TL parasal kazanç sağlanmıştır [6].

Toygarlar, Hüseyin (2014), çalışmasında endüstriyel tesislerde enerji verimliliğinin uygulanabilirliği için Jantsa Jant San. Tic. A.Ş.'nin Aydın OSB de bulunan jant imalat fabrikasında 02.09.2013–08.11.2013 tarihleri arasında "Detaylı Enerji Etüt" çalışmalarında bulunmuştur. Bu incelemelerde enerjinin boşa harcandığı kaynaklar, yanlış ve eksik yalıtım, verimli çalışmayan ekipmanlar ile kayıp-kaçak gerçekleşen enerji noktaları tespit etmiştir. Olumsuz durumun giderilmesine yönelik enerjinin verimli kullanımı ekseninde öneri ve projeler ortaya konulmuştur [7].

3. OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE POTANSİYEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ PROJELERİ

Günümüzdeki rekabetçi koşullar ve artan enerji fiyatları işletmelerin tükettikleri enerjiyi daha verimli kullanma ihtiyacını doğurmuştur. Bu verimlilik işletme şartlarının sürekli kontrolü ve iyileştirmesi amacıyla yapılan projelerle mümkündür. Bu çalışmada otomotiv sektöründe uygulanabilecek potansiyel enerji verimliliği çalışmaları incelenmiştir.

3.1. Kürleme Fırınları

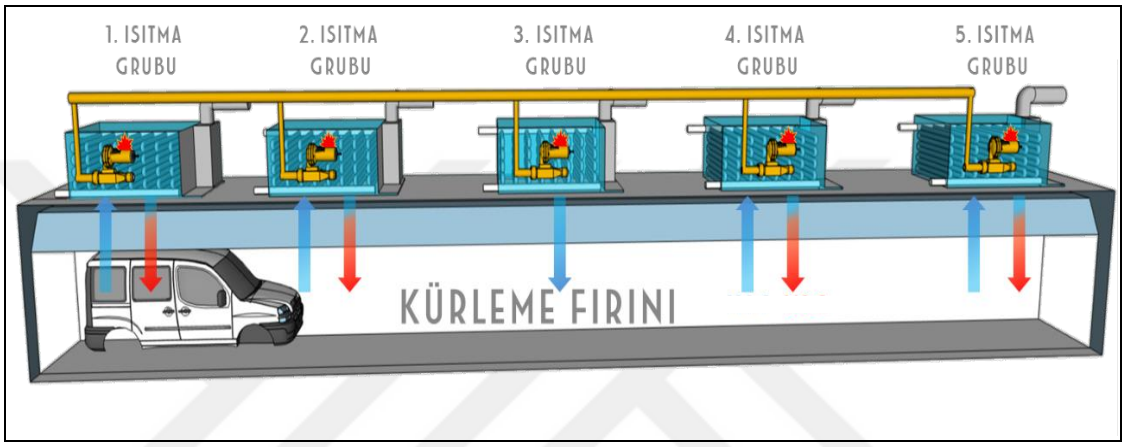
3.1.1. Ünite ve sistem tarifi

Gövde tesisinde üretilen sac araç gövdeleri boyahane tesislerinde kataforez kaplama işleminin ardından boya kabinlerine gönderilmektedir. Boyama prosesinin ardından gövdeler kurutulmak üzere kürleme fırınına gönderilmektedir. Kürleme fırınlarının şematik resmi Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



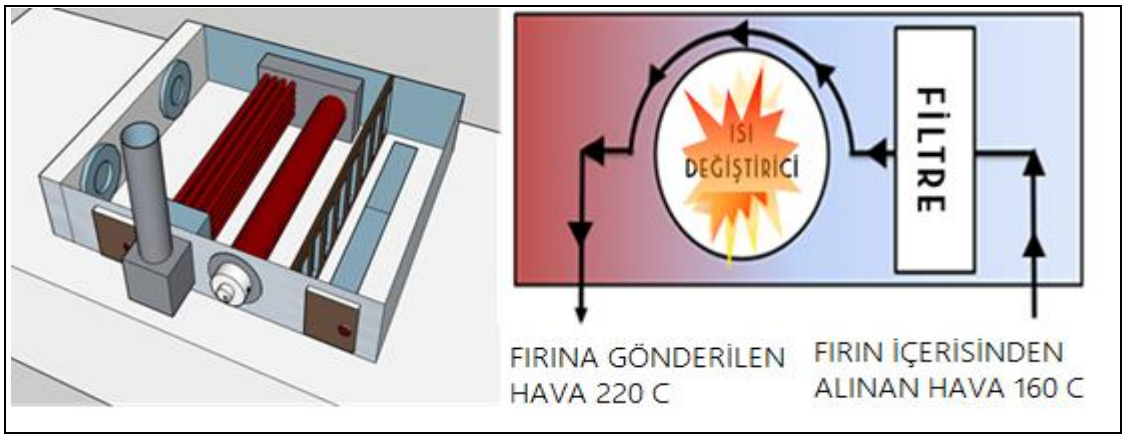
Şekil 3.1. Kürleme fırını şematik görünümü

Kürleme fırınında 5 adet ısı jeneratör grubu bulunmaktadır. Bu ısıtma grupları fırının belirli bölgelerini istenilen sıcaklık değerine şartlandırmaktadır. 3. Nolu ısı jeneratör grubu fırın içerisine %100 taze hava beslemesi yaparken diğer gruplar fırın içerisinden aldığı havayı tekrar set değerine getirmektedir. Fırında 1 adet egzoz fanı bulunmaktadır. Fırına beslenen taze hava debisi kadar egzoz kanalından neme doymuş sıcak hava atılmaktadır. Kürleme fırını ısı jeneratör gruplarının şematiği Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Kürleme fırını ısı jeneratör grubu şematik gösterimi

Isı jeneratör grupları, brülör fanı vasıtasıyla ortamdan aldığı 25 ℃'lik havayı, yakma havası olarak brülörlerde kullanmaktadır. Brülörlerin ürettiği ısı cehennemlik bölgesinin içerisinden geçerek egzoz kanalına taşınmaktadır. Aynı esnada fırın içerisinden çekilen 160 ℃'lik hava, cehennemliğin dış yüzeyinden geçirilip 220 ℃'ye ısıtıldıktan sonra fırın içerisine tekrar beslenmektedir. Isı jeneratör grubu şematiği Şekil 3.3'de gösterilmiştir.

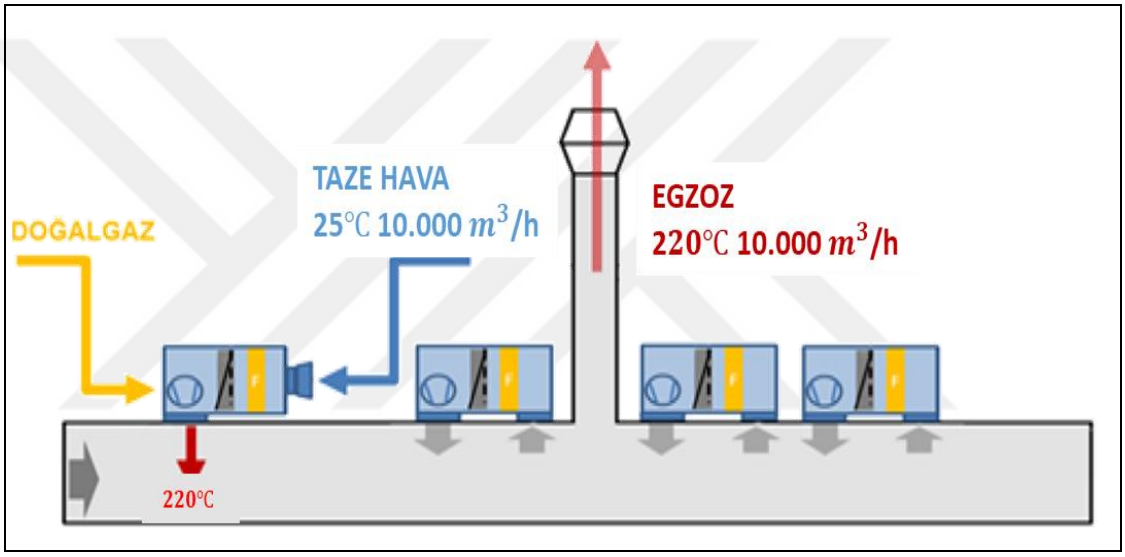


Şekil 3.3. Isı jeneratör grubu şematik gösterimi

3.1.2. Egzoz kanalından atılan ısının geri kazanılması ile taze havanın ön ısıtılması

3. Nolu ısı jeneratör grubu bulunduğu ortamdan aldığı 10.000 m³/saat taze havayı 220 °C'ye kadar ısıtıp fırın içerisine beslemektedir. Diğer 4 adet ısı jeneratör grubu ise fırın içerisinden aldığı havayı 220 °C'ye tekrar şartlandırarak sirkülasyon yapmaktadır.

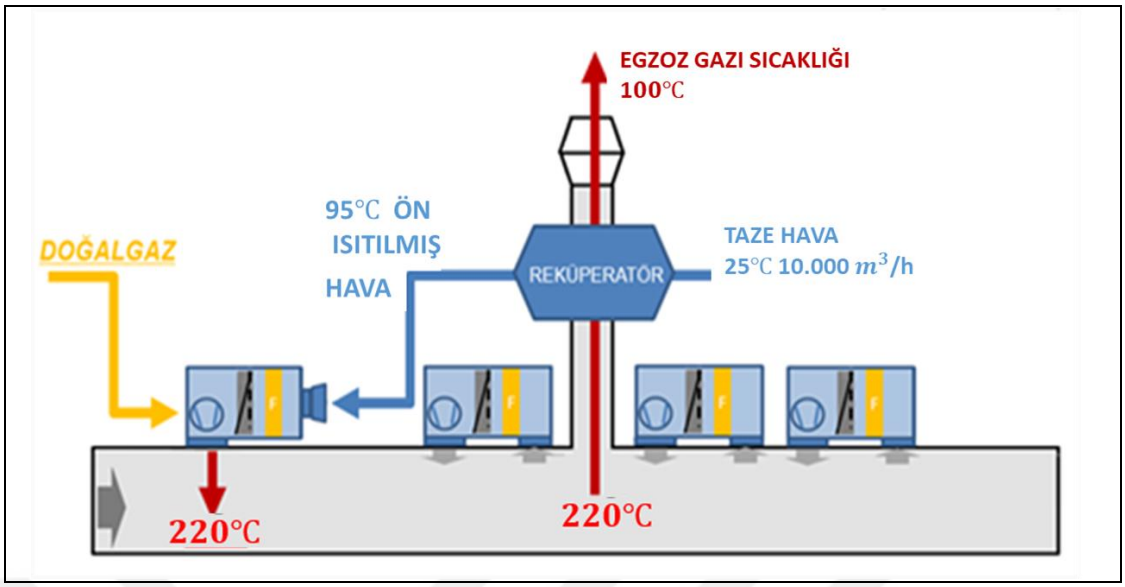
Parçaların üzerinden yeteri kadar nem almış ve daha fazla nem alamayacak olan 220°C 10.000 m³/saat sıcak hava egzoz fanları yardımıyla atmosfere atılmaktadır. Fırın egzoz ve taze hava ısıtma grupları şematiği Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Mevcut durum şematik gösterimi

Yapılan uygulama sonrasında 220°C'lik 10.000 m³/saat debiye sahip baca gazı hava-hava ısı değiştirici olan reküperatörün birincil bölgesinden geçirilerek sıcaklığı 220°C'ye kadar düşürülmüştür.

Reküperatörün birincil bölgesinde baca gazının enerjisinin alındığı esnada ikincil bölgeden geçirilen 25°C'lik 10.000 m³/saat debiye sahip taze havaya, birincil bölgeden alınan ısı transfer edilerek sıcaklığı 95°C'ye kadar çıkartılmıştır.



Şekil 3.5. Uygulama sonrası şematik gösterimi

Uygulama öncesinde 25°C'lik taze hava doğalgazlı yakıcılar ile 220°C'ye ısıtılmaktaydı. Uygulama sonrasında ise 25°C'lik hava reküperatörde önce 95°C'ye kadar ön ısıtılmaktadır, ardından 220°C'ye kadar doğalgazlı yakıcılar ile ısıtılmaktadır.

Baca gazından alınabilecek enerji miktarı aşağıdaki gibidir;

$$Q_{\text{Bacadan Alınan Enerji}} = m.\ c.\ \Delta T \qquad (3.1)$$

$$Q_{\text{Bacadan Alınan Enerji}} = [(10.000\ \text{m}^3/\text{h}).(0{,}7078\ \text{kg/m}^3)].(1.030\ \text{kJ/kg.K}).\ (120\text{K})$$

$$Q_{\text{Bacadan Alınan Enerji}} = 874.841\ \text{kJ/h}$$

Sistemdeki transfer kayıplarının toplamı %14,4 olarak üretici firma tarafından bildirilmiştir. Baca gazından elde edilebilecek enerji miktarı;

$$Q_{\text{Bacadan Alınan Enerji}} = (874.841\ \text{kJ/h}\ ).\ (\ \%85{,}6) = 748.678\ \text{kJ/h'dir.}$$

Elde edilen 748.678 kJ/h enerji fırına beslenen 25°C'lik taze havaya aktarıldığında;

$Q_{\text{Taze Havaya Aktarılacak Enerji}} = m.\ c.\ \Delta T$ (3.2)

748.678 kJ/h = [(10.000 m³/h).(1,060 kg/m³)].(1.009 kJ/kg.K). (T_{Son}-298 °K)

25 C'lik havanın 95°C'ye kadar ön ısıtılabileceği hesaplanmıştır. Saatlik 748.678 kJ enerji tasarrufu 21,76 Sm³/h doğalgaz tasarrufuna denk gelmektedir.

Yapılan bu enerji tüketimi iyileştirme çalışması sonrasında fırın yakıcılarında bulunan doğalgaz tüketim sayaçları verileri incelenmiştir.

Doğalgaz sayacından alınan veriler Şekil 3.6'da verilmiştir.



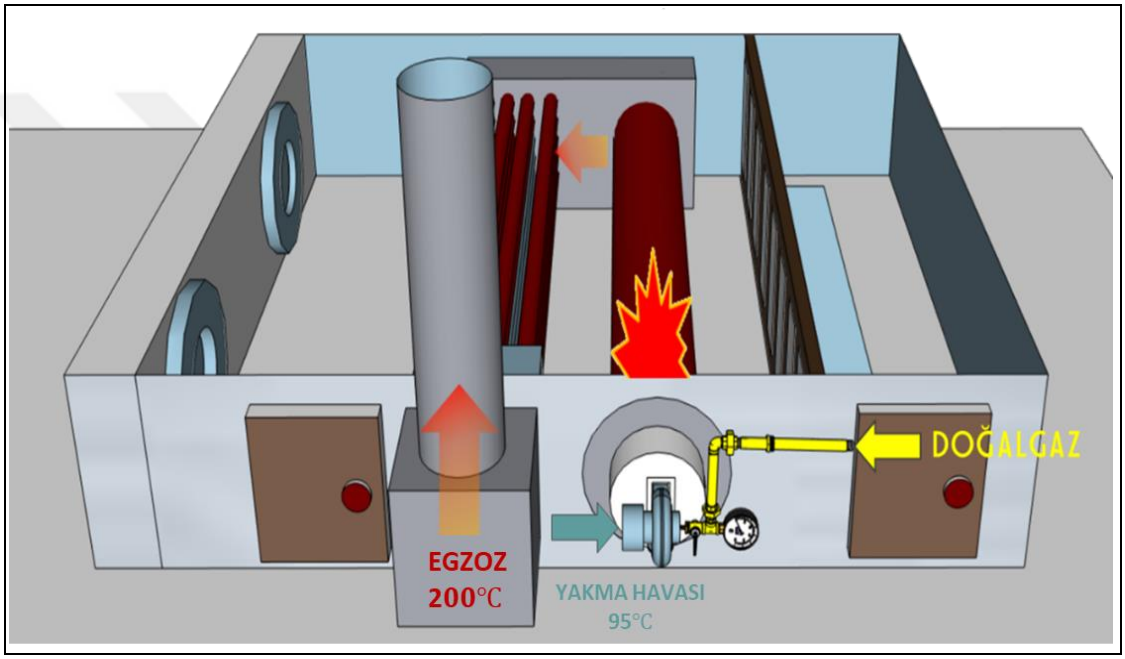
Şekil 3.6. Doğalgaz tasarruf miktarı

Kürleme fırınına kurulan hava-hava ısı geri kazanım sistemi ile atmosfere atılan egzoz gazının atıl enerjisi, fırın içerisine beslenen taze havaya aktarılarak 177.824 m³/yıl doğalgaz tasarrufu sağlanmıştır. Tasarrufun mali değeri 218.723 TL/yıl'dır. Yapılan enerji tüketimi iyileştirme çalışması ile 379 ton CO_2 emisyonunun atmosfere salınımı engellenmiştir.

3.1.3. Brülör egzoz kanalından atılan ısının geri kazanılması ile brülör yakma havasının ön ısıtılması

Isı jeneratör grupları, brülör fanı vasıtasıyla ortamdan aldığı 25°C'lik havayı, yakma havası olarak brülörlerde kullanmaktadır. Brülörlerin ürettiği ısı cehennemlik bölgesinin içerisinden geçerek egzoz kanalına taşınmaktadır.

Egzoz kanalında bulunan 2.100 m³/saat ve 200°C'lik hava atmosfere atılmaktadır. Isı jeneratör grubu mevcut durum şematiği Şekil 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.7. Isı jeneratör grubu mevcut durum şematik gösterimi

Baca gazından alınabilecek enerji miktarı aşağıdaki gibidir;

$$Q_{\text{Bacadan Alınan Enerji}} = m.\ c.\ \Delta T \qquad (3.3)$$

$$Q_{\text{Bacadan Alınan Enerji}} = [(2.100\ \text{m}^3/\text{h}).(0{,}8338\ \text{kg}/\text{m}^3)].(1.018\ \text{kJ/kg.K}).\ (100\text{K})$$

$$Q_{\text{Bacadan Alınan Enerji}} = 178.250\ \text{kJ/h}$$

Sistemdeki transfer kayıplarının toplamı %10,3 olarak üretici firma tarafından bildirilmiştir. Baca gazından elde edilebilecek enerji miktarı;

$Q_{\text{Bacadan Alınan Enerji}}$ = (178.250 kJ/h). (%89,7)= 159.871 kJ/h'dir.

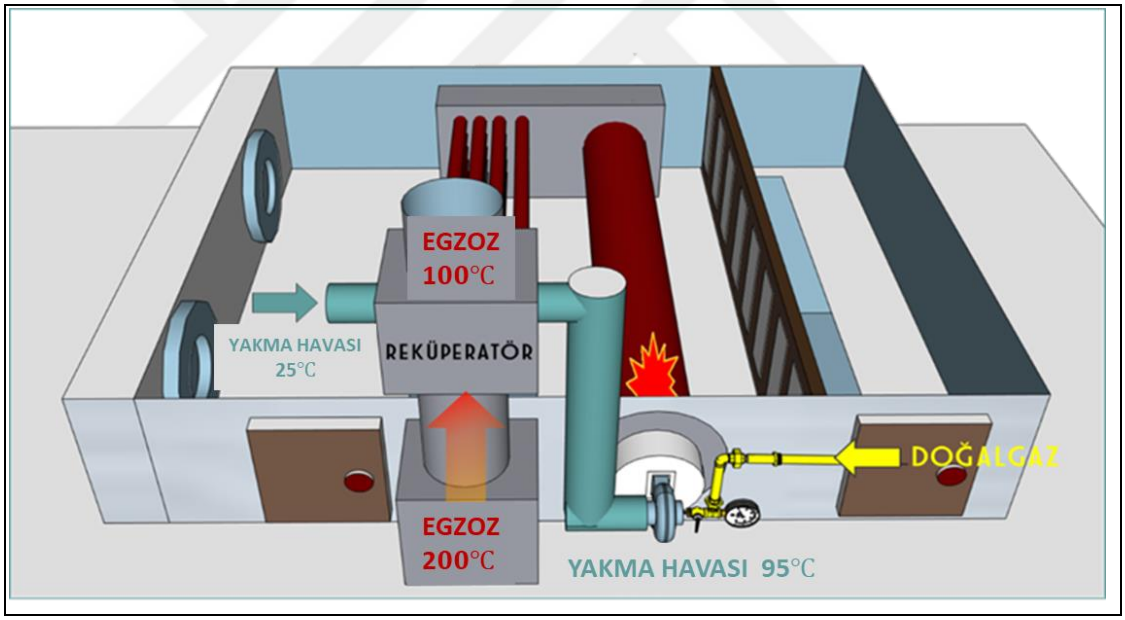
Elde edilen 159.871 kJ/h enerji fırına beslenen 25°C'lik taze havaya aktarıldığında;

$$Q_{\text{Taze Havaya Aktarılacak Enerji}} = m.\ c.\ \Delta T \qquad (3.4)$$

159.871kJ/h = [(2.100 m³/h).(1,080 kg/m³)].(1.007 kJ/kg.K). (T_{Son}-298 °K)

25°C'lik havanın 95°C'ye kadar ön ısıtılabileceği hesaplanmıştır. Saatlik 159.871 kJ enerji tasarrufu 4,8 Sm³/h doğalgaz tasarrufuna denk gelmektedir.

Isı jeneratör grubunun egzoz çıkış hattına konulan hava-hava ısı değiştirici ile, uygulama öncesinde brülöre verilen 25℃'lik yakma havası 95 ℃'ye ön ısıtılmış olarak verilmektedir. Isı jeneratör grubu uygulama sonrası şematiği Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Isı jeneratör grubu uygulama sonrası şematik gösterimi

Brülör egzoz kanalından atılan ısının geri kazanılması brülör yakma havasının ön ısıtılması projesi kapsamında 37.440 m³/yıl doğalgaz tasarrufu sağlanmıştır. Tasarrufun mali değeri 46.051 TL/yıl'dır. Yapılan enerji tüketimi iyileştirme çalışması ile 80 ton CO_2 emisyonunun atmosfere salınımı engellenmiştir.

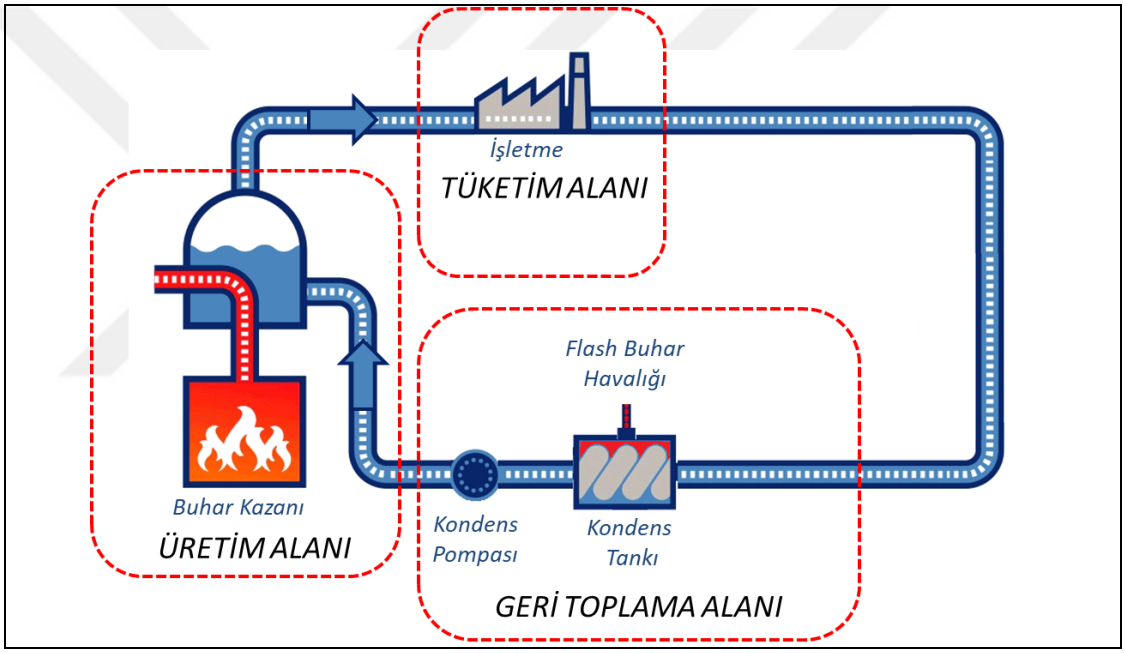
Aynı yakma grubundan 9 adet daha bulunmaktadır. İlave potansiyel kazanç 414.459 TL/yıl'dır.

3.2. Buhar Sistemleri

3.2.1. Ünite ve sistem tarifi

Üretim alanında 697 kW kapasiteli buhar kazanı bulunmaktadır. Buhar kazanı işletmenin ihtiyaçlarına göre 17 bar basınçta 2,5 ton/saat ile 3 ton/ saat arasında buhar temin edebilmektedir.

Buhar, tüketim alanında ısıtma prosesinde kullanılmaktadır. Buhar serpantinlerine 17 bar 210 °C gelen buhar, enerjisini serpantinin dış yüzeyinden geçen havaya aktardıktan sonra kondens tankına gönderilmektedir.



Şekil 3.9. Buhar sistemi şematik gösterimi

Geri toplama alanında, kondens tekrar buhar kazanına geri gönderilmektedir. Bu alanda açık kondens tankı kullanıldığından yüksek basınçlı doymuş haldeki suyun basıncı düşürüldüğünde bir miktar su buharlaşmaktadır ve flaş buhar meydana gelmektedir. Atmosfere atılan flaş buhar miktarı kadar sisteme besi suyu ilave edilmektedir.

Atmosfere atılan flaş buharın enerjisi, geri kazanım sistemi ile soğurulabilir ve işletmede sıcak su-hava olarak kullanılabilir.

3.2.2. Flaş buhar geri kazanım sistemi

İşletmede araçların boyandıktan sonra kurutulması için buhar ile ısıtılan fırın kullanılmaktadır. Fırına 210°C giren buhar fırını 110°C olarak terk etmektedir. Fırından çıkan yüksek basınçlı doymuş haldeki suyun basıncı kondens tankında düşürüldüğünde, bir miktar su buharlaşmasıyla flaş buhar meydana gelmektedir.

Atılan flaş buhar kadar her gün sisteme yeni besi suyu ilavesi yapılmaktadır. Bu sistemde hem su hem de ısı kaybı meydana gelmektedir.

Proseste araçlar fırına girmeden önce set değeri 40°C olan flash-off bölgesinden geçirilmektedir. Bu bölge 90°C'lik kızgın su ile ısıtılmaktadır. Fancoilin serpantinine kızgın su 90°C girip enerjisini havaya aktardıktan sonra 70 °C olarak serpantinden çıkmaktadır.

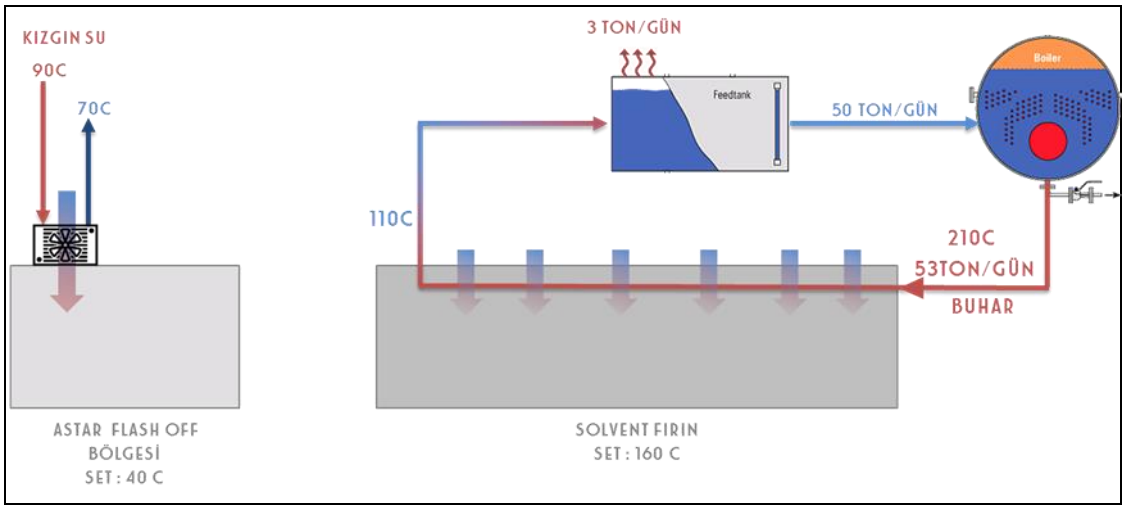
Flash-off bölgesinin mevcut durumda ısıtmak için kullanılan kızgın su tüketimi;

$$Q_{\text{Sıcak Su Tüketimi}} = m.\ c.\ \Delta T \qquad (3.5)$$

$$Q_{\text{Sıcak Su Tüketimi}} = [(18.000\ \text{m}^3/\text{h}).(1{,}166\ \text{kg}/\text{m}^3)].(0{,}719\ \text{kJ/kg.K}).(24\ \text{K})$$

$$Q_{\text{Sıcak Su Tüketimi}} = 362.169\ \text{kJ/h} = 83.089\ \text{m}^3/\text{yıl'dır.}$$

18.000 m³/h havanın mevcut sıcaklığından istenilen set değerine ısıtılması için 362.169 kJ/h enerji gerekmektedir.

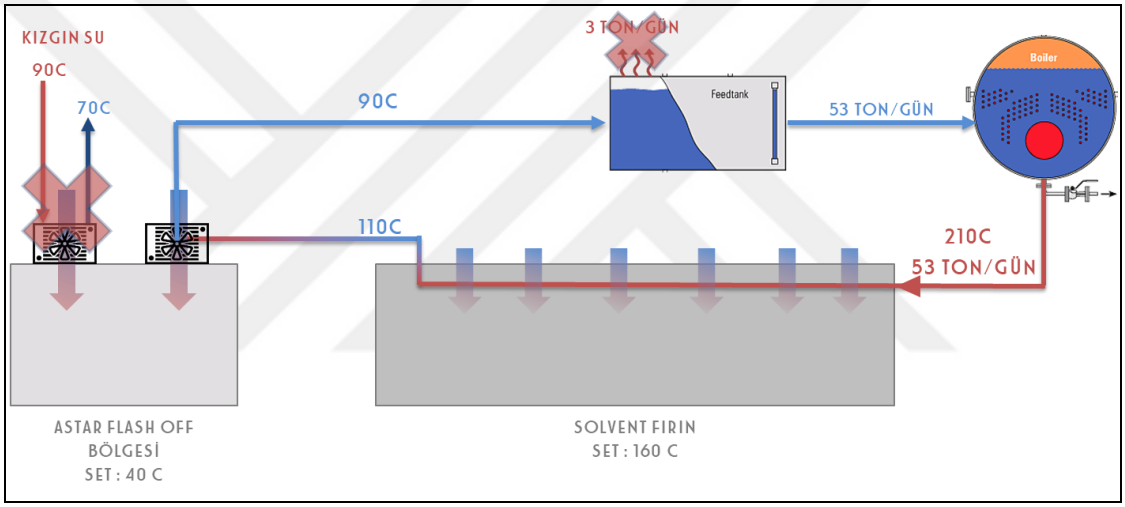


Şekil 3.10. Mevcut durum şematik gösterimi

Uygulama sonrasında, öncelikle flsh-off bölgesine bir adet buhar serpantini içeren fancoil montajı yapılmıştır. Sonrasında fırından çıkan 110°C lik kondens, mevcut sistemde direk olarak kondens tankına giderken uygulama sonrasında yeni fancoile girip enerjisini bıraktıktan sonra tanka gönderilmektedir.

Böylelikle set değeri 40 °C olan flash-off bölgesi yeni konulan buhar fancoili ile ısıtılmaktadır. Kızgın su fancoili yedek olarak sistemde bırakılmıştır.

Buhar fancoilinden 90°C çıkan kondens tanka döküldüğünde ısısı ve basıncı mevcut durumdaki haline göre düşük olduğundan su buharlaşması meydana gelmemekte ve flash- buhar olarak atık yapılmamaktadır.



Şekil 3.11. Uygulama sonrası şematik gösterimi

Flaş buharın kaybının sisteme tekrar geri kazandırılması ile 83.089 m³/yıl doğalgaz tasarrufu sağlanmıştır. Tasarrufun mali değeri 102.200 TL/yıl'dır. Yapılan enerji tüketimi iyileştirme çalışması ile 177 ton CO_2 emisyonunun atmosfere salınımı engellenmiştir.

3.3. Soğutma Üniteleri

3.3.1. Ünite ve sistem tarifi

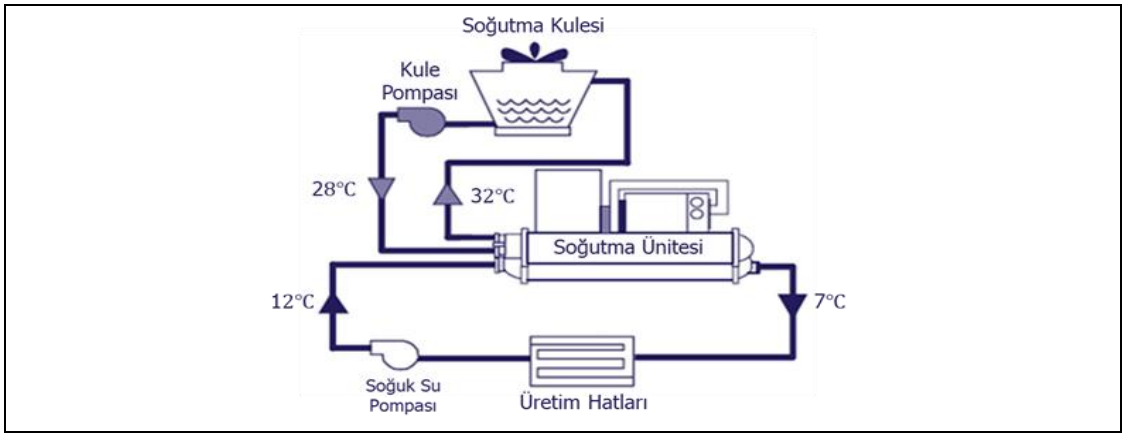
Soğutma sistemleri kompresör, kondanser, genleşme vanası ve evaporatörden oluşmaktadır. ompresörde sıkıştırılan ve ısınan gazın kondanserde soğutulması ile çalışır. Daha sonra genleşme vanasından geçen gazın basıncı dolayısı ile sıcaklığı düşer ve sıvılaşır. Evaporatörden geçerken soğutulmak istenen sıvının üzerinden ısıyı alır alçak basınçta gaz olarak kompresöre gelir, yeniden sıkıştırılır. Çalışma sistemi bu şekilde devam eder.

İşletmede 4 adet 590 kW 2 adet 253 kW elektriksel güce sahip soğutma üniteleri (chiller grupları) bulunmaktadır. Bu üniteler üretim hatlarında ve mahal şartlandırmada kullanılmak üzere 7°C soğuk su üretmektedir.

Tablo 3.1. Soğutma grupları envanter listesi

Chiller Soğutma Grupları			
Numara	Chiller Marka/Model	Soğutma Yükü	Elektriksel Güç
Chiller-1	Trane CVGF1000	3300 kW	590 kW
Chiller-2	Trane CVGF1000	3300 kW	590 kW
Chiller-3	Trane CVGF1000	3300 kW	590 kW
Chiller-4	Trane CVGF1000	3300 kW	590 kW
Chiller-5	Trane RTHDE 3	964 kW	253 kW
Chiller-6	Trane RTHDE 3	964 kW	253 kW

Soğutma gruplarının çalışma prensibi Şekil 3.12'de gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Soğutma grupları şematik gösterimi

3.3.2. Set değeri optimizasyonu

Soğutma grupları, üretim hatlarında ve mahal şartlandırmada kullanılmak üzere 7°C soğuk su üretmektedir. Üretilen soğuk su yalıtımlı hatlar ile kullanım alanlarına gönderilmektedir. Kullanım alanlarındaki serpantinlerin önünde bulunan oransal vana istenen sıcaklığa gelene kadar açık konumda kalarak serpantin içerisine soğuk su geçişini sağlamaktadır. Serpantinin içindeki soğuk su serpantinin dış yüzeyinden geçen havayı soğuttuktan sonra serpantini yaklaşık 12 °C'de terk etmektedir. Serpantinden çıkan 12 °C'lik ısınan su soğutulmak üzere tekrar soğutma gruplarına gönderilmektedir.

Mevcut durumda soğutma gruplarının set değeri 7°C iken, 2 adet 590 kW 1 adet 253 kW'lık chillerin tükettiği enerji 759,8 kWh olarak sayaç üzerinden ölçülmüştür. Sikülasyon pompaları ise ortalama 69,3 kW güç tüketmektedir.

Set değeri 7 °C'den 8 °C'ye çıkartıldığında soğutma gruplarındaki yüklenme oranlarında %4-8 arasında azalış gözlemlenmiştir. Set değerinin artırılmasından sonra chillerlerdeki anlık enerji tüketimi 688,5 kWh olarak ölçülmüştür. Sirkülasyon pompalarında yapılan ölçümde mevcut duruma göre 70,4 kW güç çektiği ölçülmüştür.

Soğuk suyun kullanım noktalarında yapılan incelemelerde ise herhangi bir olumsuzluk ile karşılaşılmamıştır.

Soğutma ünitelerinde yapılan set değeri yükseltme çalışması sonucunda ile 505.440 kWh/yıl elektrik tasarrufu sağlanmıştır. Tasarrufun mali değeri 151.632 TL/yıl'dır. Yapılan enerji tüketimi iyileştirme çalışması ile 217 ton CO_2 emisyonunun atmosfere salınımı engellenmiştir.

3.4. Kataforez Tesisleri Isıtma ve Soğutma Sistemleri

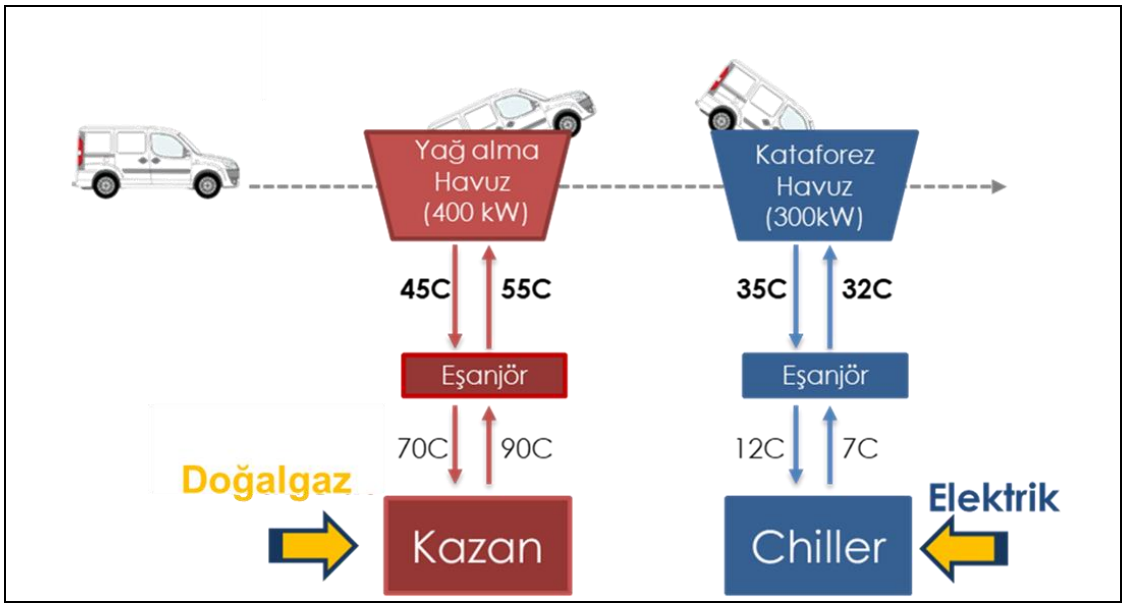
3.4.1. Ünite ve sistem tarifi

Kataforez kaplama tesisleri otomotiv sektörü için ideal bir proses çeşididir. Süreç elektrokimyasal kaplama prensiplerine dayanmaktadır.

Kataforez kaplama hatlarında yağ alma, aktivasyon, pasivasyon, fosfat, kataforez ve durulama havuzları bulunmaktadır.

Yağ alma havuzlarının sıcaklık set değeri 55 °C'dir. Havuzu bu sıcaklıkta tutabilmek için kızgın su kazanından gelen 90 °C'lik sıcak su kullanılmaktadır. Yüzey temizlik işlemleri ve bir dizi kaplama prosesinden sonra araç kataforez havuza gönderilmektedir.

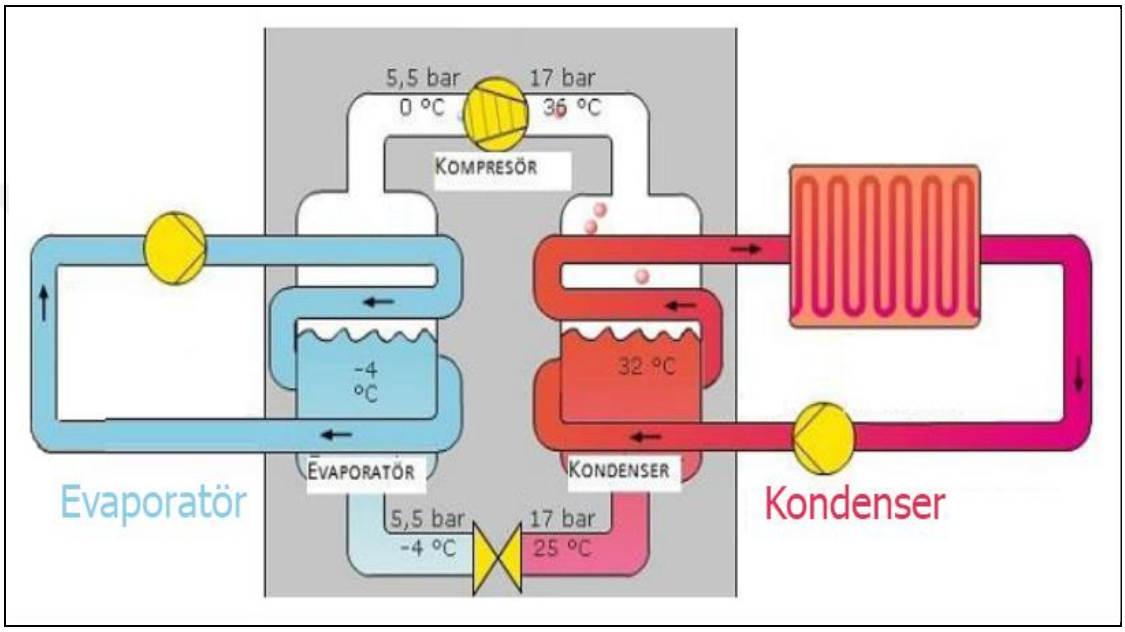
Kataforez havuzuna daldırılan araç, havuza verilen gerilim ile kaplanmaktadır. Kaplama işlemi sırasında havuzda sıcaklık artışı meydana gelmektedir. Havuz malzemesinin kimyasal yapısının bozulmaması için sürekli olarak chillerden gelen 7 °C'lik soğuk su ile havuz soğutulmaktadır. Kataforez tesisi çalışma prensibi Şekil 3.13'de gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Kataforez tesisi çalışma prensibi şematik gösterimi

3.4.2. Isı pompası projesi

Isı pompaları, soğutulmak istenen ortamdan ısı çekilmesi ve çekilen bu ısının akışkan gaz vasıtası ile ısıtılmak istenen ortama taşınması prensibi ile çalışmaktadır. Isı pompaları, hava kaynaklı, su kaynaklı ve toprak kaynaklı olmak üzere 3 farklı kaynaktan yararlanarak ısı üretebilmektedir. Isı pompası çalışma prensibi şematiği Şekil 3.14'de gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Isı pompası çalışma prensibi şematik gösterimi

Uygulama öncesinde kataforez kaplama prosesindeki işleyişler adım adım aşağıda özetlenmiştir:

- Sac gövde ilk olarak 1. Yağ alma havuzuna girmektedir. Burada sıcak su ve kimyasal karışımı ile yüzey temizleme işlemine tabii tutulmaktadır.
- 1. Yağ alma havuzundan çıkan sac gövde yüzey ve iç kısımların detaylı temizliği için 2.yağ alma havuzuna gönderilmektedir. 2. havuz 1. havuzda olduğu gibi sıcak su ve kimyasal karışımından oluşmaktadır. Bu havuzların ısıtılması için 90℃'lik kızgın su kullanılmaktadır.
- 90 ℃ gelen kızgın su, havuz ısıtma eşanjörlerin birincil kısmından 70 ℃ olarak çıkmaktadır. Eşanjörlerin ikincil kısmından ise havuzdan alınan 45 ℃'lik havuz suyu geçirilerek set değeri olan 55 ℃'ye çıkartılmaktadır.

- Bir dizi durulama ve fosfatlama prosesinden sonra sac gövde kataforez kaplanmak üzere kataforez havuzuna daldırılmaktadır.
- Kataforez kaplama sırasında havuza verilen akımdan dolayı havuzun sıcaklığı artmakta ve malzemenin yapısının bozulmasında neden olmaktadır. Bu nedenle havuz, soğutma gruplarından alınan 7 ℃'lik soğuk su ile sürekli olarak set değerine kadar soğutulmaktadır.
- Soğutma eşanjörünün birincil tarafından 7 ℃ giren soğuk su enerjisini bıraktıktan sonra 12 ℃ olarak soğutma gruplarına geri gönderilmektedir. İkincil kısmından ise havuzdan alınan 35 ℃'lik kataforez malzemesi geçirilerek 32 ℃'ye soğutulmaktadır.

Mevcut durumda doğalgaz ve elektrik tüketimi;

Isıtma (Doğalgaz Tüketimi);

$Q_{Isıtma}$ = m. c. ΔT (3.6)

$Q_{Isıtma}$ = [(30 m³/h).(997 kg/m³)].(4.1796 kJ/kg.K). (10K)

$Q_{Isıtma}$ = 1.250.118 kJ/h = 36.23 Sm³/h

$Q_{Isıtma}$ = 252.195 Sm³/yıl

Soğutma (Elektrik Tüketimi);

$Q_{Isıtma}$ = m. c. ΔT (3.7)

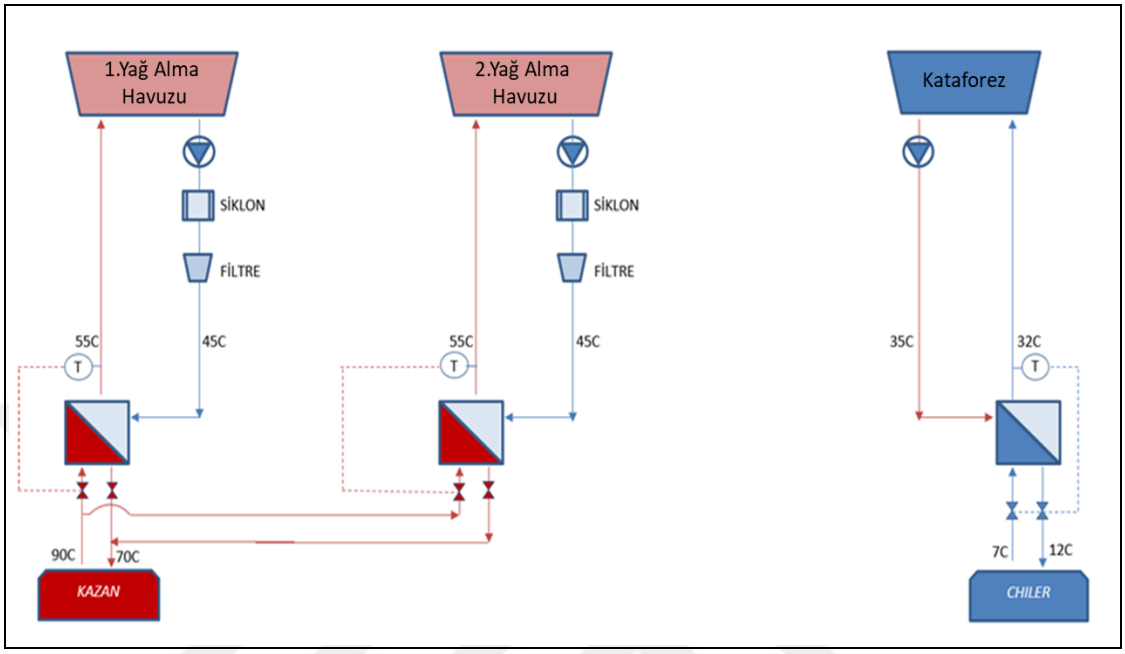
$Q_{Isıtma}$ = [(24 m³/h).(1020 kg/m³)].(4.1916 kJ/kg.K). (3,6 K)

$Q_{Isıtma}$ = 369.397 kJ/h = 102,6 kWh

$Q_{Isıtma}$ = 714.168 kWh/yıl

Mevcut durumda ısıtma için 252.195 Sm³/yıl doğalgaz, soğutma prosesi için 714.168 kWh/yıl elektrik tüketilmektedir.

İşletmede bulunan kataforez kaplama tesisinde süreç Şekil 3.15'te belirtilmiştir.

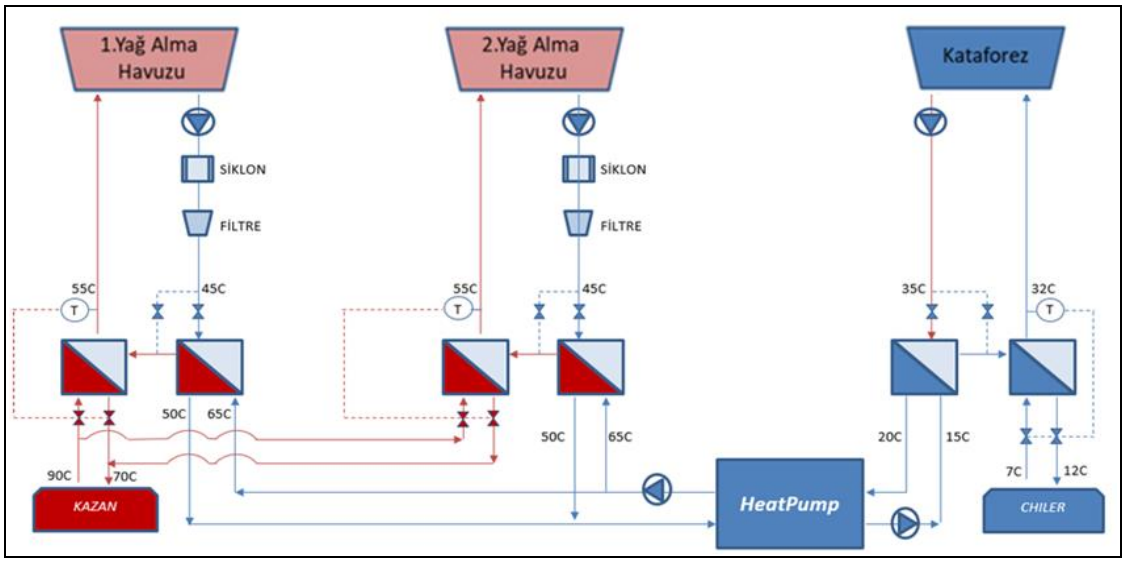


Şekil 3.15. Kataforez kaplama tesisi şematik gösterim

Uygulama sonrasında sisteme entegre edilen ısı pompasının çalışma prensibi, soğutucu akışkanın kapalı devrede sıcaklık, basınç ve faz değişimi ile enerjiyi transfer etmesine dayanmaktadır.

Düşük sıcaklık ve basınçtaki soğutucu akışkan, dış ünitede evaporator içerisinden geçerken kendisinden daha yüksek sıcaklıktaki kataforez havuz sıvısından ısıyı çeker. Isı taşıyıcı akışkanın sıcaklığı ve basıncı kompresörde arttırdıktan sonra, iç ünitedeki su devresi eşanjorüne gönderilmektedir.

Burada yüksek sıcaklık ve basınçtaki soğutucu akışkan, enerjisini tesisattan dönen suya aktarır. Sıcaklığı artırılan su, pompa vasıtası ile yağ alma havuzlarına bağlı ısı değiştiricilerine gönderilir. Isıtma devresinde su sıcaklığı proses isterlerine göre 80°C'ye kadar çıkartılabilmektedir. Uygulamada su sıcaklık set değeri 65°C olarak belirlenmiştir. Isı pompası uygulama sonrası tesisin şematik gösterimi Şekil 3.16'da gösterilmiştir.



Şekil 3.16. Isı pompası uygulama sonrası tesisi şematik gösterim

Böylelikle, önceden 2 ayrı ekipman ile (Chiller, Sıcak su kazanı) çalışan ve 2 ayrı enerji tüketimi (elektrik, doğalgaz) olan proses, tek bir ısı pompası yardımı ile çalışabilen proses haline döndürülmüştür.

Isı pompası projesi ile soğutma prosesinde gerekli olan enerjinin tamamı ısı pompası tarafından 606.168 kWh/yıl enerji tüketilerek karşılanmıştır. Bu değer cihazın panosu üzerinde bulunan enerji sayacından alınmıştır. Soğutma işlemini gerçekleştirirken de ortaya çıkan 252.195 Sm^3/yıl kalorifik değere sahip ısı, havuzların ısıtılmasında kullanılmıştır.

Isı pompası projesi sonucunda 108.000 kWh/yıl elektrik tasarrufu, 252.195 Sm^3/yıl doğalgaz tasarrufu sağlanmıştır. Tasarrufun toplam mali değeri 342.600 TL/yıl'dır.

Yapılan enerji tüketimi iyileştirme çalışması ile toplamda 584 ton CO_2 emisyonunun atmosfere salınımı engellenmiştir.

Projenin tasarım, imalat, nakliye ve montajı sırasında atmosfere 6 ton CO_2 emisyonu salınımı yapıldığı hesaplanmıştır. Projenin karbon ayak izini sıfırlamak amacı ile TEMA vakfı üzerinden ağaç diktirilmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Türkiye ihracatının öncüsü olan otomotiv sektörünü, Türkiye ekonomisinde özel bir yere sahiptir. Otomotiv sanayisinde potansiyel enerji verimliliği fırsatlarının belirlenmesi amacıyla bu tez çalışması yapılmıştır.

Bu çalışma kapsamında işletmedeki kürleme fırınları, yakma sistemleri, buhar sistemleri, soğutma sistemleri ve kataforez tesisindeki ısıtma-soğutma prosesleri incelenmiştir. Tesisin enerji tüketiminin azaltılması için hayata geçirilen projeler detaylı olarak analiz edilmiş ve sonuçları ortaya konulmuştur.

- Uygulama öncesinde fırına sürekli olarak 25°C'lik taze hava beslemesi yapılmaktadır. Beslenen taze hava 220°C'ye kadar doğalgazlı brülör ile ısıtılmaktadır. Isıtılıp fırın içerisine beslenen 220°C sıcak hava üzerine yeteri kadar nem aldıktan sonra egzoz fanları yardımıyla dışarı atılmaktadır. Yapılan geri kazanım sistemi sayesinde 220°C'lik baca gazı reküperatörden geçirilmiştir ve sıcaklığı 100°C'ye kadar düşürülmüştür. Bu esnada sekonder taraftan 25°C'lik hava geçirilmiş ve sıcaklığı 95°C'ye kadar ön ısıtılmıştır. 95°C'lik hava set değeri olan 220°C ye yine doğalgazlı brülörler ile ısıtılmıştır. Kürleme fırınına kurulan hava-hava ısı geri kazanım sistemi ile 177.824 m^3/yıl doğalgaz tasarrufu sağlanmıştır. Tasarrufun mali değeri 218.723 TL/yıl'dır. Projenin ortalama basit geri ödeme süresi 2- 2,5 yıl arasındadır. Yapılan enerji tüketimi iyileştirme çalışması ile 379 ton CO_2 emisyonunun atmosfere salınımı engellenmiştir.
- Brülör ekipmanları ortamdan aldığı ortalama 25°C hava ile yanma prosesini gerçekleştirmektedir ve cehennemlik bölgesini set değerine kadar ısıtmaktadır. Cehennemlik egzoz kanalından sürekli olarak giren doğalgaz ve hava debisi kadar 200°C atmosfere sıcak hava atılmaktadır. Bu egzoz kanalına konulan reküperatör ile egzoz gazının sıcaklığı 200°C'den 100°C'ye düşürülmüştür. Aynı esnada brülöre girecek olan 25°C'lik yakma havası reküperatörün sekonder bölgesinde 95°C'ye kadar ön ısıtılmaktadır. Brülör gruplarının yakma havalarının ön ısıtılması projesi ile 37.440 m^3/yıl doğalgaz tasarrufu sağlanmıştır. Tasarrufun mali değeri

- 46.051 TL/yıl'dır. Projenin ortalama basit geri ödeme süresi 2- 2,5 yıl arasındadır. Yapılan enerji tüketimi iyileştirme çalışması ile 80 ton CO_2 emisyonunun atmosfere salınımı engellenmiştir.
- İşletmede bulunan fırın ve fırın öncesi flash-off alanı proses gereği belirli sıcaklık değerlerinde olmalıdır. Fırını ısıtmak için günde 53 ton 210°C buhar kullanılmaktadır. Buhar fırına 210°C girip 110°C olarak çıkmaktadır. 110 °C'lik kondens yüksek basınçtan kondens tankındaki daha düşük bir basınçlı ortama geldiğinde, bir miktar su buharlaşmasıyla flaş buhar meydana gelmektedir. Fırın öncesi alan 90°C'lik kızgın su ile ısıtılmaktadır. Fırın öncesi alana konulan yeni buhar serpantini fırından çıkan 110°C'lik kondens ile beslenmiştir. Böylelikle fırın öncesi alanın ısıtılması hem de kondensin sıcaklık ve basıncının bir miktar geri kazanılması sağlanmıştır. Yeni serpantine 110°C girip 90°C çıkan kondens, tanka geldiğinde flaş buhar kaybının azaldığı gözlemlenmiştir. Flaş buhar geri kazanım sistemi ile 83.089 m^3/yıl doğalgaz tasarrufu sağlanmıştır. Tasarrufun mali değeri 102.200 TL/yıl'dır. Projenin ortalama basit geri ödeme süresi 1- 1,5 yıl arasındadır. Yapılan enerji tüketimi iyileştirme çalışması ile 177 ton CO_2 emisyonunun atmosfere salınımı engellenmiştir.
- İşletmede bulunan soğutma gruplarının set değeri 7°C'dir. Bu değer üretici firma tarafından cihazların kurulduğu zaman bildirilen değerdir. Değişen koşullar ile cihazın 7°C 'de soğuk su üretebilmesi için çalıştığı nokta verim eğrisinde optimum noktanın altında kalmaktadır. Cihazın set değerinin 8°C'ye çıkartılması ile aynı soğutma yükünü eğrideki daha verimli noktada çalıştırılarak, daha az enerji tüketerek gerçekleştirilmiştir. Soğutma ünitelerinde yapılan set değeri yükseltme çalışması sonucunda ile 505.440 kWh/yıl elektrik tasarrufu sağlanmıştır. Tasarrufun mali değeri 151.632 TL/yıl'dır. Bu projenin yatırım maliyeti bulunmamaktadır. Yapılan enerji tüketimi iyileştirme çalışması ile 217 ton CO_2 emisyonunun atmosfere salınımı engellenmiştir.
- Tesiste bulunan kataforez hatlarında ısıtma ve soğutma yapılan havuzlar bulunmaktadır. Isıtmalar doğalgazlı sıcak su kazanından sağlanırken, soğutma işlemi chiller ünitelerinden gelen soğuk su ile sağlanmaktadır. Hem havuzdan ısı alarak soğutma işlemi yapabilecek hem de diğer havuza ısı vererek ısıtma işlemi yapabilecek bir ısı pompası projesi hayata geçirilmiştir. Bu proje ile ısı pompası

bir havuzu soğuturken bu havuzdan aldığı enerjiyi diğer havuza vererek ısıtma prosesi gerçekleştirmiştir. Bu işle sırasında cihaz sadece elektrik enerjisi tüketmektedir. Isı pompası projesi sonucunda 108.000 kWh/yıl elektrik tasarrufu, 252.195 Sm^3/yıl doğalgaz tasarrufu sağlanmıştır. Tasarrufun toplam mali değeri 342.600 TL/yıl'dır. Projenin ortalama basit geri ödeme süresi 1,5- 2 yıl arasındadır. Yapılan enerji tüketimi iyileştirme çalışması ile toplamda 584 ton CO_2 emisyonunun atmosfere salınımı engellenmiştir. Projenin tasarım, imalat, nakliye ve montajı sırasında atmosfere 6 ton CO_2 emisyonu salınımı yapıldığı hesaplanmıştır. Projenin karbon ayak izini sıfırlamak amacı ile TEMA vakfı üzerinden ağaç diktirilmiştir.

KAYNAKLAR

[1] Gedik B. E., Financial And Risk Analysis in Investment Projects: A Case Study From Energy Sector in Turkey., Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2017, 473490.

[2] Çıtak E., Pala B. P.., Yenilenebilir Enerjinin Enerji Güvenliğine Etkisi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2016, 3, 79-102.

[3] Albostan A., Çekiç Y., Eren L.,Rüzgar Enerjisinin Türkiye'nin Enerji Arz Güvenliğine Etkisi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2009, 4, 642.

[4] Sert M. Ö., Tekstil Sanayinde Enerji Verimliliği: Entegre Bir Tekstil Fabrikası Örneği., Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2018, 537586.

[5] Cabak B., Tekstil Fabrikasında Enerji Verimliliği Uygulamaları., Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2018, 495064.

[6] OZYURT H., Fabrika Üretim Hattında Üretim Kapasitesini Artırmak ve Enerji Verimliliğini Sağlamak., Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016, 432153.

[7] TOYGARLAR H., Endüstriyel Tesiste Enerji Verimliliği Üzerine Bir Çalışma., Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2014, 410601.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

[1] **Sipahi B.**, Kaya D., Eyidoğan M., Yüce M., Sıfır Karbon Ayak İzi İle Atık Isı Geri Kazanım Projesi, *3rd Internatıonal Congress on Engineering, Architecture and Design*, Kocaeli, Türkiye, 4-5 May 2018

ÖZGEÇMİŞ

1990 yılında Sinop'ta doğdu. İlk ve orta öğrenimini Sinop'ta tamamladı. 2009 yılında girdiği Yalova Üniversitesi'nden 2014 yılında mezun oldu. 2015 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisansa başladı.