

**ENDÜSTRİYEL TAV FIRINLARINDA HAVA
PERDESİ KULLANIMININ ENERJİ VERİMLİLİĞİNE
ETKİSİ**

**2013
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ**

Tünay ODABAŞ

**ENDÜSTRİYEL TAV FIRINLARINDA HAVA PERDESİ KULLANIMININ
ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ**

Tünay ODABAŞ

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Haziran 2013**

Tünay ODABAŞ tarafından hazırlanan “ENDÜSTRİYEL TAV FIRINLARINDA HAVA PERDESİ KULLANIMININ ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK

Tez Danışmanı, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

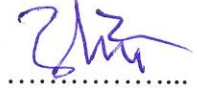


Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir. 18/ 06/ 2013

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Kurtuluş BORAN(GÜ)



Üye : Doç. Dr. Sezayi YILMAZ(KBÜ)



Üye : Doç. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK(KBÜ)



...../...../2013

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Tünay ODABAŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ENDÜSTRİYEL TAV FIRINLARINDA HAVA PERDESİ KULLANIMININ ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ

Tünay ODABAŞ

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK

Haziran 2013, 44 Sayfa

Enerji kaynaklarının azalması, enerji ihtiyacının ve enerji maliyetlerinin artması, sanayideki rekabetçi koşullar ve çevresel duyarlılık enerji kaynaklarını verimli kullanmayı gerektirmektedir. Bu çalışmada sanayide enerjinin verimli kullanılması kapsamında bir sanayi kuruluşunun haddehane tav fırınında hava perdesinin kullanımına bağlı olarak enerji verimliliği çalışması yapılmıştır. Bu amaçla, haddehane tav fırınında basınç değişiminin kontrolü, reküperatör ömrünün uzaması, sıcak havanın dışarıya çıkması ve soğuk havanın içeriye girmesinin önlenmesi için fırın şarj ve deşarj kapaklarının yerine hava perdesi monte edilmiştir. Yapılan çalışmada tav fırınında ölçümler yapılmış, yapılan ölçüm sonuçları değerlendirilmiş, ölçüm sonuçları ve kuruluş verileri ile birlikte kütle ve enerji dengesine yönelik hesaplamalar kullanılarak hava perdesinden enerji tasarruf imkanları, boyutları ve geri ödeme süreleri ile birlikte belirlenmiştir. Bu tasarruf imkânlarının hangi sistem

ve/veya işletme tedbiriyle sağlanabileceği konusunda önerilerde bulunulmuştur. Mevcut durumda, haddehane tav fırınının verimi % 61,83 olarak hesaplanmıştır. Yapılabilecek enerji tasarrufu yıllık 3900 \$, geri ödeme süresi 7,5 ay ve haddehane tav fırınının veriminin % 61,9 olduğu belirlenmiştir. Sıcak havadan kaynaklanan ve zaman-zaman oluşan bakım-onarım durumlarında oluşabilecek kaza riski de azaltılarak İSG (işçi sağlığı ve güvenliği) açısından çalışanların daha güvenli çalışması sağlanmıştır.

Anahtar Sözcükle : Endüstriyel fırınlar, enerji verimliliği, hava perdesi, enerji tasarrufu, iş sağlığı ve güvenliği.

Bilim Kodu : 914.1.038

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

ENERGY PRODUCTIVITY EFFECT OF AIR SHUTTER IN REHEATING FURNACES

Tünay ODABAŞ

Karabuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Energy Systems Engineering

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK

June 2013, 44 Pages

Decrease in energy resources, increase in energy requirement and energy costs, competitive conditions in industry and environmental sensitivity have required energy resources to be used efficiently. In this study, within the scope of efficient use of energy in industry, a study on energy efficiency has been done in reheating furnace of rolling mill in an integrated industrial company. Within the study; measurements have been done in reheating furnace, the measurements have been evaluated for reheating furnace, calculations oriented to energy balance have been done by using measurement results and company data and energy saving opportunities have been specified with its amounts and payback periods. Suggestions on how these opportunities will be applied have been made. As a result of the study, operation of the furnaces with assembled air shutter has been stated as the energy saving opportunity with small investment. Efficiency of reheating furnace of rolling mill has been calculated as % 61,83 for the current situation. It is determined that

efficiency of reheating furnace of rolling mill will be % 61,9 with the energy saving (3900 \$/year and payback period 7,5 months) applications. Air Shutter has been mounted for easy pressure control of inlet furnace, extend of recuperator life and prevent heat transfer from inlet to outlet or from outlet to inlet. Thus, Fuel consumption has been decreased because of pressure control and prevent heat transfer. Reliable working conditions have been involved for employees and accident risk has been decreased due to high temperature. As well, during losing time of door opening and closing, more bloom and billet have been aimed to reheat.

Key Words : Reheating furnaces, energy efficiency, air shutter, energy saving, ohsas.

Science Code : 914.1.038

TEŞEKKÜR

Tez çalışmama verdikleri desteklerden dolayı danışmanım Doç. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK'a, ölçümler esnasındaki yardımlarından dolayı Karabük Üniversitesi Enerji ve Çevre Teknolojileri Birimi'ndeki çalışma arkadaşlarıma, tezime verdikleri her türlü maddi ve manevi destekten dolayı başta Arş. Gör. Enes KILINÇ olmak üzere Karabük Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü'ndeki ve Kardemir Ray ve Profil Haddehanesindeki arkadaşlarıma, ayrıca her zaman manevi desteklerini hissettiğim sevgili Eşim'e ve sevgili ocuklarım Ömer Faruk ve Onur Erdem'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	7
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	7
BÖLÜM 3	9
ENDÜSTRİYEL TAV FIRINLARINDA HAVA PERDESİ KULLANIMININ ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ.....	9
3.1. HAVA ERDESİ VE ÇEŞİTLERİ	9
3.1.1. Hava Perdesi Çeşitleri.....	9
3.1.1.1. Isıtıcısız Hava Perdesi (Ortam Havalı Hava Perdesi).....	10
3.1.1.2. Isıtıcılı Hava Perdesi (Sıcak Hava Perdesi-Rezistanslı)	10
3.1.1.3. Endüstriyel ve Soğuk Hava Perdeleri	10
3.2. HAVA PERDESİ KULLANMANIN AMACI.....	10
3.3. HAVA PERDESİNDE KULLANILAN EKİPMANLAR.....	16
3.3.1. Fan Motoru	18
3.3.2. Kompanzatör.....	19
3.3.3. Ana Borular	20

	<u>Sayfa</u>
3.3.4. El Vanası.....	20
3.3.5. Flanş.....	21
3.3.6. Rekor.....	21
3.3.7. Dirsek.....	22
3.3.8. Hortum.....	22
3.3.9. Hava Nozulu	23
BÖLÜM 4	24
YÖNTEM, ÖLÇÜM VE HESAPLAMALAR	24
4.1. TEORİK TEMEL VE HESAPLAMA YÖNTEMİ.....	24
4.1.1. Enerji Denkliği.....	24
4.1.2. Fırın Verimi	26
4.1.3. Hava Perdesi Kazançları.....	27
4.1.3.1. Kapının Açıldığında İçeriden Dışarıya Giden Isı Kaybı.....	27
4.1.3.2. Kapı Açıldığında Egzoz Alevinin Isı Kaybı	27
4.1.3.3. Kapak Açıklığından Kaynaklanan Toplam Isı Kaybı.....	28
4.2. ÖLÇÜM YÖNTEMİ VE ÖLÇÜM CİHAZLARI.....	28
4.2.1. Haddehane Tav Fırını Ölçüm Sonuçları	31
4.2.2. Haddehane Tav Fırını Verimi	34
4.2.3. Hava Perdesi ile Yapılacak Tasarruf Miktarı	35
4.2.4. Haddehane Tav Fırını Enerji Denkliği	36
4.2.5. Potansiyel Tav Fırını Verimi	38
4.2.6. Hava Perdesi ile Tasarruf Miktarı.....	39
4.2.7. Hava Perdesi ile Elektrik Tüketimi Maliyeti	39
4.2.8. Bakım-Onarım ve Ortamdan Kazanılacak Tasarruf Miktarı	39
4.2.9. Hava Perdesi Yatırım Maliyeti	39
4.3.10. Geri Ödeme Süresi.....	40
BÖLÜM 5	41
SONUÇ VE ÖNERİLER	41
KAYNAKLAR	42

Sayfa

ÖZGEÇMİŞ 44

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Dünyada enerji üretimi.	1
Şekil 1.2. Dünya enerji tüketimi.	2
Şekil 1.3. Dünya enerji üretim ve tüketim değerleri.	2
Şekil 1.4. İnsan kaynaklı global sera gazı emisyonları.	3
Şekil 1.5. Küresel enerji tüketimi ve sektörlere göre dağılımı.	4
Şekil 1.6. Endüstriyel bir tav fırını.	5
Şekil 3.1. Hava perdesi.	11
Şekil 3.2. Radyasyon yoluyla ısı kaybı.	12
Şekil 3.3. Fırın basınç hava kaçak eğrisi.	12
Şekil 3.4. Hava perdesiz durum ve hava kaçakları.	13
Şekil 3.5. Deneyi yapılan endüstriyel tav fırın şarj sisteminin görünüşü.	13
Şekil 3.6. Endüstriyel tav fırınında şarj kapısı.	14
Şekil 3.7. Hava perdesi monte edildikten sonra.	14
Şekil 3.8. Hava perdesi ile sızıntının önlenmesi.	15
Şekil 3.9. Endüstriyel tav fırınında hava perdesi montajının görünüşü.	15
Şekil 3.10. Endüstriyel tav fırınında hava perdesi ile izolasyon.	16
Şekil 3.11. Hava perdesi şeması.	17
Şekil 3.12. Hava perdesinin autocad ile çizimi.	18
Şekil 3.13. Fan motoru.	19
Şekil 3.14. Kompanzator.	19
Şekil 3.15. Ana borular.	20
Şekil 3.16. Vanalar.	20
Şekil 3.17. Flanş ve kör flanş.	21
Şekil 3.18. Konik rekorlar.	21
Şekil 3.19. Dirsek.	22
Şekil 3.20. Flexible hortum.	22
Şekil 3.21. Hava nozulu.	23
Şekil 4.1. Enerji kütle denkliği.	24

	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.2. Tav fırını çalışma ve ölçüm sisteminin şematik gösterimi.	30
Şekil 4.3. Fırın scada 1.....	31
Şekil 4.4. Fırın scada 2.....	31
Şekil 4.5. Black body diagram.....	35
Şekil 4.6. Haddehane tav fırını sankey diyagramı.	36

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1. Haddehane tav fırınında kullanılan yakıt debileri.	32
Çizelge 4.2. Kok gazı analiz değerleri.	32
Çizelge 4.3. Yüksek fırın gazı analiz değerleri.	33
Çizelge 4.4. Haddehane tav fırını kok gazı yanma ürünleri ve egzoz gazı bileşimi.	33
Çizelge 4.5. Haddehane tav fırını yüksek fırın gazı yanma ürünleri ve egzoz gazı bileşimi.	34
Çizelge 4.6. Haddehane tav fırını egzoz gazı debisi, yakma havası debisi, fazla hava debisi ve hava fazlalık katsayısı.	34
Çizelge 4.7. Haddehane tav fırını verimi.	35
Çizelge 4.8. Ray profil haddehanesi tav fırını enerji ve kütle denklığı.	37
Çizelge 4.9. Hava perdesiz dışarı giden toplam ısı.	37
Çizelge 4.10. Hava perdeli dışarı giden toplam ısı.	37
Çizelge 4.11. Egzoz alev ısı kaybı.	38
Çizelge 4.12. Tasarruf edilecek toplam ısı kaybı.	38
Çizelge 4.13. Potansiyel tav fırını verimi.	38
Çizelge 4.14. Maliyet, tasarruf ve geri ödeme tablosu.	40

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

A	: amper
C	: karbon
CH ₄	: metan
CO	: karbon monoksit
CO ₂	: karbondioksit
c _p	: sabit basınçta özgül ısı
C ₂ H ₂	: asetilen
C ₂ H ₄	: etilen
C ₂ H ₆	: etan
d	: dakika
ε	: radyasyon ısı kayıp katsayısı
E	: enerji
EJ	: exajoule (10 ¹⁸ joule)
Gt	: giga ton
t	: saat
H	: alt ısı değer
H ₂	: hidrojen
H ₂ O	: su buharı
kJ	: kilo joule
kg	: kilogram
kW	: kilowatt
m	: kütle
m	: debi
MTEP	: milyon ton eşdeğer petrol
mmH ₂ O	: milimetre su sütunu
m ²	: metrekare

m^3	: metreküp
Nm^3	: normal metre küp
N_2	: azot
O_2	: oksijen
\dot{Q}	: ısı miktarı
s	: saniye
SO_2	: kükürt dioksit
T	: sıcaklık
TEP	: ton eşdeğer petrol
η	: verim
$^{\circ}C$: derece santigrat
%FH	: fazla hava yüzdesi
Δt	: sıcaklık değişimi
y	: yıl

ALT İNDİSLER

bg	: baca gazı
ç	: çıkan
d	: diğer
g	: giren
h	: hava
k	: kütük
KH	: kontrol hacmi
s	: stokiyometrik
ss	: soğutma suyu
y	: yakıt
yh	: yakma Havası

KISALTMALAR

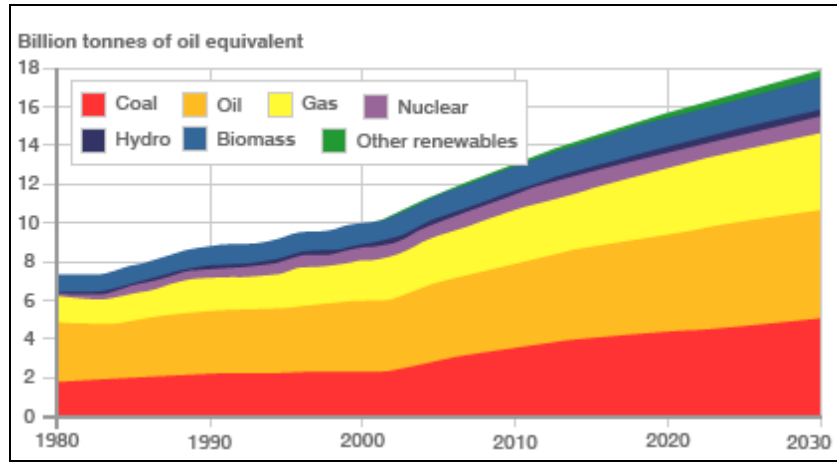
AID	: alt ısı değer
DCS	: distributed control system

EIA : Energy Information and Administration
HMI : Human Machine Interface
IEA : International Energy Agency
IISI : International Iron and Steel Institute
IPCC : Intergovernmental Panel On Climate Change
İSG : İş Sağlığı ve Güvenliği
ob : orijinal baz
OHSAS: Occupational Health and Safety Management System
PLC : Programmable Logic Controller
TL : Türk Lirası
USD : Amerikan Doları
ÜİD : Üst Isıl Değer
vb : ve benzeri
vd : ve diğerleri
vs : ve saire
YF : Yüksek Fırın
YFG : Yüksek Fırın Gaz

BÖLÜM 1

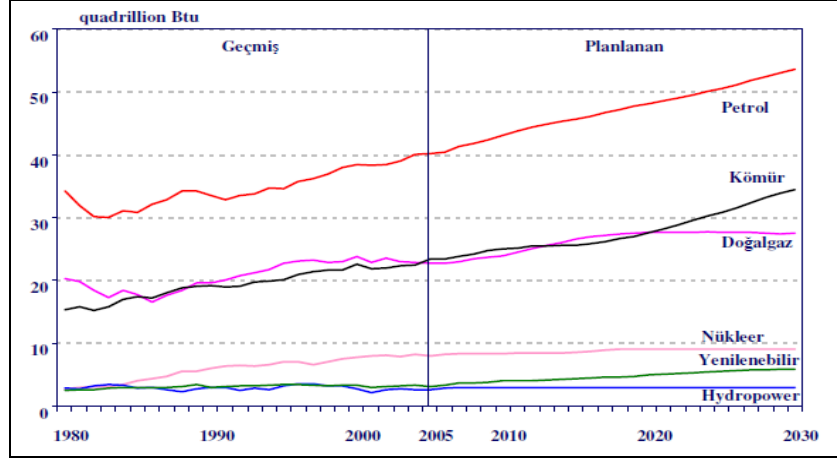
GİRİŞ

Enerji, insanoğlunun temel ihtiyaçlarının karşılanması ve hayat standartlarının yükseltilmesinde birincil derecede bir gereksinim olarak kabul edilmektedir. Hâlihazırda dünya enerji ihtiyacının önemli bir bölümünü karşılamakta olan fosil yakıtların rezervleri hızla tükenmektedir. Bu yüzyılın ikinci yarısında petrol ve doğalgaz gibi bazı fosil yakıtların rezervlerinin sonuna gelineceği tahmin edildiğinden, bütün enerji kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması büyük önem taşımaktadır. Şekil 1.1’de de görüldüğü gibi dünya enerji üretiminin önemli bir kısmı fosil kökenli yakıtlardan karşılanmaktadır.



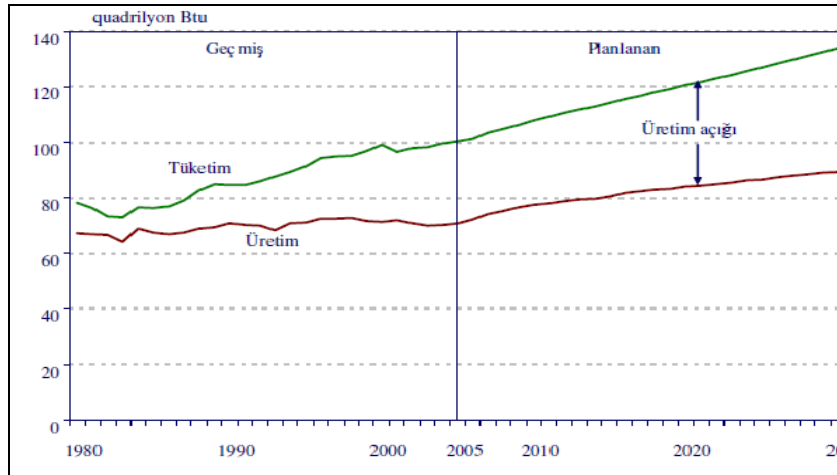
Şekil 1.1. Dünyada enerji üretimi.

Dünyanın enerji tüketimi son yirmi yıl içerisinde beklenenden % 57 daha fazla artmıştır. Şekil 1.2’de dünyada hızla büyüyen küresel enerji ihtiyacına ilişkin bilgiler verilmiştir. Burada geçmiş otuz yılın tüketim bilgileri ve gelecek yirmi yılın tahmin edilen tüketim değerleri verilmiştir. Burada açıkça görülmektedir ki dünya enerji ihtiyacının büyük bir kısmı (yaklaşık % 86) fosil yakıtlardan elde edilmektedir.



Şekil 1.2. Dünya enerji tüketimi.

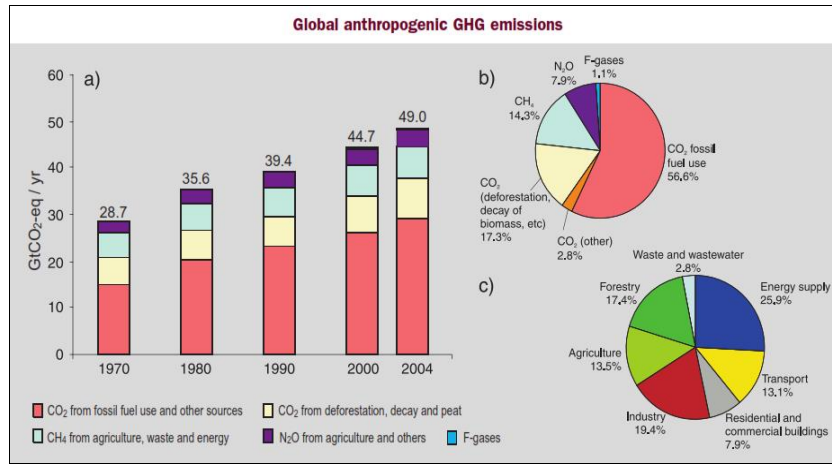
Gelecekte ülkelerin ve küresel ekonomilerin hızla büyüebilmesi için ülkelerin enerji ihtiyaçlarının ve tüketimlerinin de aynı hızda büyümesi gerektiği bilinen bir gerçektir. Fosil yakıtlar dünyanın her bölgesinde bulunmamakla birlikte yakıtların çıkarıldıkları bölgelerdeki siyasi ve ekonomik sıkıntılar bütün dünyayı etkilemektedir. Ayrıca geleneksel enerji kaynaklarından günümüz teknolojileri ile elektrik üretimi sırasında ciddi çevre kirliliği sorunları meydana gelmektedir. Bu sebeple bütün dünyada yeni ve temiz enerji türlerine olan ilgi ve araştırmalar hızla artmaktadır. EIA (Energy Information and Administration) kurumu tarafından oluşturulan istatistiksel bilgiler doğrultusunda Dünyanın toplam enerji üretim ve tüketimine dair veriler Şekil 1.3’de verilmiştir.



Şekil 1.3. Dünya enerji üretim ve tüketim değerleri.

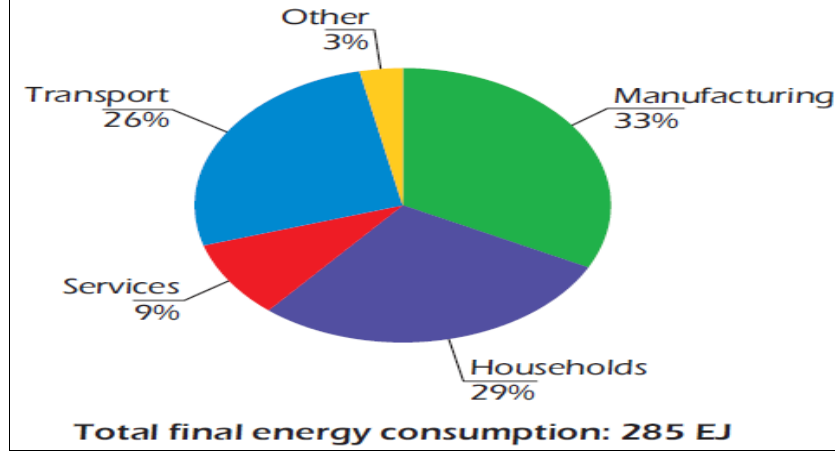
Eğriden de görüldüğü gibi gelecek 20-30 yıl süresinde dünyanın ürettiği enerji talep edilen ve tüketilen enerji miktarını karşılamayacaktır. Ortaya çıkan enerji açığını azaltmak için ya enerji kullanımında kısıtlamalara gidilmeli veya alternatif enerji kaynakları üzerindeki çalimsalar daha da arttırılarak ilerletilmelidir. Günümüzde fosil kökenli enerji kaynakları hazır olarak tüketilmekte ve enerji kullanımında önemli bir artış görülmektedir. Enerjinin kullanımı ile enerji kaynakları arasındaki ilişki, enerji maliyetlerinde dramatik bir artışa neden olmasına rağmen kaynakların uygun miktarda kullanımını gerektirmektedir [1].

Enerji tüketiminin hızla artması, fosil kökenli yakıtların daha çok kullanılmasına ve atmosfere salınan karbondioksit (CO₂) miktarının artmasına neden olmakta; bunun sonucu oluşan sera etkisi ile iklim değişiklikleri kaçınılmaz hale gelmektedir [2]. CO₂ en önemli insan kökenli sera gazıdır. Şekil 1.4'de görüldüğü gibi CO₂, 2004 yılındaki toplam insan kaynaklı sera gazı salınımlarının % 77'sini oluşturmuş ve 1970 ile 2004 yılları arasında yıllık CO₂ salınımı % 80 oranında 21 Gt'dan 38 Gt'a yükselmiştir. 1970 ile 2004 yılları arasında sera gazı salınımlarında en büyük artış enerji tedariki, taşımacılık ve sanayi sektörlerinden kaynaklanmıştır [3].



Şekil 1.4. İnsan kaynaklı global sera gazı emisyonları.

1990 ve 2005 yılları arasında küresel boyutta toplam enerji tüketimi % 23 oranında artmıştır. Şekil 1.5'de küresel enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımı gösterilmiştir. 2005 yılında imalat sanayi % 33'lük pay ile enerjiyi küresel olarak en çok tüketen sektör olmuştur [4].



Şekil 1.5. Küresel enerji tüketimi ve sektörlere göre dağılımı.

Tüm dünyada küresel ısınmadan kaynaklanan iklim değişikliği, enerji ve çevre güvenliği, bunun yanında enerjinin verimli ve yararlı kullanımı başlıkları önemli rol oynamaktadır. Yaşam kalitesinden ve üretimden ödün verilmeden enerji verimliliği ile enerji tasarrufu yapılabilmektedir. Jollands ve arkadaşları, tasarruf edilen enerjiyi dönüştürülebilen, ucuz, yerli ve temiz bir enerji kaynağı olarak tanımlamışlardır [1].

Ülkemizde, sanayide % 15, yerleşim yerlerinde % 35 ve taşımacılık maliyetlerinde % 15 enerji tasarruf potansiyeli mevcuttur. Bu potansiyeller; yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edebilecek enerjiden daha yüksektir. Eğer enerji verimliliğine doğru kararlı ve başarılı adımlar atılabilirse ülkemizdeki enerji talebi 2020 yılında % 20 oranında azalacaktır [1].

Demir-çelik sektörü yıllık yaklaşık 24 EJ ($\times 10^{18}$) enerji tüketimi ile en çok enerji tüketen sektörlerden birisidir ve dünyanın toplam enerji tüketiminin % 5'ine karşılık gelmektedir [5].

Demir-çelik sektörü kömürü birincil indirgeyici madde olarak kullanmaktadır. Kömürün en büyük bileşeni olan karbon (C), süreç sonucunda çevreye CO₂ olarak bırakılır. Bu yüzden bu sektördeki enerji tüketimi CO₂ salınımına eşittir ve enerji verimliliğini artırmak için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır [6].

Demir-çelik sektöründe enerji verimliliğinin artırılması sera gazı salınımlarının azaltılmasında etkili ve kısa vadeli bir yaklaşımdır. Brüksel’de bulunan International Iron and Steel Institute (IISI) Kyoto süreci sonrasında iklim değişikliğine yeni ve küresel bir yaklaşım geliştirmek için devletleri demir-çelik sektörü ile çalışmaya davet etmiştir [7].

Endüstriyel işletmeler açısından bakıldığında, verimliliği artırıcı çalışmalar yakıttan tasarruf sağlamakla birlikte kaynakların verimli kullanımına ve çevre kirliliğinin azaltılmasına önemli ölçüde katkıda bulunurlar. Enerji verimliliğinin artırılması, ısı kayıplarının meydana geldiği bölgelerin ve miktarlarının belirlenmesi ile mümkün olmaktadır [2].

İçerisine yerleştirilen ya da sürekli olarak şarj edilen malzemeleri ekonomik bir şekilde ısıtmak suretiyle işlem sıcaklığına yükselten ve gerektiğinde bu sıcaklıkta gerekli süre kadar tutan teknik ünitelere ocak ya da fırın adı verilmektedir. Tav fırınları; çeliklerin haddelenmesinde, hadde bandı üzerine yerleştirilen ve çeliklerin 1050-1300 °C sıcaklık aralığında ısıtılmasında kullanılan ve sürekli çalışan fırınlardır [7]. Sanayide kullanılan endüstriyel bir tav fırını Şekil 1.6’de gösterilmiştir.



Şekil 1.6. Endüstriyel bir tav fırını.

Endüstriyel tesislerde enerjiyi en yoğun kullanan ünitelerin başında fırınlar gelmektedir. Endüstriyel fırınlar ergitme, ısıl işlem, pişirme, kurutma, temperleme,

vb. süreçleri gerçekleştirmektedir. Frnlara, tasarlandklar süreçlerin için gerekli hammadde ve enerjinin beslenmesi gerekir [2].

Frnlar, özelikle yüksek sıcaklıklarda çalışan tavlama frnları, endüstriyel işletmelerde gerek yakıt tüketimi açısından gerekse çevreye verdiği atık gazların oluşturduğu kirlilik açısından mümkün olduğunca verimli çalıştırılması gereken sistemlerdir [8].

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Ertem vd. yaptıkları çalışmada endüstriyel tav fırınlarında enerji kaybının görüldüğü başlıca kısımları incelemiş, enerji verimlilik analizi yapmış, ısı verimi bulmuş ve kayıpları tespit etmişlerdir. Tavlanan malzemeye aktarılan enerji bulunmuş, birim zamanda tüketilen yakıt ve tavlanan ürün miktarı belirlenerek buradan toplam yakıt tüketimi giren enerji olarak elde edilmiştir. Giren enerji ile ürüne aktarılan enerji arasındaki farkın hangi tür kayıplar olduğu ve miktarları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda ısı verim % 38,3 olarak bulunmuştur. Kayıplar ise % 31,6 ile baca gazı kayıpları, % 10,4 ile yüzey kayıpları, % 13 ile açıklık kayıpları ve % 6,7 ile diğer kayıplar olarak belirlenmiştir [8].

Hiroshi Sakurai yaptığı çalışmada alevden korunmak için hava perdesi kullanımı hakkında araştırma yapmışlardır. Hava perdesi kullanımının etraftaki hava akışını kontrol etmede başarılı olduğunu, zararlı gaz ve toksinleri uzaklaştırmada etkili olduğunu göstermişlerdir [9].

M.Zaheer-Uddin yaptığı çalışmada hava perdesi kullanımının çok kaliteli hava perdeleri ile ısı kaybını % 5 civarında azaltacağını göstermiştir. Bu iyileşmesinde hava perdesi ısı kayıp katsayısına ve onun termal zaman sabitine bağlı olduğunu saptamıştır [10].

Peter Mullinger et al., yaptıkları çalışmada iyi bir fırın kontrolü ve proses kontrol (PLC veya DCS) sistemi ile fırının verimli ve sağlıklı çalışacağını, bunun için çok iyi ve hassas enstrüman kullanılması gerektiğini göstermişlerdir [11].

İmproving Process Heating System Performance yaptığı çalışmada fırın içindeki basıncın pozitif değerde tutulduğunda, bunun enerji tasarrufu sağlayacağını ve kaliteli ürün üretimine katkıda bulunacağını göstermişlerdir [12].

Robert Jorgensen yaptığı çalışmada fırın içindeki sızıntıları, ısı kaybını azaltarak ve fırın basıncını kontrol ederek, soğuk havanın fırın içine girmesinin engellenerek fırında enerji tüketiminin azalacağını göstermiştir [13].

Trinks et al., yaptıkları çalışmada şarj ve deşarj kapaklarının açılıp kapanması sırasında ısı kaybı oluşacağını, soğuk havanın içeri girmesinden kaynaklanan ısı kaybının sıcak gazıkinden daha fazla olacağını göstermiştir [14].

Enes Kılınç yüksek lisans tezinde Endüstriyel Tav Fırınlarında açıklık ve izolasyon kayıplarından % 12 civarında kayıp olduğunu tespit etmiş, hava perdesi kullanımı ve buna benzer iyileştirme çabalarıyla bu kaybın azaltılabileceği göstermiştir [15].

Bu çalışmada ise bir sanayi kuruluşunun haddehane tav fırınında hava perdesi kullanarak enerji tasarrufuna yönelik çalışmalar yapılmış, çalışma sonuçları ve kuruluş verileri kullanılarak enerji dengesine yönelik hesaplamalarla birlikte, enerji tasarruf imkanları ve boyutları geri ödeme süreleriyle birlikte belirlenmiştir.

BÖLÜM 3

ENDÜSTRİYEL TAV FIRINLARINDA HAVA PERDESİ KULLANIMININ ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ

Endüstriyel fırınlar, ısının fırına farklı işlemlere tabi tutulmak üzere şarj edilen yüklere aktarıldığı izole edilmiş kapalı alanlardır. İçerisindeki sıcaklığın 650 °C'nin altında olan fırınlara ocak adı verilmekte olup ancak fırın ile ocak arasında kesin bir çizgi yoktur. Örneğin kok fırınlarındaki sıcaklık 1478 °C'nin üzerindedir [14].

Fırınlarda gözlem deliklerinden, açık kalan kapı aralıklarından, ateşleme deliklerinden ve benzer aralıklardan radyasyonla ısı kaybı olur. Ayrıca şarj vedeşarj kapaklarının açılıp kapanması sırasında da önemli ölçüde ısı kaybedilir. Bu durumda sıcak gazlar dışarı çıkarken soğuk hava fırın içerisine girer. Soğuk havanın içeri girmesinden kaynaklanan ısı kaybı sıcak gazınkinden daha fazladır [14].

3.1. HAVA PERDESİ VE ÇEŞİTLERİ

İşletmelerin giriş kapısının iç kısmına takılan, kasa içerisinde motor, fanlar, rezistans ve elektronik kartlardan oluşan, mekan içerisindeki havayı emiş yapıp yüksek basınçlı hava debisi ile zemine doğru veren mekan içerisindeki hava ile dışarıdaki havayı birbirinden ayıran cihazlara hava perdesi denir.

3.1.1. Hava Perdesi Çeşitleri

Hava Perdelerinin binalar, restoranlar, oteller ve sanayi gibi çok amaçlı kullanım yerleri vardır. Genel olarak üçe ayrılırlar.

3.1.1.1. Isıtıcısız Hava Perdesi (Ortam Havalı Hava Perdesi)

Mekan içersindeki havayı emiş yapıp basınçla aşağı doğru üfler ve bu hava, hava perdesi çalıştığı süre içinde sirkülasyona başlar. Hava perdesi kapı önünde perdeleme yapar. İki ortam arasındaki yalıtımı ortam ve mevsim şartlarına göre maksimum düzeyde sağlar. Bu esnada dışarıdan içeriye girmeye çalışan soğuk hava veya içeriden dışarıya çıkmaya çalışan sıcak havayı engeller.

3.1.1.2. Isıtıcılı Hava Perdesi (Sıcak Hava Perdesi-Rezistanslı)

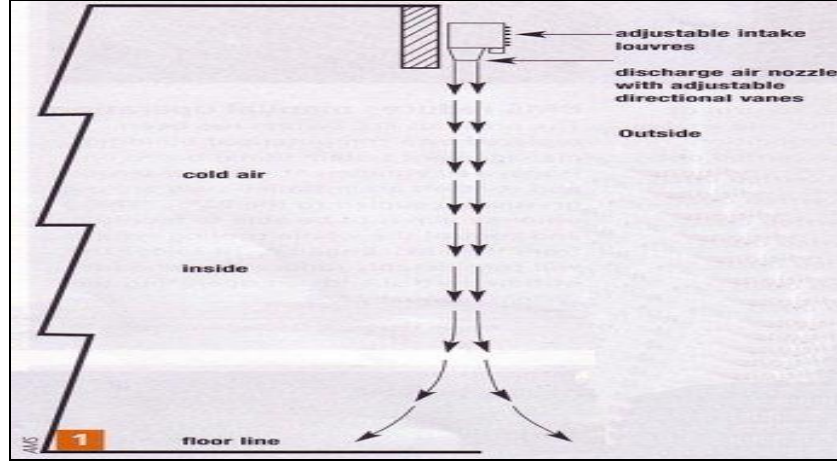
Mekan içersindeki havayı emiş yapar. Bu hava ısıtılmış rezistansların arasından geçerken ısınır. Fanların yardımıyla basınçlı olarak zemine doğru üfler. Kapı önüne perdeleme yapar. Bu esnada dışarıdan içeriye girmeye çalışan soğuk hava veya içeriden dışarıya çıkmayan çalışan sıcak havayı engeller.

3.1.1.3. Endüstriyel ve Soğuk Hava Perdeleri

Yüksek basınçlı hava perdesidir. Depo, fabrika ve yüksek metrajlı kapılar için tasarlanmıştır. Kendiliğinden klima gibi soğuk hava veren modelleri de vardır.

3.2. HAVA PERDESİ KULLANMANIN AMACI

Mekan içersinde bulunan ısıtılmış veya soğutulmuş havayı muhafaza ederek enerji tasarrufu sağlamaktır. Dış ortamdan gelen sıcak soğuk havayı, toz, duman vs. içeriye girmesini önler. İç ve dış bölümü hava yalıtımı yoluyla ikiye böler. İki ortam arasındaki yalıtımı ortam ve mevsim şartlarına göre maksimum düzeyde sağlar. Bu sayede görünmez bir kapı oluşturur. Şekil 3.1' de hava perdesi kullanarak iç ve dış ortam arasında bir izolasyon sağlanmıştır. Bu sayede ısı kaybı azaltılarak enerji tasarrufu sağlanır.



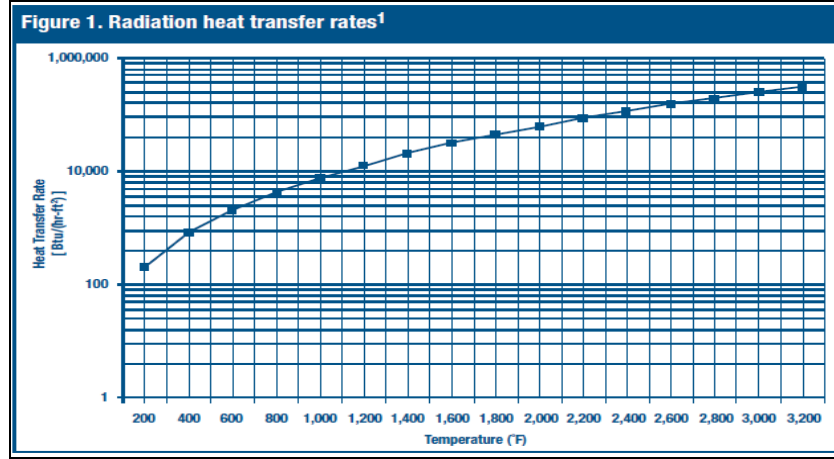
Şekil 3.1. Hava perdesi.

Hava Perdelerinin endüstride özellikle enerji tüketiminin yoğun olduğu tav fırınlarında kullanılması kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu tür fırınlarda Fırın içi basıncını kontrol etme kolaylığı sağladığı gibi, fırın içindeki sıcak havanın dışarıya ve dışarıdaki soğuk havanın içeriye girmesini engelleyerek ısı kaybını önleyerek enerji tüketimini azaltır. Ayrıca, baca gazındaki atık ısının yakma havasına aktarıldığı ısı değiştiricileri olan reküperatörlerinde çalışma ömrünü uzatır.

Endüstriyel tav fırınların da hava perdesi kullanımının diğer bir faydası da fırın şarj ve deşarj kapılarındaki bakım maliyetini azalmaktır. Ayrıca özellikle üretim esnasında malzemenin şarj edilirken uygun yüklenememesinden kaynaklanan arızalar oluşmaktadır. Bu durumda fırın şarj kapısı açılarak operatörün bazen 30 d kadar uzayan bir zaman diliminde sıcak ortamda çalışması gerekir. Hava perdesi fırın içinden gelen sıcak havayı engelleyerek işçinin İşçi Sağlığı Güvenliği (İSG) açısından güvenli bir ortamda çalışmasını sağlar.

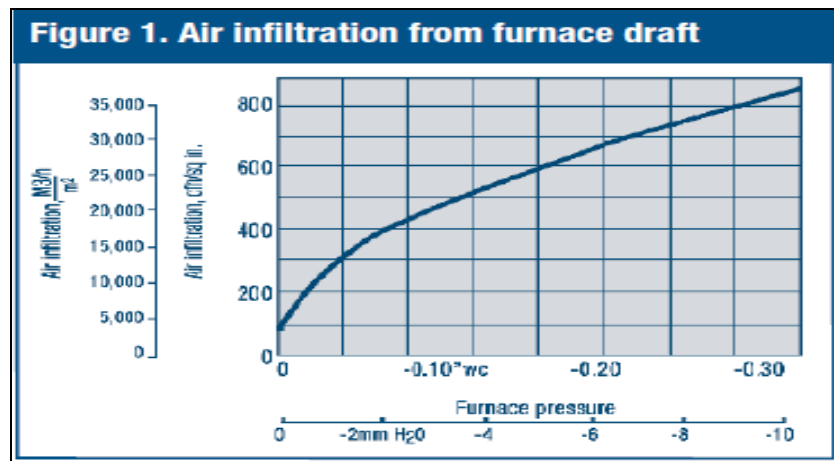
Yüksek sıcaklığın olduğu tav fırınlarında yine enerji kaybının büyük bir bölümü ısı kaybından kaynaklanmaktadır. Isı kaybının büyük bir bölümü de fırın şarj ve deşarj kapılarının gereğinden fazla açık kalmasından yada şarj ve deşarj anındaki bu

süreden kaynaklanır. Burada üretime bağlı olarak mümkünse kapı açık kalma süresini azaltmak ve açma-kapama sayısını azaltmakta fayda sağlayacaktır. Şekil 3.2’de radyasyon yoluyla olan ısı kaybı görülmektedir.



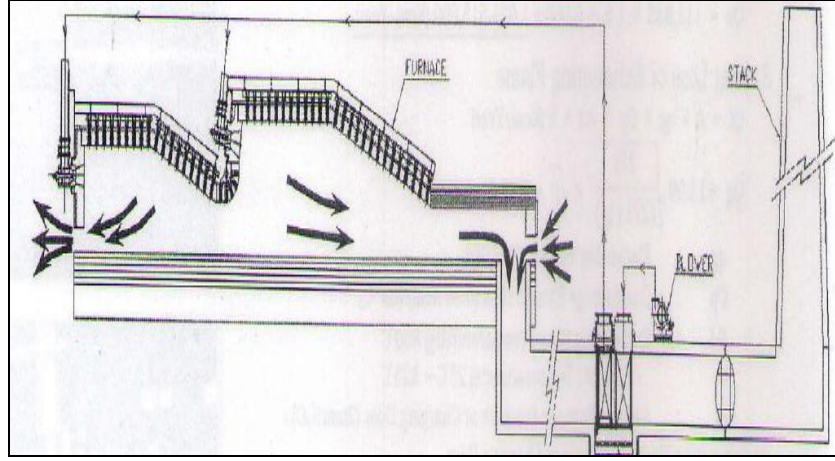
Şekil 3.2. Radyasyon yoluyla ısı kaybı [12].

Tav fırınlarında şarj ve deşarj kapılarının hava perdesi ile desteklenmesinden kolay basınç kontrolü de sağlanır. Burada amaç basıncı azalma ve yükselme gibi anlık değişimlerden kurtarmak, düzenli bir şekilde kontrol etmektir [10]. Fırınların verimli çalışması için azda olsa mutlaka pozitif basınç altında çalışması gerekir. Şekil 3.3’de basınca bağlı olarak fırından giden sızıntılar görülmektedir.



Şekil 3.3. Fırın basınç hava kaçak eğrisi [12].

Fırın içinde basınç kontrol edilemediğinde ve basınç negatif bir değere gittiğinde dışarıdan içeriye soğuk hava girer. Giren bu havanın ısıtılması için extra enerji harcanacağından dolayı fırın verimimiz etkilenir. Şekil 3.4’de tav fırınında hava perdesi montajı yapılmadan önceki durum görülmektedir.



Şekil 3.4. Hava perdesiz durum ve hava kaçakları [16].

Hava perdesi kullanılmadığı için şarj ve deşarj kapılarının açık olduğu periyot da içeriden dışarıya sıcak hava çıkışı ve dışarıdan içeriye soğuk hava girişi olur. Yine Şekil 3.5 ve Şekil 3.6’da endüstriyel bir tav fırınında hava perdesi olmadan alınan bir resim görülmektedir.

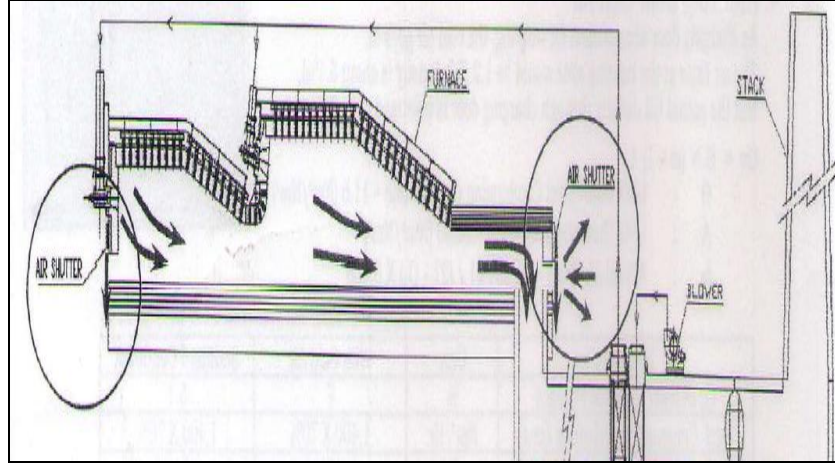


Şekil 3.5. Deneyi yapılan endüstriyel tav fırın şarj sisteminin görünüşü.

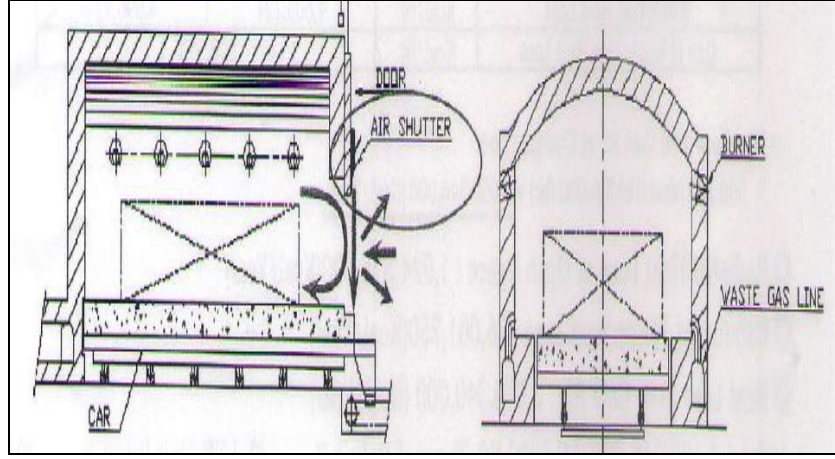


Şekil 3.6. Endüstriyel tav fırınında şarj kapısı.

Hava perdesi kullanıldıktan sonra fırın kapısı açma ve kapama zamanlarında hava sızıntılarının minimuma indiği görülmüştür. Buda bizim enerji verimliliğimizi arttıracığından dolayı para kazandıracaktır. Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’de montajdan sonraki durum görülmektedir.



Şekil 3.7. Hava perdesi monte edildikten sonra [16].



Şekil 3.8. Hava perdesi ile sızıntının önlenmesi [16].

Hava perdesi fırından dışarıya gitmeye çalışan sıcak havayı engeller ve içeriye dönen sıcak hava yine kütüğün tavlınması için kullanılır. Yine dışarıdan da soğuk hava girişi olamayacağından, bu havanın ısıtılması içinde ekstra enerji harcanmaz. Bu sayede enerjinin çok önemli olduğu bu zamanda ciddi orantı tasarruf sağlanmış olur. Şekil 3.9 ve Şekil 3.10'da endüstriyel bir tav fırında hava perdesi monte edildikten sonraki durum görülmektedir.



Şekil 3.9. Endüstriyel tav fırında hava perdesi montajının görünüşü.



Şekil 3.10. Endüstriyel tav fırınında hava perdesi ile izolasyon.

Fırının içindeki sıcak havayı muhafaza etmek için kullanılan şarj ve deşarj kapakları da zaman içinde bakım ve onarım gerektirmektedir. Ayrıca bu kapıların hareketini sağlayan zincir sistemi de hidrolik gücü ile hareket etmektedir. Hava perdesinin kullanılmasıyla bu sistemlere de ihtiyaç kalmayacaktır. Bunların bakım, onarım ve yedekleme maliyetleri de olmayacaktır. Şekil 3.5'deki resimden de anlaşılacağı gibi fırın kapısı açıldığında, fırının hemen içindeki sıcaklık yaklaşık 1000 °C olmaktadır. Zaman-zaman fırın şarj ederken istenmeyen arızalar oluşmaktadır. Bu problemleri çözmek için fırın şarj kısmında çalışan işçiler fırın kapısını açarak malzemeyi düzeltmek zorunda kalmaktadır. Buda yaklaşık her defasında 30 d ulaşan sürelerdir. Böyle bir ortamda çalışmak İSG açısından tehlike arz etmektedir. Hava perdesinin kullanılmasıyla fırın içinden sıcak hava dışarıya gelemeyeceğinden dolayı güvenli bir ortamda çalışmak mümkün olacaktır. İnsan canı ve sağlığı çok önemli olduğundan dolayı, sadece böyle bir sebepten dolayı bile hava perdesi kullanımı tercih edilmelidir.

3.3. HAVA PERDESİNDE KULLANILAN EKİPMANLAR

Tav fırınında kullanılan hava perdesi irili ufaklı yaklaşık 15 parçadan oluşmaktadır. Şekil 3.11'de bir hava perdesi sistemini oluşturan ekipmanlar gözükmektedir. Şekil 3.12'de de hava perdesinin kendim tarafından çizilen Autocad çizimi görülmektedir. Hava perdesini oluşturan başlıca ana ekipmanlar şu şekildedir; Fan Motoru, Kompanzatör, Ana Borular, El Vanası, Flanş, Rekor, Dirsek, Hortum, Hava Nozulu

3.3.1. Fan Motoru

Fan motorunun ucunda mil vardır ve bu mil fana bağlıdır. Atmosferden aldığı havayı emerek fan çıkışındaki kompanzatör e iletir. Hava perdesi sistemimizde her birisi yaklaşık 20 kW olan toplam 2 adet fan motoru vardır. Şekil 3.13’de fan motoru görülmektedir.



Şekil 3.13. Fan motoru.

3.3.2. Kompanzatör

Fan ile borular arasındadır. Sıcak soğuk ısı faklarından ve vibrasyondan dolayı oluşacak genleşmeleri kompanze eder. Sistemde 2 adet kompanzatör vardır. Şekil 3.14’de kompanzatör görülmektedir.



Şekil 3.14. Kompanzatör.

3.3.3. Ana Borular

Fandan aldığı havayı hava nozullarına iletmek için borular kullanılır. Sistemin ihtiyacı olan boru çapında ve malzeme kalitesinde seçilmelidir. Sistemimizde DN200 yani 200 mm iç çapında ve SS400 kalitesinde borular kullanılmıştır. Şekil 3.15’de hava nozullarının hortumlarının bağlı olduğu ana iletim boruları görülmektedir.



Şekil 3.15. Ana borular.

3.3.4. El Vanası

Her bir nozul hortumunun bağlı olduğu yerde el vanaları mevcuttur. Nozul da işlem yapmak gerektiğinde veya bakım onarım durumunda sadece ilgili nozuldaki havayı kesmeye yarar. Şekil 3.16’da el vanaları görülmektedir.



Şekil 3.16. Vanalar.

3.3.5. Flanş

Ana boruları bağlarken bağlantı yerlerinde kullanılır. Boru ile aynı çaptadır. Yine havanın dışarıya çıkmasını engellemek içinde kör flanşlar vardır. Şekil 3.17’de bir ana borunun flanşı ve ve borunun diğer tarafında da kör flanş görülmektedir.



Şekil 3.17. Flanş ve kör flanş.

3.3.6. Rekor

Hava nozullarının hemen üstünde yer alır. Nozulların montajı esnasında doğru bir şekilde yerleştirilmesi için buradaki konik rekorlardan ayar yapılır. Sağa veya sola doğru döndürebilmeyi sağlayarak nozulun istenen pozisyonda olması sağlanır. Şekil 3.18’de hava nozullarının üstündeki konik rekorlar görülmektedir.



Şekil 3.18. Konik rekorlar.

3.3.7. Dirsek

Kompanzatöre bağlı ana borunun, nozul hortumlarına bağlı boruya bağlandıkları yerlerde bu dirsekler kullanılır. Bu iki boru arasındaki açı yaklaşık 90 derecedir. Dirsekler ana borulara kaynakla bağlıdır. Şekil 3.19’da kompanzatörün hemen üstünde dirsek gözükmektedir.



Şekil 3.19. Dirsek.

3.3.8. Hortum

El vanaları ile hava nozulları arasındaki esnek ekipmanlardır. İçerisinden geçen havayı nozullara iletirler. Esnek olmalarının sebebi, ortamda istenen yere ve noktaya havayı göndermek için çekilip bükülmeleri gerekir. Şekil 3.20’de el vanalarının altında esnek hortumlar gözükmektedir.



Şekil 3.20. Flexible hortum.

3.3.9. Hava Nozulu

Havanın dışarıya çıktığı ekipmandır. İçerisindeki pin şeklindeki ince deliklerden hava istenen yere gönderilir. Her bir hortumun ucunda olacak şekilde de toplam 32 tane hava nozulu mevcuttur. Her nozulda da yaklaşık olarak 100 civarında hava deliği vardır. Şekil 3.21’de bir hava nozulu ve delikleri görülmektedir.



Şekil 3.21. Hava nozulu.

Buradaki hava nozullarından gelen hava basıncı 1300 mmH₂O dur. Ayrıca her bir fandan gelen havanın debisi ise 3000 m³/h dir.

Bu ana parçaların dışında nipel, civata, conta, yaylı rondela, kelepçe, somun vs. gibi ana parçaları birleştirmeye yarayan birçok ufak ekipmanda mevcuttur.

BÖLÜM 4

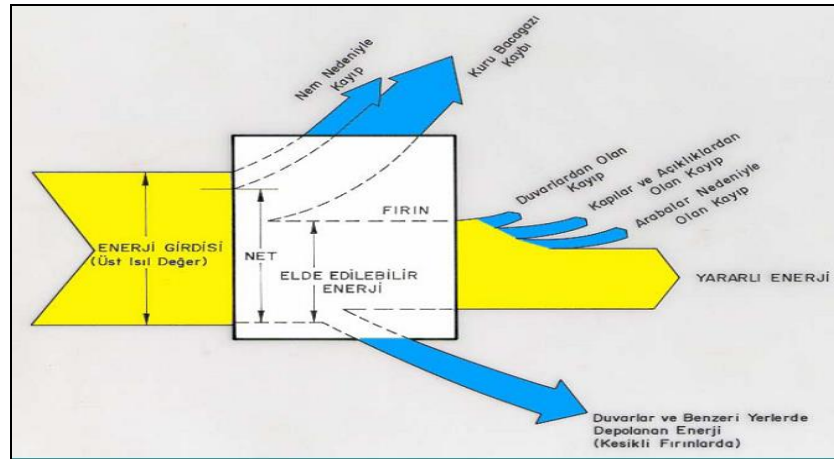
YÖNTEM, ÖLÇÜM VE HESAPLAMALAR

4.1. TEORİK TEMEL VE HESAPLAMA YÖNTEMİ

Hava perdesinin tav fırınındaki etkisini anlamak için öncelikle fırının mevcut durumdaki verimini hesaplamak gerekir. Daha sonra hava perdesi monte edilip, kazanç-kayıp işlemleri yapıldıktan sonra yeni durumun verimi hesaplanır. Bu hesaplamaları yapmak için genel enerji denkliği yöntemi kullanılır.

4.1.1. Enerji Denkliği

Sisteme verilen enerji miktarı ile çıkan enerji miktarı arasında bir denklik kurulması ilkesine dayanır. Şekil 4.1’de bir sistemin enerji kütle denkliği görülmektedir.



Şekil 4.1. Enerji kütle denkliği.

Mühendislikte kullanılan türbin, kompresör, lüle ve benzeri birçok makinanın çalıştıkları sürelerde giriş, çıkış ve diğer çalışma koşulları değişmez. Bu makinalarla ilgili termodinamik çözümleme sürekli akışlı açık sistem adı verilen gerçeğe yakın

bir modelle yapılır. Sürekli akışlı açık sistemde akışkanın kontrol hacminden sürekli bir akışı vardır.

Sürekli akışlı açık sistemlerde kontrol hacmindeki toplam enerji sabittir ($E_{KH} = \text{sabit}$). Böylece kontrol hacmindeki toplam enerji değişimi sıfır olur ($\Delta E_{KH} = 0$). Bu nedenle tüm biçimlerde kontrol hacmine giren enerji miktarı kontrol hacminden çıkan enerji miktarına eşit olmalıdır. Sürekli akışlı açık sistemler için enerjinin korunumu aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$E_g = E_\varphi \quad (4.1)$$

Haddehane tav fırınları için enerji denkliği şu şekilde yazılabilir:

$$Q_y + Q_{yh} + Q_{kg} + Q_{ssg} = Q_{kç} + Q_{bg} + Q_{ssç} + Q_d \quad (4.2)$$

Burada Q_y yakıt enerjisi, Q_{yh} yakma havası enerjisi, Q_{kg} kütüğün fırın girişindeki enerjisi, Q_{ssg} soğutma suyunun fırın girişindeki enerjisi, $Q_{kç}$ kütüğün fırın çıkışındaki enerjisi, Q_{bg} baca gazı enerjisi, $Q_{ssç}$ soğutma suyunun fırın çıkışındaki enerjisi ve Q_d kayıp enerjilerdir.

Yakıtların yanması ile sisteme giren enerji şu şekilde hesaplanır:

$$Q_y = M_y H \quad (4.3)$$

Burada M_y yakıtın debisi ve H yakıtın alt ısıl değeridir.

Yakma havası enerjisi ise şu şekilde hesaplanır:

$$Q_{yh} = M_{yh} C_{p_{yh}} T_{yh} \quad (4.4)$$

Burada M_{yh} yakma havası debisi, Cp_{yh} yakma havası özgül ısısı, T_{yh} yakma havası sıcaklığıdır.

Fırında kütüğe aktarılan enerji ise şu şekilde hesaplanır:

$$Q_k = Q_{kç} - Q_{kg} = M_{kç} Cp_{kç} T_{kç} - M_{kg} Cp_{kg} T_{kg} \quad (4.5)$$

Burada $M_{kç}$ fırın çıkışı kütük debisi, M_{kg} fırın girişi kütük debisi, $Cp_{kç}$ kütüğün fırın çıkış sıcaklığındaki özgül ısısı, Cp_{kg} kütüğün fırın giriş sıcaklığındaki özgül ısısı, $T_{kç}$ kütüğün fırın çıkış sıcaklığı ve T_{kg} kütüğün fırın giriş sıcaklığıdır.

Fırında soğutma suyuna aktarılan enerji ise şu şekilde hesaplanır:

$$Q_{ss} = Q_{ssç} - Q_{ssg} = M_{ssç} Cp_{ssç} T_{ssç} - M_{ssg} Cp_{ssg} T_{ssg} \quad (4.6)$$

Burada $M_{ssç}$ fırın çıkışı soğutma suyu debisi, M_{ssg} fırın girişi soğutma suyu debisi, $Cp_{ssç}$ soğutma suyunun fırın çıkışındaki özgül ısısı, Cp_{ssg} soğutma suyunun fırın girişindeki özgül ısısı, $T_{ssç}$ soğutma suyunun fırın çıkış sıcaklığı ve T_{ssg} soğutma suyunun fırın giriş sıcaklığıdır.

Baca gazına aktarılan enerji ise şu şekilde hesaplanır:

$$Q_{bg} = M_{bg} Cp_{bg} T_{bg} \quad (4.7)$$

Burada M_{bg} baca gazı debisi, Cp_{bg} baca gazı özgül ısısı, T_{bg} baca gazı sıcaklığıdır.

4.1.2. Fırın Verimi

Haddehane tav fırınlarında verim şu şekilde hesaplanır:

$$\eta = (Q_k / Q_y) \times 100 \quad (4.8)$$

Burada Q_k kütüğe aktarılan enerji, Q_y ise toplam yakıt enerjisidir.

4.1.3. Hava Perdesi Kazançları

Hava perdesinin kazançları şu yöntemlerle hesaplanır.

4.1.3.1. Kapının Açıldığında İçeriden Dışarıya Giden Isı Kaybı

Alanda birim başına olan radyasyon ısısı:

$$Q_c = 4.88 \times \varepsilon [(T_f / 100)^4 - (T_a / 100)^4] \quad [16] \quad (4.9)$$

Burada Q_c radyasyon ısısını, ε radyasyon ısı kayıp katsayısını, T_f fırın sıcaklığını ve T_a ortam sıcaklığını ifade eder.

Kapı açılıp kapanmasıyla olan toplam ısı kaybı:

$$Q_s = A \times t \times Q_c \quad [16] \quad (4.10)$$

Burada Q_s kapı açılması ile dışarıya giden toplam ısı kaybını, A açık alanın toplamını, t açık kalan toplam zamanı, Q_c ise birim başına düşen radyasyon ısısını ifade eder.

4.1.3.2. Kapı Açıldığında Egzoz Alevinin Isı Kaybı

Alev gaz hacmi:

$$Q_g = 13.99 \times \sqrt{Ta / (Ta + Tg)} \times \sqrt{p} \quad [16] \quad (4.11)$$

Burada Q_g alev gaz hacmini, T_a ortam sıcaklığını, T_g alev gazı sıcaklığını ve p ise kapı açıldığında ortalama fırın basıncını ifade eder.

Egzoz alevinin ısı kaybı:

$$Q_f = AxQ_gxC_p\Delta t [16] \quad (4.12)$$

Burada Q_f kapı açılınca oluşan toplam egzoz alevi ısı kaybı, A açık alanın toplamını, Q_g alev gaz hacmini, C_p gazın ortalama ısı katsayısını, Δt alev gaz sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki farkı ve t açık kalan toplam zamanı ifade eder.

4.1.3.3. Kapak Açıklığından Kaynaklanan Toplam Isı Kaybı

Toplam ısı kaybı:

$$Q = Q_s + Q_f [16] \quad (4.13)$$

Burada Q toplam ısıyı, Q_s kapı açılmasıyla dışarıya giden toplam ısı kaybını, Q_f kapı açılınca olan toplam egzoz alevi ısı kaybını ifade eder.

4.2. ÖLÇÜM YÖNTEMİ VE ÖLÇÜM CİHAZLARI

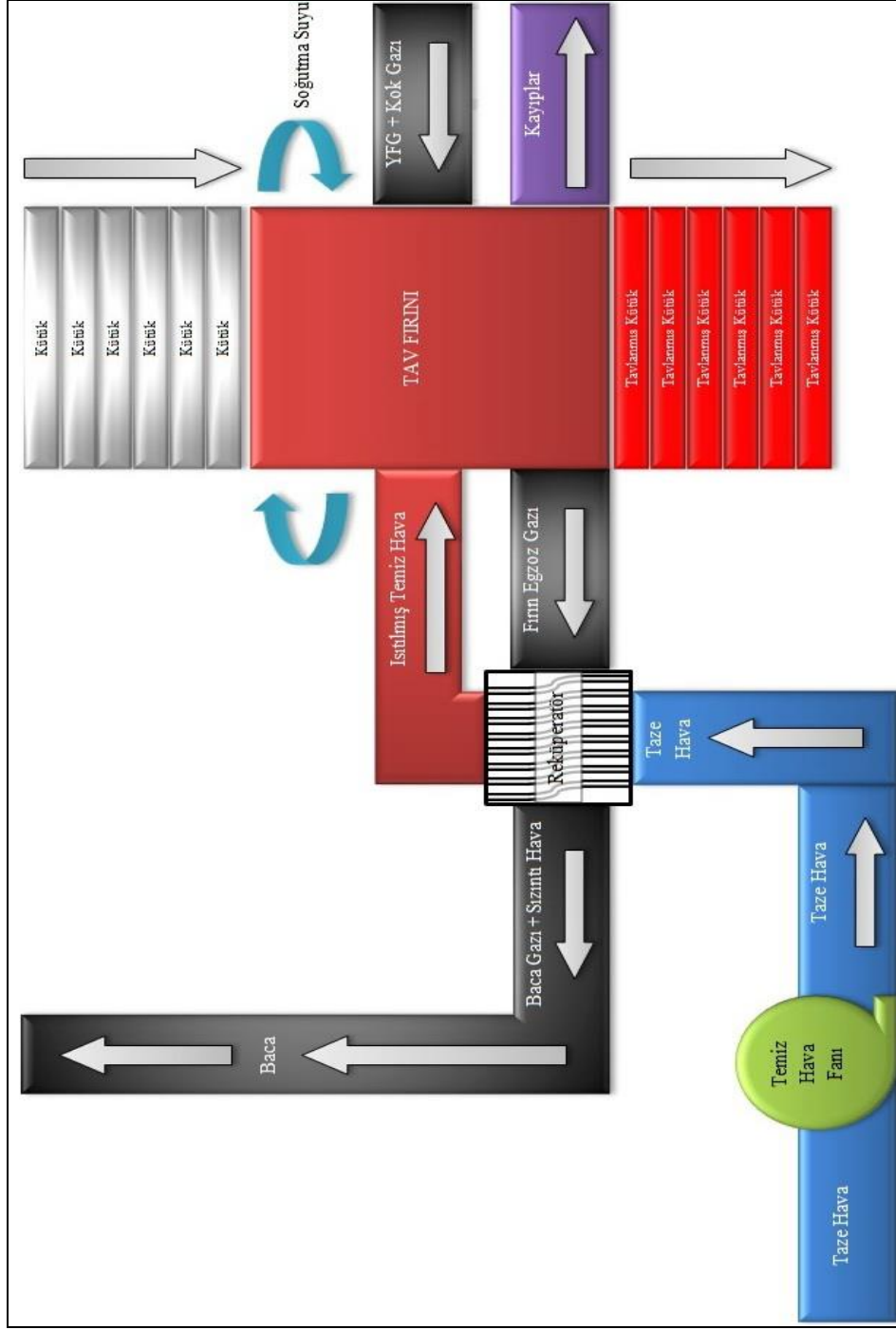
Bir sanayinin tav fırınında enerji denkliği kullanılarak hesaplamalar yapılmış ve kütüğün tavlama için gerekli enerji de hesaplanarak mevcut durumda fırın verimi hesaplanmıştır. Çalışmalarda fırın giriş ve çıkışı arasında enerji dengesinin kurulabilmesi için akışlara ait hız, basınç, sıcaklık ve yanma gazı ile ilgili değerler, sistem üzerindeki mevcut sayaçlardan ve Scada (HMI) ekranlarından okunmuştur. Alınan değerler kullanılarak enerji dengesi kurulmuştur. Kurulan enerji dengesi ile tav fırınının verimi hesaplanmıştır. Tav fırınlarının çalışma sistemi Şekil 4.2'de şematik olarak gösterilmiştir

Fırında yakıt olarak kullanılan kok gazı ve yüksek fırın gazı debileri mevcut sayaçlardan okunmuştur. Yüksek fırın gazı ve kok gazının içerikleri kullanılarak yanma ürünlerinin bileşenleri ve debileri hesap edilmiştir. Yine mevcut fırının oksijen analiz değerleri de sistemde çalışır durumda olan oksijen analizatör cihazından okunmuştur.

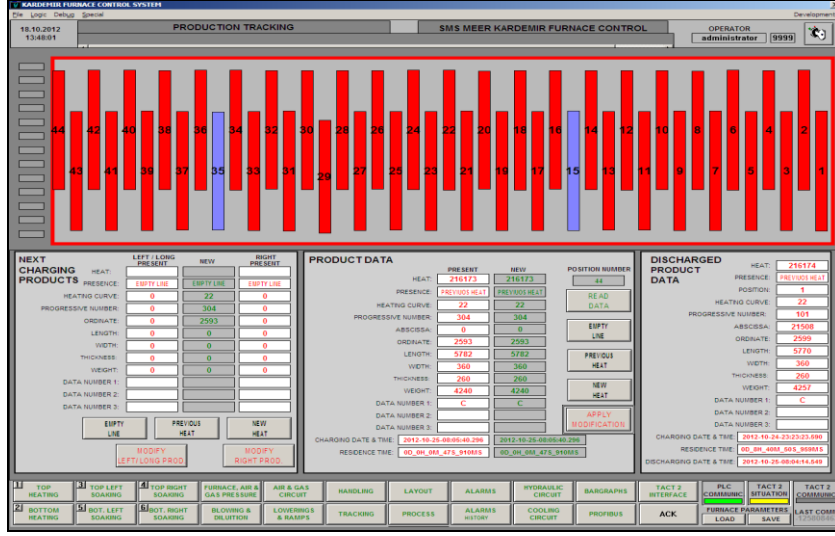
Elektriksel ölçümlerde; hava perdesi fan motorlarının besleme gerilimi, şebekeden çekmiş olduğu akım ve motorun güç faktörü ölçülmüştür. Ölçüm verileri kullanılarak, fan motorlarının işletme şartlarında aktif güçleri hesaplanmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. Ölçümlerde, UPM 6100 marka enerji analizörü kullanılmış olup analizöre ait 3 adet gerilim probu ve 1 adet 200 A'lık akım probu ile ölçüm yapılmıştır

Sisteme beslenen kütük ve oluşan tufal miktarı bilgileri ise işletmenin kullanmış olduğu scada ekranlarından ve ilgili işletme personelinden alınmıştır. Ayrıca bunlara ait giriş ve çıkış sıcaklık değerleri sıcaklık ölçüm cihazlarıyla ölçülmüştür.Şekil4.3 ve Şekil 4.4'de bazı scada ekranları görülmektedir.

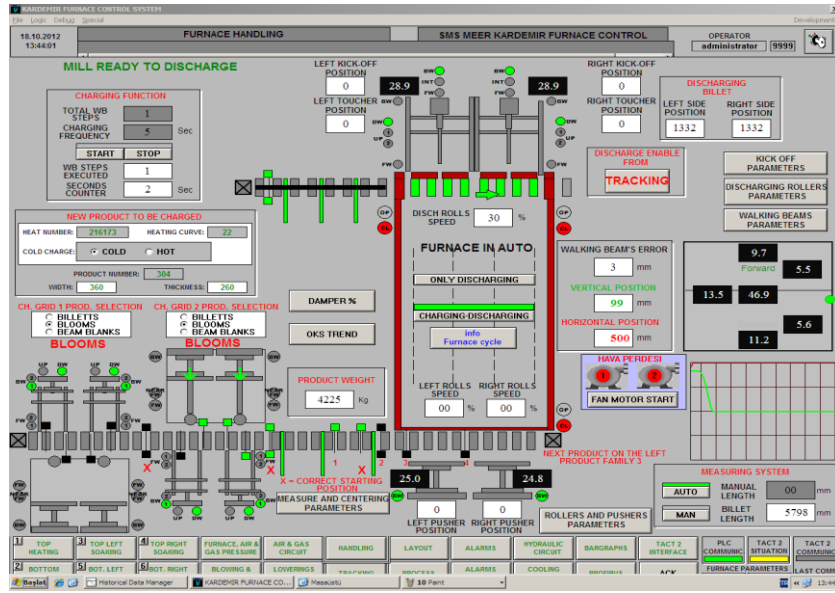
Tav fırınının ait bu şekilde yaklaşık 30 adet HMI ekranı vardır. Bu ekranlardan gazlara, suya, hidroliğe, elektriğe ve kütüğe ait ilgili basınç, sıcaklık, debi, adet, ağırlık vs. gibi birçok değere ulaşmak mümkündür.



Şekil 4.2. Tav fırını çalışma ve ölçüm sisteminin şematik gösterimi [15].



Şekil 4.3. Fırın scada 1.



Şekil 4.4. Fırın scada 2.

4.2.1. Haddehane Tav Fırını Ölçüm Sonuçları

Haddehane tav fırınında yakıt olarak kok gazı ve yüksek fırın gazı (YFG) kullanılmaktadır. Kullanılan yakıt debileri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Haddehane tav fırınında kullanılan yakıt debileri.

Kok Gazı (Nm ³ /h)	4637
Yüksek Fırın Gazı (Nm ³ /h)	580

Haddehane tav fırınına beslenen kok gazı ve yüksek fırın gazı analiz değerleri sırasıyla Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Kok gazı analiz değerleri.

Kok Gazı Analiz Değerleri (kütlece %, orijinal temel)	
CO ₂	3,01
C ₂ H ₄	1,62
O ₂	0,37
CO	6,68
H ₂	57,75
CH ₄	22,28
C ₂ H ₆	0,62
C ₂ H ₂	0,11
N ₂	6,87
Inert	0,69
Alt Isıl Değer (kJ/kg)	16747
Üst Isıl Değer (kJ/kg)	18928

Çizelge 4.3. Yüksek fırın gazı analiz değerleri.

Yüksek Fırın Gazı Analiz Değerleri (kütlece %, orijinal temel)	
CO ₂	18,64
CO	23,17
H ₂	2,08
N ₂	56,11
Alt Isıl Değer (kJ/kg)	3152
Üst Isıl Değer (kJ/kg)	3194

Haddehane tav fırını için yanma hesapları yapılmış ve sonuçlar kok gazı ve yüksek fırın gazı için sırasıyla Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Haddehane tav fırını kok gazı yanma ürünleri ve egzoz gazı bileşimi.

Kok Gazı			Yanma Ürünleri (Nm ³ /h)							
Yakıt Analizi	% (ob)	Stok. O ₂	CO ₂	SO ₂	N ₂	Argon	H ₂ O	O ₂	Inert	Diğer
CO ₂	3,01	0,00	139,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C ₂ H ₄	1,62	225,36	150,56	0,00	839,90	10,00	169,96	0,00	0,00	0,11
O ₂	0,37	-17,16	0,00	0,00	-63,94	-0,76	-0,76	0,00	0,00	-0,01
CO	6,68	154,88	309,97	0,00	577,22	6,88	13,55	0,00	0,00	0,07
H ₂	57,75	1338,93	1,92	0,00	4990,16	59,44	2795,02	0,00	0,00	0,64
CH ₄	22,28	2066,25	1036,08	0,00	7700,84	91,72	2247,03	0,00	0,00	0,99
C ₂ H ₆	0,62	100,62	57,64	0,00	375,02	4,47	95,05	0,00	0,00	0,05
C ₂ H ₂	0,11	12,75	10,22	0,00	47,53	0,57	6,22	0,00	0,00	0,01
N ₂	6,87	0,00	0,00	0,00	318,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inert	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,00	0,00
Toplam	100	3881,63	1705,97	0,00	14785,3	172,31	5326,06	0,00	32,00	1,85
Fazla hava			2,83	0,00	7368,62	87,77	172,98	1977,11	0,00	0,94
Egzoz Gazı Bileşimi % (ob):			5,40	0,00	70,03	0,82	17,38	6,25	0,10	0,01

Çizelge 4.5. Haddehane tav fırını yüksek fırın gazı yanma ürünleri ve egzoz gazı bileşimi.

Yüksek Fırın Gazı			Yanma Ürünleri (Nm ³ /h)						
Yakıt Analizi	% (ob)	Stok. O ₂	CO ₂	SO ₂	N ₂	Argon	H ₂ O	O ₂	Diğer
CO ₂	18,64	0,00	108,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO	23,17	67,19	134,48	0,00	250,43	2,98	5,88	0,00	0,03
H ₂	2,08	6,03	0,01	0,00	22,48	0,27	12,59	0,00	0,00
N ₂	56,11	0,00	0,00	0,00	325,44	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	100	73,23	242,60	0,00	598,35	3,25	18,47	0,00	0,03
Fazla hava			0,11	0,00	288,64	3,44	6,78	77,45	0,04
Egzoz Gazı Bileşimi % (ob)			19,59	0,00	71,58	0,54	2,04	6,25	0,01

Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'deki veriler kullanılarak haddehane tav fırınının teorik egzoz gazı, teorik yakma havası, fazla hava, toplam teorik egzoz gazı, teorik fırına giren hava ve hava fazlalık katsayısı hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Haddehane tav fırını egzoz gazı debisi, yakma havası debisi, fazla hava debisi ve hava fazlalık katsayısı.

Teorik Egzoz Gazı (Nm ³ /t) (ob)	22886
Teorik Yakma Havası (Nm ³ /t) (ob)	19224
Fazla Hava (Nm ³ /h)	9987
Teorik Toplam Egzoz Gazı (Nm ³ /h) (ob)	32873
Teorik Fırına Giren Hava (Nm ³ /h)	29210
Fazla Hava Yüzdesi (%)	51,95

4.2.2. Haddehane Tav Fırını Verimi

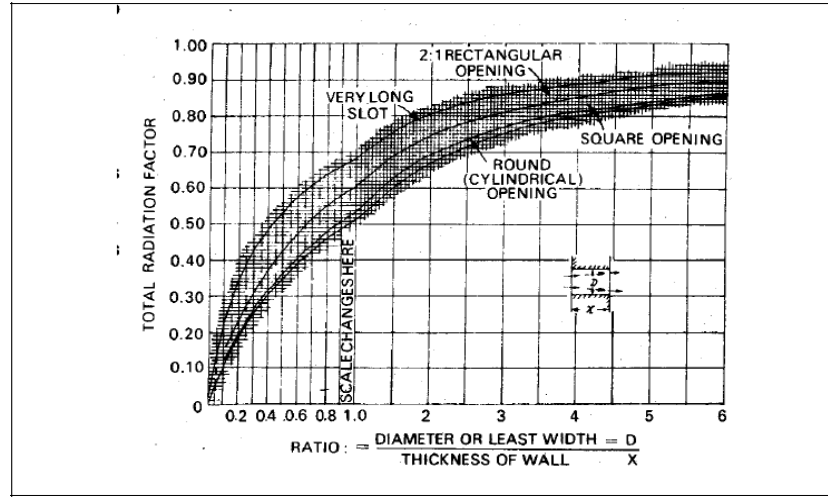
Haddehane tav fırını verimi; kütüğe verilen ısı miktarı ve toplam yakıt ısısı kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Haddehane tav fırını verimi.

Kütüğe verilen ısı Q_k (kW)	13661.4
Toplam yakıt ısısı Q_y (kW)	22094.75
Verim (% Q_k / Q_y)	61.83

4.2.3. Hava Perdesi ile Yapılacak Tasarruf Miktarı

Öncelikle kapı açıldığında içeriden dışarıya giden ısı kaybı hesaplanır. Burada tek bilinmeyen ε değeridir. Tav fırının kapısı dikdörtgen şeklinde olduğundan ε değerinin bulunması için Şekil 4.5'deki black body diagramına bakılır.



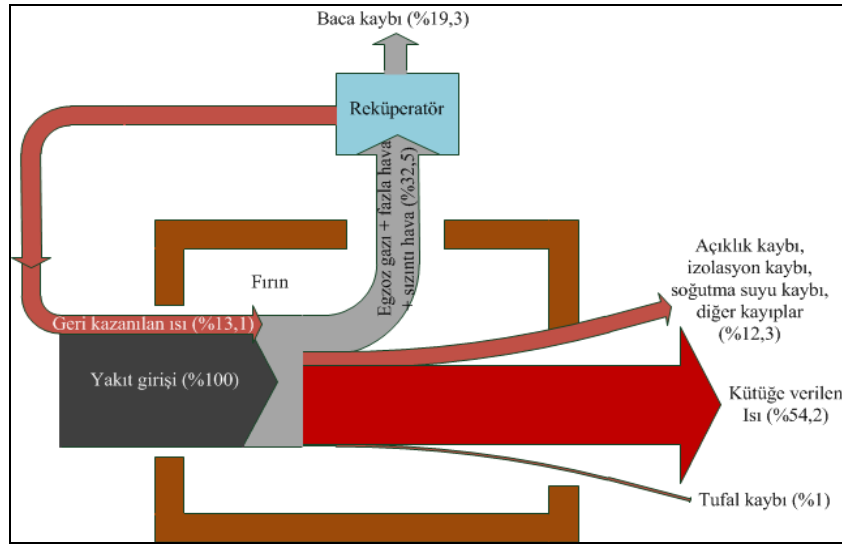
Şekil 4.5. Black body diagram.

Tav fırının şarj kapısının ebatları ise (9.4 m x 0.8 m)dir. Fırın kapısı, haddehane üretim hızı 180 s olduğundan her 180 s'de 1 kez açılıp kapanır. Bu esnada açık kalma süresi 18 s dir. Yani saat de 20 kez açılıp kapandığından $20 \times 18 = 360$ s açık kalır. Kapı açılması ile dışarı giden toplam ısının hesaplaması için, hava perdesinin çalışır haldeyken kapıdan dışarıya giden ısı ile çalışmaz haldeyken dışarıya giden ısının farkları alınarak hesaplandı. Burada el pyrometresi ile fırın şarj kapısının tam önünün yani hava perdesinin üflediği noktanın tam önündeki noktaların sıcaklıkları ölçüldü.

4.2.4. Haddehane Tav Fırını Enerji Denkliği

Ölçülen ve hesaplanan değerler kullanılarak haddehane tav fırını için enerji denkliği kurulmuş ve sonuçlar sırasıyla Çizelge 4.8’de verilmiştir

Haddehane tav fırını için sistemin toplam enerji denkliği kullanılarak mevcut durumun Sankey diyagramı oluşturulmuş ve Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.6. Haddehane tav fırını sankey diyagramı [15].

Çizelge 4.8. Ray profil haddehanesi tav fırını enerji ve kütle denklığı.

Girişler	Debi (Nm ³ /h)	Oksijen (%)	Sıcaklık (°C)	Cp (kJ/Nm ³ K)	Q (kW)	%
Yüksek Fırın Gazı (yanma ısısı)	580			3152,660***	507,928	1,94
Yüksek Fırın Gazı (duyulur ısı)	580		35,00	1,377	7,767	0,03
Kok Gazı (yanma ısısı)	4637			16747,2***	21571,32	82,51
Kok Gazı (duyulur ısı)	4637		25,00	1,356	43,682	0,17
Yakma Havası (duyulur ısı)	29210	20,57	318,00	1,364	3523,930	13,48
Soğutma Suyu	503*		24,00	4,186**	14,039	0,05
Kütük	70846*		55,00	0,439**	476,731	1,82
Toplam					26145,40	100,00
Çıksılar	Debi (Nm ³ /h)	Oksijen (%)	Sıcaklık (°C)	Cp (kJ/Nm ³ K)	Q (kW)	%
Kütük	69571*		1077	0,656**	13661,4	54,16
Fırın Egzoz Gazı	32873	6,25%	593	1,570	8501,656	32,52
Soğutma Suyu	503*		29	4,186**	16,964	0,06
Tufal Kaybı (%1,8 kabul)	1275,23*		1077	0,656**	250,26	0,99
Fırın şarj kapısı kaybı					15,136	0,04
Diğer Kayıplar (Diğer açıklık kayıpları, izolasyon kaybı, vb.)					3166,4	12,23
Toplam					26145,40	100,00

* kg/h, **kJ/kgK ***kJ/Nm³ (LHV)

Çizelge 4.9. Hava perdesiz dışarı giden toplam ısı.

ε	T _{f1} (°C)	T _a (°C)	Q _{c1} (kJ/Nm ³ K)	A m ²	t (t/y)	Q _{s1} (kJ/y)
0.88	145	15	4252,03	7,52	8760	280103346

Çizelge 4.10. Hava perdeli dışarı giden toplam ısı.

ε	T _{f2} (°C)	T _a (°C)	Q _{c2} (kJ/Nm ³ K)	A m ²	t (t/y)	Q _{s2} (kJ/y)
0.88	55	15	844,14	7,52	8760	55608060

Buradan 280103346 kJ/yıl toplam ısıdan, 55608060 kJ/y olan ısı çıkarıldığında kapı açılması ile hava perdesinin çalışmasına veya çalışmamasına bağlı olarak değişen ısı kaybı bulunur. Yani hava perdesi kullanılırsa burada Q_s=224495286 kJ/y bir ısının

boşa gitmesi önlemiş olur. Daha sonra ise Çizelge 4.11’de egzoz alev ısı kaybı Q_f ’yi bulunur.

Çizelge 4.11. Egzoz alev ısı kaybı.

T_g (°C)	P (2mmHO)	Q_g (Nm ³ /h)	A m ²	C_p (kJ/Nm ³ K)	T_a (°C)	Δt (°C)	t (t/y)	Q_f (kJ/y)
593	0,3	4,23	7,5 2	1,570	15	578	8760	252873680

Kapı açıldığında egzoz alevi ısı kaybını da 252873680 kJ/y olarak bulunur.

Toplam olarak kaybedilen ısı kaybı ise Çizelge 4.12’de tüm ısıların toplanmasıyla hesaplanır.

Çizelge 4.12. Tasarruf edilecek toplam ısı kaybı.

Q_s (kJ/y)	Q_f (kJ/y)	Q (kJ/y)	Fırın çalışma süresi (t)	Q (kW)
224495286	252873680	477368966	8760	15,136

Bulunan toplam ısı kaybını kapağın açık kalma süresi olan 8760 saate bölüldüğünde saatlik toplam ısı kaybı bulunur. Bu da yaklaşık olarak 15.136 kW dir.

4.2.5. Potansiyel Tav Fırını Verimi

Hava perdesi montajı ile yapılacak iyileştirme sonucu boşa giden ısı kaybı kazanılacağından dolayı potansiyel yeni verim Çizelge 4.13’de şu şekilde bulunur.

Çizelge 4.13. Potansiyel tav fırını verimi.

Kütüğe verilen ısı Q_k (kW)	13676,56
Toplam yakıt ısısı Q_y (kW)	22094,75
Verim (% Q_k / Q_y)	61,9

4.2.6. Hava Perdesi ile Tasarruf Miktarı

Yıllık toplam kazanılabilecek ısı miktarı Çizelge 4.12’de 477368966 kJ/y olarak hesaplanmıştır. 1 kg kömür = 24480 kJ = 0.20 USD dir. Buradan potansiyel kazanılabilecek ısı kaybının kömür eşdeğeri 19500 kg/y olarak bulunur. Yıllık 19500 kg olan kömür sarfiyatının dolar olarak bedeli ise 3900 USD dir.

4.2.7. Hava Perdesi ile Elektrik Tüketimi Maliyeti

Yıllık 8760 saatlik fan motorlarının çalışma süresi vardır. Her bir motor yaklaşık 21 kW’dır. Toplam 2 motor olduğundan 42 kW lık enerji tüketimi olur. Bu da yıllık 367920 kW saat olur. 1 kW saat elektrik = 0.07 USD olarak hesaplandığından yıllık yaklaşık 25754 USD elektrik enerjisi maliyeti olur.

4.2.8. Bakım-Onarım ve Ortamdan Kazanılacak Tasarruf Miktarı

Ay da ortalama 2 kez malzemenin istenmeyen şekilde şarj etmesinden kaynaklanan duruş olmaktadır. Fırın şarj kapısı açılarak müdahale edilmesi gerektiğinden yüksek sıcaklıktan dolayı, arıza süresi uzamaktadır. Hava perdesi ile bu sürenin 15 dakika daha kısılacağı görülüyor. Bu da yılda toplam 6 saatlik üretim kaybına denk gelir. Saat de 20 malzeme işlendiğinden yılda toplam 120 malzeme ile yaklaşık 500 Ton gelmektedir. 1 malzemenin üretim kazancı yaklaşık 150 USD/Ton ile 120 malzemedan kazanılacak üretim kazancı yılda toplam 75000 USD olur. Ayrıca bu ortamda oluşabilecek yanmanın, yaralanmanın vs. gibi iş kazalarının da önüne geçilerek maddi ve manevi tazminatlarında önüne geçilebilir.

4.2.9. Hava Perdesi Yatırım Maliyeti

Hava perdesinin yatırım maliyeti 23750 USD dır.

4.3.10. Geri Ödeme Süresi

Toplam maliyet, elektrik sarfiyatı ve yatırım maliyetinden kaynaklanmaktadır ve 49504 USD'dır. Toplam kazanç ise üretim kazancı ve ısı kaybını engellenerek elde edilen kazançlardır. Bu da toplam 78900 USD'dır. Buna göre yaklaşık olarak 7,5 ay gibi bir sürede yapılan yatırım kendisini karşılamaktadır. Yapılan maliyet, tasarruf miktarları ve geri ödeme süresi Çizelge 4.14'de görülmektedir.

Çizelge 4.14. Maliyet, tasarruf ve geri ödeme tablosu.

	Maliyet (USD/y)	Tasarruf (USD/y)	Geri Ödeme Süresi (ay)
Hava Perdesi	-----	3900	-----
Elektrik kullanımı	25754	-----	-----
Bakım-onarım ve üretim	-----	75000	-----
Yatırım	23750	-----	-----
TOPLAM	49504	78900	7,5

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bir sanayi kuruluşunun haddehane tav fırınında hava perdesi ile enerji verimliliği çalışması yapılmıştır. Ölçüm ve kuruluş verileri kullanılarak gerekli hesaplamalar yapılmış, enerji dengeleri kurulmuş ve tasarruf potansiyelleri ortaya konmuştur. Hesaplamalar sonucunda tespit edilen verimin hava perdesi kullanarak yükseltilebileceği belirlenmiştir. Buna göre haddehane tav fırını sonuçları şunlardır:

Haddehane tav fırınının verimi hava perdesi kullanarak yükseltilmektedir.

Haddehane tav fırınında verim % 61,83 ve yapılabilecek bu tasarruflar sonucu fırın verimi % 61,9'a ulaşabilmektedir.

Haddehane tav fırınında hava perdesi kullanım ile 23750 USD kadar bir yatırım maliyeti ve elektrik işletme maliyeti yıllık 25754 USD ile toplam maliyet yıllık 49504 USD'dır. Bunun geri ödeme süresi 7,5 aydır.

Mevcut durumda toplam tasarruf potansiyeli 15.136 kW, bu tasarruf potansiyelinin kömür eşdeğeri yıllık mali değeri 3900 USD'dır. Bakım-onarım zamanın kısılmasıyla kazanılan zamandaki üretim kazancı yıllık 75000 USD olmaktadır. Böylece oluşan toplam kazanç yıllık 78900 USD'dır.

Haddehane tav fırınında hava perdesi kullanarak daha sağlıklı ve işçi sağlığı ve güvenliği (İSG) açısından daha güvenli bir ortamda çalışılabilmesi sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

1. Terzi, Ü. K. ve Baykal, R., “Efficient and effective use of energy: a case study of tofas”, *Environmental Research, Engineering and Management*, 1 (55): 29-33 (2011).
2. Tütünoğlu, Y., Güven, A., ve Öztürk, İ. T., “Cam temperleme fırınında enerji analizi”, *III. Enerji Verimliliği Kongresi*, Kocaeli, 153-166 (2011).
3. Intergovernmental Panel on Climate Change, “Fourth assessment report, climate change 2007: synthesis report”, *IPCC AR4*, Switzerland, 36-40 (2007).
4. International Energy Agency, “Worldwide trends in energy use and efficiency”, *Energy Indicators*, France, 16,17 (2008).
5. Xu, C. and Cang, D., “A brief overview of low CO₂ emission technologies for iron and steel making”, *Journal of Iran and Steel Research*, 17 (3): 1-7 (2010).
6. Nogami, H., Yagi, J., Kitamura, S. and Austin, P. R., “Analysis on material and energy balances of ironmaking systems on blast furnace operations with metallic charging, top gas recycling and natural gas injection”, *ISIJ International*, 46 (12): 1759-1766 (2006).
7. Topbaş, M. A., “Endüstri Fırınları, Cilt 1”, *Yıldız Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 1-16 (1991).
8. Ertem, G., Çelik, B. ve Yeşilyurt, S., “Endüstriyel tav fırınlarında ısı dengeliği hesaplamaları ve enerji verimliliğinin belirlenmesi”, *IV. Ege Enerji Sempozyumu*, İzmir, 1-8 (2008).
9. Sakurai, H., “Researches on air shutter for fire defence” *Fire Safety Journal*, 2 (1): 9-16 (1980).
10. Uddin M. Z., “Dynamic effects of thermal shutters” *Building and Environment*, 25 (1): 33-35 (1990).
11. Mullinger P. and Jenkins B., “Furnace control and safety” *Industrial and Process Furnaces*, 287-333 (2008).
12. Internet: Improving Process Heating System Performance., ‘A Sourcebook For Industry. U.S. Department Of Energy (Doe) And The Industrial Heating

Equipment Association (IHEA))” <http://www.oit.doe.gov/bestpractices/library.shtml> (2005).

13. Robert J., “Fan Engineering, 6th ed”, *Buffalo Forge Company*, New York, 278-292 (1961).
14. Trinks, W., Mawhinney, M. H., Shannon, R. A., Reed, R. J. and Garvey, J. R., “Industrial furnaces, 6th edition”, *John Wiley and Sons*, USA, 1-6 (2004).
15. Kılınç, E., “Endüstriyel fırınlarda enerji analizi ve verim artırıcı yöntemler”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 11-15 (2011).
16. İnternet: Korea-Thermal Engineering Company., “KTEC”, <http://www.koreathermal.co.kr/KOREATHERMALENGINEERINGCO.,LTD> (2012).

ÖZGEÇMİŞ

Tünay ODABAŞ, 1977 yılında Karabük'te doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini aynı şehirde tamamladıktan sonra 1994 yılında İstanbul Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2000-2003 yılları arasında İngilizce ve MBA eğitimi için New York ve New Jersey eyaletlerinde bulundu. 2003 yılında Türkiye'ye döndükten sonra askerlik görevine asteğmen olarak başladı. 2004 yılında askerlik görevini tamamladı. 2004 yılında kısa süreliğine özel bir şirket de iş geliştirme mühendisi olarak çalıştıktan sonra 2005 yılında Kardemir AŞ Ray Profil Haddehanesinde Elektrik-Otomasyon mühendisi olarak görev aldı ve halen devam etmektedir. 2011 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Tünay ODABAŞ, evli ve iki çocuk babasıdır.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Çiğdem sokak 3/1 Yenişehir/ KARABÜK
Tel : 0531 675 87 04
E-Mail : tunayodabas@hotmail.com