



**T.C.**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİYEL TAV FIRINI BACALARINDAN ATIK ISININ GERİ  
KAZANIMI**

**HASAN KILINÇ**

**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HATAY**

**ARALIK - 2016**



T.C.  
İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİYEL TAV FIRINI BACALARINDAN ATIK ISININ GERİ  
KAZANIMI

HASAN KILINÇ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY  
ARALIK - 2016

**T.C.**  
**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİYEL TAV FIRINI BACALARINDAN ATIK ISININ GERİ  
KAZANIMI**

**HASAN KILINÇ**  
**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Yrd. Doç. Dr. Semir GÖKPINAR** danışmanlığında hazırlanan bu tez **13/01/2017** tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **OYBİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Semir GÖKPINAR  
Başkan

Prof. Dr. Hakan YAVUZ  
Üye

Doç Dr. Selçuk MISTIKOĞLU  
Üye

Kod No: 35

Not:Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## **TEZ BİLDİRİMİ**

**13/01/2017**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Hasan KILINÇ

## ÖZET

Yükselen enerji maliyetleri ve artan çevre bilinci sayesinde, sanayide çalışan sektörleri kendi fabrikalarındaki atıkları ( katı, sıvı, gaz ) değerlendirme yönüne sevk etmiştir. Özellikle bölgemizde çalışan demir çelik fabrikalarından elde edilebilecek birçok atık ısı kaynağı mevcuttur. Bacalardan dışarıya atılan sıcak gazlar, basınçlı hava elde etmek için kullanılan elektrik enerjisinin belirli bir miktarı olan ısı enerjisi vb. örnek olarak verilebilir.

Atık ısı değerlendirme, sanayi tesislerinde enerji yönetiminin önemli bir boyutudur. Atık ısının kullanılabilmesi yerleri tespit etmek, uygulanabilecek sistemlerin ekonomik bir değerlendirmesini yapmak gereklidir.

Bu çalışmada endüstriyel fırın bacasından atılan atık sıcak gaz kullanılarak, ısı değiştiriciler ( ekonomizer ) yardımıyla elde edilecek enerjinin merkezi ısıtma ve soğutma sistemlerinde ve sıcak su kullanım yerlerinde kullanılabilirliğine bakılacaktır. Isı elde etmede kullanılan ısı değiştiriciler tanıtıldıktan sonra mevcut Ekinciler demir ve çelik fabrikasındaki tav fırını irdelenecektir. Tav fırını bacasından atılan gaz sıcaklığına göre elde edilebilecek ısı kapasiteler hesaplanacak ve optimum değer tespit edilecektir. Ayrıca ısı hesabı yapılan bilgisayar programı ile örneklendirme yapılacaktır. Çalışma sonunda çalışmanın uygulanabilirliğine bakılacaktır.

**Anahtar kelime:** Isı değiştiriciler, Isı geri kazanımı

## **ABSTRACT:**

### **THE USE OF HEAT EXCHANGERS IN INDUSTRIAL WASTE HEAT RECOVERY**

Rising energy costs and the growing environmental awareness, working in the industry sectors has referred to direction of the evaluation of waste in their own factory (solid, liquid, gas). Especially in our region, there are a lot of waste heat recovery obtained in iron and steel factory that runs. The hot air thrown from chimney, the electrical energy that used to produced pressurised air can be given as an example. Heat recovery is one of the important factors in the energy management of industrial plants. It is necessary to evaluate the places where heat recovery to apply. Economical control is also necessary to be done. In this study, we are looking for the availability can be used in a central heating and cooling systems by using the waste hot gases from industrial furnace chimney with the help of heat exchangers ( economiser ). After description of heat exchangers, we will examine the heat furnace of Ekinciler iron and steel. We will calculate the heat capacity of the heat recovery at different temperatures and find the optimum temperature. In addition, different calculated program for heat excahngers will be given as an example. At the end we will look after, if the result of the calculation is feasible or not.

**Keywords:** Heat exchangers, heat recovery

## TEŞEKKÜR

Bu alıőmanın gerekleőtirilmesinde, iki yıl boyunca değerli bilgilerini benimle paylaőan, verdiği her bilginin hayatıma ve iç alanıma kattığı önemini asla umutmayacağım saygıdeğer danıőman hocam; Yrd. Do. Dr. Semir GÖKPINAR ‘a, alıőmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen iç arkadaşlarıma sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	VII
SİMGELER	VIII
KISALTMALAR	IX
1.GİRİŞ	1
1.1 Demir ve Çelik Sektörü	1
1.1.1 Türk Demir ve Çelik Sektörüne Genel Bir Bakış	2
1.1.2 Türk Demir ve Çelik Sektöründe Faaliyet Gösteren Firmalar	2
1.1.3 Ekinciler Demir ve Çelik Fabrikasında Üretime Genel Bir Bakış	4
1.2 Isı Değiştiriciler	6
1.2.1 Akışkanların Temas Şekline Göre Sınıflandırma	7
1.2.1.1 Direkt Temaslı Isı Değiştiriciler	7
1.2.1.2 İndirekt Temaslı Isı Değiştiriciler	7
1.2.2 Akış Şekline Göre Sınıflandırma	7
1.2.3 Isı Geçiş Yüzeyinin Isı Geçiş Hacmine Göre Sınıflandırma	8
1.2.4 Isı geçiş Mekanizmasına Göre Sınıflandırma	9
1.2.4.1 İki Tarafta da Tek Fazlı Akış	9
1.2.4.2 Bir Tarafta Tek Fazlı Diğer Tarafta Çift Fazlı Akış	9
1.2.4.3 İki Tarafta da Çift Fazlı Akış	9
1.2.4.4 Taşınım ve Işınımın Beraber Isı Geçişini	9
1.2.5 Konstrüksiyon Özelliklerine Göre Sınıflandırma	9
1.2.5.1 Borulu Isı Değiştiriciler	10
1.2.5.2 Levhalı Isı Değiştiriciler	10
1.2.5.3 Rejeneratif Isı Değiştiriciler	10



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	11
3. MATERYAL ve YÖNTEM	13
3.1 Materyal	13
3.1.1 Isı Geri Kazanım Yerleri	13
3.1.2 Endüstriyel Tav Fırınları	15
3.1.2.1 Yürüyen Tabanlı Kütük Tav Fırını	15
3.1.2.2 İtmeli Tip Tav Fırını	16
3.1.2.3 Ekinciler Demir ve Çelik Fabrikasındaki Tav Fırını ve Sıcak Su Kazanlarının İncelenmesi	17
3.2 Yöntem	17
3.2.1 Mevcut Sistemin Kapasiteye Göre İncelenmesi	17
3.2.2 Tav Fırını Bacasından Atılan Gazın Isıl Kapasitesinin Belirlenmesi	18
3.2.3 Mevcut Sıcak Su Kazanlarının İrdelenmesi	26
3.2.4 Isıl İhtiyacın Elde Edilebilecek Isı Geri Kazanımı ile Karşılaştırılması	28
3.2.5 Ekinciler Fabrikasında Kullanılan Isı Değiştiriciler	28
3.2.5.1 Direkt Temaslı Isı Değiştiriciler	28
3.2.5.2 İndirekt Temaslı Isı Değiştiriciler	29
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	32
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	33
KAYNAKLAR	34
ÖZGEÇMİŞ	35
EKLER	36
EK-1 Atık Gaz Değerleri	36
EK-2 Örnek Borulu Tip Eşanjör Hesabı	37
EK-3 Borulu Tip Eşanjör İçin Örnek Hesaplama	42
EK-4 Plakalı Tip Eşanjör İçin Örnek Hesaplama	43

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil1.1 Türkiye 'de faaliyet gösteren demir ve çelik fabrikaları	3
Şekil1.2 Tipik bir haddeleme metodu	5
Şekil1.3 Ekinciler demir ve çelik üretim akış şeması	6
Şekil1.4 Akım şekillerine göre ısı değiştirici	7
Şekil1.5 Kompakt ısı değiştirici gövdeleri	8
Şekil3.1 Tipik bir yürüyen tabanlı tav fırını	15
Şekil3.2 Tipik bir itmeli tip tav fırını	16
Şekil3.3 Mevcut atık gaz hattı	19
Şekil3.4 Mevcut hattın revize edilmiş hali	19
Şekil3.5 Banyo ve kullanma suyu ısıtma akış diyagramı	20
Şekil3.6 Atık gaz sıcaklığına bağlı olarak ısı kapasitesi değişimi	25
Şekil3.7 Atık gaz sıcaklığına bağlı olarak ısıtılacak su debisi miktarı	25
Şekil3.8 Mevcut sıcak su kazanı	27
Şekil3.9 Direkt temaslı ısı değiştirici	28
Şekil3.10 İndirekt temaslı ısı değiştirici (plakalı ısı değiştirici)	29
Şekil3.11 İndirekt temaslı ısı değiştirici (havalı ısı değiştirici)	30
Şekil3.12 İndirekt temaslı ısı değiştirici (borulu ısı değiştirici)	31
ŞekilEK.1 Tipik bir paralel akış sıcaklık diyagramı	37

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge3.1 Sıcaklığa göre ısı hesap

24

Çizelge4.1 Özet tablosu

32

## SİMGELER

A	: Isı alanı
$\alpha$	: Isı taşınım katsayısı
$C_p$	: Suyun özgül ısısı
d	: Boru çapı
$D_{ayna}$	: Eşanjör ayna çapı
$d_h$	: Hidrolik çap
h	: Entalpi
$\Delta h$	: Entalpi farkı
İÇ	: Islak çevre
k	: Isı iletim katsayısı
K	: Toplam ısı geçiş katsayısı
KA	: Kesit alanı
L	: Boru uzunluğu
m	: Atık gaz kütlesi
n	: Boru sayısı
$n_g$	: Geçiş sayısı
Nu	: Nusselt sayısı
Pr	: Prandtl sayısı
g	: Yoğunluk
Re	: Reynold sayısı
$\Delta T_{log}$	: Logaritmik sıcaklık farkı
v	: Atık gaz hacmi
$V_s$	: Soğuk su hızı
$\mu$	: Dinamik viskozite

## KISALTMALAR DİZİNİ

$m_{max}$	: Maksimum ısıtıcı güçte elde edilebilecek su debisi
$m_{min}$	: Minimum ısıtıcı güçte elde edilebilecek su debisi
$m_{mevcut}$	: Mevcut sıcak su kazanı ısıtılacak su debisi
$M_{ss}$	: Sıcak su debisi
$Q_{ihtiyaç}$	: Mevcut personele göre ihtiyaç olan ısıtıcı güç
$Q_{mevcut}$	: Mevcut sıcak su kazanı ısıtıcı kapasitesi
$Q_{su}$	: Sirkülasyon su debisi
$Q_{gaz}$	: Atık gaz debisi
$Q_{gazmax}$	: Maksimum sıcaklıkta elde edilebilecek ısıtıcı güç
$Q_{gazmin}$	: Minimum sıcaklıkta elde edilebilecek ısıtıcı güç
$T_{agg}$	: Atık gazın ısıtıcı eşanjörüne giriş sıcaklığı
$T_{agç}$	: Atık gazın ısıtıcı eşanjöründen çıkış sıcaklığı
$T_{ssg}$	: Sirkülasyon suyunun eşanjöre giriş sıcaklığı
$T_{ssç}$	: Sirkülasyon suyunun eşanjörden çıkış sıcaklığı
$T_{1sç}$	: Banyo vb. için ısıtılacak su çıkış sıcaklığı
$T_{1sg}$	: Banyo vb. için ısıtılacak su girişi sıcaklığı
$T_{ssg}$	: Isıtıcı eşanjöründe ısıtılan su giriş sıcaklığı
$T_{ssç}$	: Isıtıcı eşanjöründe ısıtılan su çıkış sıcaklığı
$T_{ks}$	: Kullanım suyu sıcaklığı ortalaması

# 1. GİRİŞ

## 1.1 Demir ve Çelik Sektörü

Bu çalışmada demir ve çelik gibi yüksek sıcaklarda yoğun baca gazı salınımının olduğu endüstri tesislerinde atılan kayıp enerjinin ısı geri kazanımı ve kazanılan bu enerjinin kullanım potansiyelinin araştırılması amaçlanmıştır. Baca gazındaki kayıp enerjinin sistemde yeniden kullanılması yolu ile bu kayıp enerji ortam ısıtmasında, genel kullanım maksatlı sıcak su elde edilmesinde ve oksijen tesisinde oksijen gazlaştırılması maksadı ile kullanılarak yakıt ve enerji tasarrufu sağlanmaya çalışılacaktır. Mevcut kullanılan sıcak su kazanlarının gerekliliğinin olup olmadığı gibi yakıt ve enerji tasarrufu sağlayacak ve bu kayıp enerji ortam ısıtılmasında ve genel kullanım amacıyla sıcak su elde edilmesinde kullanılacaktır.

Ülkemizde enerji ihtiyacı, nüfus artışına ve sanayideki gelişmelere paralel olarak her geçen gün artmakta ve enerji kaynakları bu ihtiyacı karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Bu durum enerji temini konusunda yurt dışına bağımlılığı her geçen gün daha da arttırmaktadır. Ülkemiz zengin enerji kaynaklarına sahip olmadığından, enerjinin büyük bir bölümü yurtdışından temin edilmektedir.

Siyasi ya da stratejik ve benzeri diğer sebeplerden dolayı enerjinin temininde her zaman riskler ortaya çıkmaktadır. Enerji talebinin çoğunu ithalatla karşılayan ülkemizde bu durumun kalkınma ve sanayileşmede bir engel oluşturmaması için enerjinin verimli kullanılması önemli hale gelmiştir. Üretilen enerjinin büyük kısmı sanayide kullanılmaktadır. Burada asıl önemli olan konu; enerji tüketim oranlarını düşürerek yıllık bir büyüme sağlamaktır. Başka bir deyişle enerji verimliliği; enerji girdisinin üretimdeki payının azaltılması, aynı üretimin daha az enerji tüketerek gerçekleştirilmesidir. Bu da verimliliği artırarak gerçekleştirilebilecek bir durumdur. Bu çalışmanın asıl konusu olan demir çelik sektöründe gerçekleştirilebilecek bir ısı geri kazanım sistemi üzerinde çalışılacaktır.

Demir çelik sektöründe kullanılan ana cihazların başında ısıtma fırınları ( tav fırınları ) gelmektedir. Bu tip fırınlar sabit tip veya itmeli tip olarak sınıflandırılabilir. Tav fırınlarında baca gazı çıkış sıcaklığı yaklaşık 650 °C sıcaklığa kadar çıkabilmektedir. Bu baca gazı, ısı eşanjöründen (ekonomizer) geçirilerek tesisin

üretimde ihtiyacı olan farklı uygulamalar için kullanılabileceği öngörülmektedir.[Doç. Dr.M.Can,1995]

### **1.1.1 Türk Demir-Çelik sektörüne genel bir bakış**

Demir çelik ürünleri dayanıklı tüketim malları ve yatırım malları sanayinin ana girdisidir. Bu nedenle, bir ülkenin demir çelik ürün tüketim düzeyi, o ülkedeki refahın ve gelişmişliğin en önemli göstergelerinden biri olarak kabul edilir. Ekonomileri güçlü ülkelerde ve gelişmekte olan ülkelerde demir çelik tüketimi sürekli artmakta ve tüketim hızını karşılayabilecek üretim kapasiteleri oluşturulmaktadır. Gelişmiş ülkelerde toplam demir çelik üretimi ve tüketimi içerisinde yassı çelik ürün payının, gelişmekte olan ülkelere göre daha yüksek olması çelik tüketimi ile kalkınmışlık düzeyi arasındaki ilişkiyi ortaya koyar. Demir çelik sektörü tek bir sanayi kolu değil, birçok sektöre girdi sağlayan ülke ekonomisi için stratejik önem taşıyan bir sektör haline gelmiştir. Demir çelik sektörü sanayinin lokomotif sektörlerinin başında gelir ve büyük ölçekli yatırımlar gerektirir. Demir-çelik üretiminin dünya çapında hegamonik niteliklerini yitirmeye başladığı yıllarda, demirçelik sanayi sermayesi az gelişmiş ülkelere ihraç edilmeye başlamıştır. 1960 sonrası yıllar, üçüncü dünya ülkelerine petro-kimya, demir-çelik gibi temel sanayi dallarına ait üretim birimlerinin yerleşmeye başladıkları yıllardır.[Türkiye demir ve demirdışı metaller meclisi sektör raporu,2014]

### **1.1.2 Türk Demir-Çelik sektöründe faaliyet gösteren firmalar**

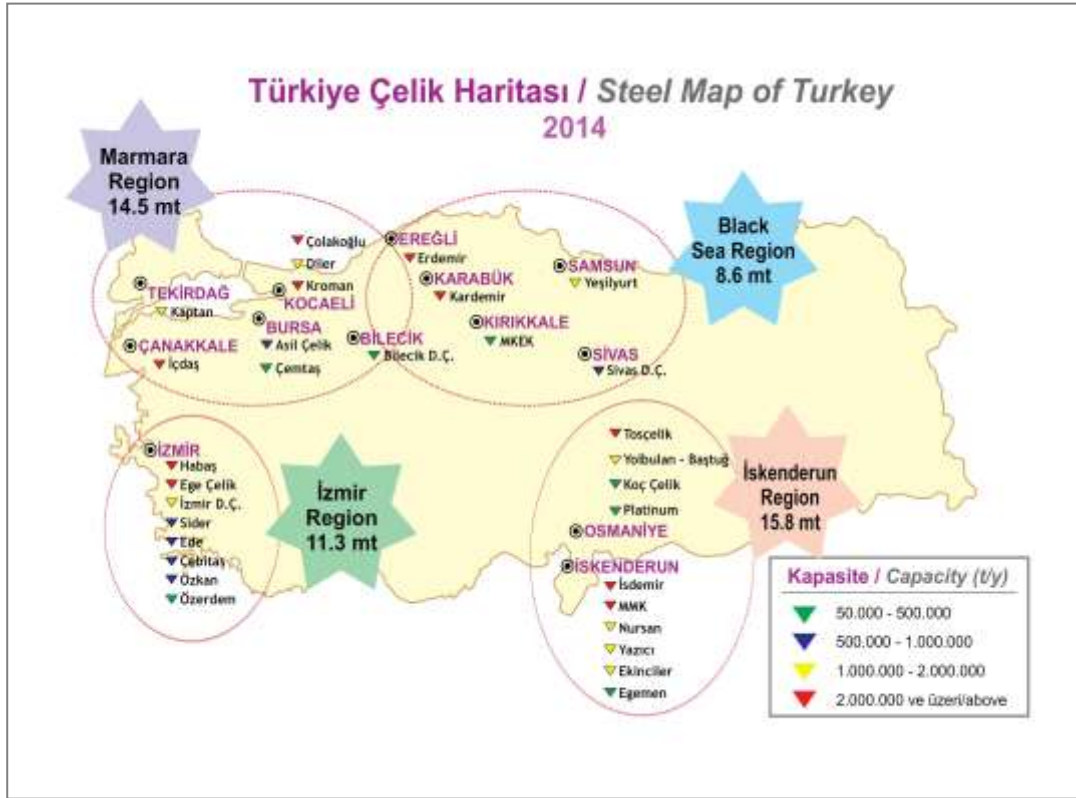
Altyapısı 1930'lu yıllarda atılan Türk demir çelik sektörü, ekonominin gelişmesinde ve endüstrileşmede önemli bir rol üstlenmiştir. Demir çelik üretimi ilk defa 1928 yılında, savunma sanayinin çelik ihtiyacını karşılamak amacıyla, şu anda MKEK olarak bilinen tesiste, Kırıkkale'de başlamıştır. Çelik sektörüne ilişkin ilk yatırımlar, 1. ve 2. sanayi plânları kapsamında, 1930'lu yıllarda gerçekleştirilmiş ve sektör uzun yıllar kamu kesiminin tekelinde, entegre tesis ağırlıklı olarak gelişmiştir.

Türkiye'nin uzun ürün üreten ilk entegre demir çelik tesisi olan Karabük Demir Çelik Fabrikaları (KARDEMİR) 1937 yılında, yassı ürün talebini karşılamak için kurulan, ikinci entegre tesisi olan Ereğli Demir Çelik Fabrikaları (ERDEMİR), 1965 yılında üretime başlamıştır. 1975 yılında ise, yine uzun ürün ve yarı ürün talebini karşılayabilmek amacıyla, Türkiye'nin üçüncü entegre tesisi, İskenderun Demir Çelik Fabrikaları (İSDEMİR)

işletmeye açılmıştır.

1960'lı yıllardan itibaren, özel sektöre ait elektrik ark ocaklı (EAO) tesisler de faaliyete geçmeye başlamıştır. 1970'li yıllarda İSDEMİR'in ve özel sektöre ait 5 EAO'lu kuruluşun işletmeye açılması ile, 1980 yılında demir çelik sektörü, yıllık 4.2 milyon ton sıvı çelik üretim kapasitesine ulaşmıştır.

2013 yılı itibariyle sektörde faaliyet gösteren 30 tesisin, 10'u Akdeniz bölgesinde, 8'i Marmara bölgesinde, 7'si Ege bölgesinde, 3'ü Karadeniz bölgesinde, 2'si de İç Anadolu bölgesinde yerleşiktir. 2013 yılı itibariyle, söz konusu tesislerden 10 tanesinin ham çelik kapasitesi 2 milyon ton ve üzerinde, 8 tanesinin kapasitesi 1 - 2 milyon ton arasında, 6 tanesinin kapasitesi 500 bin - 1 milyon ton arasında ve 6 tanesinin kapasitesi de 50 bin – 500 bin ton arasındadır.[ Türkiye demir ve demirdışı metaller meclisi sektör raporu,2014]



Şekil 1.1 Türkiye 'de faaliyet gösteren demir çelik fabrikaları [Türkiye demir ve demirdışı metaller meclisi sektör raporu,2014]



### 1.1.3 Ekinciler demir ve çelik san. a.ş. fabrikasında üretime genel bir bakış

Türkiye'de 1950'lerde yeni yeni oluşmaya başlayan özel sektör, 1960'lı yıllarda ilerleyişine artan bir ivme ile devam etmekteydi. Ekinciler Holding'in temelleri de 1960'lı yıllarda atılmıştır. 1970'lerde Karabük'te haddecilik faaliyetlerine başlanmış, aynı dönemde dış ticaret ve uluslararası taşımacılık alanlarında da atılımlar gerçekleştirilmiştir. Bu hızlı büyüme sonucunda 1986 yılında Ekinciler Holding kurulmuştur.

Ekinciler Holding, 1980'li yıllarda ihracata ağırlık vermiştir. Aynı dönemde İskenderun'da Ekinciler demir ve çelik san. a.ş. fabrikası açılarak üretime geçilmiştir. 1990'larda ise finansal hizmetler, kara ve deniz taşımacılığı ile genel inşaat taahhüt faaliyetleri öne çıkmıştır. 1990'lı yıllarda Ekinciler demir ve çelik san. a.ş. toplam kalite anlayışını benimseyerek bunu tüm grup şirketlerinde uygulamaya koymuştur.[www.ekinciler.com]

Ekinciler demir ve çelik san. a.ş. fabrikası üretim aşamaları aşağıda verilmiştir:

Çelikhane:

Çeşitli ebatlarda kütük üretmek için hammadde olarak demir-çelik hurdalarının kullanıldığı çelikhane üç bölümden oluşmaktadır.

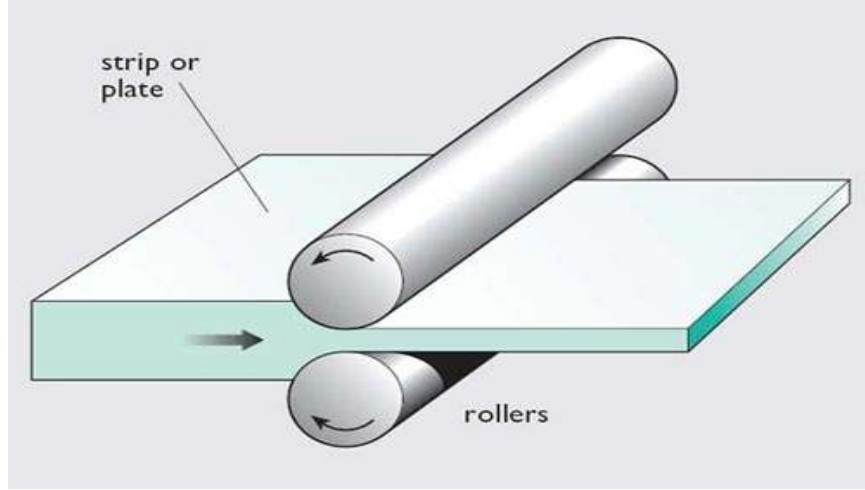
1 – Ark ocağı

2 – Pota ocağı

3 – Sürekli döküm makinası

Haddehane:

Hammadde olarak çelikhane üretilen çeşitli ebatlardaki ( 130, 140, 150, 160 mm kare ) kütükler kullanılmaktadır. Malzemeyi kendi eksenini etrafında dönen silindirik şekle sahip iki merdane arasından geçirerek gerçekleştirilen plastik şekil verme işlemine yassı haddeleme adı verilir.[www.metalurjik.net]

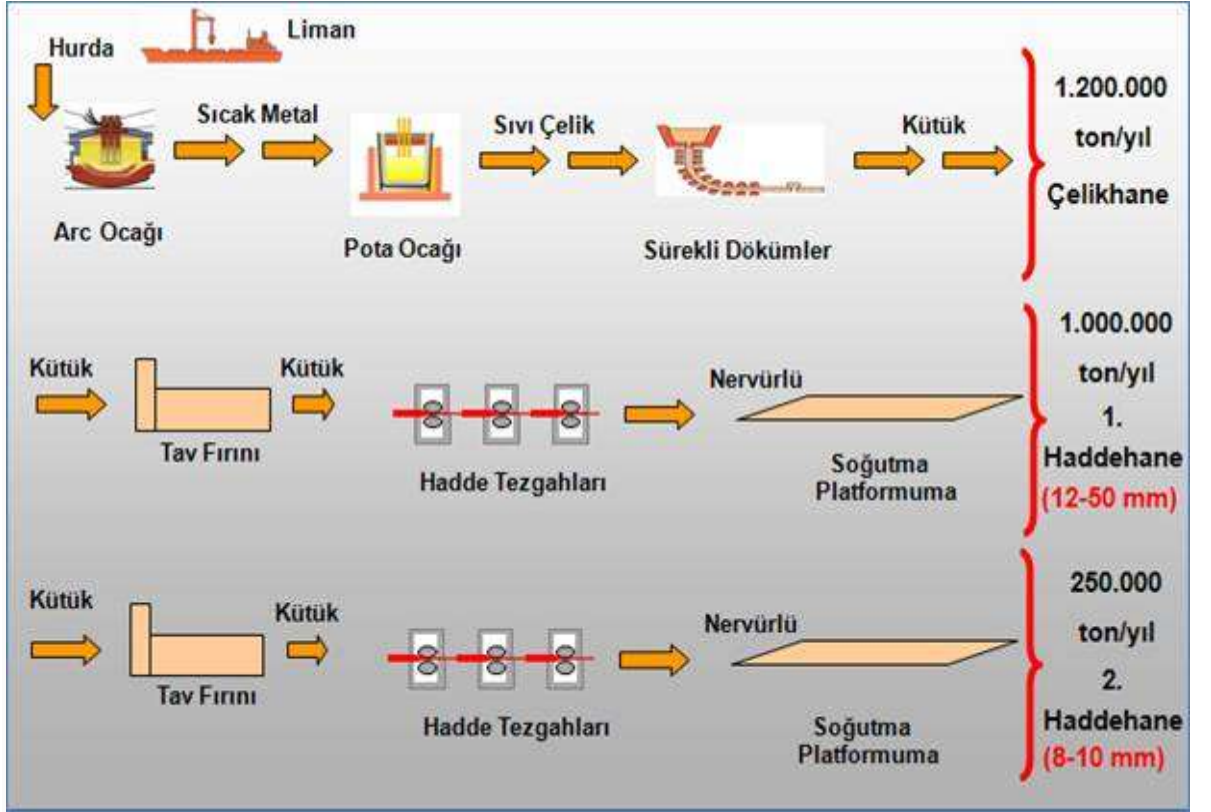


Şekil 1.2 Tipik bir haddeleme metodu

Ekinciler demir ve çelik san. a.ş. bünyesinde, teknolojinin etkin bir şekilde kullanıldığı iki haddehanesi bulunmaktadır. Bu haddehanelerde 8 – 50 mm arası ebatlarda, yüksek mukavemetli, sünek, katlanabilir ve kaynaklanabilir, depreme dayanıklı inşaat çeliği üretilmektedir.

Haddehane üretim yaparken ürün aşağıdaki kısımlardan geçerek nihai ürün haline gelir:

- 1 – Yürüyen tabanlı fırın
- 2 – Tufal temizleme
- 3 – Haddeleme tezgahları
- 4 – Slit sistemi
- 5 – Monoblok tezgahları
- 6 – Isıl işlem prosesi
- 7 – Otomatik çubuk sayma ve bağlama üniteleri



Şekil 1.3 Ekinciler demir ve çelik san. a.ş. üretim akış şeması

## 1.2 Isı Değiştiriciler

Isı değiştiriciler; farklı sıcaklıklara sahip iki akışkan arasında ısı transferlerinin gerçekleştirildiği cihazlardır.[Murad Durmaz,2007]

Yaygın olarak:

- Isıtma / soğutma sistemlerinde
- Klima sistemlerinde
- Kimyasal proseslerde
- Güç santrallerinde kullanılır.

Isı değiştiricilerin sınıflandırılması aşağıdaki bilgiler göz önünde bulundurulularak yapılır:

## 1.2.1. Akışkanların temas şekline göre sınıflandırılması

### 1.2.1.1. Direkt temaslı ısı değıştirciler

İki farklı fiziksel durumdaki akışkan (sıvı-gaz, katı- gaz, katı-sıvı gibi) birbiri ile doğrudan temas ettirilir. Akışkanın akışı genelde bir pompa, fan veya kompresörle hızlandırılır ve zorlanmış tipten ısı iletimi hakimdir. Bunlara örnek olarak;

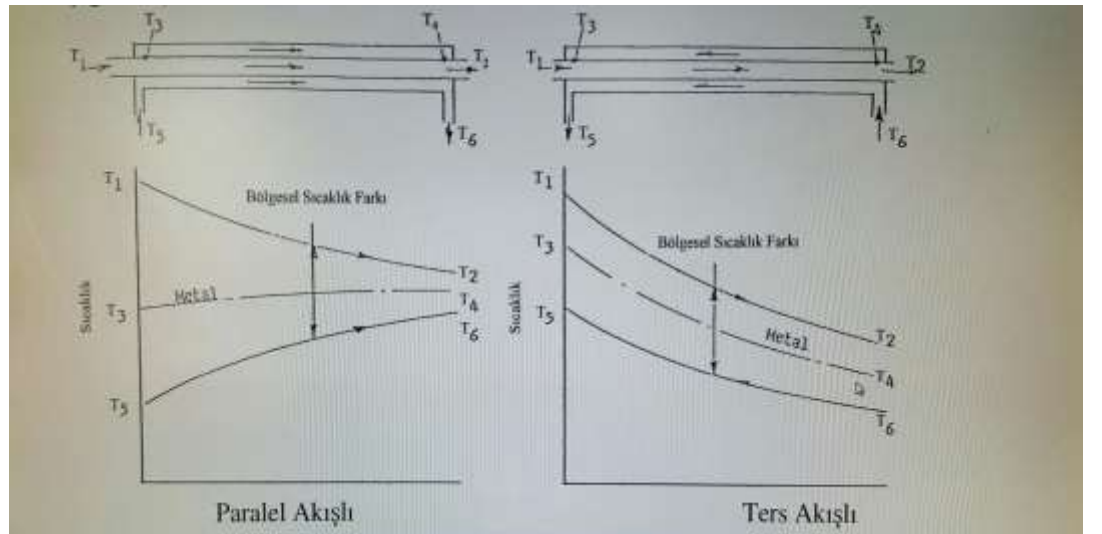
- Soğutma kuleleri ( gaz-sıvı teması )
- Direkt temaslı kondenserler ( gaz-sıvı teması)
- Pinömatik kurutucular ( katı-gaz teması )

### 1.2.1.2 İndirekt temaslı ısı değıştirciler

Akışkanların ısı alışverişi sırasında karışması ara bir yüzey ile önlenir (Borulu, hava soğutmalı ve plakalı tipi ısı değıştirciler).

## 1.2.2 Akış şekillerine göre sınıflandırılması

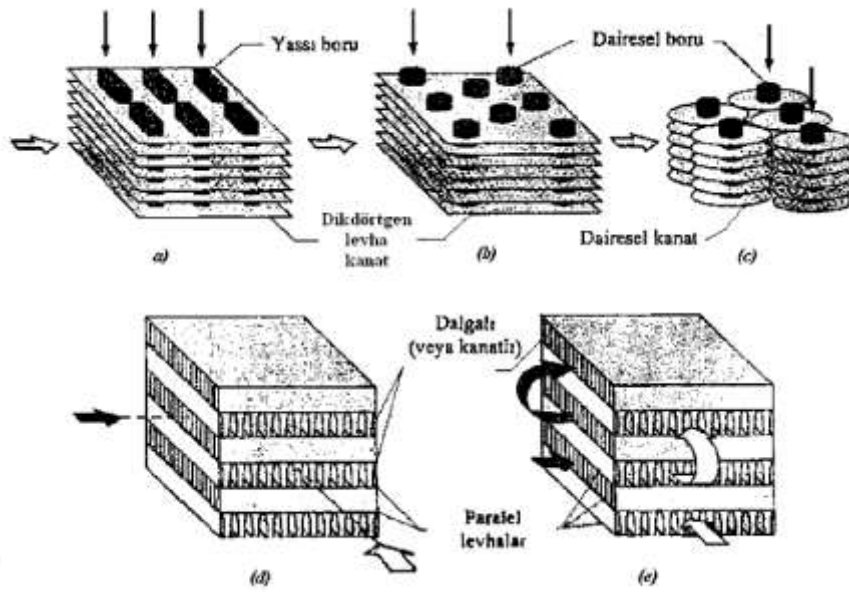
- Paralel akım
- Zıt akım
- Çapraz akım



Şekil 1.4 Akım şekillerine göre ısı değıştirciler

### 1.2.3 Isı geçiş yüzeyinin ısı geçiş hacmine oranına göre sınıflama

Kompakt ısı değiştiricileri olarak adlandırılan bu tür değiştiriciler, çok kanatlı boru veya levhalardan oluşur ve genellikle, ısı taşımın katsayısının küçük ve en az bir akışkanın gaz olduğu durumlarda kullanılır. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi, kullanılan borular sırasıyla yassı veya dairesel kesitli olabilir. Paralel levhalı ısı değiştiricileri düz veya dalgalı kanatlı olabilir ve tek geçişli veya çok geçişli olarak kullanılabilir.



şekil 1.5 Kompakt Isı Değiştirici Gövdeleri (a) Kanatlı boru (yassı borular, sürekli levha kanatlar) (b) Kanatlı boru (dairesele borular, sürekli levha kanatlar) (c) Kanatlı boru (dairesele borular, dairesele kanatlar) (d) Levha kanat (tek geçiş) (e) Levha kanat (ok geçiş)

Kompakt ısı değiştiricileri ağırlıktan, hacimden kazanç sağladığı ve daha esnek bir projelendirmeye olanak sağladığı için tercih edilir. Buna karşılık akışkanlardan en az birinin gaz olması, yüzeyi kirleten, korozif olan akışkanların kullanılamaması ve akış esnasında oluşan aşırı yük kayıplarını yenebilmek için ilave vantilatör veya pompa gücüne ihtiyaç duyulması bu tip ısı değiştiricilerinin başlıca sakıncalarıdır.

## **1.2.4 Isı geçiş mekanizmasına göre sınıflama**

### **1.2.4.1 İki tarafta da tek fazlı akış**

Isı değiştiricilerinin iki tarafındaki tek fazlı akışlardaki ısı taşınımı bir pompa veya vantilatör ile tahrik edilen zorlanmış ya da yoğunluk farkının doğurduğu doğal olarak olabilir. Oda ısıtıcıları, buhar kazanları ekonomizörleri ve hava ısıtıcıları, taşıt radyatörleri ve hava soğutmalı ısı değiştiricileri önemli uygulamalardır.

### **1.2.4.2 Bir tarafta tek fazlı, diğer tarafta çift fazlı akış**

Bu ısı değiştiricilerinin tek taraflarında zorlanmış veya tek fazlı akış varken, diğer tarafta kaynamakta veya yoğuşmakta olan iki fazlı akış vardır. Bunlara ait örnekler, termik santrallerin yoğuşturucuları, soğutma sistemlerinin yoğuşturucusu veya buharlaştırıcısı ile buhar kazanları sayılabilir.

### **1.2.4.3 İki tarafta da çift fazlı akış**

Bir taraflarında buharlaşma ve diğer taraflarında yoğuşma işlemi olan ısı değiştiricileridir. Bunlar hidrokarbonların distilasyonunda, yüksek basınçlı buhar kullanılarak alçak basınçlı buhar elde edilmesi için kullanılır.

### **1.2.4.4 Taşınım ve ışınımla beraber ısı geçişi**

Özellikle bir tarafında yüksek sıcaklıkta gaz olan ısı değiştiricilerinde taşınımla ışınımla ısı geçişi bir arada görülür. Yüksek sıcaklıkta dolgu maddeli rejeneratörler, fosil yakacak yakan ısıtıcılar, buhar kazanları ve bunların kızdırıcıları bu tip ısı değiştiricilerine örnektir.

## **1.2.5 Konstrüksiyon zelliklerine göre sınıflama**

Isı değiştiricileri genellikle konstrüksiyon özelliklerine göre karakterize edilir.

### **1.2.5.1 Borulu ısı değiştiricileri**

Bu tip ısı değiştiricilerinde eliptik, dikdörtgen ve genellikle de dairesel kesitli borular kullanılır. Ayrıca dairesel kesitli boruların, diğer geometrik şekillere göre yüksek basınçlara dayanabilmeleri sebebiyle, bu tip ısı değiştiricileri yüksek basınçlarda rahatlıkla kullanılabilir.

### **1.2.5.2 Levhalı ısı Değiştiricileri**

Levhalı ısı değiştiricilerinde, ısı geçişinin olduğu yüzeyler genelde ince metal levhalardan yapılır. Bu metal düz veya dalgalı biçimde olabilir. Plakalı ısı değiştiricileri olarak da adlandırılır.

### **1.2.5.3 Rejeneratif ısı Değiştiricileri**

Bu ısı değiştiricilerinde ısı önce sıcak akışkan tarafından bir ortamda depo edilir, daha sonra sıcak akışkana verilir. Isı geçişi dolaylıdır. Bunlara bazen rejeneratör adı da verilir. Rejeneratör içinde ısının depolandığı elemanlara ise dolgu maddesi veya matris adı verilir.[Sultan Örenay,2011]

## 2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Türkçemize " Atık Isı Geri Kazanımı " olarak yapılmış olan bu terminoloji aslında literatürde " Waste Heat Recovery - WHR " olarak yaygın olarak kullanılmaktadır.[[www.energyefficiencyasia.org](http://www.energyefficiencyasia.org)] WHR sistemleri; 1970 ' lerde Japonya ' da başlamış ve 1990 ' ların sonlarına doğru devlet teşvikleri sayesinde Çin ' de popüler hale gelmiştir. Başta demir çelik ve çimento sektörü gibi, ısıtmanın söz konusu olduğu proseslerde, genellikle üretilen ısının ancak belli bir bölümü, prosesin gerçekleşmesi için kullanılmaktadır. Kalan bölüm ise, değişik yollarla ve çoğunlukla da baca gazları vasıtası ile atılmaktadır. WHR sistemi ile, atmosfere atılan bu sıcak gazlar kullanılmak suretiyle elektrik enerjisi üretimi, sıcak su üretimi, iklimlendirmede soğutma amaçlı olarak kullanılabilir. Böylece hem doğaya atılan ısı değerlendirilmiş olup ekonomik fayda temin edilmekte hem de çevre duyarlılığı açısından önemli katkı sağlamaktadır. Ülkemizde özellikle çimento sektöründe konu ile ilgili yatırımlar yapılmış olup devreye alınan tesisler vardır.[Edip Alpan, Türkiye çimento birliği]

Konu ile ilgili daha önce yapılan çalışmalar aşağıdadır:

Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi makina mühendisliği öğretim üyesi Doç. Dr. Muhiddin Can, endüstriyel atık akışkanların değerlendirilmesi ve ülke ekonomisine katkısı üzerine çalışmalar yapmıştır. Bu makalede, Bursa bölgesinde kurulu bulunan tekstil, otomotiv ve benzeri diğer sanayi dallarındaki atık akışkanlardan ısı geri kazanımının ekonomikliliği ve bu sektörlerde var olan potansiyeli ortaya çıkararak elde edilebilecek enerji tasarrufu ve faydası incelenmiştir. [[www.engineeringtoolbox.com](http://www.engineeringtoolbox.com)]

Yıldız Teknik üniversitesi makine fakültesi öğretim üyesi Ercüment Özcan, kazan baca gazlarından atık ısı geri kazanımı ile ilgili çalışma yapmıştır. Bu çalışmada sıcak su kazanları bacasından atılan duman gazlarından faydalanarak bir atık ısı geri kazanımı tasarlamıştır.

M. Ali Ersöz, baca gazlarındaki atık ısının, ısı borusu ile geri kazanımının deneysel incelemesini yapmıştır. Bu çalışmada, yüksek ısı iletibilme özelliğine sahip bir ısı transfer cihazı olan ısı borusu yardımı ile baca gazları ile atılan ısının geri kazanılması deneysel olarak incelenmiştir.



Yrd. Doç. Dr. Kemal omaklı ve Meryem Terhan sıcak su üretimi için baca gazı atık enerjisinin kullanımı konusunu ele almıştır. Bu çalışmada, merkezi ısıtma sisteminin kazan bacalarında atılan kayıp enerjinin geri kazanımı ve geri kazanılan bu enerjinin kullanım potansiyelinin araştırılması amaçlanmıştır.

Arş. Gör. Dr. A. Selim Dalkılıç bir fırına ait bacadan ısı değiştirici yardımı ile atık ısı geri kazanımı konusunu ele almıştır. Bu çalışmada, bir fabrikadaki fırına ait yüksek sıcaklıktaki atık baca gazı enerjisinden yararlanmak için örnek bir ısı değiştirici uygulaması yapılmıştır.

Yapılan literatür taramasından da görüldüğü gibi, bugüne kadar yapılan çalışmaların ağırlıklı olarak çimento, tekstil, otomotiv sektörü ile ilgili çalışmaların yeterli olmadığı kanaatine varılmıştır. Bilindiği gibi ülkemiz demir ve çelik sektörü açısından zengin bir potansiyele sahiptir. Demir ve çelik sektöründe tüketilen enerjinin büyüklüğü düşünöldüğünde, atık ısı rezevinin ne kadar fazla miktarda olduğu görülecektir. Bu gerekçe ile çalışmamızın demir ve çelik sektöründe mevcut atık ısının geri kazanımı ve ülke ekonomisine katkısı üzerinde durulması tercih edilmiştir.

### **3.MATERYAL ve YÖNTEM**

#### **3.1 Materyal**

İnceleme çalışmalarında Ekinciler demir ve çelik san. a.ş. 'de kurulu bulunun yürüyen tabanlı tip tav fırını incelenmiştir. Hesaplamalarda mevcut sistemdeki veriler göz önüne alınarak yapılmıştır. Fırın içerisinde ısıtılan kütükler haddelenmek üzere haddehane bölümüne gönderilmektedir. Bu işlem esnasında atık ısı açığa çıkmaktadır. Bu atık ısı fan yardımıyla bacadan atılmaktadır. Bu baca hattı üzerine bir ısı değiştirici montajı yapılarak elde edilebilecek atık ısı kapasitesi incelenmiştir. Ayrıca bir bilgisayar programı yardımıyla hem borulu tip hem de plakalı tip eşanjör hesaplama örnekleme ek – 3 ' de verilmiştir.

##### **3.1.1 Atık ısı geri kazanım yerleri**

Bu bölümde kısaca atık ısı geri kazanımının temel özellikleri anlatılacaktır. Atık ısı endüstriyel tesislerde herhangi bir proses sonucunda oluşan ve yine aynı sistemde kullanılmayan bir enerjidir. Bunun önemli bir faktör olmasının nedeni miktarı değil, verdiği değerdir. Yüksek miktarlarda atık sıcak gaz genellikle fabrikaların bacalarından dışarıya atılır. Eğer bu atık ısıdan kısmi şekilde faydalanılabılırsa bu enerji tasarrufu olarak karşımıza çıkar.

Başta demirçelik sektörü olmak üzere, çimento, tekstil ve cam sanayi gibi, ısıtmanın söz konusu olduğu proseslerde, genellikle üretilen ısının ancak belli bir bölümü, prosesin gerçekleşmesi için kullanılabilir. Kalan bölüm ise, değişik yollarla ve çoğunlukla da baca gazları vasıtasıyla atılmaktadır. Atık ısı geri kazanım sistemi ile atmosfere atılan bu sıcak gazlar kullanılmak suretiyle:

Sıcak su,

Sıcak/soğuk hava,

Elektrik enerjisi üretimi mümkün olmaktadır.

Böylece, hem doğaya atılan ısı kullanılarak ekonomik fayda temin edilmekte hem de çevre duyarlılığı açısından önemli katkı sağlanmaktadır.

Demir ve çelik fabrikalarını ele aldığımızda aşağıdaki proseslerden atık ısı elde edilmesi mümkündür:[Ulusal pinomatik hidrolik kongresi,319]

1. Tav fırını bacası
2. Hava kompresörleri yağ eşanjörleri
3. Hava kompresörleri radyatör soğutma
4. Hava kompresörleri ara soğutucular ( eşanjörler )
5. Kazan bacası
6. Ark ocağı çıkış bacası

Atık ısı geri kazanımı sistemlerinin kullanımının yaratacağı fayda başlıkları şu şekilde sıralanabilir;

- Fosil yakıt kaynaklı enerji tüketiminin azaltılması
- Sektörel enerji yoğunluğunun düşmesine katkı
- Enerji maliyetlerinde azalma ve artan karlılık
- Enerji fiyatlarındaki artış riskinin azaltılması
- Elektrik arz güvenilirliğinin artırılması
- Çevre imajının güçlenmesi
- CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması ve CO<sub>2</sub> ticareti için

Atık ısı sıcaklık derecelerine göre sınıflandırılabilir:

- 650 °C'nin üzerinde yüksek sıcaklıkta atık ısı,
- 120 - 650 °C arası orta sıcaklıkta atık ısı,
- 120 °C'nin altında düşük sıcaklıkta atık ısı olarak kabul edilebilir.

### 3.1.2 Endüstriyel Tav Fırırları

Demir çelik fabrikalarında iki çeşit endsütriyel fırın kullanılmaktadır. Bunlar:

#### 3.1.2.1 Yürüyen Tabanlı Kütük Tav Fırını

ÇELİKHANE'de hazırlanan kütüklerin, haddelenmesi için gerekli sıcaklığa çıkarıldığı fırındır. Fırın içi sıcaklıklar, fırın basıncı, yanma havası ve atık gaz sıcaklıkları, hava ve yakıt miktarları bilgisayar ile veya manuel olarak kontrol edilmektedir. Bu kontroller sayesinde, tavlama esnasında kütük yüzeyinde oluşacak tufal tabakası minimum kalınlıkta oluşmaktadır. Bu sayede malzeme kaybı önlenerek, üretim maliyetlerinde önemli bir avantaj sağlanmakta, tufal sebebi ile hadde prosesi esnasında oluşabilecek yüzey hatalarının önüne geçilmektedir. Burada kütüklerin haddelenme hareketi sahip olduğu taban sayesinde olmaktadır. Bu hareket hidrolik ekipmanları kullanılarak sağlanmaktadır. Aşağıda tipik bir yürüyen tabanlı tav fırını görülmektedir.



Şekil 3.1 Tipik bir yürüyen tabanlı tip tav fırını

### 3.1.2.2 İtmeli Tip Kütük Tav Fırını

Bu tip fırının işlevsel olarak yürüyen tabanlı fırın ile aynı olmasına rağmen, farklılığı kütüklerin haddeleme hareketi hidrolik ekipmanları tarafından değil de fırın girişinde bir itici kol ile yapılmasıdır. Aşağıda tipik bir itmeli tip tav fırını görülmektedir.



Şekil 3.2 Tipik bir itmeli tip tav fırını

Birbirlerine karşı avantajları:

- İtmeli tip fırında, fırın kapasitesi ve büyüklüğü sınırlı olduğu halde yürüyen tabanlı fırında böyle bir sınırlama yoktur.
- İtmeli tip fırında, kütük sadece tek yüzeyden ısıtıldığı halde, yürüyen tabanlı fırında kütüğün üç yüzeyi ısıtıldığı için ısıtma daha homojendir.
- İtmeli fırında kütüğün herhangi bir arızadan dolayı boşaltılması daha zordur.
- İtmeli tip fırında farklı kalitedeki kütükleri ayırmak daha zordur.
- İtmeli tip fırında refrakter aşınması daha fazladır.

- İtmeli tip fırında tufal oluşumu daha fazladır.
- İtmeli tip fırının ilk yatırım maliyeti, daha az hareketli ekipmanı olduğu için işletme ve bakım maliyetleri daha azdır.

### **3.1.2.3 Ekinciler Demir ve Çelik Fabrikasındaki Tav Fırını ve Sıcak Su Kazanlarının İncelenmesi**

Bu tip endüstriyel tesislerde proses gereği sıcak olarak çıkan baca gazları Atmosfere atılırken, önemli miktarda enerji de birlikte atılmaktadır. Bu enerjinin belli bir bölümünü geri kazanmak, işletmenin verimliliğini etkileyecek bir kazanç olarak geri dönecektir.[Sultan Örenay,2011]

Bu fırınlarda yanma sonucu ortaya çıkan egzoz gazları sıcaklığı ısıtılan mamül sıcaklığından daha fazladır. Egzoz gazları fırını terk ederken fırına verilen enerjinin yaklaşık %30-40 'ı bacadan dışarı atılır. Isının geri kazanımı sıcaklığa, miktarına, ısının kazanıldığı ve değerlendirildiği yere göre çok geniş uygulama olanakları sağlar. Fırında yakma havasının verimli bir şekilde kullanılması için ön ısıtma yapılmaktadır ve bu sistemlere reküperatör denilmektedir. Reküperatörler, endüstriyel tesislerdeki fırınların bacalarından atılan ve yüksek enerji ihtiva eden gazların enerjisinin geri kazanılması için basit ve efektif kullanım imkanı sağlayan araçlardır. Bu yakıcılarda yakıcı bünyesine entegre eşanjör, baca gazından aldığı sıcaklıkla yanma havasını ısıtır.

## **3.2 Yöntem**

Mevcut baca üzerinden atılan atık ısı geri kazanım hesapları yapılmıştır. Bu incelemede demir ve çelik sektöründe tav fırınlarında oluşan yüksek sıcaklıktaki atık gazlar 650°C'de bacaya gönderilerek, atmosfere atılmaktadır. Bu yüksek sıcaklıktaki gazların taşıdıkları enerji ısı değiştiricileri vasıtasıyla geri kazanılabilmektedir.

### **3.2.1 Mevcut sistemin kapasiteye göre incelenmesi**

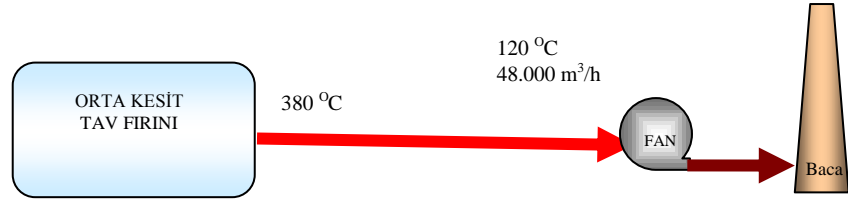
Burada fırın performansından elde edilebilecek atık ısı enerjisinin miktarı üzerinde durulmuştur. Atık gazların ısı kapasitesi göz önünde bulundurulduğunda, konu hakkında yapılacak yatırımların faydası daha detaylı görülecektir. Ayrıca bunun

bir de çevresel boyuta etkisi gözardı edilmemelidir. Bu fırınlarda yanma sonucu ortaya çıkan egzoz gazları sıcaklığı ısıtılan mamül sıcaklığından daha fazladır. Egzoz gazları fırını terk ederken fırına verilen enerjinin yaklaşık %30-40 'ı bacadan dışarı atılır. Isının geri kazanımı sıcaklığa, miktarına, ısının kazanıldığı ve değerlendirildiği yere göre çok geniş uygulama olanakları sağlar. Fırında yakma havasının verimli bir şekilde kullanılması için ön ısıtma yapılmaktadır ve bu sistemlere reküperatör denilmektedir.

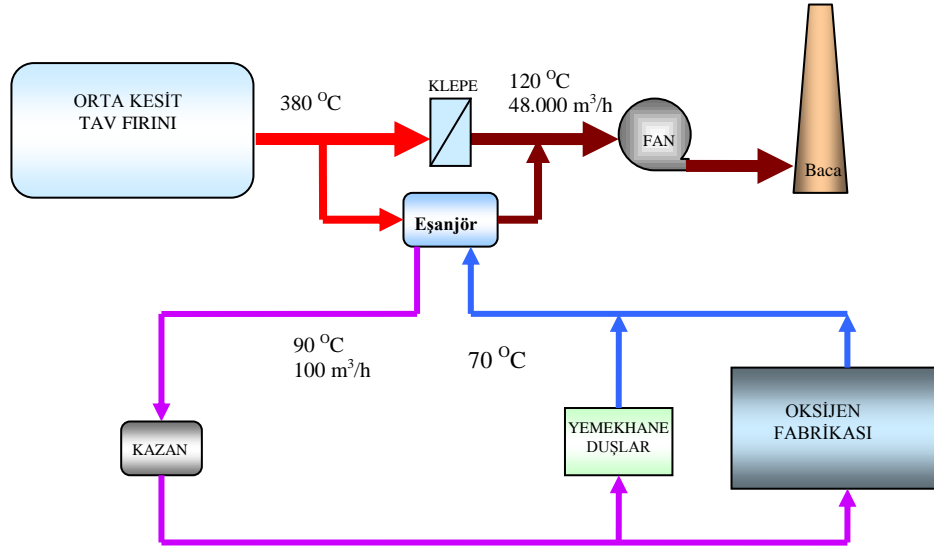
### **3.2.2 Tav fırını bacasından atılan gazın ısı kapasitesinin belirlenmesi**

Fırın içerisindeki yanma ve ısınma sonucu, fırın atmosferinde bulunan sıcak atık gaz soğuk bölgeye doğru akış halindedir (Tavlama bölgesinden reküperatif bölgeye doğru). 650 - 850 °C civarındaki sıcak atık gaz soğuk şarj röleleri altında bulunan davlumbaz odasında toplanarak reküperatörden (Sıcak olan atık gazın, ısısından faydalanmak amacıyla) geçirilir ve buradan da egzoz fan tarafından çekilerek bacadan atmosfere atılır. Yakma havası fanında üflenmiş hava, reküperatör içerisinde bulunan borulardan geçirilirken, sıcak atık gazın buradan geçişi esnasında ısınır ve yaklaşık 550 °C'ye ulaşarak buradan brülörlere dağıtılır. Reküperatöre girerken 650 - 850 °C sıcaklığında olan atık gaz reküperatör çıkışında 250 - 380 °C arasındaki sıcaklığa düşer ve buradan da 48.000 m<sup>3</sup>/saat kapasiteye sahip egzoz fanı yardımıyla çekilerek bacadan atmosfere atılır. Aşağıdaki resimde mevcut fırınımızın şekli ve akış şeması ile yapılması düşünülen revizyon görülmektedir.

Kapasiteyi belirlerken hesaplamada atık gazın sıcaklığının minimum ve maksimum halleri göz önünde bulundurulmuştur. Üretim yapılırken elde edilen maksimum sıcaklık sabittir. Yani normal fabrika çalışırken bu sıcaklık sabittir. Diğer aralıktaki sıcaklıklar fabrika duruşunda elde edilmektedir. Bu da 4-5 yılda bir olan bir durumdur. Diğer zamanlarda sürekli yüksek değerdeki sıcaklık elde edildiğinden sürekli aynı ısı gücü elde edecek şekilde düşünülmelidir. Atık gazın eşanjör çıkış sıcaklığı sabit alınarak hesaplama yapılmıştır.



Şekil 3.3 Mevcut atık gaz hattı



Şekil 3.4 Mevcut hattın revize edilmiş hali.

Montaj aşamasında ısı eşanjöründen elde edilen 90 °C 'lık sıcak su için kazan girişinde bir by-pass devresi ile ana hatta bağlanacaktır.

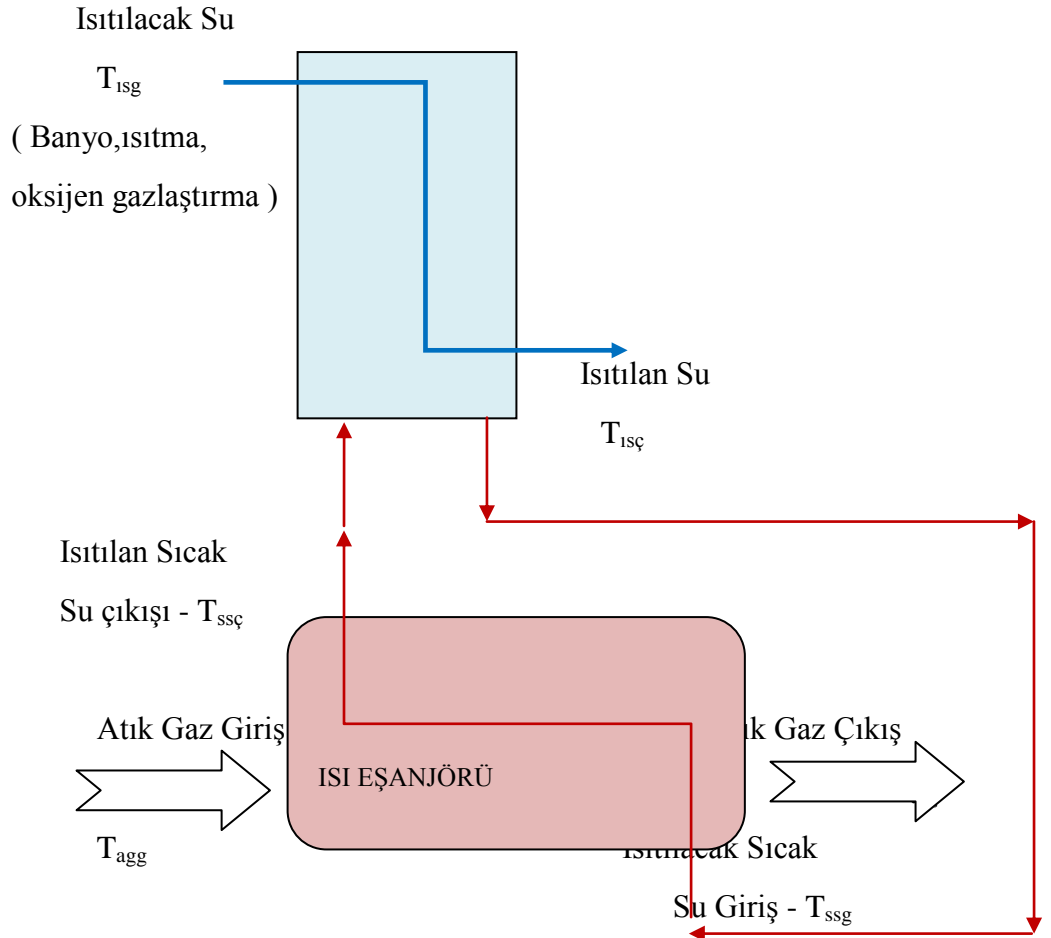
Bu çalışmada atık gaz sıcaklığından faydalanılarak sıcak su elde edilmesi planlanmaktadır. Elde edilen bu sıcak su fabrikada banyo ve kullanma hatlarında kullanılması planlanmaktadır.



Projede kullanılan veriler:

Atık hacimsel gaz debisi ( $V_{gaz}$ )	: 48.000 m <sup>3</sup> /h
Atık gazın ısı eşanjörüne giriş sıcaklığı ( $T_{agg}$ )	: 380 °C ( max. ) 250 °C ( min. )
Atık gazın ısı eşanjöründen çıkış sıcaklığı ( $T_{agç}$ )	: 120 °C ( sabit )
Sirkülasyon hacimsel su debisi ( $\dot{m}_{su}$ )	: 100 m <sup>3</sup> /h
Sirkülasyon suyunun eşanjöre giriş sıcaklığı ( $T_{ssg}$ )	: 70 °C
Sirkülasyon suyunun eşanjörden çıkış sıcaklığı ( $T_{ssç}$ )	: 90 °C

Projede atık gazın maksimum ve minimum sıcaklığına göre hesaplama yapılmıştır. Atık gazın eşanjörden ( ekonomizer ) çıkış sıcaklığı sabit kabul edilmiştir. Aşağıdaki resimde bu sıcak suyun kullanılması ile ilgili genel bir akış şeması gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Banyo ve kullanma suyu ısıtma akış diyagramı

Atık ısıdan elde edilebilecek ısı güç hesaplamasında minimum ve maksimum atık gaz sıcaklığı göz önünde bulundurulacaktır. Hesaplama yakıt olarak doğalgaz kullanılan sistemlerdeki atık gazın kimyasal özellikleri kullanılmıştır.

Bu bağlamda:

1 – Maksimum atık gaz sıcaklığına göre atık ısıdan elde edilebilecek ısı güç ve bu ısı güçle elde edilebilecek sıcak su miktarı hesaplaması:

$T_{agg}$ : Atık gaz giriş sıcaklığı

380 °C atık gazın (  $T_{agg}$  ) entalpi ve yoğunluk değerleri:

$\rho_1$ : 0.5224818 kg/m<sup>3</sup>

$h_1$ : 102.9216 kCal/kg

$T_{agç}$ : Atık gaz çıkış sıcaklığı

120 °C atık gazın (  $T_{agç}$  ) entalpi ve yoğunluk değerleri:

(Atık gazın 120 °C ye soğutulacağı varsayılıyor ve sabit değer olarak alınmıştır.)

$\rho_2$ : 0.8680122 kg/m<sup>3</sup>

$h_2$ : 31.51449 kCal/kg

Bu değerlere göre atık gaz debisi:

$$\dot{m} = \frac{\dot{m}}{V_{gaz}} \Rightarrow \dot{m} = \rho_1 \times V_{gaz} = 0.5224818 \times 48.000 \quad (3.1)$$

$\dot{m} = 25079.12$  kg/h ( atık gazın hacimsel debisi )

$$\Delta h = h_1 - h_2 = 102.9216 - 31.51449 = 71.40711 \quad (3.2)$$

$Q_{\text{gazmax}}$ : Maksimum sıcaklık için elde edilebilecek ısı güç:

$$Q_{\text{gazmax}} = \dot{m} \times \Delta h = 25079.12 \times 71.40711 \quad (3.3)$$

$$Q_{\text{gazmax}} = 1.790.828 \text{ kCal/h}$$

$m_{\text{max}}$ : Bu maksimum sıcaklıkta elde edilebilecek sıcak su debisi:

$$Q_{\text{gazmax}} = m_{\text{max}} \times C \times \Delta T \quad (3.4)$$

$$m_{\text{max}} = \frac{Q_{\text{gazmax}}}{C \times (T_{\text{ssç}} - T_{\text{ssg}})}$$

$$m_{\text{max}} = \frac{1.790.828}{1000 \times (90 - 70)} = 89,54 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$m_{\text{max}} = 90 \text{ m}^3/\text{h}$$

2 – Minimum atık gaz sıcaklığına göre atık ısıdan elde edilebilecek ısı güç ve bu ısı güçle elde edilebilecek sıcak su miktarı hesaplaması:

250 °C atık gazın ( $T_{\text{agg}}$ ) entalpi ve yoğunluk değerleri:

$$g_3: 0.6424818 \text{ kg/m}^3$$

$$h_3: 64.9216 \text{ kCal/kg}$$

120 °C atık gazın (  $T_{agç}$  ) entalpi ve yoğunluk değerleri:  
 ( Atık gazın 120 °C ye soğutulacağı varsayılıyor )

$$q_2: 0.8680122 \text{ kg/m}^3$$

$$h_2: 31.51449 \text{ kCal/kg}$$

Bu değerlere göre atık gaz debisi:

$$q_3 = \frac{\dot{m}}{V_{gaz}} \Rightarrow \dot{m} = V_{gaz} \times q_3 = 48.000 \times 0.6424818 \quad (3.5)$$

$$\dot{m} = 30839.17 \text{ kg/h ( atık gazın hacimsel debisi )}$$

$$\Delta h = h_3 - h_2 = 64.9216 - 31.51449 = 33.47767 \quad (3.6)$$

Mevcut ısı:

$Q_{gazmin.}$ : Minimum sıcaklıkta elde edilecek ısı

$$Q_{gazmin.} = \dot{m} \times \Delta h = 33.47767 \times 30839,17 \quad (3.7)$$

$$Q_{gazmin} = 1.032.422 \text{ kCal/h}$$

$m_{min}$ : Bu minimum sıcaklıkta elde edilebilecek sıcak su debisi:

$$Q_{gazmin} = m_{min} \times C \times \Delta T \quad (3.8)$$

$$m_{min} = \frac{Q_{gazmin}}{C \times (T_{ssç} - T_{ssg})}$$

$$1.032.422$$

$$m_{\min} = \frac{1.032.422}{1000 \times (90 - 70)} = 51,62 \text{ m}^3/\text{h}$$

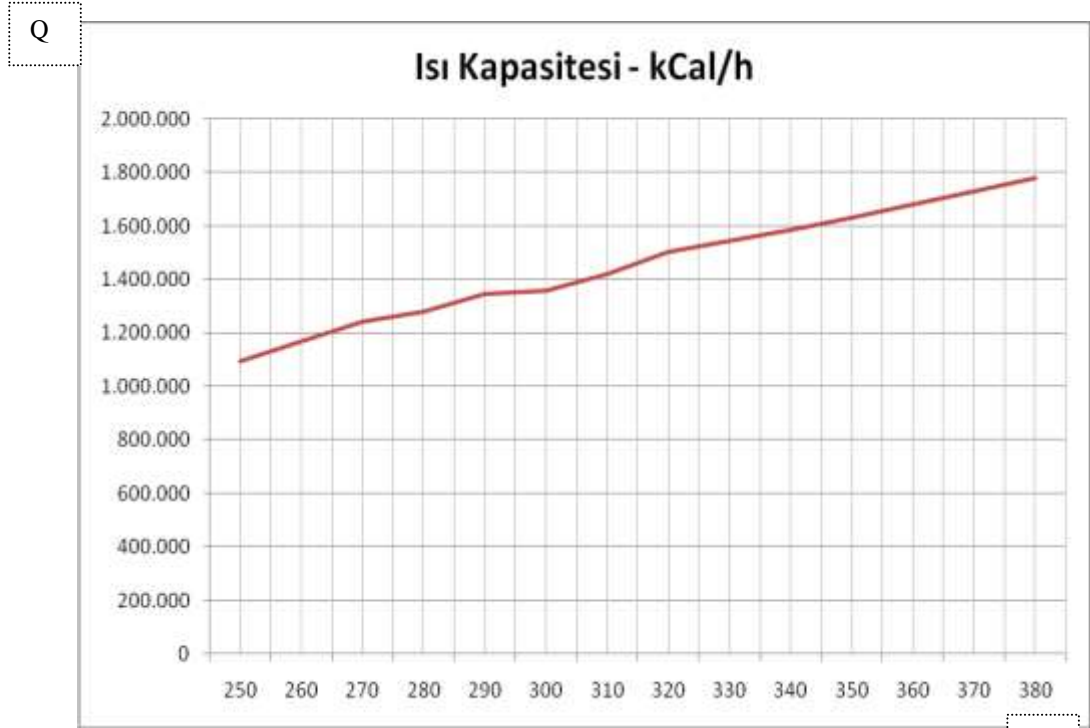
$$m_{\min} = 52 \text{ m}^3/\text{h}$$

Maksimum ve minimum atık gaz sıcaklıklarının arasında bulunan değerler hesaplanmış ve aşağıdaki tablo ve grafikler elde edilmiştir. Burada doğalgaz yakıtlı tav fırınlarından atılan atık gazın kimyasal değerleri alınmış ve hesaplamalarda kullanılmıştır. Tav fırını baca çıkışında atık gaz ısı 250 °C ' ye kadar düşebilmektedir.[www.engineeringtollbox.com]

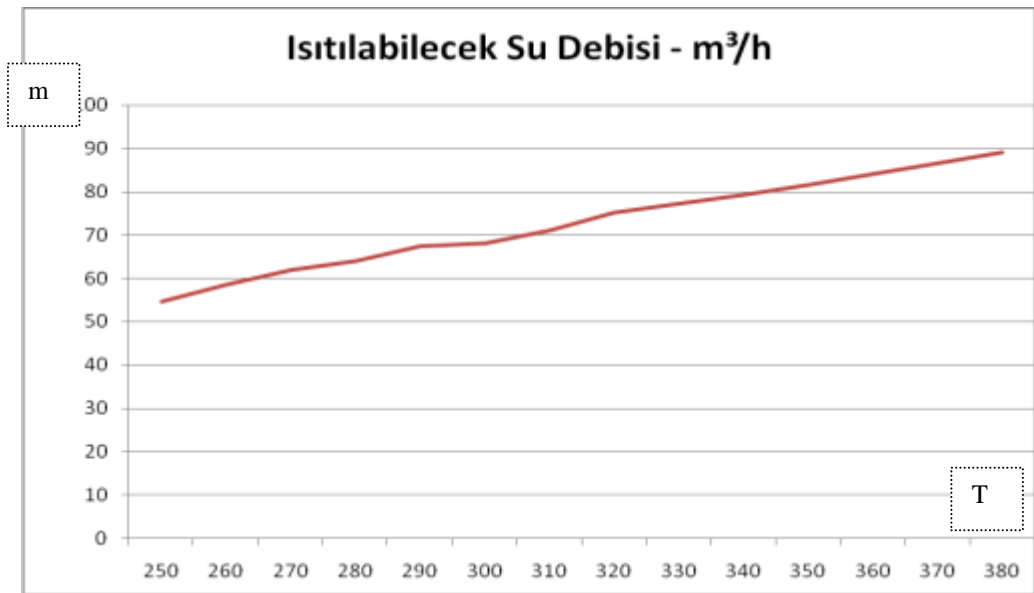
Çizelge3.1 Sıcaklığa Göre Isıl Hesap

Atık Gaz Sıcaklığı - T	Entalpi - h	Yoğunluk - q	Atık Gaz Debisi - m <sup>3</sup> /h	Atık Gaz Kütleli	Δh	Isı Kazancı kCal/h	Isıtılabilecek Su Miktarı - m <sup>3</sup> /h
120	32						
250	67	0,65	48.000	31.200	35,00	1.092.000	55
260	70	0,64	48.000	30.720	38,00	1.167.360	58
270	73	0,63	48.000	30.240	41,00	1.239.840	62
280	75	0,62	48.000	29.760	43,00	1.279.680	64
290	78	0,61	48.000	29.280	46,00	1.346.880	67
300	80	0,59	48.000	28.320	48,00	1.359.360	68
310	83	0,58	48.000	27.840	51,00	1.419.840	71
320	86	0,58	48.000	27.840	54,00	1.503.360	75
330	89	0,57	48.000	27.158	56,81	1.542.754	77
340	92	0,55	48.000	26.400	60,00	1.584.000	79
350	94	0,55	48.000	26.286	62,00	1.629.763	81
360	97	0,54	48.000	25.871	65,00	1.681.636	84
370	100	0,53	48.000	25.469	68,00	1.731.897	87
380	103	0,52	48.000	25.079	71,00	1.780.618	89

Minimum ve maksimum sıcaklığa göre (çıkış sıcaklığı sabit olması kaydıyla) ısıtılabilir ve elde edilebilir ısıl gücün grafiksel gösterimi aşağıdaki gibidir:



Şekil 3.6 Atık gaz sıcaklığına bağlı olarak ısı kapasitesi değişimi.



Şekil 3.7 Atık gaz sıcaklığına bağlı olarak ısıtılabilir su debisi miktarı.

### 3.2.3. Mevcut sıcak su kazanlarının irdelenmesi

Ekinciler demir ve çelik san. a.ş. 'de bazı uygulamalar için sıcak su ihtiyacı vardır. Bunlar:

- 1 - Banyoların ihtiyacı olan sıcak su
- 2 - İklimlendirme
- 3 - Sıvı oksijenin gazlaştırılması

Sıcak su elde etmek için aşağıdaki resimde gösterilen sıcak su kazanı kullanılmaktadır. Kazanın çalışma mantığı; doğalgazın yakıt olarak kullanılması ile kazan içerisinde sıcak bölge oluşturulmaktadır. Oluşturulan bu sıcak bölgede bulunan borular vasıtasıyla ( içerisinde ortam sıcaklığına sahip su bulunmaktadır ) su istenen sıcaklığa getirilip kullanıma hazır hale gelmektedir.[Tesisat dergisi, 2016]

Kullanılan sıcak su kazanı özellikleri aşağıdaki gibidir:

Kapasite	: 1.800.000 kCal/h
Çalışma basıncı	: 3 barg
Test basıncı	: 5 barg
Su giriş sıcaklığı	: 70 °C
Su çıkış sıcaklığı	: 90 °C
İmal yılı	: 2011



Şekil 3.8 Mevcut sıcak su kazanı

Mevcut sıcak su kazanından elde edilebilecek ısıtılmış su miktarı (  $m_{\text{mevcut}}$  ) aşağıda hesaplanmıştır:

$$Q_{\text{mevcut}} = m_{\text{mevcut}} \times C \times \Delta T \quad (3.9)$$

$$m_{\text{mevcut}} = \frac{Q_{\text{mevcut}}}{C \times \Delta T}$$

$$m_{\text{mevcut}} = \frac{1.800.000}{1000 \times (90 - 70)}$$

$$m_{\text{mevcut}} = 90 \text{ m}^3/\text{h}$$



### 3.2.4 Isıl ihtiyacın elde edilebilecek ısı geri kazanımı ile karşılaştırılması

Yukarıdaki hesaplamalardan da görüleceği gibi atık gazın maksimum ve minimum ısı değerlerinde fabrikamızın sıcak su ihtiyacı karşılanabilmektedir. Şu anki su debimiz 100 m<sup>3</sup>/h olduğundan her iki sıcaklıkta uygun görülmektedir. Personel sayımız yaklaşık 100 kişi / vardiya olarak düşünüldüğünde ve kişi başına su tüketimi 100 lt/kişi olarak hesaplanırsa vardiyadaki su ihtiyacımız:

$$Q \text{ ihtiyaç} = 100 \times 300 = 30.000 \text{ litre / vardiya.} \quad (3.10)$$

Vardiyada çalışanların sıcak suyu ( banyo zamanı olarak ) bir saat kullandıkları düşünülürse, bu da 30 m<sup>3</sup>/h ' e denk gelmektedir. Banyoda kullanılan su miktarı ve personel sayısı göz önünde bulundurulduğunda su ihtiyacı fazlasıyla karşılanabilmektedir. Geriye kalan sıcak su miktarı mutfak, kullanma, sıvı oksijen gazlaştırılmasında ve ısıtma sistemlerinde kullanılmaktadır.

### 3.2.5 Ekinciler demir ve çelik san. a.ş. fabrikasında kullanılan ısı değiştiriciler

#### 3.2.5.1 Direkt temaslı ısı değiştirici



Şekil 3.9 Direkt temaslı ısı değiştirici

Proses içerisindeki tezgahları soğutmada kullanılan suyun ortam havası ile soğutulması çalışma prensibine göre çalışır. Prosesten dönüş suyu sıcaklığı 45 °C, soğutulduktan sonra su 35 °C olarak işletmeye gönderilmektedir. Proseste 3.000 m<sup>3</sup>/h su kullanıldığı ve 10 °C su soğutulduğundan bu sistemin soğutma kapasitesi:

$$Q = m \times C \times (T_2 - T_1) = 3.000 \times 1.000 \times (45 - 35) \quad (3.11)$$

$$Q = 30.000.000 \text{ kCal/h}$$

### 3.2.5.2 İndirekt temaslı ısı değiştirici



Şekil 3.10 İndirekt temaslı ısı değiştirici ( plakalı ısı değiştirici )

Proses içerisindeki kalıpları soğutmada kullanılan suyun ortam havası ile soğutulması çalışma prensibine göre çalışır. Prosesten dönüş suyu sıcaklığı 40 °C, soğutulduktan sonra su 30 °C olarak işletmeye gönderilmektedir. Proseste 800 m<sup>3</sup>/h su kullanıldığı ve 10 °C su soğutulduğundan bu sistemin soğutma kapasitesi:

$$Q = m \times C \times (T_2 - T_1)$$

$$Q = 800 \times 1.000 \times (40 - 30)$$

$$Q = 8.000.000 \text{ kCal/h}$$



Şekil 3.11 İndirekt temaslı ısı değiştirici ( havalı ısı değiştirici )



Şekil 3.12 İndirekt temaslı ısı değiştirici ( borulu ısı değiştirici )

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Minimum ve maksimum gaz sıcaklığına göre özet tablosu aşağıdaki gibidir:

Çizelge 4.1 Özet tablosu

Atık Gaz Sıcaklığı Giriş $T_{agg}$ - °C	Atık Gaz Sıcaklığı Çıkış - $T_{agç}$ - °C	Elde Edilebilecek Isıl Kapasite – kCal/h	Isıtılabilecek su miktarı – m <sup>3</sup> /h
380	120	1.790.828	90
250	120	1.032.422	52

Kütükleri ısıtmada kullanılan tav fırınından elde edilebilecek sıcaklık sürekli olarak 380 °C ‘ dir. Yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi bu atıkısından elde edilebilecek ısıl güç şu anda devrede olan sıcak su kazanlarının kapasitesi ile aynıdır. Bu bağlamda mevcut sıcak su kazanlarından kullanma suları için elde edilen sıcak su ( 30 m<sup>3</sup> ‘ ü ) ve kalan 70 m<sup>3</sup> ‘ lük su oksijen fabrikalarındaki çelikhanenin ihtiyacı olan gaz oksijenin karşılanması amacı ile sıcak su kazanlarını iptal ederek veya yedeğe alarak mevcut atık ısıdan faydalanarak enerji tasarrufu yapabiliriz.

Mevcut sıcak su kazanlarının 50 m<sup>3</sup>/h doğalgaz tükettikleri göz önünde bulundurulursa yıllık doğalgaz maliyeti aşağıdaki gibidir:

Kazanın günde 16 saat ve yılda 365 gün çalıştığı varsayılmıştır:

Doğalgaz birim fiyatı : 0,72 TL/m<sup>3</sup> [www.botas.gov.tr,2016]

$$\text{Doğalgaz Maliyeti} = 50 \text{ m}^3/\text{h} \times 16 \text{ h} \times 365 \text{ gün} \times 0,72 \text{ TL}/\text{m}^3 \quad (4.1)$$

$$\text{Doğalgaz maliyeti} = 210.240 \text{ TL}/\text{yıl}$$

Yapılan hesaplamalardan görüldüğü gibi, Ekinciler demir ve çelik san. a.ş. ‘ de yıllık olarak 210.210 TL/yıl su ısıtma ihtiyacı için kullanıldığına ve ülkemizde yaklaşık olarak bu tip üretim yapan tesis sayısı 30 ( Bölüm 1.1.2 ) olarak hesaplanırsa 6.306.300 TL/yıl enerji tasarrufunun işletme giderlerinin azaltılması yönünde dikkate değer olduğu görülecektir. Bu yatırımların tesislerin kurulum aşamasında yapılması tavsiye edilebilir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde atıkların çevreye verdikleri zarar büyük boyutlara ulaşmıştır. Dünya bu konuda yeterli duyarlılığı geç de olsa farketmiştir. Ülkemiz açısından da pek parlak değildir. Bu zararları en aza indirmek için gerekli önlemlerin tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de hızlı bir şekilde alınması gerekmektedir. Yapılan bu çalışma bundan dolayı önemlidir. Ülkemizde özellikle enerji tüketimi yüksek olan prosesler kullanılmaktadır. Enerji tasarrufu kar demektir. Enerjiyi sorumsuzca ve bilinçsizce kullanmak milli ekonomimiz ve çevremiz için büyük bir kayıptır. Ekonomimizin gelişmesi ve hayat standardımızın yükseltilmesi için enerji üretiyor ve kullanıyoruz. Türkiye enerji kaynakları açısından ( doğalgaz, petrol, kömür vb. ) zengin bir ülke değildir. İsrif edilen her kalori, enerji israfı manasına gelmektedir.

Ülkemiz demir çelik üretimi açısından önemli bir ülkedir. Bu fabrikalardan atılan atık ısının sürekli olacağı düşünüldüğünde, atık ısılardan faydalanmanın ülke ekonomisine katkısının büyüklüğü tartışılmazdır.

Çalışmamızın dördüncü bölümünde ele alındığı gibi, nominal bir yatırımla ve kurulum aşamasında konu üzerinde hassasiyetle durularak oldukça büyük bir enerji sağlanabileceği ortaya konulmaya çalışılmıştır. Sağlanan bu tasarruf sayesinde bir yandan ihracatta yaşanan rekabet şartları için önemli bir avantaj sağlanacak, bir yandan da ülkemize dövizle giren enerji kaynaklarının azalması ile döviz tasarrufu sağlanmış olacaktır. Sağlanan enerji tasarrufunun ülke ekonomisine katkısı ve işletme giderlerini azaltması açısından önemli olduğu görülmektedir. Ancak bu tip yatırımların hazır kurulu sistemlere monte edilmesi yerleşim ve zaman açısından sıkıntılı olacağından, ilk yatırım aşamasında dikkate alınması tavsiye edilir.

Yapılan hesaplamalar sadece demir ve çelik sektöründe tesis ihtiyacı olan sıcak suyun tesiste mevcut atık ısıdan elde edilmesi halinde yaklaşık 6.300.000 TL/yıl maddi kazanç sağlandığını göstermektedir. Bunun işletme giderleri açısından dikkate alınabilir bir değer olduğu ortadadır. Bu yatırımın da kuruluş aşamasında yapılması tavsiye edilir.

## KAYNAKLAR

- [1] – Tesisat dergisi, sayı 242, Şubat 2016
- [2] – Türkiye Demir ve Demir Dışı Metaller Meclisi Sektör Raporu, TOBB, 2014
- [3] – Isı değiştiricilerin bilgisayar yardımı ile optimizasyonu, Murat Durmaz, Yüksek lisans tezi, İTÜ, Haziran 2007
- [4] – Thermal Energy Equipment: Waste Heat Recovery ( Energy Efficiency Guide for Industry in Asia – [www.energyefficiencyasia.org](http://www.energyefficiencyasia.org) ©UNEP 1 9 )
- [5] – Hava kompresörlerinde enerji geri kazanım sistemleri, III. ULUSAL HIDROLİK PNÖMATİK KONGRESİ VE SERGİSİ, 319
- [6] – [www.ekinciler.com](http://www.ekinciler.com) internet sitesi
- [7] – <http://www.metalurjik.net/tag/haddeleme-nedir>
- [8] – Sanayi fırınlarında merkezi reküperatör, reküperatif ve rejeneratif yakıcılar; III. Enerji verimliliği kongresi, 01.04.2011, Sultan ÖRENAY
- [9] – Çimento sektöründe atık ısı geri kazanımı sistemleri kullanımı,M. Edip ALPAN, Türkiye Çimento Mustahsilleri Birliği
- [10] – Endüstriyel atık akışkanların değerlendirilmesi ve ülke ekonomisine katkısı, 1995, sayı 17, Doç. Dr. Muhiddi CAN
- [11] – [http://www.engineeringtoolbox.com/water-thermal-properties-d\\_162.html](http://www.engineeringtoolbox.com/water-thermal-properties-d_162.html)
- [12] – Doğalgaz fiyatı  
<http://www.botas.gov.tr/index/tur/faaliyetler/dogalgaz/tarifeDagSirV5.asp>

## ÖZGEÇMİŞ

1973 yılında Hatay ' ın İskenderun ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İskenderun ' da tamamladı. 1990 yılında Çukurova Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde lisans programına başladı. 1996 yılında mezun oldu. 2014 yılı güz döneminde İskenderun Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. Çeşitli sektörlerde çalıştıktan sonra 2005 yılı Ağustos ayında İskenderun ' da kurulu bulunan Ekinciler Demir ve Çelik A.Ş. firmasında çalışmaya başladı. Halen aynı şirkette çalışma hayatını sürdürmektedir.



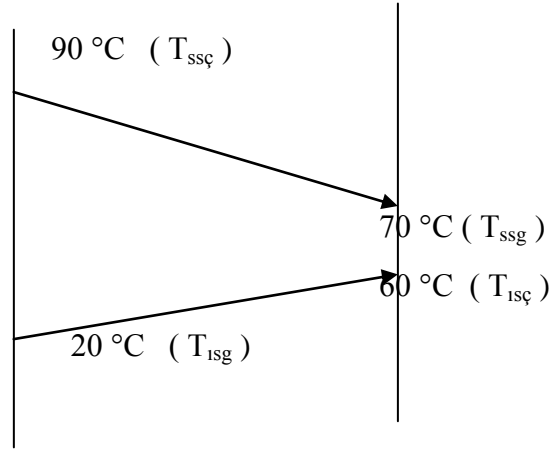
## EKLER

1 - <http://www.increase-performance.com/calc-flue-gas-prop.html> internet sitesinden alınan atık gaz değerleri:

Sıcaklık (°C)	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Özgül Entalpi (kcal/kg)
250	0,65	67
260	0,64	70
270	0,63	73
280	0,62	75
290	0,61	78
300	0,59	80
310	0,58	83
320	0,58	86
330	0,57	89
340	0,55	92
350	0,55	94
360	0,54	97
370	0,53	100
380	0,52	103

## 2 – Örnek borulu tip eşanjör hesabı

Elde edilen veriler ışığında 90 °C ‘deki proses atık suyu ile 20 °C ‘deki su 60 °C ‘ye ısıtılmak istendiğinde gerekli olacak eşanjör dizayn hesaplaması aşağıdaki gibidir.



Şekil EK.1 Tipik bir paralel akış sıcaklık diyagramı

### Paralel Akış Hesaplaması

$$\Delta T_{\log} = (T_{ssg} - (T_{ssg} - T_{isç})) / (\ln T_{ssg} / (T_{ssg} - T_{isç}))$$

$$\Delta T_{\log} = (70 - 10) / (\ln 70/10)$$

$$\Delta T_{\log} = 30,83 \text{ °C}$$

$T_{ss}$ : Isıtılan su sıcaklık ortalaması:

$$T_{ss} = (T_{ssç} + T_{ssg}) / 2$$

$$T_{ss} = (90 + 70) / 2$$

$$T_{ss} = 80 \text{ °C}$$

80 °C 'deki suyun değerleri:

$$\rho: 992,2 \text{ kg/m}^3$$

$$C_{ph}: 0,9980 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$k: 0,540 \text{ kcal/m.h.}^\circ\text{C}$$

$$\mu: 0,653 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}$$

$$Pr: 4,35$$

$T_{ks}$ : Kullanma suyu sıcaklığı ortalaması:

$$T_{ks} = ( T_{is\check{c}} + T_{isg} ) / 2$$

$$T_{ks} = ( 60 + 20 ) / 2$$

$$T_{ks} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

40 °C 'deki suyun değerleri:

$$\rho: 971,8 \text{ kg/m}^3$$

$$C_{ps}: 1,0023 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$k: 0,575 \text{ kcal/m.h.}^\circ\text{C}$$

$$\mu: 0,355 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}$$

$$Pr: 2,23$$

Sıcak su dışarıdan, 30 ton soğuk su i borulardan eř yönde ve 1 1/2 " (0,04089 mt) elik borulardan akmaktadır. Buna göre:

$$Q = M_{ss} \cdot C_{ps} \cdot \Delta T_{ks} = M_{sic} \cdot C_{ph} \cdot \Delta T_{ss} = 30000 \cdot 0,998 \cdot 40 = M_{sic} \cdot 1,0023 \cdot 20$$

$M_{sic}$ : Sıcak su debisi

$$M_{sic} = 59746,6 \text{ kg/h}$$

$$Q = M_{sic} \cdot C_{psu} \cdot (T_{agg} - T_{agç}) = 59746,6 \cdot 1000 \cdot (90 - 70)$$

$$Q = 1197600 \text{ kcal/h}$$

$$\text{Soğuk su debisi ( } M_{ss} \text{ ) : 8,33 kg/sn}$$

$$\text{Soğuk su hızı ( } V_s \text{ ) : 0,5 m/sn ( kabul )}$$

$$n = \frac{M_{ss}}{d^2} = \frac{8,33}{0,04089^2} = 12 \text{ Boru}$$

$$\pi \frac{V_s \cdot q}{4} = 3,14 \frac{0,5 \cdot 992,2}{4}$$

$$\alpha_{iç} \text{ hesabı : } Re = V_s \cdot d_{iç} \cdot q / \mu$$

$$Re: 0,5 \cdot 0,04089 \cdot 992,2 / 0,653 \cdot 10^{-3} = 31068,17 \text{ ( Türbulans )}$$

$$Nu: 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} = 0,023 \cdot 31068,17^{0,8} \cdot 4,35^{0,4} = 162,546$$

$$A = k \cdot Nu / d_{iç} = 0,540 \cdot 162,146 / 0,04089 = 2146,4 \text{ kcal/m}^2 \text{ h.}^\circ\text{C}$$

$a_{dış}$  hesabı :

$$D_{ayna} = 1,36(n \cdot d_{dış}^2)^{1/2} = 1,36(12 \cdot 0,04826^2)^{1/2} = 0,2273 \text{ mt}$$

Kesit Alanı ( KA ):

$$KA = \pi(D_{ayna}^2 - n \cdot d_{dış}^2) / 4 = 0,018649 \text{ m}^2$$

Islak Çevre ( İÇ ):

$$İÇ = \pi(D_{ayna} + n \cdot d_{dış}) = 2,533636 \text{ mt}$$

Hidrolik Yarıçap (  $d_h$  )

$$d_h = 4.KA/İÇ = 0,0294 \text{ mt}$$

$$M_{sic} = KA.q.v_s$$

$$v_s = 59742,6/3600/0,018649.971,8 = 0,9156 \text{ m/sn}$$

$$Re = q.v_s .d_h/ \mu = 73802,13 \text{ ( türbulans )}$$

$$Nu = 0,023.Re^{0,8} Pr^{0,4} = 248,6$$

$$\alpha_{dış} = k.Nu/d_h = 0,575.248,6/0,0294 = 4855,085 \text{ kcal/m}^2 \text{ h.}^\circ\text{C}$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{a_{iç}} + \frac{1}{ksu} + \frac{1}{a_{dış}} = \frac{1}{2146,4} + \frac{0,003683}{40} + \frac{1}{4855,085}$$

$$K = 1309,001 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$$

$$A = Q/K.\Delta T_{log}$$

$$A = 1197600/1309,001.30,83$$

$$A = 29,67 \text{ m}^2$$

$$L = A/\pi d_{dış} .n = 29,67/3,14.0,04826.12$$

$$L = 16,308 \text{ mt}$$

Su geçiş sayısı (  $n_g$  ) 6 kabul edilirse:

$$L = \frac{A}{n_{\text{boru}} \cdot \pi \cdot d_d \cdot n_g} = \frac{29,67}{12 \cdot 3,14 \cdot 0,04826 \cdot 6} = 2,718 \text{ m}$$

$$D_{\text{ayna}} = 1,36(n \cdot d_{\text{dış}}^2 \cdot n_g)^{1/2} = 1,36(12 \cdot 0,04826^2 \cdot 6)^{1/2} = 0,557 \text{ m}$$

$$L/D = 2,718/0,557 = 4,88 \text{ ( uygun )}$$


Sonuç:

Eşanjör uzunluğu : 2,71 mt


Ayna çapı : 0,557 mt

Geçiş sayısı : 6

### 3 – Borulu tip eşanjör için örnek hesaplama

	Customer	TMS ENDÜSTRİYEL
	Attention	ÖZGÜR BEY
	Project Nbr.	-
	Date	08.12.2016
	Description	<b>RSS 320/2000</b>
<b>Exchanger properties</b>		
Capacity	2354.77	kW
Exchanging surface	21.80	m <sup>2</sup>
Global heat transfert coefficient	0	W/(m <sup>2</sup> K)
F Factor / Oversizing Factor	0.9300 / 23.5477	
<b>TUBE SIDE</b>		
Fluid	WATER	
Fluid Flow	59.90	m <sup>3</sup> /h
Inlet / Outlet temperature	20.00 / 53.84	°C / °C
Pressure drop	30.21	kPa
Partial heat transfert coefficient	6796	W/(m <sup>2</sup> K)
Fouling Factor	0.000043	(m <sup>2</sup> K)/W
Thermophysical properties at the average temperature	20.72	°C
Density	998.06	kg/m <sup>3</sup>
Specific Heat	4184	J/(kg K)
Thermal Conductivity	0.600	W/(m K)
Viscosity	0.0010	kg/(m s)
<b>SHELL SIDE</b>		
Fluid	WATER	
Fluid Flow	97.49	m <sup>3</sup> /h
Inlet / Outlet temperature	90.00 / 69.11	°C / °C
Pressure drop	40.05	kPa
Partial heat transfert coefficient	9117	W/(m <sup>2</sup> K)
Fouling Factor	0.000043	(m <sup>2</sup> K)/W
Thermophysical properties at the average temperature	89.56	°C
Density	965.61	kg/m <sup>3</sup>
Specific Heat	4205	J/(kg K)
Thermal Conductivity	0.675	W/(m K)
Viscosity	0.0003	kg/(m s)
<b>Exchanger data</b>		
Tubes Length	2110	mm
Shell diameter	324	mm
Shell inlet/outlet nozzle	5" (141,2 mm th. 6,45 mm) / 5" (141,2 mm th. 6,45 mm)	
Tubes inlet/outlet nozzle	4" (114,3 mm th. 5,95 mm) / 4" (114,3 mm th. 5,95 mm)	

#### 4 – Plakalı tip eşanjör için örnek hesaplama

		EKİN ENDÜSTRİYEL ISIT. SOĞ. SAN. TIC. LTD. STİ. DES Sanayi Sitesi 107. Sokak B14 Blok No:2 Omraniye İstanbul Tel.: +90 (216) 660 13 05 - Fax: +90 (216) 660 13 08 http://www.ekinendustriyel.com info@ekinendustriyel.com	
Müşteri		Tarih	10.12.2016
Dikkat		Proje numarası	
Açıklama			
<b>Eşanjör Özellikleri</b>			
Kapasite	1930000		kcal/h
Model	MIT 522		
Toplam Plaka Sayısı	43		
Plaka Dizilimi	5H + 38L		
Isı Transfer Alanı	9,02		m <sup>2</sup>
Eşanjör marjini	0,47		%
Gerçek k değeri / Görev k değeri	6356 / 6386		W/(m <sup>2</sup> K)
LMTD	39,15		°C
<b>Primer devre</b>			
<b>Sekonder devre</b>			
Akışkan dinsi	SU	SU	
Geçiş Sayısı	1	1	
Akışkan debisi	99,1 m <sup>3</sup> /h	48,7 m <sup>3</sup> /h	
Akışkan giriş sıcaklığı	90,00 °C	20,00 °C	
Akışkan çıkış sıcaklığı	70,00 °C	60,00 °C	
Toplam basınç kaybı	43,57 kPa	13,41 kPa	
Plakalardaki basınç kaybı	35,81 kPa	11,49 kPa	
Bağlantılardaki basınç kaybı	7,75 kPa	1,91 kPa	
Kanal Akışkan Hızı	0,88 m/s	0,44 m/s	
Bağlantı Akışkan Hızı	3,504 m/s	1,723 m/s	
Kirlilik katsayısı	0,0000004 (m <sup>2</sup> K)/W	0,0000004 (m <sup>2</sup> K)/W	
<b>Akışkan Özellikler</b>			
<b>Primer devre</b>			
<b>Sekonder devre</b>			
Yoğunluk	971,79 kg/m <sup>3</sup>	992,22 kg/m <sup>3</sup>	
Özgül Isı	4197 J/(kg K)	4179 J/(kg K)	
Termal İletkenlik	0,670 W/(m K)	0,631 W/(m K)	
Viskozite	0,3543 cP	0,6530 cP	
<b>Malzeme</b>			
Plaka Malzemesi	0,5 mm - AISI 316L		
Conta Malzemesi	EPDM		
Gövde Malzemesi	Carbon Steel		
<b>Bağlantılar</b>			
Primer Devre	M1 ↔ M2 NW 100 FLANGE (STUDDER) CS		
Sekonder Devre	M3 ↔ M4 NW 100 FLANGE (STUDDER) CS		
Ağırlık Boş / Dolu	286,96/328,2		kg
İç Hacim Primer / Sekonder	21 / 21		l
Dizayn / Test Basıncı	10 / 13		bar
Min/Max Çalışma Sıcaklığı	-25 / 150		°C
Fiyat	215064,25		MPB