

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAVADAN HAVAYA ISI GERİ KAZANIM  
CİHAZLARI İÇİN TS EN 308 STANDARDINA  
GÖRE TEST DÜZENEGİ TASARIMI**

**Orcan KAYA**

**Mart, 2013  
İZMİR**

**HAVADAN HAVAYA ISI GERİ KAZANIM  
CİHAZLARI İÇİN TS EN 308 STANDARDINA  
GÖRE TEST DÜZENEĞİ TASARIMI**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yüksek Lisans Tezi  
Makina Mühendisliği Bölümü, Termodinamik Anabilim Dalı**

**Orcan KAYA**

**Mart, 2013  
İZMİR**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

**ORCAN KAYA**, tarafından **DOÇ. DR. SERHAN KÜÇÜKA** yönetiminde hazırlanan “**HAVADAN HAVAYA ISI GERİ KAZANIM CİHAZLARI İÇİN TS EN 308 STANDARDINA GÖRE TEST DÜZENEĞİ TASARIMI**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Doç. Dr. Serhan KÜÇÜKA

Yönetici



Doç. Dr. Aytunç EREK

Jüri Üyesi



Doç. Dr. Hüseyin GÜNERHAN

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Ayşe OKUR

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Öncelikle bu tez çalışmasında bana desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Serhan KÜÇÜKA'ya çok teşekkür ederim.

Test düzeneğinin kurulmasında maddi ve teknik desteğini hiç esirgemeyen ENEKO A.Ş.'ne çok teşekkür ederim.

Test düzeneğinin Dokuz Eylül Üniversitesi içerisinde konumlandırılmasında ve eksiklerin giderilmesinde hep yardımcı olan laboratuvar teknisyeni Alim Zorluol'a çok teşekkür ederim.

Testler sırasında bana tecrübesiyle ışık tutan Arş. Gör. Mehmet Akif Ezan'a çok teşekkürlerimi sunarım.

Yoğun iş hayatımda bu tez projesini tamamlamam için bana olan desteğini hiç esirgemeyen TERMODİNAMİK A.Ş. Ar-Ge Müdürü Mak. Müh. Murat ŞAHİN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu yüksek lisans tezini tamamlamamı sağlamak için beni sürekli motive edip arkamda duran sevgili annem Nilgün KAYA ve babam Mahmut KAYA'ya ve en çok da nişanlım Gizem GÜR'e minnettarım.

Orcan KAYA

# HAVADAN HAVAYA ISI GERİ KAZANIM CİHAZLARI İÇİN TS EN 308 STANDARDINA GÖRE TEST DÜZENEĞİ TASARIMI

## ÖZ

Bu tez çalışmasında, havadan havaya ısı geri kazanımı yapan ısı geri kazanım cihazlarının TS EN 308 standardına göre sıcaklık oran testlerinin yapılabileceği bir test düzeneği tasarlanmış ve üretilmiştir. Üretilen test düzenekleri kullanılarak bir ısı geri kazanım cihazı üzerinde sıcaklık oran testleri yapılmıştır. Testler sonunda kurulan düzenden elde edilen verilerin TS EN 308 standardı için gerekli asgari ölçüm standartlarını sağladığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler :** Isı geri kazanım cihazları, binalarda ısı geri kazanımı, hava debisi ölçümü, TS EN 308 standardı, TS EN 308 sıcaklık oran testi.

# **DESIGN OF A TEST EQUIPMENT ACCORDING TO TS EN 308 STANDARD FOR AIR TO AIR HEAT RECOVERY DEVICES**

## **ABSTRACT**

In this study, a test unit designed and manufactured to determine temperature ratios according to TS EN 308 standard. By this test unit, the temperature ratio tests were made for a heat recovery device. The datas obtained from the test unit provided minimum requirements of TS EN 308 standard.

**Keywords :** Heat recovery devices, heat recovery on building ventilation, measurement of air flow rate, TS EN 308 standard, temperature ratio tests of TS EN 308.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ .....	iv
ABSTRACT.....	v

### **BÖLÜM BİR - GİRİŞ..... 1**

1.1 Isı Değiştiricileri.....	2
1.1.1 Borulu Isı Değiştiricileri .....	2
1.1.1.1 Serpantinli Borulu Isı Değiştiricileri.....	2
1.1.1.2 Gövde Borulu Isı Değiştiricileri.....	4
1.1.2 Levhalı Isı Değiştiricileri .....	4
1.1.2.1 Contalı Levhalı Isı Değiştiricileri.....	5
1.1.2.2 Spiral Levhalı Isı Değiştiricileri.....	6
1.1.2.3 Lamelli Levhalı Isı Değiştirici .....	7
1.1.3 Yüzeysel Kanatlı Isı Değiştiricileri.....	8
1.1.3.1 Levhalı Kanatlı Isı Değiştiricileri.....	8
1.1.3.2 Borulu Kanatlı Isı Değiştiricileri.....	9
1.1.4 Rejeneratif Isı Değiştiricileri .....	10
1.1.4.1 Döner Rejeneratif Isı Değiştiriciler .....	10

### **BÖLÜM İKİ – HAVALANDIRMA GEREKSİNİMİ VE ISIL KONFOR..... 11**

2.1 Temel Havalandırma Metotları .....	14
2.1.1 Doğal Havalandırma .....	14
2.1.1.1 Sızıntı Havalandırması .....	14
2.1.1.2 Pencere Havalandırması.....	15

2.1.1.3 Şaft Havalandırması .....	16
2.1.1.4 Çatı Üzerinden Havalandırma .....	17
2.1.2 Mekanik Havalandırma.....	17
2.1.2.1 Hava Emişli Havalandırma .....	18
2.1.2.2 Hava Basmalı Havalandırma.....	18
2.1.2.3 Hava Emişli ve Basmalı Havalandırma .....	19
2.1.2.4 Isı Geri Kazanımlı Havalandırma .....	19
2.2 İç Hava Kalitesi .....	19
2.3 Isıl Konfor .....	20

## **BÖLÜM ÜÇ – ISI GERİ KAZANIMININ ÖNEMİ..... 23**

3.1 Psikometrik Tabloda Isı Geri Kazanımının Gösterilmesi .....	24
3.2 Türkiye’de Dört İl İçin Isı Geri Kazanım Yıllık Getirileri.....	26

## **BÖLÜM DÖRT – ISI GERİ KAZANIM CİHAZLARININ YAPISI..... 28**

4.1 Temel Isı Geri Kazanım Cihaz Ekipmanları .....	28
4.1.1 Taze ve Egzoz Hava Fanı .....	28
4.1.2 Filtre.....	30
4.1.3 Isı Değişiriciler .....	31
4.1.4 Buz Çözme Mekanizması .....	31
4.1.5 Dış Şase.....	32
4.1.6 Isı Geri Kazanım Cihazı İç Yalıtımı .....	32
4.1.7 Yoğuşma Olması Durumu İçin Tahliye Kanalı .....	32
4.1.8 Kontrol Ünitesi .....	33
4.1.9 Sıcaklık Sensörü .....	33
4.1.10 Fark Basınç Şalteri.....	34
4.1.11 Hava Kanal Isıtıcısı.....	35
4.1.12 Susturucu .....	36

**BÖLÜM BEŞ – TEST DÜZENEGİ ..... 37**

5.1 “1” Numaralı Test Ünitesi .....	39
5.2 “2” Numaralı Test Ünitesi .....	39
5.3 “3” Numaralı Test Ünitesi .....	40
5.4 Test Düzenegi Elemanları .....	40
5.4.1 Isıtıcı Rezistans .....	41
5.4.2 Soğutucu Batarya .....	41
5.4.3 Hava Debi Ölçüm Plakaları .....	42
5.4.3.1 Lülelerdeki Hava Akışının Simülasyonu .....	44
5.4.4 Basınç ve Sıcaklık Ölçüm Noktaları.....	47
5.4.5 Difüzör .....	48
5.4.6 Fan .....	50
5.4.7 Hava Kanalları .....	51
5.4.8 Basınç Ölçer.....	51
5.4.9 Sıcaklık Ölçer .....	51
5.4.10 Isı Geri Kazanım Cihazı .....	51
5.4.11 Damper.....	51
5.4.12 Soğuk Su Deposu.....	52

**BÖLÜM ALTI – TS EN 308 TEST PROSEDÜRÜ ..... 53**

6.1 Sıcaklık ve Nem Oran Testi .....	54
6.2 İç Kaçak Testi.....	54
6.3 Dış Kaçak Testi .....	55

**BÖLÜM YEDİ - TESTLER..... 56**

7.1 Sıcaklık Oran Test Verileri.....	57
--------------------------------------	----

**BÖLÜM SEKİZ – SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME ..... 64**

**KAYNAKLAR ..... 65**

**EKLER..... 71**

EK.1 Testlerin Sıcaklık Verileri ..... 71

EK.2 Kalibrasyon Sertifikası..... 78

## BÖLÜM BİR

### GİRİŞ

Isı geri kazanımı özellikle son yıllarda çok önem kazanmış bir konudur. Avrupa'da toplam enerji tüketiminin tam %40'ı yapılarda harcanan enerjidir. Dünyada insan nüfusunun artması aynı zamanda barınma için gerekli bina sayısını da arttırmaktadır. Bu nedenle enerji tüketiminin azaltılması önem kazanmıştır (Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings, 2010).

Binalarda enerji tüketiminin bir nedeni havalandırma ile çevreye olan ısı kaybıdır. Binalarda havalandırma sistemlerinde ısıtma-soğutma verimini ve iç hava kalitesini arttırmak aynı zamanda tüketici ekonomisini rahatlatmak için havadan havaya ısı değiştiricileri kullanılarak ısı geri kazanımı yapılır.

Havalandırma sistemleri için Avrupa Birliği ülkelerinde gerekliliği iyice anlaşılan ısı geri kazanım sistemleri ülkemizde de önem kazanmıştır. 500 m<sup>3</sup>/saat veya daha fazla havalandırma debisine sahip olan havalandırma sistemi içeren yeni yapılan binalarda verimi %50'den fazla olmak kaydıyla ısı geri kazanım sistemi kullanılması zorunlu tutulmuştur (Binalarda enerji performansı yönetmeliği, 2008).

Bu çalışmada, havadan havaya ısı geri kazanımı sağlayan 2000 m<sup>3</sup>/saat'e kadar nominal hava debisine sahip ısı geri kazanım cihazlarının TS EN 308 standardına göre enerji dengesi ve sıcaklık-nem oran testlerini yapacak test düzeneği üretilmiştir. Çalışmanın birinci bölümünde ısı değiştiricileri ile ilgili genel bilgiler verilmiş, ikinci bölümünde havalandırma metotları ve ısıl konfor parametrelerine değinilmiştir. Üçüncü bölümde ısı geri kazanımının önemi psikometrik tablo üzerinde açıklanmış, dördüncü bölümde ise ısı geri kazanım cihazlarının yapısı anlatılmıştır. Beşinci bölümde test düzeneği hakkında bilgiler verilmiştir. Altıncı bölümde ise TS EN 308 test prosedürü açıklanmıştır. Yedinci bölümde test verileri tablo ve grafiklerle sunulmuştur. Sekizinci bölümde ise sonuçlar verilmiş, değerlendirmeler yapılmıştır.

## 1.1 Isı Değiştiricileri

Soğuk bir ortamdaki göreceli sıcak bir cismin ortama ısı aktardığı, aynı şekilde sıcak bir ortamdaki göreceli soğuk cismin ortamdan ısı aldığı görülür. Bu en basit anlamda ısınma ve soğuma tabiriyle tanımlanır. Sıcak ortama göre soğuk olan cisim ısı alarak ısınırken, sıcak olan cisim ısı vererek soğur (Lienhard, 2006, s. 3).

Isı değiştiriciler ısı transferi gereken her ortamda kullanılmak için tasarlanmıştır. Boyut, görünüş, iç yapı, performans olarak birbirlerinden farklı olmalarına rağmen özellik bakımından temelde bir yüzey üzerinden ısı transferi sağlamak üzere tasarlanmışlardır. Sıvı ile sıvı, sıvı ile gaz, gaz ile gaz arasında ısı transferi yapan çeşitli tipte ısı değiştiricileri bulunmaktadır. Bunlar (Genceli, 2005) ;

- Borulu ısı değiştiricileri
- Levhalı ısı değiştiricileri
- Yüzeyi kanatlı ısı değiştiricileri
- Rejeneratif (dolgu maddeli) ısı değiştiricileri

### 1.1.1 Borulu Isı Değiştiricileri

Serpantinli ısı değiştiricileri ve gövde borulu ısı değiştiricileri olmak üzere ikiye ayrılırlar.

#### 1.1.1.1 Serpantinli Borulu Isı Değiştiricileri

Spiral borulu ısı değiştiricileri olarak da bilinirler. Bir depo içine helis şeklinde kıvrılmış boru yerleştirilmesi ile elde edilirler (şekil 1.1). Helis şeklinde kıvrılmış boru içinde dolaşan akışkana, depo içindeki akışkan tarafından ısı transferi olur. En yaygın kullanımına boylerlerde ve termosifonlarda rastlanır. Helisel boruların bu yapıda en büyük dezavantajı temizlenme zorluğudur. Genelde helisel boru çapı depo çapının 1/30'u kadardır (Genceli, 2005, s. 22).



Şekil 1.1 Serpantinli ısı değiştirici ( Serpantinli boyler ürünleri,  
(b.t). 4 Nisan 2012, [www.kodsan.com.tr](http://www.kodsan.com.tr))

### *1.1.1.2 Gövde Borulu Isı Değiştircileri*

Bu ısı değiştirci tipinde sıvı-sıvı, sıvı-gaz arasında ısı transferi yapmak mümkündür. Akışkanlardan biri iteki küçük borular içinden geçerken diğer akışkan bu borular ile ana gövde arasından geçer (şekil 1.2). Borulu ısı değiştirci içinde akışkanlar birbirleriyle aynı yönde veya zıt yönde akış yapabilir. Akışkanın boru içinde daha uzun süre kalmasını sağlamak ve ısı transfer yüzey alanını arttırmak için gövde boru içine şaşırtma plakaları yerleştirilebilir. Petrol rafinerileri, kimya endüstrisi ve termik santrallerde kullanımı yaygındır (Genceli, 2005, s. 23).



şekil 1.2 Borulu Isı Değiştirci (Paslanmaz borulu eşanjör, (b.t).  
5 Nisan 2012, <http://www.betasisendustriyel.com.tr/the.html>

### *1.1.2 Levhalı Isı Değiştircileri*

Levhalı ısı değiştircileri, borular yerine sıcak ve soğuk akışkanı birbirinden ayıran levhalardan oluşur. Bu levhalar ince metal yüzeylerdir. Borulu ısı değiştircilerle karşılaştırıldığında daha düşük basınç ve sıcaklıkta çalışmaya uygundur.

### 1.1.2.1 Contalı Levhalı Isı Değiştiricileri

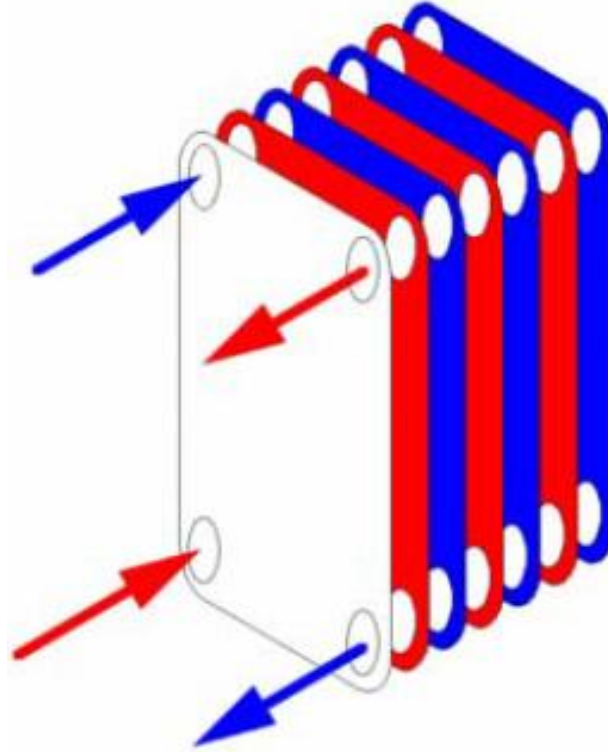
Akışkanların akış yapması amacıyla her levha üzerinde 4 adet geçiş deliği mevcuttur (Şekil 1.3 ve Şekil 1.4). Bu metal levhalar birbirlerine conta, kaynak veya lehim kullanılarak bağlanır. Metal levhalar üzerinde ısı transfer yüzey alanını arttırmak için yapılmış dalgalı formlar mevcuttur. Bu dalgalı formlar plakalar arasından geçen akışı yönlendirme görevi görürken aynı zamanda plakaların daha sağlam olmasını ve akışın laminer olmaktan çıkmasını sağlayarak ısı transferini artırma görevi görür (Genceli, 2005, s.48). Benzer boyuttaki bir borulu tip ısı değiştirici ile kıyaslandığında ısı transfer kapasitesi daha yüksektir. Bu, dalgalı form sebebiyle oluşan ısı transfer yüzey alanının, boru yüzey alanından fazla olmasından kaynaklanır. Bu yüzden aynı miktarda ısı transferi yapmak için contalı levhalı ısı değiştirici seçimi boyut avantajı sağlar. Yüksek basınç uygulamalarında plakalar üzerindeki contalardaki sızdırmazlık sorunu nedeni ile kaynak ve lehimli tipleri kullanılır.

Levhalar kolayca birbirlerinden ayrılıp temizlenebilir. Contalar zamanla sızdırmazlık niteliğini yitireceğinden değiştirilmesi gerekir. Yiyecek, kimya, makyaj, kağıt sanayisinde ve evlerde kullanım suyu sağlayan kombilerde yaygın kullanımı vardır. Akışkanlar arasında ısı transferini sağlayan levhaların malzemesi, alüminyum, bakır, paslanmaz çelik, titanyum, nikel, karbonlu çelik ve molibden alaşımlarıdır. Levhalar arasında kullanılan contaların malzemesi sentetik lastik yada plastiktir.



Şekil 1.3 Contalı levhalı ısı değiştirici (Plakalı ısı değiştiricileri, (b.t).

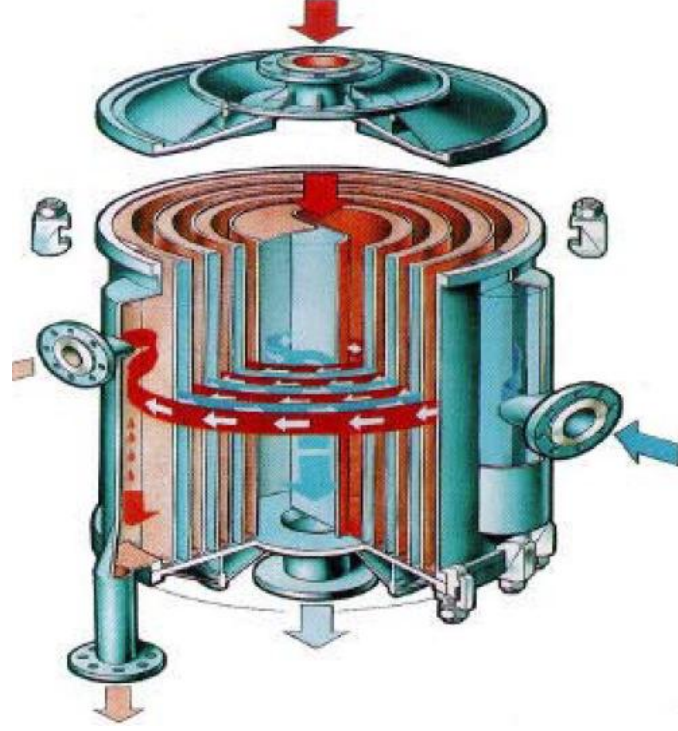
5 Nisan 2012, [http://www.gemak.com.tr/tr/alfa\\_plakali.asp](http://www.gemak.com.tr/tr/alfa_plakali.asp))



Şekil 1.4 Contalı levhalı ısı değiştirici akış dzeneni (Plakalı ısı değiştirici, (b.t). 5 Nisan 2012, [http://tr.wikipedia.org/wiki/Plakali\\_isi\\_değiştirici](http://tr.wikipedia.org/wiki/Plakali_isi_değiştirici))

#### *1.1.2.2 Spiral Levhalı Isı Değiştiricileri*

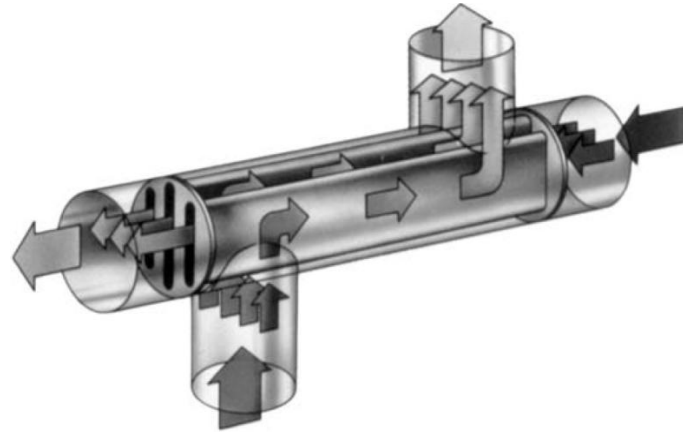
Yapı olarak, uzun ince sarılmış metal levhalar, levha aralıklarını dözgünleştirmek için aralara konulan saplamalar ve uçlarda contalı metal kapaklardan oluşur (Şekil 1.5). Isı değiştirici içinde akışkanlar birbirleriyle aynı yönde yada zıt yönde hareket edebilirler. Temizlenmeleri çok kolay olduğu için kirletici özelliği yüksek akışkanlarla kullanılmaya uygundur.



Şekil 1.5 Spiral levhalı ısı değiştirici (Eyice, 1971)

### 1.1.2.3 Lamelli Levhalı Isı Değiştirici

Bir ana gövde içine yerleştirilmiş kenarları dairesel orta tarafı düz levhalardan oluşur (Şekil 1.6). Bu levhaların içinden bir akışkan, dışından ise diğer akışkan akış yapar. Isı değiştirici içinde akışkanların akış yönü aynı yönlü olabileceği gibi zıt yönlü de olabilir.



Şekil 1.6 Lamelli levhalı ısı değiştirici (Isı değiştirgeçleri çeşit ve özellikleri, (b.t). 11 Mart 2012, <http://www.bilgiustam.com/isidegis-tirgeçleri-cesitleri-ve-ozellikleri/>)

### 1.1.3 Yüzeyi Kanatlı Isı Değişiricileri

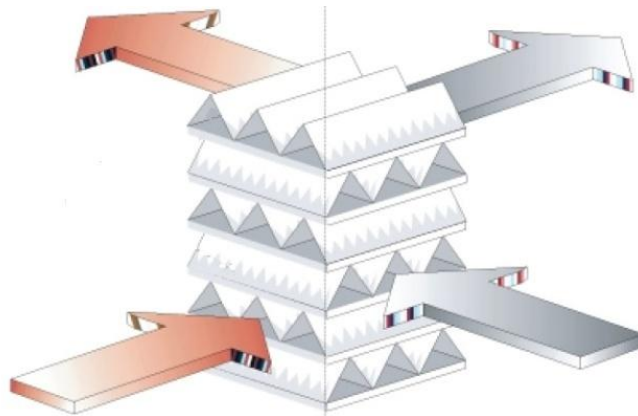
Levhalı kanatlı ısı değiştiricileri ve borulu kanatlı ısı değiştiricileri olmak üzere iki tipi mevcuttur. Levha yada borular üzerine kanatlar eklenerek ısı transfer yüzeyini arttırmayı sağlarlar.

#### 1.1.3.1 Levhalı Kanatlı Isı Değiştiricileri

Akışkanlar aralarında kanat yapısı bulunan ve birbirlerine değmeyen levhalar arasından geçer. Genelde çapraz akışlı olacak şekildedirler. Levhalar arasından geçen akışkan ısını önce kanal duvarlarına oradan ise diğer akışkana aktarır (Şekil 1.7). Levha malzemesi olarak kağıt, cam, seramik ve metal kullanılabilir. Kirletici ve aşındırıcı etkisi yüksek akışkanlar kullanılacak ise cam kullanılır (Oğulata ve Doba, 1997).

Levhalı kanatlı ısı değiştiricilerinin en önemli avantajı küçük hacimde ısı transfer yüzeyinin fazla (kompakt) olmasıdır. Yüzey alanı oranı  $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$ 'ten büyüktür.

Gaz ve buhar türbinlerinde, ısı pompalarında, yüzme havuzu havalandırmasında, endüstriyel proseslerde yakma ön havası ısıtılmasında, ısıtma-havalandırma sistemlerinde ısı geri kazanım işlemlerinde kullanılır (Genceli, 2005).



Şekil 1.7 Levhalı kanatlı ısı değiştirici (Çoban, b.t)

Bu tez çalışmasında verim (oran) testleri yapılan havadan havaya ısı geri kazanım cihazlarında kullanılan ısı değiştiriciler bu tiptedir.

### *1.1.3.2 Borulu Kanatlı Isı Değiştiricileri*

Yapı olarak ısı transfer alanı gereksinimine göre kıvrılmış bir boru ve bu boruların etrafında onlara sıkı geçme yada kaynak ile birleştirilmiş kanatlardan oluşur (şekil 1.8). Kanatlar ısı transfer yüzey alanını arttırmak içindir. Genelde kanatların boru üzerindeki konumu, boru en kesitine dik olacak şekildedir. Ancak kanat açısı değiştirilerek kanatlar arasından geçen akışkanın basınç düşümü arttırılarak ısı transfer oranı arttırılabilir. Dal (2007), yaptığı araştırmada 30° 'lik kanat açısı için ısı transferinde %5,24 'lk bir artış öngörüyor.

Kanat malzemesi olarak genelde alüminyum tercih edilir. Alüminyumun yüksek ısı iletimine ek olarak hafifliği ve kolay elde edilebilirliği düşünüldüğünde diğer malzemelere oranla daha avantajlı durumdadır (Acül, 2004).

Güç, santrallerinde, taşıtlarda, iklimlendirme sistemlerinde ve kombilerde tesisat suyunu ısıtmada kullanılır (Genceli, 2005, s.56-61).



şekil 1.8 Bitermik Borulu kanatlı ısı değiştirici (Kombi Eşanjör - leri, (b.t). 16 Eylül 2012, <http://www.kombiyedekparca.inf/kombi-parcalari/kombi-esanjorleri/>)

### 1.1.4 Rejeneratif Isı Değiştiricileri

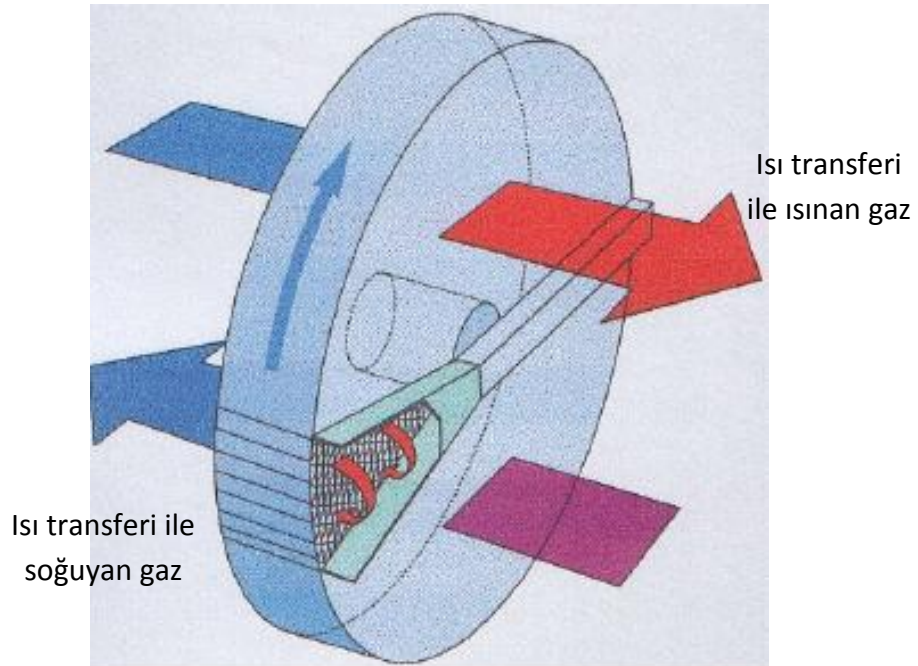
Rejeneratif ısı değiştiricilerinde ısı depolanarak transfer edilir. Sadece gazlar arasında ısı transferinde kullanılır. En çok kullanılan tipi döner rejeneratörlerdir.

#### 1.1.4.1 Döner Rejeneratif Isı Değiştiriciler

Genelde ısı tekerleği olarak bilinirler. İklimlendirme sistemlerinde ısı geri kazanımında yaygın olarak kullanılırlar. Isı değiştirici içinde akış birbirlerine zıt yöndedir. Bu tip ısı değiştiricilerinde ısı transferinin yanında nem transferi de mümkündür. Sıcak akışkandaki ısı öncelikle dönen gözenekli elemana aktarılır. Döner tekerleğin yapısı kağıt üzerine ince plastik filminden oluşur (Lu, Wang, Zhu, ve Wang, 2010).

Yüksek verimli olması avantajıdır. Şahan (2002), dezavantajları şöyle sıralıyor;

- Hava karışım riski büyüktür.
- Hareketli parçalar içerdiğinden periyodik bakımları önemlidir.
- Döner dolgu maddesinin ömrünü uzatmak için filtre gerekir.
- Döner dolgu maddesinin yapısı gereği boyut sınırlaması vardır.



Şekil 1.9 Döner rejeneratörde ısı transferi (Isı tekerleklerinin işlevsel çalışma prensipleri, (b.t). 13 Nisan 2012, <http://www.enventus.se/urunler/genel-prnsp>)

## BÖLÜM İKİ

### HAVALANDIRMA GEREKSİNİMİ VE ISIL KONFOR

Gün geçtikçe yaşam alanlarında yalıtımın önemi vurgulanmaktadır. Hem ekonomik katkısı, hem de küresel enerji kaynaklarını korumak anlamında düşünüldüğünde yalıtım ve sızdırmazlık öne çıkan bir unsurdur. Geçmişte havalandırma konusunun pek gündemde olmamasının sebebi, yalıtıma yeterli hassasiyetin gösterilmemesinden dolayı yaşam mahallerinde havalandırma sorununun yaşanmamasıdır. Ancak günümüz şartları düşünüldüğünde, yaşam mahallerinde hem cephe yalıtımı hem de neredeyse sızdırmaz çift camlı pencere ve kapı sistemleri bu alanlarda ciddi derecede dış ortam havasına gereksinim yaratmaktadır.

Havalandırmada amaç, temel olarak iç ortama taze hava sağlamak ve aynı zamanda ise havayı temizlemektir. Taze hava ise; sıcaklığı ve nemi insan konforu açısından ayarlanmış, oksijence zengin, koku, duman vb. kirleticileri minimum düzeyde içeren hatta içermeyen havadır.

Taze hava gereksinimi odadaki insan sayısına ve oda alanına bağlı olarak değişir. Genelde ortalama 25-30 m<sup>3</sup>/saat /insan havalandırma gerekir (SP Fan kataloğu, 2010). Ancak oda içerisindeki insanların metabolizma hızı fiziksel aktivite durumlarına göre değişiklik gösterdiği için ortalama havalandırma gereksinimi, fiziksel aktivitelerin artması ile artar, azalması ile normale döner.

Temiz havanın insan yaşamında ki önemi son derece fazladır. Havada %21 oksijen, %78 azot , %1 diğer gazlar bulunur. Havadaki karbonmonoksit ve karbondioksit insan sağlığı açısından kritik önemdedir. Yeterince taze hava sağlanmadığı durumlarda artan karbonmonoksit ve karbondioksit konsantrasyonunun insan sağlığı açısından etkileri Tablo 2.1 ve 2.2'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1 Karbonmonoksit konsantrasyon değişiminin insan yaşamına etkileri (*Mitsubishi Electric Lossnay technical manual, 2010, s. 3*)

<b>Karbonmonoksit Konsantrasyonu (ppm)</b>	<b>Değişim Etkileri</b>
0,01-0,2	Standart atmosferdeki bulunan miktardır.
5	Uzun süre maruz kalınsa bile sağlık açısından kabullenilebilir miktar
10	24 saatlik ortalama için çevresel standart
20	8 saatlik ortalama için kabullenilebilir miktar
50	Çalışma ortamındaki maksimum izin verilebilir miktar
100	Maruz kalındıktan sonra ilk 3 saat bir etki olmaz. 6 saatten sonra etkiler gözükmeye başlar. Baş ağrısı, halsizlik vb. , 9 saatten sonra çok tehlikelidir fakat öldürücü değildir.
200	2 saat içinde bağ ağrısı başlar.
400	Alında ağrı, 1-2 saat içinde mide bulantısı ve 2,5-3 saat içinde ensede şiddetli ağrı başlar.
800	45 dakika içinde baş ağrısı, baş dönmesi, mide bulantısı ve kasılmalar başlar. 2 saat içinde komaya girilir.
1600	20 dakika içinde baş ağrısı ve baş dönmesi görülür. 2 saat içinde ölümcüldür.
3200	5-10 dakika içinde bağ ağrısı ve baş dönmesi görünür. 30 dakika içinde ölümcüldür.
6400	10-15 dakika içinde ölümcüldür.
12800	1-3 dakika içinde ölümcüldür.
12800 +	Otomobil egzozlarında bulanabilen miktar

Tablo 2.2 Karbondioksit konsantrasyon değişiminin insan yaşamına etkileri (*Mitsubishi Electric Lossnay technical manual, 2010, s. 4*)

<b>Karbondioksit Konsantrasyon (%)</b>	<b>Değişim Etkileri</b>
0,03	Standart atmosferdeki bulunan miktardır
0,04-0,06	Şehir havası
0,07	Çoğu insanın uzun süre maruz kalsa bile kaldırabileceği oran
0,1	İnsanların genel kaldırabileceği sınır
0,15	Havalandırma hesaplarında kullanılan tolerans sınırı
0,2-0,5	Kısmen zayıflık gözlenir
0,5-0,8	Aşırı derecede zayıflık gözlenir
0,8-1	Mide bulantısı ve baş dönmesi gözlenir
2	Nefes alma istek ve miktarı %30 artar
3	Bedensel durum kötüleşir, nefes alma sıklığı 2 katına çıkar
4	Normal nefes konsantrasyonu
4-5	Solunum merkezi uyarılır, nefes alma sıklığı daha da artar. Uzun süre solunması çok tehlikelidir. Eğer ki ortamda birde oksijen konsantrasyonu azalırsa çok tehlikeli durumlar oluşabilir
8	10 dakika solunursa nefes alma zorlaşır. Yüzde kızarma ve bağ ağrısı meydana gelir.
18 veya daha fazla	Ölümcül

## 2.1 Temel Havalandırma Metotları

Temel havalandırma yöntemleri tablo 2.3' de sınıflandırılmıştır.

Tablo 2.3 Temel havalandırma metotları (Schramek, 2003)

Havalandırma metotları	
Doğal havalandırma	Sızıntı havalandırması Pencere havalandırması Şaft havalandırması Çatı üzerinden havalandırma
Mekanik havalandırma	Hava emişli havalandırma Hava basmalı havalandırma Hava emişli ve basmalı havalandırma

### 2.1.1 Doğal Havalandırma

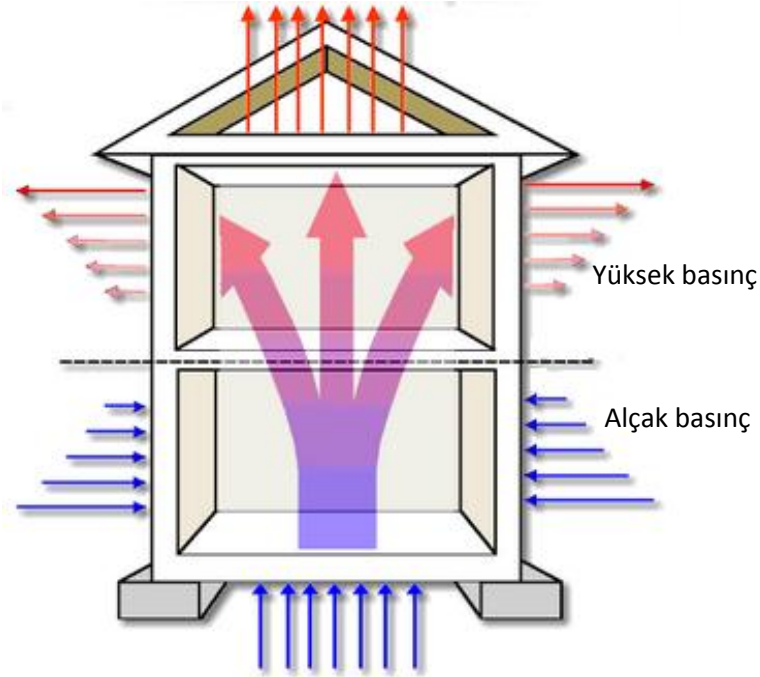
Doğal havalandırma, fan veya vantilatör kullanımı ile hava şartlandırması yapılmadan havanın sıcaklık farklılıklarından veya rüzgar sebebi ile oluşan havalandırma çeşididir. Bu havalandırma çeşidinde havalandırma miktarı ve çeşidini kontrol altında tutmak mümkün değildir.

#### 2.1.1.1 Sızıntı Havalandırması

Havanın, pencere ve kapı kenarlarından sızıntı ile içeri girmesidir. Bu havalandırma çeşidinin oluşabilmesi için ortamdaki kapı ve pencerelerin hava yalıtımının çok iyi olmaması gerekir. Aynı zamanda iç ortam ve dış ortam arasındaki sıcaklık ve basınç farkları da sızıntı miktarını etkileyen faktörlerdir.

Isıtılan mekanda iç ortam havası ısınarak yükselir. İç ortamda dış ortama göre daha sıcak bir hava oluşur. Isınıp yükselen hava mekanın üst kısmında yüksek basınç meydana getirir. Mekanın alt kısmında ise kısmen bir alçak basınç oluşur (Şekil 2.1).

Oluşan bu basınç farkı pencere ve kapılardaki hava sızabilecek boşluklardan akış olmasını sağlar (Schramek, 2003).

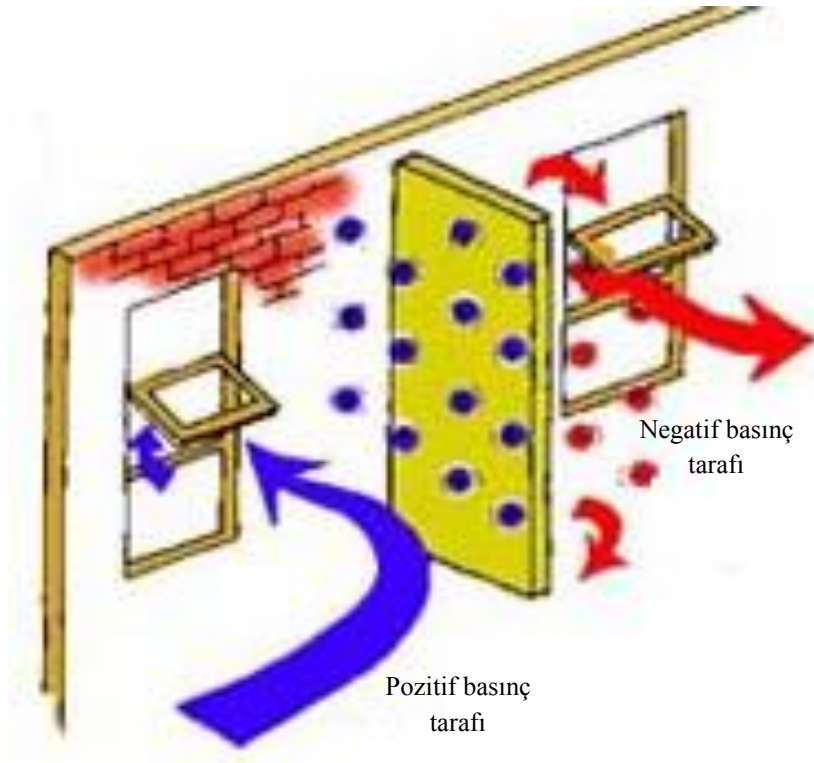


Şekil 2.1 Sızıntı havalandırması ( Ventilation, (b.t). 14 Mayıs 2012, [http://www.esru.strath.ac.uk/EnvEng/Web\\_sites/056/Hotel\\_examples/ventilation.html](http://www.esru.strath.ac.uk/EnvEng/Web_sites/056/Hotel_examples/ventilation.html))

### 2.1.1.2 Pencere Havalandırması

Pencerelerin açılarak mekanın havalandırması anlamına gelir. Dış ortamda rüzgar yoksa hava pencerenin alt kısmından iç ortama girer, üst kısmından iç ortamdan çıkar (Şekil 2.2). Hem sızıntı havalandırmasında hem de pencere havalandırmasında pencerelerden ısı kaybı olacağı için kalorifer tesisatı döşenirken kalorifer petekleri genelde pencerelerin altına konulur.

Bu tip havalandırma iç ortamdaki hava yenilenme ihtiyacını karşılar. Ancak mevsimsel şartlara göre ek bir ısıtma yada soğutma yükü getirir. Dış ortamdaki toz, gürültü ve aşırı rüzgar etkisi düşünülürse her mekan için uygulanabilecek bir havalandırma çözümü değildir.

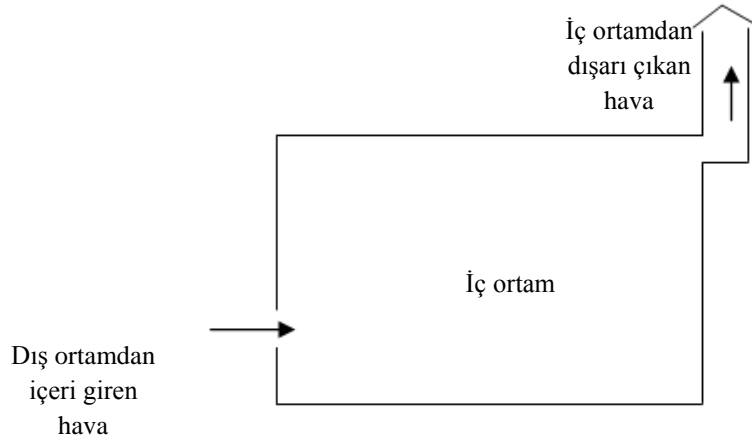


Şekil 2.2 Basınç farkı ile oluşan pencere havalandırması (Green buildings-guideline for design, 2010)

### 2.1.1.3 Şaft Havalandırması

Özellikle kış aylarında mekanda çatının üstüne kadar uzanan bir havalandırma bacası var ise şaft havalandırması sağlanabilir. Bu havalandırma yönteminde mekan alçak basınç etkisi altında kalır. Aynı zamanda mekanda hava temini için uygun bir alan var ise etkili bir havalandırma olur (Şekil 2.3).

Şaft havalandırması için iç ve dış ortam arasında bir sıcaklık farkı olması gerekir. Sıcaklık farkı olmaması durumunda bir hava akışı mümkün değildir. Kış ayları için etkili olabilen bu yöntem yaz aylarında (dış ortam sıcaklığı iç ortam sıcaklığından yüksek olduğu zaman) etkili olamamaktadır. Dış ortamın daha sıcak olması iç ortama sıcak hava akışına neden olduğundan istenmeyen bir durumdur (Schramek, 2003).



Şekil 2.3 Şaft havalandırması

#### 2.1.1.4 Çatı Üzerinden Havalandırma

Şaft havalandırmasına benzer bir şekilde uygulanır. Mekan çatısı üzerinde dış ortama açılan kanat formlu baca bulunur. Ancak bu klapeli baca, mekânlardaki yanma ürünleri sonucu ortaya çıkan atık gazları atan bacalar ile karıştırılmamalıdır. İç ve dış ortam arasında oluşan sıcaklık farkı bu havalandırma çeşidinin uygulanabilmesi için temel şarttır. Kullanılacak baca sayısı, mekânın büyüklüğü ve iç ortamda oluşabilecek ısı yükü ile ilişkilidir. Sıcaklık farkı nedeniyle bacadan çıkan hava iç ortamda negatif basınç yaratır. Pencere yada kapı açılması ile bu negatif basıncın dengelenmesi sağlanırsa bu havalandırma metodu düzgün çalışabilir (Schramek, 2003).

#### 2.1.2 Mekanik Havalandırma

Fan veya vantilatör kullanılarak dış ortam ile iç ortam arasında havalandırma sağlayan yöntemdir. Bu yöntem ile yapılan havalandırmalar kontrollü havalandırmadır. İç ortam havasının değişim miktarı ayarlanabilir.

### 2.1.2.1 Hava Emişli Havalandırma

Bu havalandırma yönteminde iç ortam havası fan yardımıyla emilir ve dışarıya atılır. Dış ortam havası ise iç ortamda oluşan negatif basınç etkisi ile ortama girer. Genelde mutfak ve banyoların havalandırmasında kullanılır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Hava emişli havalandırma

### 2.1.2.2 Hava Basmalı Havalandırma

Bu havalandırma yönteminde dış ortam havası fan yardımı ile emilerek iç ortama basılır. Böylece iç ortamda bir pozitif basınç oluşur (Şekil 2.5). Oluşan bu pozitif basınç ile iç ortam havası dışarı çıkar. Genelde ameliyathane ve yiyecek işleme fabrikalarında tercih edilen bir yöntemdir.

Bu yöntemin avantajı; taze hava emiş tarafında filtre kullanılması halinde, iç ortam pozitif basınçlandırıldığından dış ortamdan iç ortama koku, duman ve toz girişinin engellenebilir olmasıdır.



Şekil 2.5 Hava basmalı havalandırma

### 2.1.2.3 Hava Emişli ve Basmalı Havalandırma

Bu havalandırma yönteminde mekanın havalandırılması için iki adet fan kullanılır. Birinci fan iç ortamdaki havayı emerek dış ortama atarken ikinci fan, dış ortamdaki havayı emerek iç ortama basar (Şekil 2.6). Uygulama alanları; binalar, hastaneler, dış ortama açılan duvarı olmayan bodrum katları, ofisler, geniş alana sahip odalar vb. dir.

İki adet fan kullanılması ile iç ortamdaki basınç dengelenmiş olur. İç ortamın havalandırması kontrollü bir şekilde yapılarak sıcaklık ve nemi de kontrol altında tutulabilir.



Şekil 2.6 Hava emişli ve basmalı havalandırma

### 2.1.2.4 Isı Geri Kazanımlı Havalandırma

Isı geri kazanımlı havalandırma tekniğinde, hava emişli ve basmalı havalandırma tekniğinde kullanılan fanlara ek olarak ısı değiştirici kullanılır.

## 2.2 İç Hava Kalitesi

Konutlarda ısı geri kazanımının ekonomik öneminin yanında sağlık açısından da önemi vardır. Çeşitli nedenlerden dolayı iç ortamlarda sağlığımızı etkileyecek maddelerin birikimi olur (Tablo 2.4). Bu maddelerin solunan iç ortam havasında yoğun olarak bulunması insan sağlığı açısından zararlıdır. Konutlarda iç hava kalitesini bozan unsurları ve nedenlerini incelersek;

Tablo 2.4 Konutlarda iç hava kalitesini bozan kirleticiler (Natural Resources Canada's of Energy Efficiency, 2006)

KİRLETİCİ	SEBEBİ
Aşırı nem	İnsan, çamaşır, bulaşık yıkama, yemek pişirme, bitkiler
Üre-formaldehit	Bazı panolar, lambriler, halılar, mobilyalar, tekstil ürünleri
Radon	Toprak ve yer altı suları
Sigara dumanı	Sigara İçmek
Ev temizlik kimyasalları	Temizleme ürünleri, boyalar, aerosoller
Koku, virüs, bakteri, kepek	İnsan ve hayvanlar
Yanma Ürünleri (CO, CO <sub>2</sub> , NO)	Kömür sobaları, kuzine fırınları, gaz yakıtlı cihazlar

Günümüzde iç hava kalitesi üzerinde çok durulan bir konudur. Dış ortamdaki kirleticilerin çoğalması bu konuya daha çok dikkatin çekilmesini sağlamıştır. Arabaların egzoz gazlarının ve endüstriyel tesislerden yetersiz filtrasyonla salınan atık gazların çevreye olumsuz etkisi, insanlarda önce çevre bilincini uyandırmıştır. Daha sonra ise iç ortamlar için hava kalitesini ortaya çıkarmıştır.

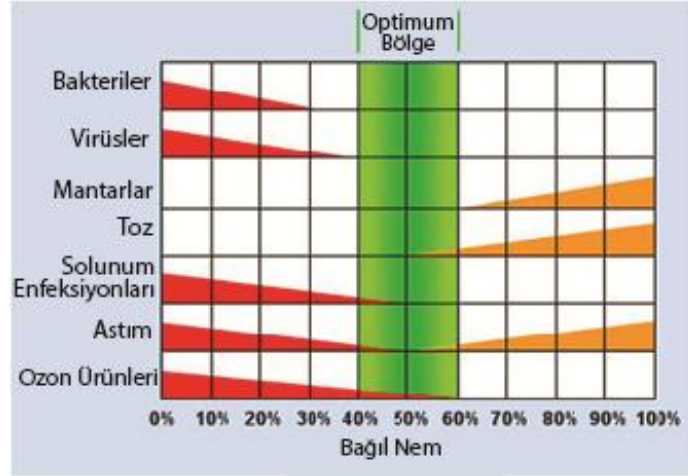
Kötü iç hava kalitesi sonuçları şöyle özetlenebilir (Alarko Carrier Teknik Bülten, 2005);

- Hastalıklar (boğaz kızarması, gözlerde yaşarma, halsizlik)
- Öğrenme ve üretkenlik kaybı
- Aşırı sağlık harcamaları
- Şirketler ve binalar için olumsuz tanıtım

### 2.3 Isıl Konfor

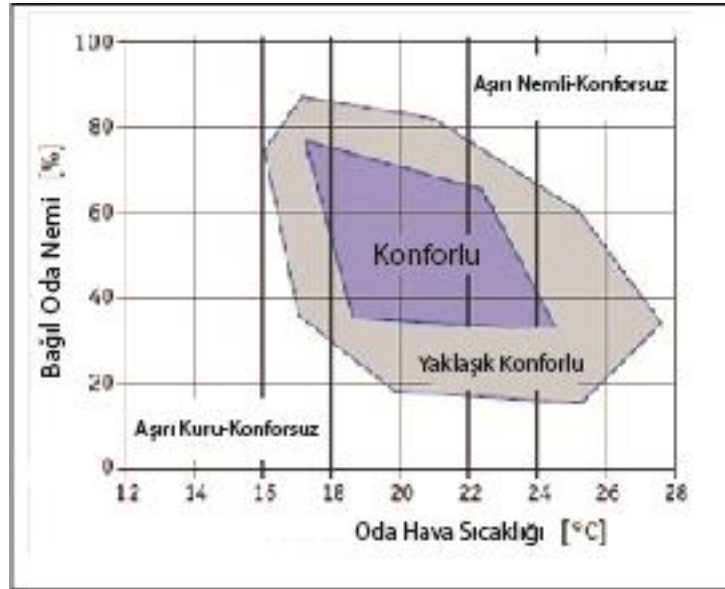
İç ortamın temiz olması iç hava kalitesinin gereğidir. Ancak iç hava kalitesinin düzgün olması iç ortamın insanlar için rahatça yaşanabilir olduğunu garanti etmez. İnsanlar için yaşadığı ortamda aldığı nefesin kalitesi kadar ortamın sıcaklık ve

neminin de önemi fazladır. Aynı zamanda ortamdaki hava hareketi de konfor anlamında son derece etkilidir.



Şekil 2.7 İnsan konforu ve sağlığı için uygun nem oranı (Indirect health effects of relative humidity in indoor environments, 1986, s. 358)

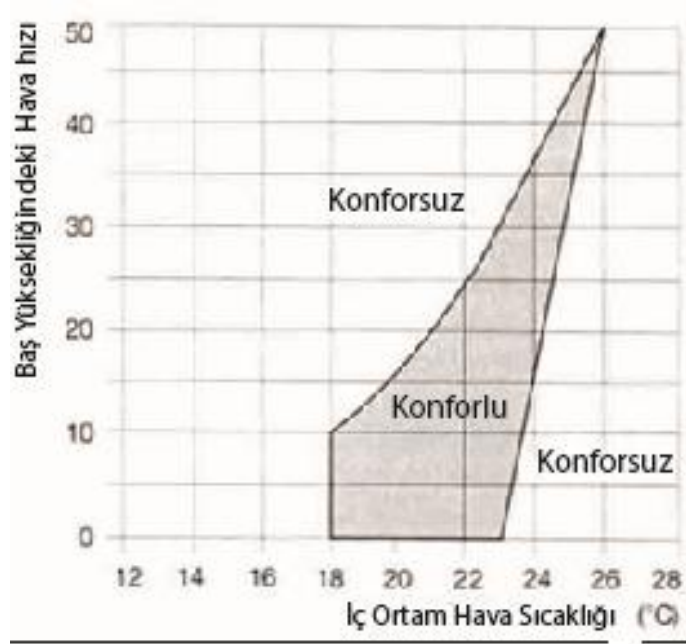
Şekilden (Şekil 2.7) görüldüğü üzere insan sağlığı ve konforu için uygun nem aralığı %40-%60 arasındır.



Şekil 2.8 Bağıl nem ve oda sıcaklığının insan konforuna etkisi (Hausladen ve Tichelmann, 2010)

Şekil 2.8 'den görüldüğü üzere iç ortamda insan konforu için en uygun sıcaklık aralığı 18°-24°, en uygun bağıl nemin %40-%60 aralığında olduğu kabul edilir.

17°C-27°C sıcaklık ve %20-%80 bağıl nem aralığı kısmen konforlu alan olarak nitelendirilebilir. %80 üzeri bağıl nem miktarı ortamı aşırı nemli yaparken, %20 altı bağıl nem ise ortamı aşırı nemsiz yapar.



Şekil 2.9 Ortam sıcaklığı ve hava hareketinin insan konforuna etkisi (Hausladen ve Tichelmann, 2010)

İç ortam sıcaklığı 18°C-24°C aralığında iken ve ortamdaki hava hızı 0-50 cm/s aralığında iken insan konforu için uygun bir ortamdır (Şekil 2.9). İnsan konforu için iç ortam sıcaklığı arttıkça ortamdaki hava hareketinin azalması gerekir.

Bunlara ek olarak ısı konforu için ortamdaki hava sıcaklığı için ortamdaki yüzeyler arasındaki sıcaklık sapmasının 3°C' den fazla olmaması gereklidir. (Hausladen, Saldanha, Liedl ve Sager, 2005)

## BÖLÜM ÜÇ

### ISI GERİ KAZANIMININ ÖNEMİ

Gün geçtikçe tüm dünyada enerji tüketimi artmaktadır. Artan enerji tüketimini ana olarak;

- binalar
- sanayi
- ulaşım
- tarım
- kayıt dışı

tüketim oluşturur.

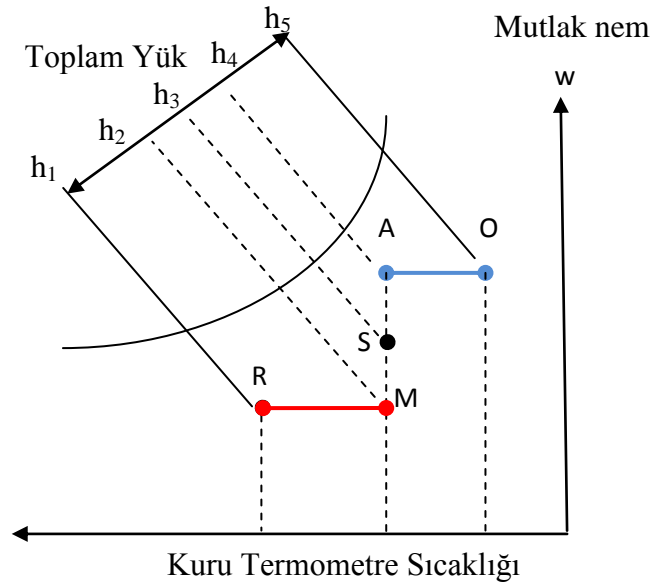
Son on yılda AB ülkelerinde binalardaki enerji tüketimi toplam enerji tüketiminin yaklaşık % 34'ünü oluşturur. Sanayi tesislerindeki enerji tüketim oranı % 35, ulaşım % 22, tarımda % 5, kayıt dışı olarak % 4 'tür (Binalarda enerji performansı yönetmeliği, 2011, s. 3).

Enerji tüketim oranları incelendiğinde binalarda ve sanayide enerji tüketiminin azaltılması önemli bir konudur. Enerji tüketiminin azaltılması düşünüldüğünde ilk öne çıkan husus atık ısının geri kazanımıdır.

Atık ısının geri kazanımı hem ülke hem de tüketici ekonomisini koruma anlamında önem taşır. Aynı zamanda rezervleri hızla tükenmekte olan kömür, doğalgaz, petrol vb. yakıtların tüketim oranının azalmasını sağlayarak doğal kaynakları koruma anlamında önem arz eder.

### 3.1 Psikometrik Tabloda Isı Geri Kazanımının Gösterilmesi

İklimlendirme sistemlerinde ısı geri kazanımının önemi psikometrik tablo ile kolaylıkla fark edilebilir. Psikometrik tablo ile kuru ve yaş termometre sıcaklıkları, mutlak ve bağıl nem, çığ noktası sıcaklığı ve entalpi değerleri belirlenebilir



Şekil 3.1 Psikometrik tablo üzerinde ısı geri kazanım kazancı

Yaz durumu için;

Yazın dışarıdan alınan taze havayı “O” durumundan hedef soğutma noktası olan “R” noktasına ulaştırmak için O-R arasındaki soğutma yükünü yenmek gerekir (Şekil 3.1). Bir plakalı ısı değiştirgecine sahip ısı geri kazanım cihazı kullanılması ile sıcaklık “A” noktasına düşürülebilir ve iç ortama soğutma yükü olarak A-R arası kalır.

Soğutma için gerekli yük;

$$\dot{Q} = m.(h_5-h_1) \quad (3.1)$$

Geri kazanılan ısı;

$$\dot{Q} = m.(h_5-h_4) \quad (3.2)$$

Geri kazanım sonrası gereken soğutma yükü;

$$\dot{Q} = m.(h_4-h_1) \quad (3.3)$$

Aynı durumda eğer ki nem transferi de yapabilen bir döner ısı tekerleği kullanılır ise sıcaklık “S” noktasına kadar düşürülebilir. “A” noktası ile “S” noktasının kuru termometre sıcaklığı aynı olmasına karşılık sıcaklığın “S” noktasına kadar düşürülebilmesi O-R arasındaki soğutma yükünü azaltır. Soğutma yükü olarak iklimlendirme sistemine yalnızca S-R arası kalır.

Geri kazanılan ısı;

$$\dot{Q} = m.(h_5-h_3) \quad (3.4)$$

Geri kazanım sonrası gereken soğutma yükü;

$$\dot{Q} = m.(h_3-h_1) \quad (3.5)$$

Kış durumu için;

Kışın dış ortamdan alınan taze havayı “R” durumundan hedef ısıtma noktası olan “O” noktasına ulaştırmak için O-R arasındaki ısıtma yükünü yenmek gerekir. Bir plakalı ısı değiştirgecine sahip ısı geri kazanım cihazı kullanılması ile sıcaklık “M” noktasına çıkarılabilir ve iç ortama ısıtma yükü olarak M-O arası kalır.

Isıtma için gerekli yük;

$$\dot{Q} = m.(h_5-h_1) \quad (3.6)$$

Geri kazanılan ısı;

$$\dot{Q} = m.(h_2-h_1) \quad (3.7)$$

Geri kazanım sonrası gereken ısıtma yükü;

$$\dot{Q} = m.(h_5-h_2) \quad (3.8)$$

Aynı durumda nem transferi de yapabilen bir döner ısı tekerleği kullanılır ise son durum “S” noktasına kadar getirilebilir. “M” noktası ile “S” noktasının kuru termometre sıcaklığı aynı olmasına karşılık son durumun “S” noktasına kadar getirilebilmesi O-R arasındaki ısıtma yükünü azaltır. İklimlendirme sistemine yalnızca S-O arası kalır.

Geri kazanılan ısı;

$$\dot{Q} = m.(h_3-h_1) \quad (3.9)$$

Geri kazanım sonrası gereken ısıtma yükü;

$$\dot{Q} = m.(h_5-h_3) \quad (3.10)$$

### 3.2 Türkiye’de Dört İl İçin Isı Geri Kazanım Yıllık Getirileri

Küçüka (2005), Ankara, Antalya, İstanbul ve İzmir için ısı geri kazanımının kullanılıp kullanılmama durumlarında ki ısı yükleri ve yıllık maddi getirileri üzerine hesaplama yapmıştır (Tablo 3.1). Bu hesaplama, 15.000 m<sup>3</sup>/saat üfleme kapasiteli ve 6.000 m<sup>3</sup>/saat taze hava debili bir klima santralinin 1 yıl boyunca günde 12 saat çalıştığı düşünülerek yapılmıştır.

Tablo 3.1 Türkiye’de 4 il için ısı geri kazanım yıllık getirileri (Küçüka, 2005)

Bölge	Soğutma tasarım yükü, Isı geri kazanımsız/Isı geri kazanımlı	Isıtma tasarım yükü, Isı geri kazanımsız / Isı geri kazanımlı	IGK cihazı yıllık toplam soğutma kazancı	IGK cihazı yıllık toplam ısıtma kazancı
Ankara	81.5 kW (73.3 kW)	261 kW (228.9 kW)	1914 kW-saat	30612 kW-saat
Antalya	242.8 kW (229.2 kW)	185.7 kW (168.7 kW)	5640 kW-saat	12756 kW-saat
İstanbul	155.8 kW (148.6 kW)	215.9 kW (192.8 kW)	1392 kW-saat	25782 kW-saat
İzmir	155.1 kW (143.8 kW)	200.8 kW (180.7 kW)	5352 kW-saat	16398 kW-saat

Sonuç olarak ısı geri kazanımı kullanılması ile özellikle ısıtma uygulamalarında soğutma uygulamalarına göre toplam ısı kazancı daha fazla olmaktadır. Soğuk iklimlerde ısı geri kazanım cihazı kullanılmasının sıcak bölgelere göre daha etkili olduğu görülmektedir.

## BÖLÜM DÖRT

### ISI GERİ KAZANIM CİHAZLARININ YAPISI

Isı geri kazanım cihazları egzoz havasının ısı enerjisini taze havaya aktarır ve bu şekilde taze havanın ısıtma ve soğutma yönünden şartlandırılmasını sağlar. Aynı zamanda filtreleme yaptığı için iç ortam havasını temizler.

#### 4.1 Temel Isı Geri Kazanım Cihaz Ekipmanları

Bir ısı geri kazanım cihazı şu elemanlardan tamamını veya bir kısmını içerebilir.

- Taze ve Egzoz Hava Fanı
- Filtre
- Isı değiştirici
- Defrost mekanizması
- Dış şase
- Isı geri kazanım cihazı iç yalıtımı
- Yoğuşma olması durumu için tahliye kanalı
- Kontrol Ünitesi
- Sıcaklık Sensörü
- Fark Basınç şalteri
- Hava kanal ısıtıcısı
- Susturucu

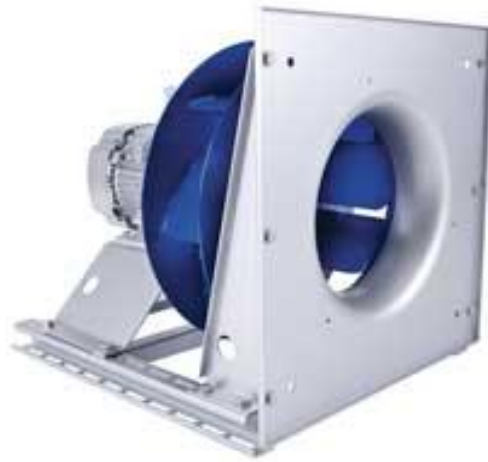
##### 4.1.1 Taze ve Egzoz Hava Fanı

Isı geri kazanım cihazı içerisinde genellikle emme ve basma taraflarında ayrı ayrı iki adet fan bulunur. Bunlardan birincisi taze hava tarafında, ikincisi ise egzoz havası tarafında bulunur. Bu fanlar, cihaz içi basınç kayıplarını karşıladıkları gibi, emme ve basma hatlarındaki kayıplar için ek basınç sağlayabilir.

Genelde kullanılan fan tipleri radyal fanlar, direk akuple hücreli fanlar (şekil 4.1) ve plug fanlardır (Şekil 4.2). Plug fanlar, radyal fanlara göre daha az enerji harcamaktadır (Alüminyum eşanjörlü tavan tipi ısı geri kazanım sistemleri, b.t).



Şekil 4.1 Direkt akuple radyal fan( Düşük basınçlı radyal fanlar, (b.t).  
23 Temmuz 2012, [http://www.makroteknik.com.tr/ kategori/ dusuk-basincli\\_radyal\\_fanlar](http://www.makroteknik.com.tr/kategori/dusuk-basincli-radyal-fanlar))



Şekil 4.2 Plug fan (Plug Fan, (b.t). 24 Temmuz 2012,  
[http://www.acrnews.com/news/news.asp?-id=1649 &title= Air+movement %3A+A+new+twist+in+the +fan +revolution](http://www.acrnews.com/news/news.asp?-id=1649&title=Air+movement+%3A+A+new+twist+in+the+fan+revolution))

Bakımında fan motoru için yağlama gerekip gerekmediğine bakılır. Genelde vakumlu süpürge tarzı bir temizleyici yeterlidir.

#### **4.1.2 Filtre**

Genelde taze hava temin kanalında bulunur. Ancak ısı değiştiricisini tıkanmadan korumak için egzoz havası tarafına da filtre yerleştirilebilir. Kullanılan filtre tipi sentetik ve metalik olabilir. Genelde sentetik elyaf filtreler kullanılır (şekil 4.3). G1, G2, G3, G4 diye adlandırılan değişik kalınlıkta ve hava direncine sahip tipleri mevcuttur (Rulo filtreler, (b.t). 18 Ağustos 2012, <http://www.havak.com/pdf/33.-pdf>).

Filtreler değişebilir tip ise 1-3 ay arasında değişimi gerekir. Yıkatabilir filtreler ise birkaç yıl kullanılabilir.



şekil 4.3 G3 tip sentetik elyaf filtre (Kaset Filtreler, (b.t). 21 Eylöl 2012, <http://www.havak.com/detay.asp?detay=52>)

### 4.1.3 Isı Değiştiriciler

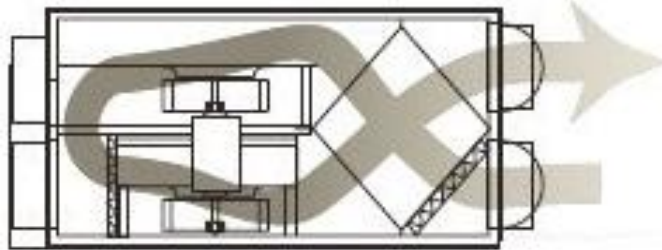
Isı geri kazanım cihazının temel elemanı havadan havaya ısı transferini sağlayan bir ısı değiştiricidir. Isı değiştiricinin selülozik yapılı olması durumunda nem transferi de yapabilirler. Genelde alüminyum malzemedir üretilirler. İki tipi mevcuttur. Bunlar reküperatif ve rejeneratif olarak ayrılır. Isı değiştiricileri (1.1) bölümünde, levhalı kanatlı ısı değiştiricileri (1.1.3.1) ve döner rejeneratif ısı değiştiriciler (1.1.4.1) 'de bahsedilmiştir. Bakımı genelde yılda iki kere yapılır.

### 4.1.4 Buz Çözme Mekanizması

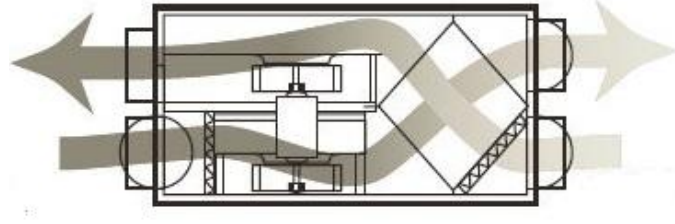
Buz çözme mekanizması, ısı değiştiricisini donmaya karşı korumada önemlidir. İç ortamdan sıcak ve nemli hava atılırken dış ortamdan gelen soğuk taze hava etkisiyle ısı değiştiricide donma oluşabilir. Genelde gelen taze havanın sıcaklığı  $-5^{\circ}\text{C}$  'den az olduğu zaman buz çözme uygulanır.

Buz çözme teknikleri ve önlemleri;

- Dış ortamdan gelen taze hava geçici olarak damperle durdurulur ve iç ortamdan atılan sıcak hava ısı değiştirici üzerinden geçirilir ve filtrelenip tekrardan içeri verilir. Böylece oluşan buz var ise erime gerçekleşir (Şekil 4.4.a).
- Gelen soğuk taze havayı ısıtmak için bir ön ısıtıcı konulur (Şekil 4.4.b)



Şekil 4.4.a Buz çözme durumunda havanın dolaşımı  
(Green building forum, 2010)



Şekil 4.4.b Ön ısıtıcılı buz çözme durumu (Green building forum, 2010)

#### **4.1.5 Dış Şase**

Isı geri kazanım cihazlarında dış şase için kullanımda malzeme sınırlaması olmamasına rağmen maliyet açısından uygunluğu sebebiyle genelde alüminyum ve galvaniz sac kullanılır.

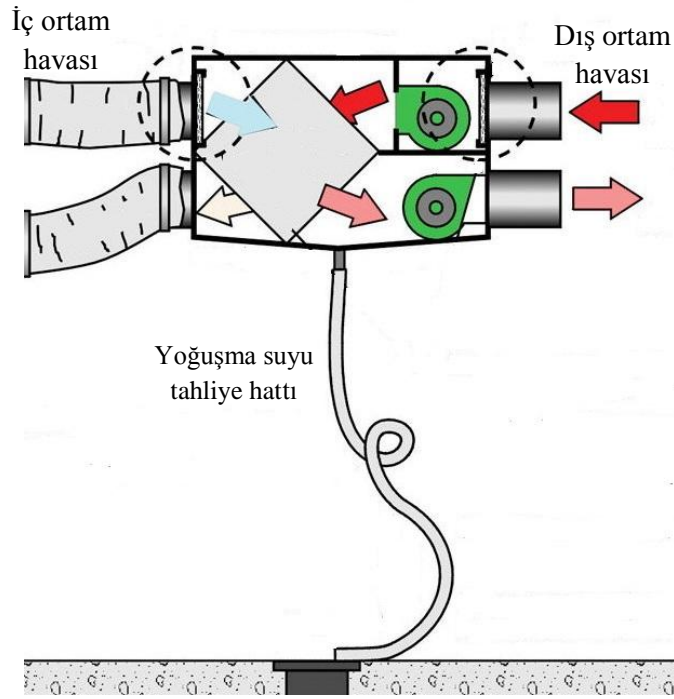
#### **4.1.6 Isı Geri Kazanım Cihazı İç Yalıtımı**

Isı geri kazanım cihazları iç yalıtımında genelde 25-30 mm kalınlıkta cam yünü veya taş yünü kullanılır. Isı geri kazanım cihazlarında iç yalıtım kullanılması ile hem iç ortama istenmeyen ısı transferi önlenir hem de ısı değiştirici üzerinde gerçekleşmesi beklenen ısı transfer miktarına yaklaşılmış olur. Cam yünü ısıl iletkenlik değeri 0,042 W/m.K iken, taş yünü ısıl iletkenlik değeri 0,040 W/m.K'dir (TS EN 825, 2008).

#### **4.1.7 Yoğuşma Olması Durumu İçin Tahliye Kanalı**

İç ortamdaki sıcak ve nemli havanın dış ortamdaki soğuk ve kuru hava ile ısı değiştiricide karşılaşmasında iç ortam havasındaki nem yoğuşur. Aynı zamanda iç ortam havası çok nemli olmasa bile dış ortam havasının çok soğuk olması durumunda (dış ortam havası  $< -2^{\circ}\text{C}$ ), ısı geri kazanım cihazı ısı değiştiricisi üzerinden geçen hava soğuyarak yoğuşmaya sebep olabilir. Isı geri kazanım cihazlarında bu oluşan atık suyu tahliye etmek için kanal bulunur (Şekil 4.5).

Bakımı genelde yılda iki yada üç kere yapılmalıdır. Kanala sıcak su dökülerek tıkalı olup olmadığı kontrol edilebilir. Tıkalı ise ince bir tel yardımı ile açılabilir.



Şekil 4.5 Isı geri kazanım cihazında yoğuşma suyu tahliye sistemi

#### 4.1.8 Kontrol Ünitesi

Isı geri kazanım cihazı kontrol ünitelerinde genel olarak açma kapama fonksiyonu, temiz hava fan devir ayarı, egzoz havası fan devir ayarı, sıcaklık ayarı, ek olarak bir elektrikli ısıtıcı var ise onun kullanma fonksiyonu bulunur. Ayrıca çeşitli uyarılarda bulunabilir. Bunlar; filtre kirliliği uyarı bildirimi, yoğuşma tahliye hattı tıkalı uyarılarıdır.

#### 4.1.9 Sıcaklık Sensörü

Isı geri kazanım cihazlarında kontrol sistemi algoritmasına bağlı olarak farklı yerlerde sıcaklık sensörleri bulunur. Bunlar ntc yada ptc tip sensörler olabilir. Ntc sensörlerin sıcaklık artması ile dirençleri azalır, ptc sensörlerin ise sıcaklık artışı ile dirençleri artar.

#### 4.1.10 Fark Basınç Şalteri

Fark basınç şalteri, bağlantısı yapılan iki nokta arasında basınç farkını okur (Şekil 4.6). Basınç farkına göre sistemde seri bağlı olduğu elemana yol verir. Elektriksel uçları kontrol kartına bağlanır. Ucunda iki hortumlu ucu vardır. Havanın akışını algılamak için bunları kullanır. Eğer ki havanın akışını hissetmez ise kontrol kartına sinyal vererek ya hata kodu oluşmasına yada cihazın durmasına yol açar. Isı geri kazanım cihazlarında genelde ek ısıtıcı gücünü kesip yangın oluşabilecek yangın riskini ortadan kaldırmak için kullanılırlar (HSK, 2011). Havanın akışını hissetmemesi için olabilecek muhtemel durumlar şöyledir.

- Fan motoru arıza yapmış olabilir.
- Fanın üfleme yada emme kanallarında tıkanıklık nedeniyle fan işlev göremiyor olabilir.
- Elektrik bağlantılarında kısa devre yada açık devre vardır.
- Hava basınç şalterinin hava hortumlarında kaçak vardır yada bağlanmamıştır.



Şekil 4.6 Hava basınç şalteri (Honeywell, Product data and installation instruction, differential pressure switches DPS series, 2007)

#### 4.1.11 Hava Kanal Isıtıcısı

Özellikle çok soğuk havalarda iç ortamdaki sıcak havanın taze hava ile yenilenmesi istendiğinde taze havanın çok soğuk olması iç ortama ister istemez bir ısı yükü doğurur. İç ortam havası taze hava ile yer değiştirirken iç ortamda oluşan ısıtma yükünü karşılamak için ek bir elektrikli ısıtıcı gerekir. Bu elektrikli ısıtıcı; taze hava emiş kanallarında ısı değiştiricide buzlanmayı önleme amacı ile, basma kanallarında ise ısıtma yüküne destek vermek amaçlı kullanılabilir. Kontrol üniteleri ile birlikte çalışarak dış ortam sıcaklığına göre çalışma kademeleri otomatik düzenlenir. Bazı cihaz modellerinde ise elle kumanda ederek ısıtıcı kademelerini ayarlama imkanı vardır.

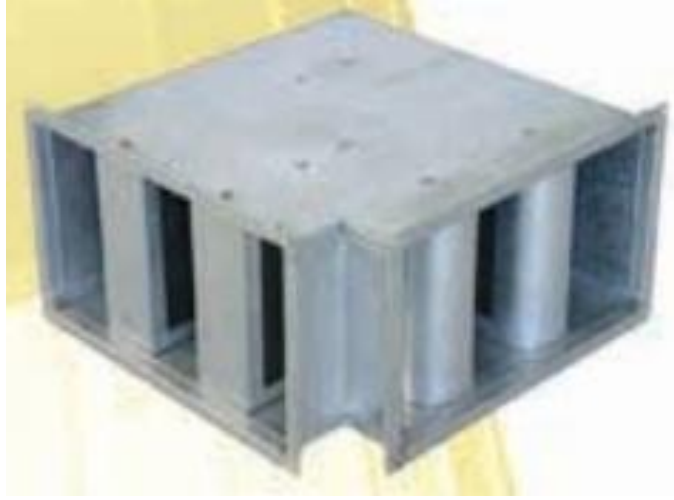
Isı geri kazanım cihazının boru bağlantı tipinin dairesel yada dikdörtgen olmasına göre hava kanal ısıtıcısı dikdörtgen yada dairesel olabilir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Dikdörtgen kanal tipi elektrikli ısıtıcı (Kanal tipi elektrikli ısıtıcı, (b.t). 31 Temmuz 2012 , <http://www.teknogenvac.com/ProductDetail.aspx>)

#### 4.1.12 Susturucu

Isı geri kazanım cihazlarına bağlanabilen susturucular çevresinde cam yünü veya taş yünü içeren kanallardır. Bu kanallar fanların hava emiş veya hava basma sırasındaki çıkardıkları sesleri sönümlemede kullanılır. Isı geri kazanım cihazı kanal tipine bağlı olarak susturucular dairesel yada dikdörtgen olabilir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Dikdörtgen kanal tipi susturucu (Kanal tipi susturucular, (2010). *Venco Havalandırma ve Makine San. A.Ş. ürün kataloğu*, 24 Ağustos 2012)

## BÖLÜM BEŞ

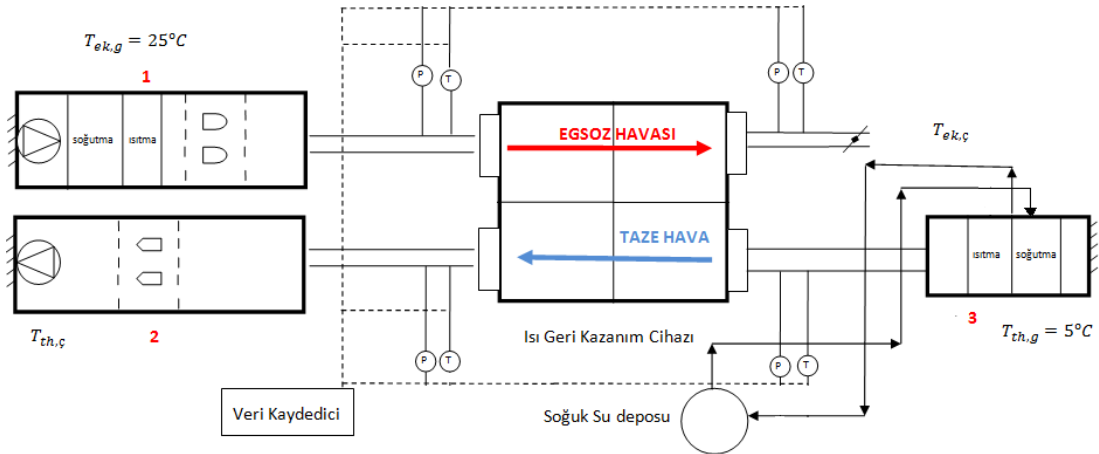
### TEST DÜZENEĞİ

TS EN 308 standardına göre, ısı geri kazanım cihazının iç ortam egzoz havasından dış ortam taze havasına ısı aktarım kapasitesinin ölçülmesi istenmektedir. Oluşturulan test düzeneği, belirli sıcaklık ve debideki havanın, iç ortam havasını temsilen ısı geri kazanım cihazının egzoz havası tarafından, dış ortam havasını temsilen belli sıcaklık ve debideki havanın ise ısı geri kazanım cihazının taze hava tarafından geçirilerek, ısı transfer miktarının tanımlanan standart koşullarında belirlenmesine yöneliktir. Test prosedürü sonraki bölümde anlatılmış olup, bu bölümde test düzeneği detayları verilmektedir. Şekil 5.1’de test düzeneği gösterilmiştir.



Şekil 5.1 TS EN 308 test düzeneğinin kurulmuş hali

Test düzeneği ana şeması Şekil 5.2’de verilmiştir. Test düzeneği esas olarak 3 ana ünitelerden oluşur. Bu ünitelerin her biri bölüm 5.1, 5.2 ve 5.3’te tanıtılmıştır.



Şekil 5.2 TS EN 308 test düzeneği şeması

### 5.1 “1” Numaralı Test Ünitesi

Egzoz havasını (iç ortam havası) temsil etmek üzere istenilen sıcaklık ve debide hava akışını sağlayabilmek için tasarlanmıştır.

“1” numaralı test ünitesi;

- Isıtıcı rezistans
- Soğutucu batarya
- Fan
- Difüzör
- Debi ölçüm plakası

elemanlarını içerir (Şekil 5.3).

TS EN 308 standardına göre egzoz havası girişinde hava sıcaklığının  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  olması gerekmektedir. İç ortam sıcaklığının bu şartı sağlayamadığı test zamanlarında  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  sıcaklığın sağlanabilmesi için ısıtıcı rezistans ve soğutucu batarya düzeneğe yerleştirilmiştir. Soğutucu batarya aynı zamanda egzoz havasının önce soğutulup sonra ısıtılarak neminin alınması işlemi için de kullanılabilir.

TS EN 308 standardına göre egzoz havası girişinde hava sıcaklığının 25°C olması gerekmektedir. İç ortam sıcaklığının bu şartı sağlayamadığı test zamanlarında 25°C sıcaklığın sağlanabilmesi için ısıtıcı rezistans ve soğutucu batarya düzeneğe yerleştirilmiştir. Soğutucu batarya aynı zamanda egzoz havasının önce soğutulup sonra ısıtılarak neminin alınması işlemi için de kullanılabilir.



Şekil 5.3 "1" Numaralı test ünite şeması

## 5.2 "2" Numaralı Test Ünitesi

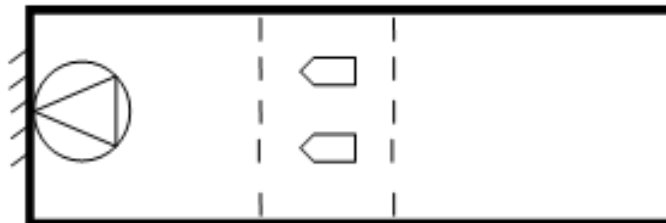
Taze hava tarafının (dış ortam havası) debisini ölçmek için ısı geri kazanım cihazının taze hava çıkış kısmına konumlandırılmıştır.

"2" numaralı test ünitesi;

- Fan
- Difüzör
- Debi ölçüm plakası

elemanlarını içerir (Şekil 5.4).

Taze hava çıkışı, iç ortama yapılan üfleme bölümünü temsil etmektedir. Testlerde bu bölümden sadece debi ölçümü yapılmıştır.



Şekil 5.4 "2" Numaralı test ünite şeması

### 5.3 “3” Numaralı Test Ünitesi

Isı geri kazanım cihazına gönderilen taze havanın istenilen sıcaklığa getirilmesi için tasarlanmıştır.

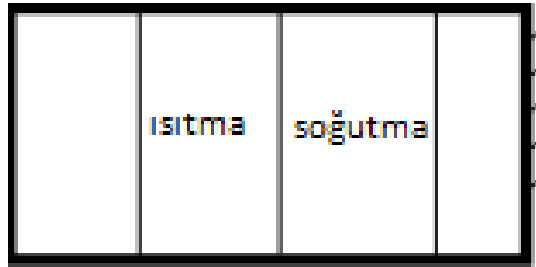
“3” numaralı test düzeneği;

- Isıtıcı rezistans
- Soğutucu batarya

elemanlarını içerir (Şekil 5.5).

TS EN 308 standardına göre taze hava girişinde hava sıcaklığının 5 °C olması istenmektedir. Test için gereken taze hava giriş sıcaklığını 5 °C’ ye şartlandırabilmek için ısıtıcı rezistans ve soğutucu batarya test düzeneğine yerleştirilmiştir.

“2” ve “3” numaralı test düzenekleri aynı hat (taze hava hattı) üzerinde bulunmasına rağmen tek bir düzenek olarak üretilmemesinin nedeni, TS EN 308 standardına göre debi ölçümünün taze hava çıkışında yapılması gerektiği içindir.



Şekil 5.5 “3” Numaralı test düzeneği şeması

### 5.4 Test Düzeneği Elemanları

Test ünitelerini oluşturan elemanlar ve test düzeneğinin diğer ekipmanları aşağıda listelenmiştir.

- Isıtıcı rezistans
- Soğutucu batarya

- Hava Debi ölçüm plakaları
- Sıcaklık ve basınç ölçüm noktaları
- Difüzör
- Fan
- Hava Kanalları
- Basınç ölçer
- Sıcaklık Ölçer
- Isı geri kazanım cihazı
- Soğuk Su Deposu
- Veri kaydedici ve bilgisayar
- Damperler

#### **5.4.1 Isıtıcı Rezistans**

Test ortamında egzoz havası giriş sıcaklığının TS EN 308 standardına göre 25°C olması istendiğinden test ünitesi içine elektrikli ısıtıcı konulmuştur. “1” ve “3” numaralı test ünitelerinin her birinde 3 adet, 3 KW kapasiteli kuru tip rezistans bulunur. “3” numaralı taze hava ünitesinde taze hava için istenilen sıcaklık kriteri 5 °C olduğu için normalde kullanılmamaktadır.

Kontrol panosuna bağlanan sigortalar sayesinde elektrikli ısıtıcıların açma kapama kontrolü yapılır. Bu açma kapama kontrolü şu şekilde yapılır. Analog girişten gelen bilgi seviyesine göre ısıtıcı rezistanslara zaman aralıklarıyla çıkış verilir. Zaman aralığı 60 saniye üzerinden hesaplanmaktadır. Analog giriş 2 V DC düzeyinde ise cihaz 12 saniye çalışacak, 48 saniye duracaktır. 5 V DC düzeyinde ise 30 saniye çalışacak, 30 saniye duracaktır.

#### **5.4.2 Soğutucu Batarya**

Test şartlarında taze hava girişi için TS EN 308 standardına göre 5°C hava sıcaklığı istendiği için havanın soğutulması gerekir. Alttaki borudan soğuk su girişi gerçekleşir. Üstteki borudan ise dolaşan su çıkış yapar. Serpantinli soğutucular

“FRITERM 25X22-3/8 C S 26T 6R 600A 2,1P 19 NC” dir. Her bir serpantinli hava soğutucu 34 KW soğutma kapasitesine sahiptir.

#### 5.4.3 Hava Debisi Ölçüm Plakaları

Lüleler, kanal içinde geçen akışkanda basınç farkı yaratarak akışkan debisinin ölçülmesini sağlayan elemanlardır. Lülelerde hava debisi ölçümünde çıkış ağzında 3000 fpm (15 m/s) altında hızlarda reynolds sayısına bağlı lüle akışı düzeltme katsayısının (Tablo 5.1), 7000 fpm (35 m/s) üzerinde hızlarda ise akışın sıkıştırılabilirliğinin göz önüne alınması gerektiği belirtilmiştir (Ashrae 116, 2010). Dolayısı ile düzeltme faktörü uygulanmaması halinde, lüle çıkış hızı verilen aralıkta kalmalıdır. Tasarımı yapılan lüleler için düzeltme katsayısı uygulanmamıştır.

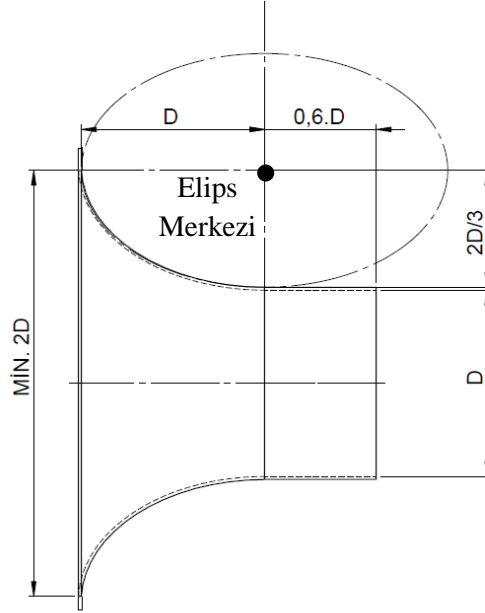
Tablo 5.1 Reynold sayısına bağlı olarak düzeltme katsayıları (Ashrae 116, 2010)

Reynold Sayısı	Düzeltilme Katsayısı
50,000	0.97
100,000	0.98
150,000	0.98
200,000	0.99
250,000	0.99
300,000	0.99
400,000	0.99
500,000	0.99

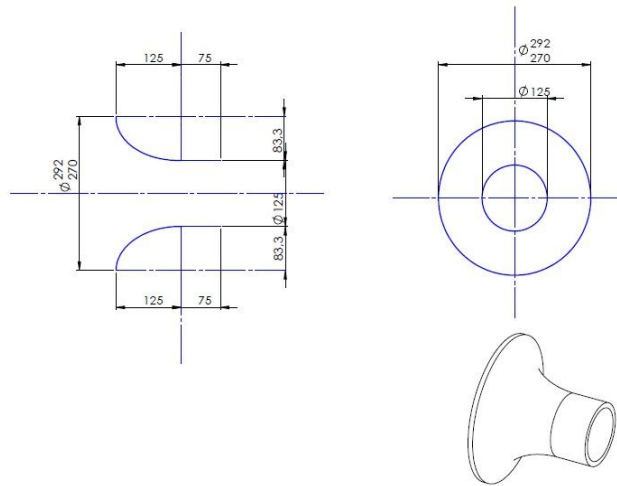
Tasarımda 4 adet 125 mm çapında lüle kullanılmıştır. Tek lülenin açık kalması ile çıkış kesitindeki minimum hız sınırına göre hesaplanan en düşük debi 224,5 m<sup>3</sup>/saat'tir. 4 adet lülenin açık kalması durumunda ise en yüksek debi 3000 m<sup>3</sup>/saat'tir.

TS EN 308 standardına göre testler, ısı geri kazanım cihazı anma debisinin 0,67 katı ile 1,5 katı arasında yapılacağı için, tasarımı yapılan test düzeneği 350 m<sup>3</sup>/saat ile 2000 m<sup>3</sup>/saat kapasiteleri arasında cihazların testleri için uygun olacaktır.

Lülelerin tasarımı Şekil 5.6' da verilen çizime göre düzenlendi. Düzenlenen lülelerin ölçüleri Şekil 5.7'de verilmiştir.



Şekil 5.6 Ashrae standardına göre lüle (Ansi/Ashrae Standard 116, 2010)



Şekil 5.7 TS EN 308 test düzeneği için yapılan lüle tasarımı

Lülelerin ölçüm plakası üzerinde montajlı durumu şekil 5.8'de görülmektedir. Lülelerin hava giriş tarafında düşük hava debi ölçümlerini yapabilmek için contalı

kapama sacları mevcuttur. Kapama sacları sayesinde istenen hava debi ölçüm aralığına göre açık-kapalı lüle sayısı ayarlanabilir.

Lülelerde ölçülen basınç farkına göre hava debisi hesabı bölüm 5.4.4'te verilmiştir.



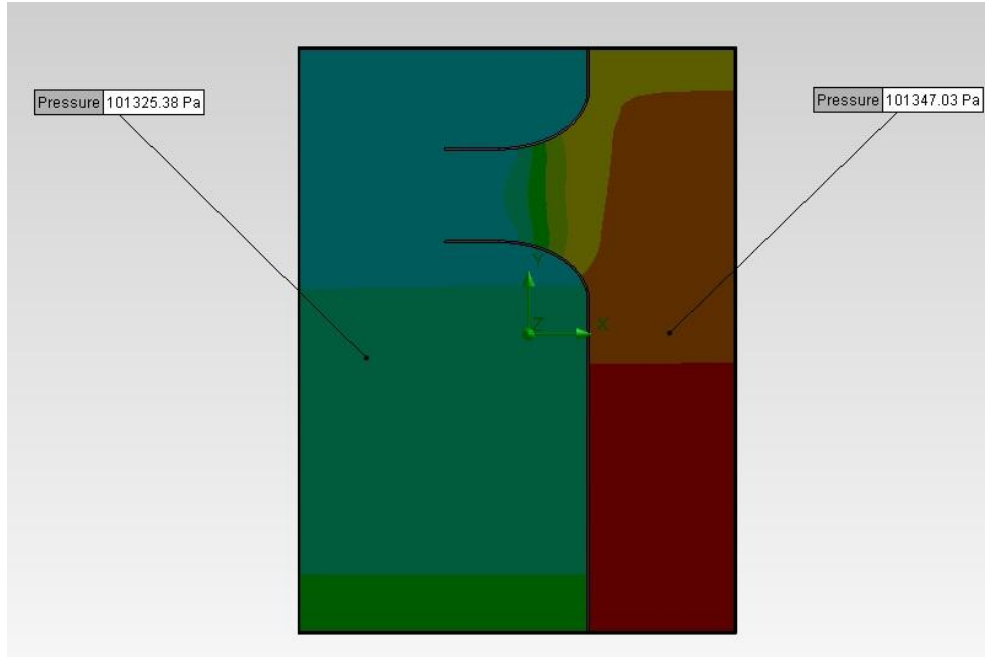
Şekil 5.8 Montajlı haldeki lüleler

#### *5.4.3.1 Lülelerdeki Hava Akışının Simülasyonu*

Hava akışının ölçüm düzeneğindeki lülelerden geçişini gözlemlemek ve basınç farkı debi ilişkisini incelemek için “SolidWorks Flow Simulation” programı

kullanılarak akış analizi yapılmıştır. Bu akış analizi için 4 adet lüle içeren ölçüm plakasının alttaki plakaları kapatılmış, üstteki 2 adet plaka açık bırakılmıştır.

TS EN 308 testlerinde basınç farkına göre debi belirlenecektir. Bu simülasyonda ölçüm düzeneğine 525 m<sup>3</sup>/saat'lik debide hava gönderilerek debilerdeki basınç farkı incelenmiş, bir anlamda sondan başa kontrol yapılmıştır.



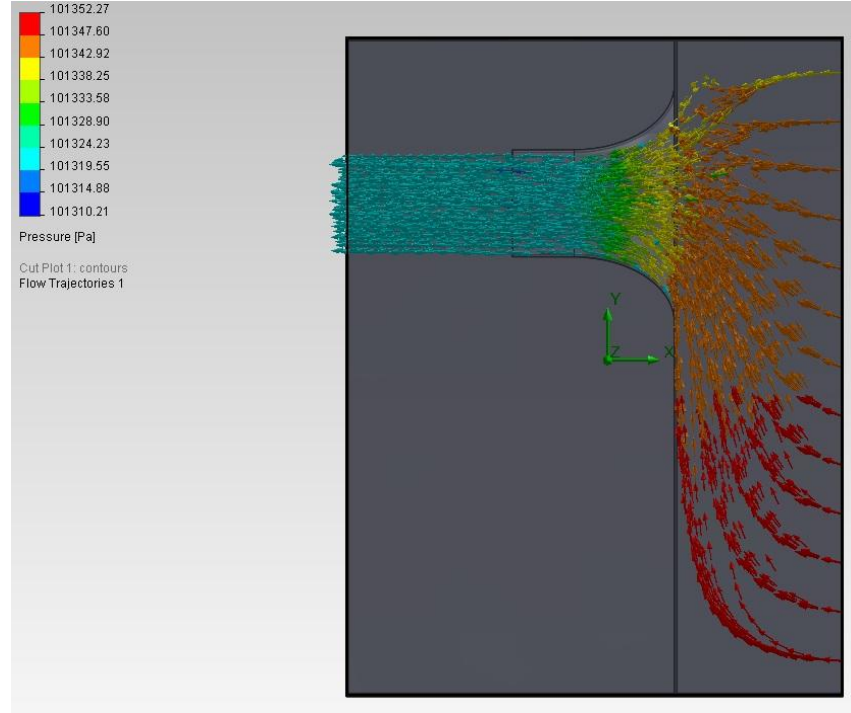
Şekil 5.9 Lüle önce ve sonrasında okunan basınçlar

Şekil 5.9'dan görüleceği üzere lüle girişinde basınç 101347 Pa, lüle çıkışında basınç 101325,38 Pa'dır. Basınç farkı 21,62 Pa olarak bulunmuştur. Halbuki bölüm 5.4.4'teki (5.8) formülüne göre, 0,0245 m<sup>2</sup> toplam lüle kesit alanı, 1,226 kg/m<sup>3</sup> hava yoğunluğu ve 21,62 Pa basınç farkı için hava debisi 524,7 m<sup>3</sup>/saat olarak hesaplanır.

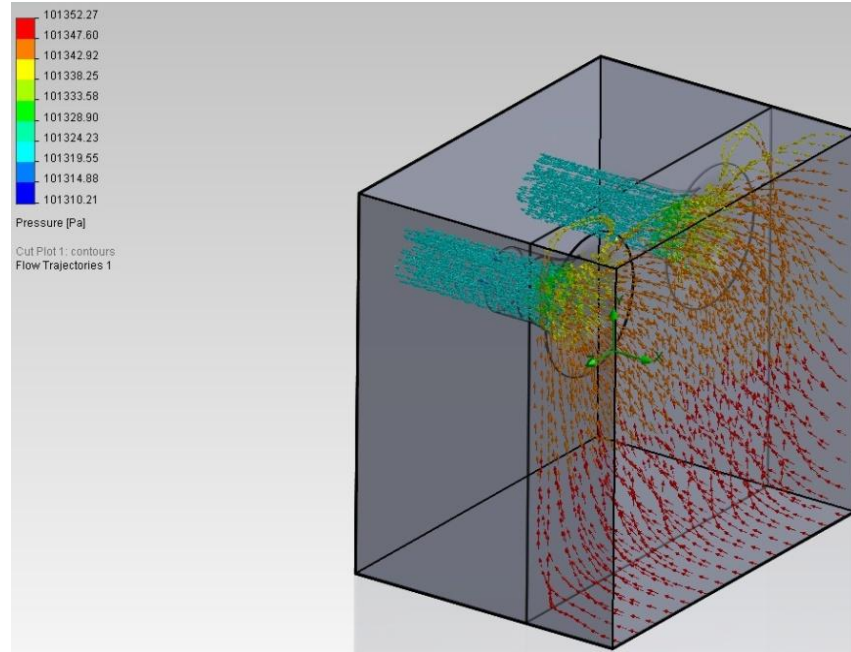
Gerçek hava debisi : 525 m<sup>3</sup>/saat

Simülasyonda belirlenen hava basınç farkına göre debi : 524,7 m<sup>3</sup>/saat

İki sonuç arasındaki yakınlık (%) : 0,057 olarak belirlenmiştir.

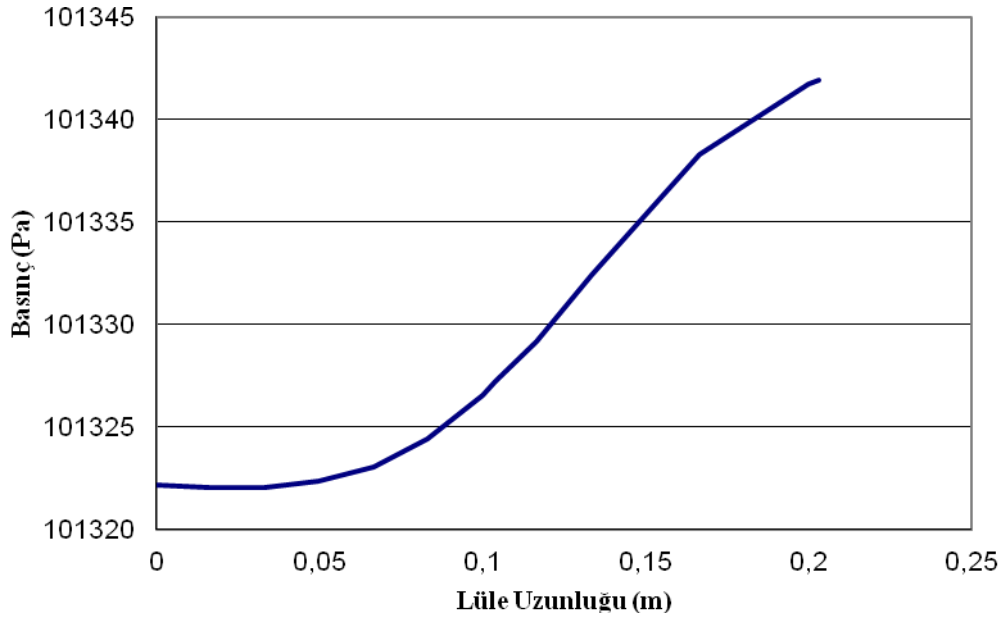


Şekil 5.10 Lüle üzerinde geçen havanın akış çizgileri



Şekil 5.11 Lüle üzerinde geçen havanın akış çizgileri (3D)

Şekil 5.10 ve Şekil 5.11’de lüle plakalarındaki akış çizgileri görülmektedir. Lüle eksenine boyunca akış yönünde basıncın değişimi Şekil 5.12’de gösterilmiştir.



Şekil 5.12 Lüle eksenine boyunca basınç dağılımı

#### 5.4.4 Basınç ve Sıcaklık Ölçüm Noktaları

Test düzeneğinde, ısı geri kazanım cihazının taze hava ve egzoz havası giriş-çıkış uçlarında sıcaklık ve basınç ölçümü için ölçüm noktaları bulunur. Ölçülen sıcaklıklar veri kaydedici aracılığıyla bilgisayarda kayıt altına alınır. Ayrıca ölçüm plakasının yerleştirildiği ölçüm ünitesi kanalı üst yüzeyinde, ölçüm plakasının önüne ve arkasına gelecek şekilde her bir ölçüm plakası için 2 adet basınç ölçüm noktası (prizi) tesis edilmiştir (Şekil 5.13). Bu basınç ölçüm noktalarında oluşan giriş-çıkış basınç farkına göre lülelerden geçen debi miktarı belirlenir. Lülelerde basınç farkına göre debi miktarı şöyle hesaplanır:

Öncelikle o anda hava kanalından geçen havanın yoğunluğu bulunur.

$$P.V = m.R.T \quad (5.1)$$

Burada yoğunluk denklemden çekilirse;

$$\rho = P/R.T \quad (5.2)$$

Diferansiyel basınç ölçerden ölçülen basınç farkına göre lüle çıkış kesitindeki hava hızı bulunur.

$$\Delta P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \quad (5.3)$$

$$V = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \quad (5.4)$$

A, lüle boğaz kesit alanı 5.5 bağıntısı ile verilir.

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (5.5)$$

Buna göre toplam hava debisi,

$$\tilde{V} = n \cdot A \cdot V \cdot 3600 \quad (5.6)$$

Burada “n” açık olan lüle sayısıdır.



Şekil 5.13 Lülelerin üzerindeki basınç ölçüm noktaları

#### 5.4.5 Difüzör

Test düzeneklerinde hava debisi ölçümü için hava akışının lülelere orantılı gelmesi gerekir. Ashrae-116 standardına göre lüle plakasının önünde en az 2,5D,

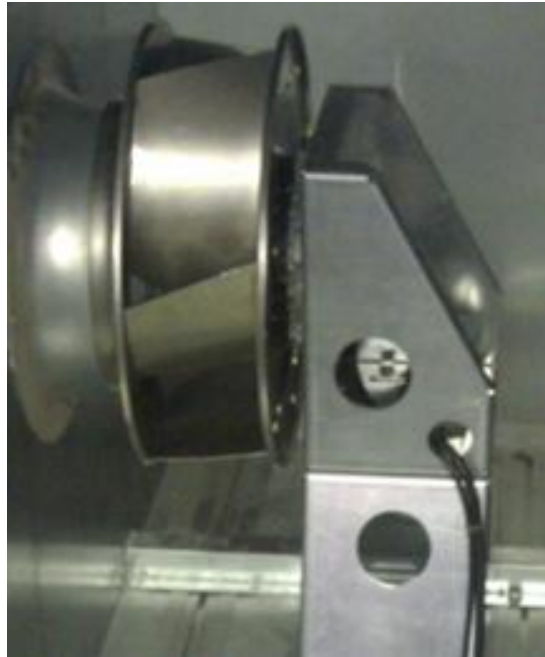




Şekil 5.16 Difüzör plaka yerleşimi

#### **5.4.6 Fan**

Test düzeneğinde iki adet fan bulunmaktadır. Bunlar EBMPAPST marka EC santrifüj tip fanlardır. Birincisi “1” numaralı test ünitesinde basma görevi yaparak çalışırken (Şekil 5.17), ikincisi “2” numaralı test ünitesinde taze hava emişini sağlamaktadır.



Şekil 5.17 “1” Test üniteleri fanları

#### **5.4.7 Hava Kanalları**

Test üniteleri ile ısı geri kazanım cihazı arasında, ısı geri kazanım cihazı emme ve basma ağızlarına uygun olarak iç çapı 150 mm olan toplam 4 adet hava kanalı kullanılmıştır. Bu hava kanalları ısı kaybına karşı izole edilmiştir.

#### **5.4.8 Basınç Ölçer**

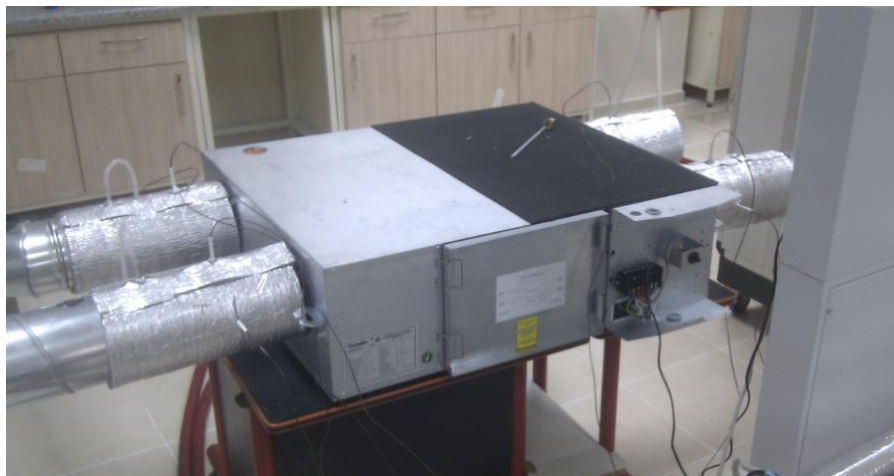
“1” ve “2” numaralı test ünitelerinde lülelerin olduğu kısımlardan ve hava kanallarının üzerindeki noktalardan basınç ölçümü yapılmaktadır. Basınç ölçümü için KİMO MP-200P dijital fark basınç ölçer kullanılmıştır.

#### **5.4.9 Sıcaklık Ölçer**

Hazırlanan test düzeneğinde ölçüm noktalarından sıcaklık ölçümü yapabilmek için T tipi ısı çiftleri kullanılır. Isıl çiftlerden ölçülen sıcaklıklar veri kaydedici üzerinde okunabilir ve bilgisayara aktarılabilir.

#### **5.4.10 Isı Geri Kazanım Cihazı**

Test düzeneğinde kullanılan lülelerin sayısı ve çapı düşünüldüğünde cihazların test aralığı 200 m<sup>3</sup>/saat - 2000 m<sup>3</sup>/saat arasındadır. Testini yaptığımız cihazın nominal hava debisi 350 m<sup>3</sup>/saat'dir (Şekil 5.18).



Şekil 5.18 Testi yapılan ısı geri kazanım cihazı

#### **5.4.11 Damper**

Isı geri kazanım ünitesi taze hava çıkış ağzında istenilen basınç değerinin sağlanabilmesi için çıkış ağzı önündeki kanalın üzerinde bir basınç ve debi ayar damperi bulunması gerekmektedir. Bu çalışma, damper tesis edilmeden yapılmış ve hava çıkış basıncı atmosfer basıncında kalmıştır.

#### **5.4.12 Soğuk Su Deposu**

TS EN 308 standardına göre taze hava girişinde hava sıcaklığının 5°C olması istenmektedir. Laboratuvar şartlarında ortam sıcaklığı 5°C sıcaklıklara kadar düşmeyeceği için taze hava kısmında soğutma uygulanması gerekir. Bu soğutmanın yapılabilmesi için laboratuvardaki mevcut soğuk su üretim ünitesi kullanılmıştır. Söz konusu üniteye yaklaşık 400 lt hacminde bir soğuk su ve buz depolama tankı bulunmakta, soğutma ünitesinde soğutulan glikollü su serpantin borularında dolaştırılarak tanktaki suyun soğuması veya buz oluşması sağlanmaktadır. Yapılan testlerde, tanktan çekilen soğuk su “3” numaralı test ünitesindeki serpantinine gönderilerek serpantin üzerinden geçirilen taze havanın ısı geri kazanım cihazına giriş sıcaklığı istenilen standard değerinde tutulmuştur.

Ayrıca ısı değiştirici üzerinde çığlenme olmasının önlenmesi amacıyla egzoz havası girişinde yağ termometre sıcaklığının 14°C’yi aşmaması istenmektedir. Bu nedenle egzoz havası emiş tarafındaki rezistanslı ısıtıcı öncesi ön soğutma ve nem alma işlemi yapılması gerekebilir. Bu ön soğutma işleminde içerisinde su buharı bulunan egzoz havası, çığlenme noktası sıcaklığına kadar düşürülerek içerisindeki su buharının damlalar halinde havadan ayrılması sağlanır. Bu çalışmada egzoz havası tarafında ön soğutma işlemi uygulanmamıştır.

## BÖLÜM ALTI

### TS EN 308 TEST PROSEDÜRÜ

TS EN 308 standardı havadan havaya atık gazlardan ısı kazanım cihazlarının laboratuvar testlerini kapsamaktadır. Bu standardın uygulandığı ısı değiştirici kategorileri;

Kategori I: Reküperatörler (Havadan havaya ısı transferinin bir ısı değiştirici üzerinden gerçekleştiği cihazlar).

Kategori II: Yardımcı bir ısı transfer akışkanı kullanılan cihazlar (Isı borulu ve su dolaşım serpantinli cihazlar).

Kategori III: Rejeneratörler (Isının bir kütle üzerinde depolanıp daha sonra soğuk akışkana aktarıldığı cihazlar).

Standart, genel olarak bu cihazlardaki,

- Dış hava kaçağını (cihazdan çevreye olan sızıntı),
- İ kaçağı (cihaz içinde egzoz havası tarafından taze hava tarafına doğru olan hava kaçağını),
- Taze hava tarafı sıcaklık ve nemlerinin oransal değişimini,
- Egzoz ve taze hava taraflarındaki basınç düşümlerini

belirlemeye yöneliktir. İlk iki maddede belirtilen kaçak testleri için cihaz basınçlandırılıp, basınç altında cihazdan çevreye ve egzoz havası tarafından taze hava tarafına doğru olan hava kaçakları ölçülür. Bu çalışmada ise, Kategori I cihazları için oran testleri ile ilgili test düzeneğinin tasarım ve ölçüm çalışmaları yapılmıştır. Oran testleri, havanın ısı geri kazanım cihazından geçerken sıcaklık değişim oranına bağlı olarak ısı veriminin hesaplanmasına yönelik testlerdir (TS EN 308, 1997)

### 6.1 Sıcaklık ve Nem Oran Testi

Test şartlarına göre taze hava girişi 5°C, egzoz havası girişi 25°C ve yaş termometre sıcaklığı 14°C ‘den küçük olmalıdır.

Sıcaklık oranı;

$$\eta_t = \frac{T_{th,\zeta} - T_{th,g}}{T_{ek,g} - T_{th,g}} \quad (6.2)$$

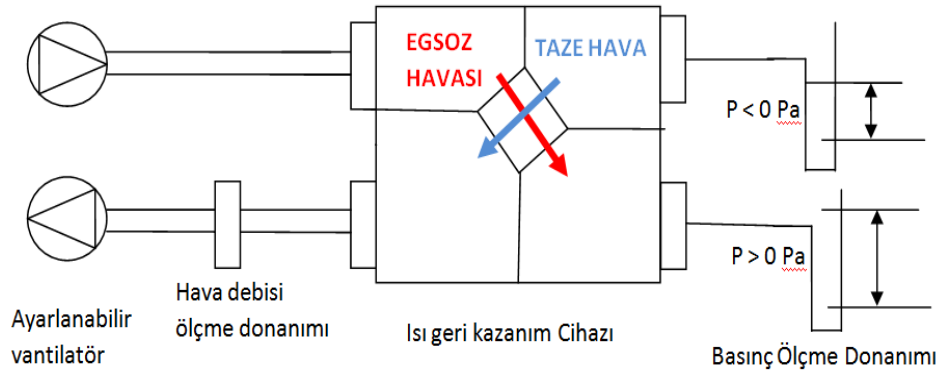
Nem oranı;

$$\eta_x = \frac{x_{th,\zeta} - x_{th,g}}{x_{ek,g} - x_{th,g}} \quad (6.3)$$

Testler 0-20 Pa statik basınç farkında yapılacaktır. Taze hava tarafı, egzoz kaçaklarının taze hava tarafına olmasını önlemek için yüksek basınçta olacaktır. Testini yaptığımız cihazda nem transferi olmadığı için nem oranı testleri yapılmamıştır.

### 6.2 İç Kaçak Testi

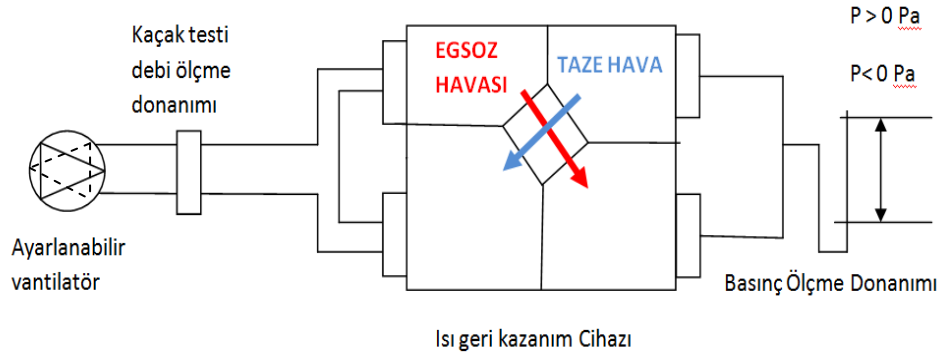
Cihazın diğer kısımları kapatılarak, taze hava ve egzoz havası kısımlarına ayrı fan bağlanarak test yapılır. Egzoz havası tarafı 250 Pa basınçta tutulur iken taze hava tarafı 0 Pa basınçta tutulur (Şekil 6.1). Egzoz havası tarafında yüksek basınç oluşturmada amaç, olası taze hava tarafına doğru olan kaçağı belirlemektir.



Şekil 6.1 TS EN 308 İç kaçak belirleme şeması

### 6.3 Dış Kaçak Testi

Taze hava ve egzoz havası tarafları birleştirilerek ucuna tek fan bağlanır. Diğer çıkışlar tıkanır.  $\pm 400 \text{ Pa}$ 'lık pozitif ve negatif basınç için kaçak testi yapılır. Amaç cihaz dışına sızıntı olup olmadığını belirlemektir (Şekil 6.2).



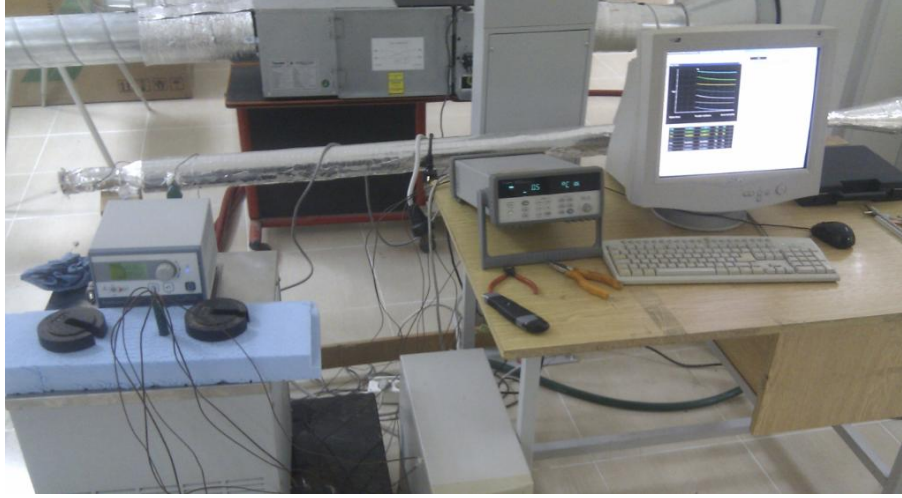
Şekil 6.2 TS EN 308 Dış kaçak belirleme şeması

Bu çalışmada iç ve dış kaçak testleri yapılmamıştır.

## BÖLÜM YEDİ

### TESTLER

Taze hava ve egzoz havası kısımlarında anma debisinin çeşitli kombinasyonları için toplam 7 adet test yapılmıştır. Testlerden önce ısı çiftlerinin kalibrasyonu yapılmıştır. Isıl çiftlerin kalibrasyonu için PolyScience marka su banyosu kullanılmıştır (Şekil 7.1). PT100 sensörü kullanarak 0,01 °C hassasiyetle ölçüm yapabilen su banyosunun gösterdiği ölçüp gösterdiği sıcaklık referans sıcaklık olarak kabul edilir. Isıl çiftlerin kalibrasyonunun yapılması ve kalibrasyon sonuçlarına göre ölçüm sıcaklıklarının düzeltilmesinin örnek hesabı aşağıda yapılmaktadır.



Şekil 7.1 Isıl çift kalibrasyon düzeneği

Isıl çiftler 5 °C, 10 °C, 20 °C, 30 °C referans sıcaklıklar için su banyosuna daldırılmış ve ısı çift sıcaklıkları banyo sıcaklığı ile karşılaştırılmıştır.

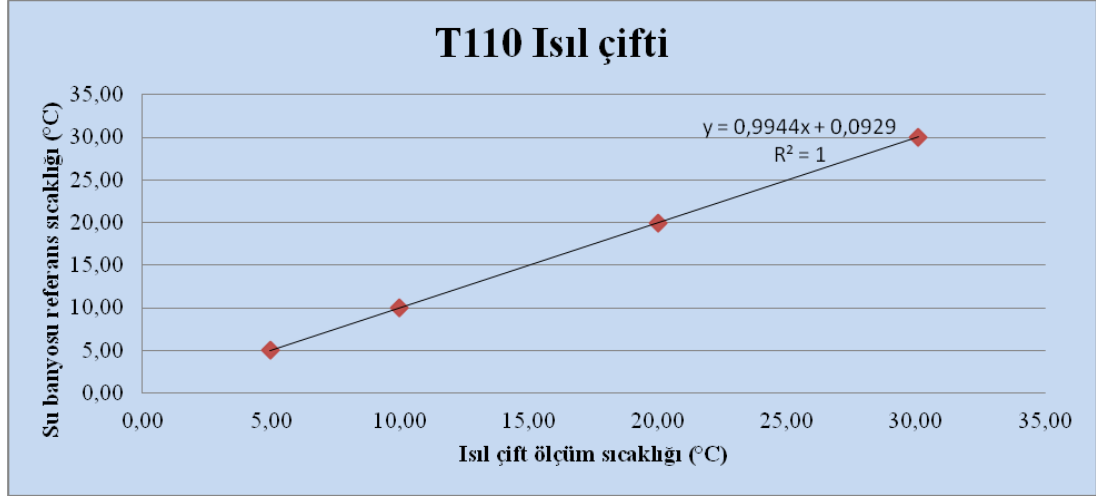
T 110 (taze giriş havası ısı çifti) kalibrasyonu :

Tablo 7.1 'de T110 ısı çiftinin su banyosu içerisinde 4 farklı referans sıcaklık değeri için ölçüm değerleri mevcuttur.

Tablo 7.1 T110 Isıl çifti kalibrasyon değerleri tablosu

	Ölçüm Sıcaklığı (°C)	Su Banyosu Referans Sıcaklığı (°C)
<b>T110 ısı çifti</b>	4,94	5
	9,96	10
	20,01	20
	30,08	30

Bu ölçüm değerleri ile referans sıcaklık değerleri Şekil 7.2’de grafiğe yansıtılarak eğim çizgisi çizdirilmiştir.



Şekil 7.2 T110 Isıl çiftinin kalibrasyon sıcaklık eğrisi

Çizdirilen eğim çizgisinin denklemi;

$$Y=0,9994.x+0,0929 \quad (7.1)$$

(7.1) ‘deki denklem kullanılarak T110 ısı çiftinin düzeltilmesi yapılmıştır. Örneğin 6 °C olarak ölçülen T110 ısı çift sıcaklığının düzeltilmiş değeri;

$$Y = 0,9994.(6) + 0,0929 \quad (7.2)$$

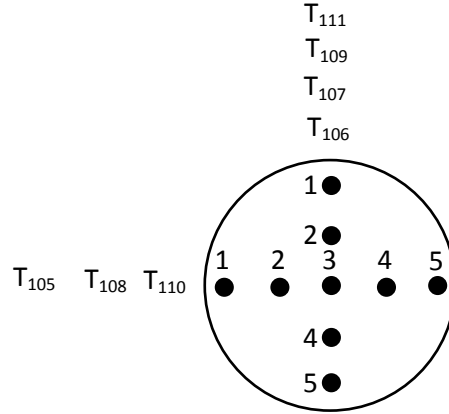
$$Y = 6,0893 \text{ °C} \quad (7.3)$$

olarak belirlenir.

### 7.1 Sıcaklık Oran Test Verileri

Test verilerinin daha kolay anlaşılabilmesi için “1” numaralı testin hesaplamaları aşağıda detaylı şekilde açıklanmıştır. Şekil 7.3’de hava kanalları üzerindeki sıcaklık ölçüm noktalarının yerleşimi görülmektedir. Birbirlerine 90° açılı olacak şekilde yerleşimleri yapılmıştır. Sıcaklık ölçümlerinde, her bir nokta için 10

saniye aralıklarla alınan 35 değerin ortalaması alınmış ve kalibrasyon sonuçlarına göre düzeltmesi yapılarak ortalama sıcaklık değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 7.3 Hava kanalları üzerindeki sıcaklık ölçüm noktaları

Tablo 7.2’de hava kanalları üzerinde 5’er noktadan alınan sıcaklık ölçüm değerleri verilmiştir.

Tablo 7.2 Test-1 Sıcaklık ölçüm değerleri ve düzeltilmiş değerler (Ek-1)

	T105(°C)	T106(°C)	T107(°C)	T108(°C)	T109(°C)	T110(°C)	T111(°C)
<b>1. nokta</b>	15,7	14,6	24,8	24,7	16,9	7,5	6,88
<b>2. nokta</b>	15	14,1	24,7	24,5	15,9	8,02	6,21
<b>3. nokta</b>	15,5	15,1	25,8	25,8	16	6,73	5,21
<b>4. nokta</b>	16,2	16,3	25,4	25,5	15,2	5,66	4,55
<b>5. nokta</b>	18,4	17,6	25	25	14,2	5,76	3,37
<b>T<sub>ort</sub>(°C)</b>	<b>16,16</b>	<b>15,54</b>	<b>25,14</b>	<b>25,1</b>	<b>15,64</b>	<b>6,73</b>	<b>5,24</b>
<b>T<sub>kalib.</sub>(°C)</b>	<b>16,04</b>	<b>15,36</b>	<b>24,97</b>	<b>24,94</b>	<b>15,6</b>	<b>6,79</b>	<b>5,29</b>

Her bir test için detaylı sıcaklık ölçüm değerleri Ek-1’ de verilmiştir.

Alınan sıcaklık ölçüm değerlerinin her bir hava kanalı için ortalama değerleri hesaplanmıştır (Tablo 7.3).

Burada yaş termometre sıcaklığı, taze ve egzoz havası kanallarına daldırılan ıslak fitil sarılı civalı termometre kullanılarak tek noktada ölçülmüştür.

Tablo 7.3 Test-1 taze ve egzoz hava sıcaklıkları

Sıcaklık Ölçüm Noktası	Ortalama sıcaklık (°C)	Yaş termometre sıcaklığı(°C)	Nem oranı (gr su/kg kuru hava)
Taze Hava Çıkış Ort. (T105,T106)	15,70	11	6,758
Taze Hava Giriş Ort. (T110,T111)	6,04	5,5	5,764
Egzoz Hava Giriş Ort. (T107,T108)	24,95	15,5	7,769
Egzoz Hava Çıkış Ort. (T109)	15,60	12,5	8,353

Öncelikle enerji dengesi kontrolünü yapalım. Enerji dengesi, egzoz havası ve taze hava kısımları arasında olan ısı transferi dengesinin yakınlığını kontrol etmek için kurulur. Ölçüm sonuçlarına göre yoğuşma ve nem değişimi olmadığı kabul edilmiştir. Ortam basıncı barometre göstergesinden 95 kPa okunmuştur.

Taze hava tarafı enerji değişimi;

Ölçülen basınç farkı : 9 Pa

Hava debisi : 349,914 m<sup>3</sup>/saat = 0,0971 m<sup>3</sup>/s

Hava yoğunluğu (15,70°C ve 95 kPa): 1,1465 kg/m<sup>3</sup>

$$\dot{Q}_{\text{taze hava}} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \rho \cdot (T_{\text{taze hava çıkış}} - T_{\text{taze hava giriş}}) \quad (7.4)$$

$$\dot{Q}_{\text{taze hava}} = 0,0971 \cdot 1,1465 \cdot (1,006) \cdot (15,70 - 6,04) \quad (7.5)$$

$$\dot{Q}_{\text{taze hava}} = 1,081 \text{ kW} \quad (7.6)$$

Egzoz hava tarafı enerji değişimi;

Ölçülen basınç farkı : 9 Pa

Hava debisi : 355,47 m<sup>3</sup>/saat = 0,0987 m<sup>3</sup>/s

Hava yoğunluğu (24,95 °C ve 95 kPa): 1,1109 kg/m<sup>3</sup>

$$\dot{Q}_{\text{egzoz hava}} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \rho \cdot (T_{\text{egzoz hava çıkış}} - T_{\text{egzoz hava giriş}}) \quad (7.7)$$

$$\dot{Q}_{\text{egzoz hava}} = 0,0987 \cdot 1,1109 \cdot (1,006) \cdot (24,95 - 15,60) \quad (7.8)$$

$$\dot{Q}_{\text{egzoz hava}} = 1,031 \text{ kW} \quad (7.9)$$

Enerji dengesi sapma oranı (%) :

$$\text{Sapma Oranı} = [(1,081 \text{ kW} - 1,031 \text{ kW}) / 1,081] \cdot 100 \quad (7.10)$$

Enerji dengesi sapma oranı : % **4,621**

Sıcaklık Oranı ( $\eta_t$ );

$$\eta_t = (15,70 - 6,040) / (24,95 - 6,040) \quad (7.11)$$

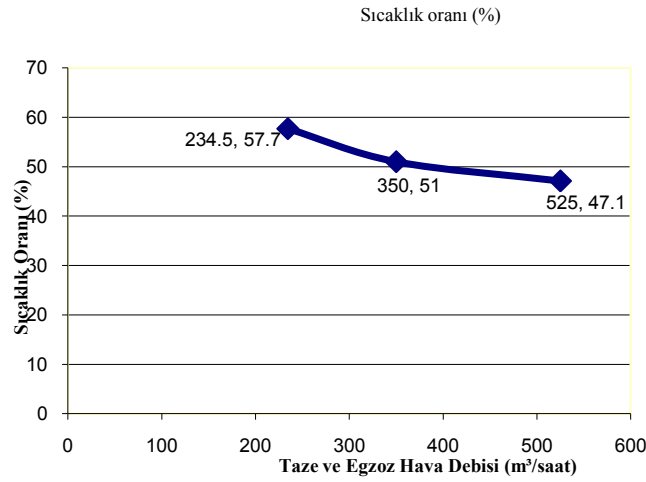
$$\eta_t = \mathbf{0,510} \quad (7.12)$$

Toplam 7 test için olan sıcaklık oranları ve enerji dengesi sapma oranları Tablo 7.4'te verilmektedir.

Tablo 7.4 TS EN 308 Test sonuçları

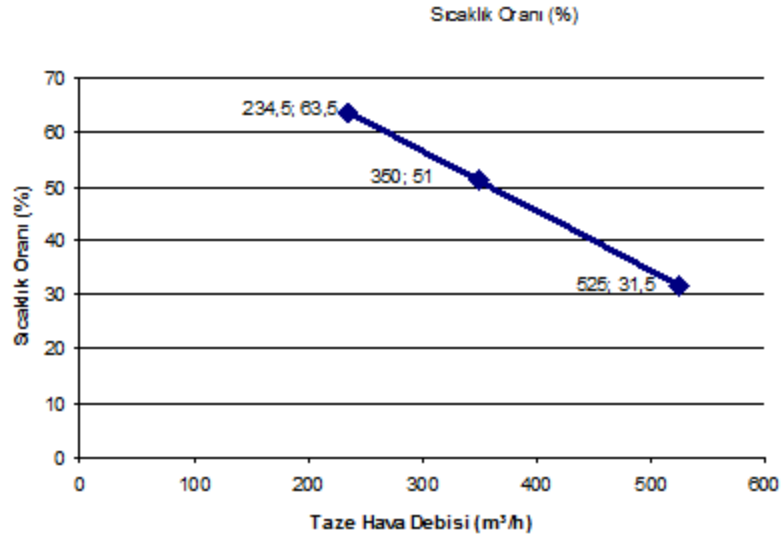
Test No	Egzoz Hava Debisi (m <sup>3</sup> /saat) ( $q_{m1}$ )	Taze Hava Debisi (m <sup>3</sup> /saat) ( $q_{m2}$ )	Enerji Dengesi Sapma Oranı (%)	Sıcaklık Oranı (%) ( $\eta_t$ )
1	350	350	4,621	51
2	350	234,5	5,536	63,5
3	350	525	4,641	31,5
4	234,5	234,5	4,609	57,7
5	234,5	350	1,155	45,4
6	525	350	3,204	57,2
7	525	525	2,771	47,1

Standartta istenilen %5 sapma oranının 2 numaralı test hariç diğer testlerde sağlandığı görülmüştür.



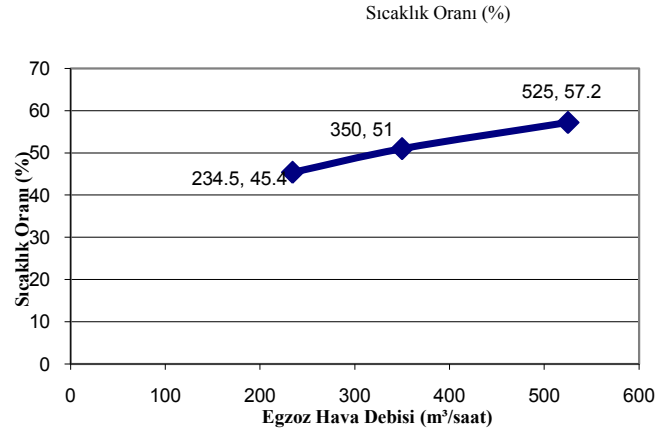
Şekil 7.4 Eşit taze hava-egzoz hava debi testleri için sıcaklık oranları

Şekil 7.4'te test 1, test 4 ve test 7'deki eşit taze hava-egzoz hava debisi şartları için belirlenen sıcaklık oranları gösterilmiştir. Taze hava debisinin artması sıcaklık oranının azalmasına yol açmıştır. Taze havanın sıcaklığının, egzoz havasına göre düşük olmasından dolayı sıcaklık oranında ki bu azalma beklenen durumdur.



Şekil 7.5 Taze hava debisinin artmasının sıcaklık oranına etkisi

Şekil 7.5’te test 1, test 2 ve test 3 ‘deki eşit egzoz hava ( $350 \text{ m}^3/\text{saat}$ ) debileri için taze havadaki debi artışının sıcaklık oranına etkisi gösterilmiştir. Taze hava debisinin en az olduğu durum olan  $234 \text{ m}^3/\text{saat}$  debi için sıcaklık oranı en yüksek çıkmıştır.



Şekil 7.6 Eşit taze hava debileri için egzoz hava debisinin artmasının sıcaklık oranına etkisi

Şekil 7.6’da test 1, test 5 ve test 6’daki eşit taze hava ( $350 \text{ m}^3/\text{saat}$ ) debileri için egzoz havasındaki debi artışının sıcaklık oranına etkisi gösterilmiştir. Egzoz hava debisinin artması sıcaklık oranında artış sağlamıştır.

Isı değiştirici üzerinde yoğuşma olmaması için egzoz havası girişinde yaş termometre sıcaklığının  $14 \text{ }^\circ\text{C}$  ’den düşük olması istenmektedir. Laboratuvar şartlarında soğuk su deposundan soğutma uygulaması sadece “3” numaralı test ünitesine (taze hava girişi  $5^\circ\text{C}$ ) uygulanmıştır. Ancak testlerde egzoz havası girişinde yaş termometre sıcaklığı  $14,5 \text{ }^\circ\text{C} - 15 \text{ }^\circ\text{C}$  arasında ölçülmüştür. Yaş termometre sıcaklığını  $14 \text{ }^\circ\text{C}$  ’nin altına düşürebilmek için soğuk su deposundan ek soğutma hattı çekilmesi gerekmektedir. Ancak ölçülen yaş termometre sıcaklıkları TS EN 308 standard kriterine yakın olduğu için buna gerek duyulmamıştır. Ölçülen yaş termometre sıcaklıklarının ve enerji dengesinin standard verilerine yakın olarak sağlanması yoğuşma olmadığını göstermektedir. İleriki testlerde ön soğutmanın sağlanması kolaylıkla mümkün olacaktır. Yaş termometre sıcaklığının  $14 \text{ }^\circ\text{C}$  ’nin

altına düşürülebilmesi ile enerji dengesi sapma oranlarının daha da azalacağı beklenmektedir.

## BÖLÜM SEKİZ

### SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Nominal hava debisi 350 m<sup>3</sup>/saat olan ısı geri kazanım cihazının TS EN 308 standardına göre sıcaklık oran testlerini yapacak test düzeneği tasarlanarak üretilmiş ve testler gerçekleştirilmiştir. Testler, taze ve egzoz havası bölümlerinde farklı hava debileri için yapılmış ve sonuçta ısı geri kazanım cihazının sıcaklık oranları hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada egzoz ve taze hava enerji değişimleri, standartta belirtilen %5 sapma oranı içinde kalacak şekilde ölçülmüştür.

TS EN 308 standardına göre egzoz havası sıcaklığı  $25 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta olmalı ve yaş termometre sıcaklığı  $14 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  'nin altında kalmalıdır. Taze hava ise  $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta sağlanmalıdır. Yapılan testlerde, bu koşulların sağlandığı görülmüştür. Sıcaklık oran testi yapılan ısı geri kazanım cihazının TS EN 308 standardına göre iç ve dış kaçak oranlarının da belirlenmesi gerekmektedir. Bu kaçak oranları gaz debisini ölçen bir sayaç yardımı ile ayrıca belirlenebilmektedir

Sonuç olarak, test düzeneğindeki bazı küçük iyileştirmeler ile TS EN 308 standardına göre uygun test ölçümlerinin yapılabilir olduğu görülmüştür. Ülkemizde yaygın bir şekilde üretimi olan ısı geri kazanım cihazlarının sertifikasyonu için bu testler gerekli olup, yurt dışı markalarla rekabet açısından testlerin Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği bölüm laboratuvarında yapılabiliyor olması umut verici niteliktedir.

## KAYNAKLAR

- Acül, H. (2004). *Alüminyum kanatlı ısı eşanjörlerinde kullanılan epoksi ve hidrofilik kaplamalar*. 13 Mart 2012, <http://www.friterm.com/getattachment/c3639fef-c543-4994-b4d8-f66691603aee/Aluminyum-Kanatli-Isi-Esanjorlerinde-Kullanilan-Ep.aspx>
- Air 4 life. (2005). *Alarko Carrier teknik bülten*, (7). 19 Kasım 2012, Alarko Carrier dökümantasyon merkezi
- Alüminyum eşanjörlü tavan tipi ısı geri kazanım sistemleri. (b.t). *Eneko ürün kataloğu*, 17 Temmuz 2012
- Anonim. (2010). Directive 2010/31/EU of the european parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. *Official Journal of the European Union*, 153(13), 10 Haziran 2012, <http://www.buildup.eu/publications/9631>
- Ansi/Ashrae Standard 116, (2010). Methods of Testing For Rating Seasonal Efficiency of Unitary Air Conditioners and Heat Pumps. *Ashrae Standard Project Committee*
- Arundel A. V., Sterling E. M., Biggin, J. H., Sterling, T. D. (1986) Indirect health effects of relative humidity in indoor environments. *Environmental Health Perspectives*, 351-361. 10 Eylül 2012, The National Institute of Environmental Health Sciences veri tabanı
- Binalarda enerji performansı yönetmeliği*. (2008). 5 Mart 2012, <http://www.mevzuat.adalet.gov-tr/html/28097.html>

- Çoban, T. (b.t). *Isı Değiştiriciler*. 12 Eylül 2012, [http://www.yto.com.tr/turhan\\_coban/kitap/isi%20degistiricileri-turhan.pdf](http://www.yto.com.tr/turhan_coban/kitap/isi%20degistiricileri-turhan.pdf)
- Dal, A. R. (2007). *Kombilerde kullanılan ısı değiştiricisi farklı kanatçık geometrilerinin kombi verimine etkisinin sayısal analizi*. Doktora tezi, Gazi üniversitesi fen bilimleri enstitüsü. 28 Haziran 2012, s. 77-106
- Doba, F, ve Oğulata, R. T. (1997). *Endüstriyel hava şartlandırmasında ısı geri kazanımının uygulanması*. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi, 3, s. 2-3.
- Düşük basınçlı radyal fanlar*, (b.t). 23 Temmuz 2012, [http://www.makroteknik.com.tr/kategori/dusuk\\_basincli\\_radyal\\_fanlar](http://www.makroteknik.com.tr/kategori/dusuk_basincli_radyal_fanlar)
- Eyice, S. (1981). *Isı ekonomisi* (2. Baskı), İstanbul: Çağlayan kitabevi
- Genceli, O. F. (2005). *Isı değiştiricileri* (1. Baskı). İstanbul: Birsen yayınevi.
- Green building forum*, (2010). 18 Ekim 2012, <http://www.greenbuildingforum.co.uk/newforum/comments.php?DiscussionID=3225&page=3>
- Green buildings guideline for design*, (2010). 21 Haziran 2012, [http://www.smgov.net/Departments/OSE/Categories/Green\\_Building/Guidelines/-Envelope+\\_Space\\_Planning/Natural\\_Ventilation.aspx](http://www.smgov.net/Departments/OSE/Categories/Green_Building/Guidelines/-Envelope+_Space_Planning/Natural_Ventilation.aspx)
- Hausladen, G. ve Tichelmann, K.. (2010). *Integrated planning, finishings and fitting-out, technical Services* (1), İsviçre: Birkhauser Verlag yayınevi.
- Hausladen, G., Saldanha, M., Liedl, P. ve Sager., C. (2005) *Climate Design: Solutions for Buildings That Can Do More with Less Technology* (1), İsviçre: Birkhauser Verlag yayınevi.

*Honeywell product data and installation instruction differential pressure switches DPS series*, (2007). 28 Haziran 2012, <https://customer.honeywell.com/en-US/Pages/Category.aspx?cat=HonECC%20Catalog&category=DCM%2c+DPS+and+DWR&catpath=1.3.5.2>

*HSK Isı geri kazanımlı taze hava cihazı kullanma kılavuzu*. (2011). 16 Nisan 2012, [http://www.hsk.com.tr/images/catalogs/tr/IGH\\_Kullanım%20Kılavuzu.pdf](http://www.hsk.com.tr/images/catalogs/tr/IGH_Kullanım%20Kılavuzu.pdf)

*Isı değiştirgeçleri çeşit ve özellikleri*, (b.t). 11 Mart 2012, <http://www.bilgiustam.com/isi-degistirgecleri-cesitleri-ve-ozellikleri/>

*Isı tekerleklerinin işlevsel çalışma prensipleri*, (b.t). 13 Nisan 2012, <http://www.enventus.se/urunler/genel-prnsp/>

*Kanal tipi elektrikli ısıtıcı*, (b.t). 31 Temmuz 2012, <http://www.teknogenhvac.com/ProductDetail.aspx>

*Kanal tipi susturucular*, (2010). *Venco Havalandırma ve Makine San. A.Ş. ürün kataloğu*, 24 Ağustos 2012

*Kaset Filtreler*, (b.t). 21 Eylül 2012, <http://www.havak.com/detay.asp?detay=52>

*Kombi Eşanjörleri*, (b.t). 16 Eylül 2012, <http://www.kombiyedekparca.info/kombi-parcalari/kombi-esanjorleri/>

Küçüka, S. (2005). *Isı geri kazanım cihazlarının bazı şehirlerdeki yıllık toplam ısıtma ve soğutma kazançları*. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 1, (7) s. 46. 16 Ocak 2013, TMMOB Makine mühendisleri odası veritabanı.

Lienhard, J. H. (2006). *A Heat transfer textbook* (3. Baskı). Massachusetts: Phlogiston basımevi.

Lu, Y., Wang, Y., Zhu, L., ve Wang, Q. (2010). *Enhanced performance of heat recovery ventilator by airflow-induced film vibration (HRV performance enhanced by FIV)*. International Journal of Thermal Sciences, s. 1-4. 18 Nisan 2012, Science direct veritabanı.

*Mitsubishi Electric Lossnay technical manual*. (2010). 12 Temmuz 2012, [http://www.orionair.co.uk/PDF/LGH-RX5\\_Technical\\_Manual\\_\(Jan\\_2010\).pdf](http://www.orionair.co.uk/PDF/LGH-RX5_Technical_Manual_(Jan_2010).pdf)

*Natural Resources Canada's Office of Energy Efficiency*. (2012). Heat recovery ventilator. EnerGuide, 4. 9 Eylül 2012, [http://oee.nrcan.gc.ca/sites/oee.-nrcan.gc.ca/files/files/pdf/publications/HRV\\_EN.pdf](http://oee.nrcan.gc.ca/sites/oee.-nrcan.gc.ca/files/files/pdf/publications/HRV_EN.pdf)

*Paslanmaz borulu eşanjör*, (b.t). 5 Nisan 2012, <http://www.betasisendustriyel.com.tr-/the.html>

*Plakalı ısı değiştiricileri*, (b.t). 5 Nisan 2012, [http://www.gemak.com.tr/tr-/alfa\\_plakali.asp](http://www.gemak.com.tr/tr-/alfa_plakali.asp)

*Plakalı ısı değiştiricisi*, (b.t). 5 Nisan 2012, <http://tr.wikipedia.org/wiki/>

*Plug Fan*, (b.t). 24 Temmuz 2012, <http://www.acrnews.com/news/news.asp?id=1649&title=Air+movement%3A+A+new+twist+in+the+fan+revolution>

*Rulo filtreler*, (b.t). 18 Ağustos 2012, <http://www.havak.com/pdf/33.pdf>

Schramek, E. R. (2003). Havalandırma ve klima tekniği. *Isıtma + klima tekniği* (68. Baskı) içinde (1063-1071). İstanbul: Doğa Yayıncılık

*Serpantinli boyler ürünleri*, (b.t). 4 Nisan 2012, <http://www.kodsan.com.tr>

Havalandırma teorisi, (2010). *S&P fan kataloğu*, 18 Ocak 2013

Şahan, M. (Ağustos 2009). *Isı geri kazanım uygulamalarında sızıntılar, sertifikalandırma ve güvenilirlik*. Tesisat Market, (153). 14 Mart 2012, Tesisat market veritabanı.

*Binalarda performansı yönetmeliği..* (2011). TMMOB Makine Mühendisleri Odası. 16 Ocak 2013, [http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/f32f4847a3c7344-\\_ek.pdf?..](http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/f32f4847a3c7344-_ek.pdf?..)

TS EN 308, (Ekim 1997). *Isı eşanjörleri-Havadan havaya ve atık gazlardan ısı kazanımı cihazlarının performansının tayini için deney metotları*. Türk Standartları Enstitüsü

TS EN 825, (Mayıs 2008). *Isı yalıtım malzemeleri-binalar için-yüzey düzlüğünün tayini*. Türk Standartları Enstitüsü, s.49

*Ventilation*, (b.t). 14 Mayıs 2012, <http://www.esru.strath.ac.uk/EnvEng/Websites/-056/Hotelexemplar/ventilation.html>

## EKLER

### EK .1 Testlerin Sıcaklık Verileri

Test - 1 sıcaklık verileri

	105(°C)	106(°C)	107(°C)	108(°C)	109(°C)	110(°C)	111(°C)
1	15,80	14,70	25,10	25,00	17,00	7,38	6,88
2	15,80	14,70	25,00	24,90	16,90	7,48	6,82
3	15,80	14,70	24,90	24,80	16,90	7,50	6,85
4	15,70	14,60	24,80	24,70	16,90	7,48	6,89
5	15,70	14,60	24,70	24,60	16,80	7,57	6,89
6	15,60	14,60	24,60	24,50	16,80	7,44	6,87
7	15,50	14,50	24,60	24,50	16,80	7,65	6,97
8	15,00	14,10	24,60	24,40	15,90	8,02	6,35
9	15,00	14,10	24,60	24,50	15,90	8,05	6,20
10	15,00	14,10	24,70	24,50	15,90	8,07	6,22
11	15,00	14,10	24,70	24,50	15,90	7,95	6,13
12	15,10	14,10	24,70	24,50	15,90	8,02	6,15
13	15,00	14,10	24,80	24,60	15,90	8,12	6,29
14	15,10	14,10	24,90	24,70	15,90	7,92	6,11
15	15,50	15,10	25,70	25,70	16,00	6,72	4,92
16	15,60	15,20	25,80	25,80	16,10	6,76	5,25
17	15,50	15,00	25,80	25,80	16,00	6,73	5,11
18	15,50	15,10	25,80	25,80	16,00	6,66	5,44
19	15,50	15,10	25,80	25,80	16,00	6,80	5,18
20	15,50	15,10	25,80	25,90	16,00	6,75	5,21
21	15,50	15,00	25,90	25,90	16,00	6,70	5,38
22	16,20	16,30	25,50	25,60	15,20	5,64	4,57
23	16,30	16,40	25,50	25,60	15,20	5,69	4,75
24	16,20	16,30	25,50	25,60	15,10	5,78	4,71
25	16,30	16,30	25,40	25,60	15,10	5,59	4,31
26	16,20	16,30	25,40	25,50	15,20	5,57	4,54
27	16,30	16,30	25,40	25,50	15,20	5,66	4,43
28	16,20	16,30	25,30	25,40	15,10	5,69	4,51
29	18,30	17,60	25,10	25,10	14,20	5,64	3,27
30	18,50	17,60	25,10	25,10	14,20	5,89	3,43
31	18,50	17,60	25,00	25,00	14,20	5,85	3,50
32	18,50	17,60	25,00	25,00	14,20	5,98	3,46
33	18,40	17,60	25,00	25,00	14,20	5,82	3,26
34	18,40	17,60	25,00	25,00	14,10	5,56	3,42
35	18,40	17,60	25,00	25,00	14,10	5,62	3,22

## Test - 2 sıcaklık verileri

	105(°C)	106(°C)	107(°C)	108(°C)	109(°C)	110(°C)	111(°C)
1	18,10	17,30	25,40	25,00	18,30	9,13	7,75
2	18,00	17,40	25,40	25,00	18,40	9,07	7,59
3	18,10	17,40	25,40	25,00	18,40	9,12	7,70
4	18,20	17,40	25,40	25,00	18,50	9,06	7,61
5	18,20	17,40	25,30	24,90	18,50	8,99	7,71
6	18,20	17,50	25,30	24,90	18,50	8,91	7,53
7	18,30	17,50	25,30	24,90	18,50	8,97	7,71
8	18,10	17,30	25,20	25,00	18,00	7,16	6,94
9	18,00	17,30	25,30	25,00	18,00	7,18	6,91
10	18,00	17,30	25,30	25,10	18,00	7,09	7,25
11	18,10	17,30	25,20	25,00	18,50	6,93	6,91
12	18,00	17,30	25,20	25,00	18,00	6,86	6,80
13	18,00	17,30	25,10	25,00	18,00	6,86	6,80
14	18,00	17,30	25,20	25,00	18,00	6,90	6,99
15	18,70	17,40	25,10	25,00	17,30	6,50	5,98
16	18,70	17,40	25,10	25,00	17,30	6,34	6,06
17	18,70	17,30	25,10	25,00	17,30	6,31	5,91
18	18,80	17,40	25,10	25,00	17,20	6,64	5,80
19	18,70	17,30	25,10	25,00	17,20	6,74	6,01
20	18,80	17,40	25,20	25,00	17,30	6,64	5,82
21	18,70	17,40	25,10	25,00	17,30	6,44	5,68
22	19,20	18,50	25,10	25,00	17,30	6,89	5,62
23	19,20	18,50	25,10	25,00	17,30	6,93	5,53
24	19,20	18,40	25,10	25,00	17,40	6,68	5,54
25	19,30	18,50	25,00	25,00	17,40	6,75	5,26
26	19,30	18,50	25,00	24,90	17,40	6,78	5,23
27	19,40	18,50	25,10	25,00	17,40	6,73	5,18
28	19,30	18,50	25,10	25,00	17,40	6,70	5,35
29	20,70	19,20	25,00	25,00	16,90	7,18	5,01
30	20,70	19,20	25,00	25,00	16,90	7,18	5,22
31	20,70	19,20	24,90	24,90	16,90	7,13	5,11
32	20,60	19,20	24,90	24,90	16,90	7,24	5,09
33	20,60	19,20	24,90	24,90	17,00	7,39	5,05
34	20,70	19,20	24,90	24,90	16,90	7,08	5,04
35	20,60	19,20	24,90	24,90	16,90	7,39	5,05

## Test - 3 sıcaklık verileri

	105(°C)	106(°C)	107(°C)	108(°C)	109(°C)	110(°C)	111(°C)
1	12,70	12,60	24,10	23,80	16,90	10,10	8,39
2	12,60	12,60	24,10	23,80	16,80	10,00	8,46
3	12,70	12,60	24,20	23,80	16,90	10,10	8,21
4	12,70	12,60	24,30	23,90	16,90	10,20	8,31
5	12,70	12,60	24,30	23,90	16,90	10,20	8,25
6	12,70	12,60	24,30	23,90	16,90	10,10	8,21
7	12,70	12,50	24,30	23,90	16,90	10,00	8,29
8	13,00	13,00	24,90	24,60	16,40	7,45	7,40
9	12,90	12,70	24,90	24,60	16,40	7,49	7,73
10	13,50	13,10	24,90	24,70	16,40	7,53	7,47
11	13,00	13,10	25,00	24,80	16,40	7,42	7,30
12	13,00	13,10	25,10	24,80	16,40	7,54	7,44
13	12,60	13,00	25,10	24,90	16,50	7,58	7,52
14	12,90	13,00	25,10	24,80	16,50	7,59	7,76
15	13,30	13,30	25,50	25,40	16,40	6,95	6,51
16	13,30	13,30	25,50	25,40	16,40	7,13	6,61
17	13,30	13,30	25,40	25,30	16,40	6,98	6,63
18	13,30	13,30	25,40	25,30	16,40	7,14	6,66
19	13,40	13,30	25,50	25,30	16,50	7,15	6,67
20	13,40	13,30	25,40	25,30	16,50	7,05	6,72
21	13,40	13,30	25,40	25,30	16,40	7,03	6,76
22	12,70	12,80	24,40	24,40	15,40	7,37	6,14
23	12,70	12,70	24,30	24,30	15,30	6,95	6,01
24	12,70	12,80	24,30	24,30	15,30	7,30	6,25
25	12,60	12,70	24,30	24,30	15,30	7,28	6,46
26	12,70	12,70	24,30	24,30	15,30	7,38	6,42
27	12,70	12,70	24,20	24,20	15,30	7,32	6,56
28	12,70	12,70	24,20	24,20	15,30	7,34	6,41
29	12,80	12,90	24,20	24,20	14,70	7,68	5,77
30	12,80	12,90	24,40	24,40	14,70	7,69	5,46
31	13,00	12,80	24,40	24,40	14,80	7,93	5,25
32	12,90	12,90	24,50	24,50	14,80	7,89	5,21
33	12,80	13,00	24,50	24,50	14,90	7,69	5,40
34	13,00	12,80	24,50	24,50	14,90	7,91	5,53
35	12,90	13,00	24,60	24,50	14,80	7,79	5,51

## Test - 4 sıcaklık verileri

	105(°C)	106(°C)	107(°C)	108(°C)	109(°C)	110(°C)	111(°C)
1	18,60	18,50	25,80	24,70	17,30	9,18	9,40
2	18,50	18,60	25,80	24,70	17,30	9,19	9,42
3	18,50	18,60	25,80	24,70	17,30	9,29	9,68
4	18,40	18,60	25,70	24,60	17,30	9,28	9,55
5	18,50	18,60	25,70	24,60	17,20	9,22	9,38
6	18,50	18,60	25,70	24,60	17,30	9,27	9,54
7	18,50	18,60	25,60	24,60	17,20	9,39	9,94
8	18,30	17,80	25,40	24,90	16,60	8,77	8,79
9	18,10	17,70	25,30	24,90	16,50	8,44	8,98
10	18,00	17,60	25,30	24,90	16,50	8,55	9,22
11	18,00	17,60	25,30	24,90	16,50	8,58	9,14
12	18,10	17,60	25,20	24,90	16,50	8,68	8,96
13	18,00	17,60	25,20	24,80	16,50	8,67	8,97
14	18,00	17,50	25,20	24,80	16,40	8,74	8,72
15	18,10	17,00	24,30	24,10	15,70	8,88	8,10
16	18,00	17,00	24,30	24,10	15,60	8,90	8,36
17	18,10	17,00	24,20	24,00	15,60	8,82	8,14
18	18,00	17,00	24,20	24,00	15,60	8,73	7,95
19	18,00	16,90	24,10	24,00	15,50	8,62	8,03
20	18,00	16,90	24,10	24,00	15,50	8,57	8,09
21	17,90	16,90	24,00	23,90	15,50	8,50	7,96
22	18,70	17,70	24,70	24,50	15,00	8,96	7,85
23	18,80	17,80	24,70	24,50	15,00	8,94	8,08
24	18,70	17,80	24,80	24,60	15,00	8,80	7,83
25	18,70	17,80	24,80	24,60	15,00	8,76	7,92
26	18,70	17,70	24,90	24,70	15,00	9,00	7,80
27	18,80	17,90	25,00	24,80	15,10	8,85	7,67
28	18,90	17,90	25,10	24,90	15,10	8,98	7,55
29	20,20	19,40	25,20	25,20	14,80	9,58	7,34
30	20,20	19,30	25,20	25,20	14,80	9,34	7,53
31	20,30	19,30	25,20	25,10	14,90	9,67	7,56
32	20,30	19,40	25,10	25,10	14,80	9,46	7,65
33	20,30	19,40	25,10	25,10	14,90	9,40	7,50
34	20,20	19,40	25,00	25,00	14,90	9,57	7,53
35	20,20	19,40	25,00	25,00	14,80	9,53	7,53

## Test - 5 sıcaklık verileri

	105(°C)	106(°C)	107(°C)	108(°C)	109(°C)	110(°C)	111(°C)
1	16,80	15,50	25,30	24,60	14,40	8,84	9,45
2	16,80	15,50	25,50	24,70	14,40	8,64	9,64
3	16,80	15,50	25,50	24,70	14,40	8,63	9,42
4	16,80	15,60	25,60	24,80	14,40	8,76	9,41
5	16,70	15,50	25,60	24,80	14,40	8,68	9,44
6	16,80	15,50	25,60	24,80	14,40	8,63	9,16
7	16,80	15,50	25,60	24,80	14,40	8,73	9,11
8	16,70	15,90	25,40	25,00	14,10	8,53	9,02
9	16,80	15,90	25,40	25,00	14,00	8,56	8,92
10	16,70	15,80	25,40	25,00	14,00	8,38	8,98
11	16,60	15,80	25,40	25,00	14,00	8,37	9,10
12	16,70	15,80	25,30	24,90	14,00	8,26	9,13
13	16,80	15,90	25,30	24,90	13,90	8,46	8,84
14	16,80	15,80	25,30	24,90	13,90	8,49	8,96
15	17,00	17,00	24,40	24,30	13,60	8,54	8,34
16	17,10	17,10	24,40	24,30	13,60	8,53	8,30
17	17,10	17,10	24,40	24,30	13,50	8,66	8,33
18	17,20	17,20	24,40	24,30	13,60	8,69	8,42
19	17,10	17,10	24,40	24,30	13,60	8,75	8,60
20	17,10	17,10	24,50	24,30	13,60	8,60	8,52
21	17,10	17,10	24,50	24,30	13,50	8,61	8,51
22	17,70	18,50	24,50	24,50	13,20	8,65	7,94
23	17,70	18,50	24,50	24,60	13,20	8,60	7,97
24	17,70	18,50	24,50	24,60	13,20	8,58	8,01
25	17,80	18,60	24,50	24,50	13,20	8,70	8,07
26	17,80	18,60	24,50	24,60	13,30	8,68	8,05
27	17,80	18,60	24,60	24,60	13,20	8,64	8,20
28	17,80	18,50	24,60	24,60	13,20	8,52	8,05
29	19,10	19,60	24,80	24,90	13,50	9,15	7,79
30	19,00	19,70	24,90	24,90	13,50	9,02	7,78
31	19,10	19,60	24,90	25,00	13,50	9,16	7,86
32	18,90	19,70	24,90	25,00	13,50	9,33	7,69
33	19,00	19,70	24,90	25,00	13,50	9,22	7,81
34	19,00	19,60	24,90	25,00	13,50	9,03	7,69
35	19,00	19,70	24,80	24,90	13,50	9,02	7,73

## Test - 6 sıcaklık verileri

	105(°C)	106(°C)	107(°C)	108(°C)	109(°C)	110(°C)	111(°C)
1	17,30	16,50	24,70	24,40	18,50	10,30	9,26
2	17,40	16,50	24,70	24,40	18,00	10,40	9,16
3	17,40	16,50	24,80	24,50	18,50	10,40	9,34
4	17,30	16,50	24,80	24,50	18,50	10,40	9,34
5	17,30	16,50	24,80	24,50	18,50	10,30	9,11
6	17,30	16,50	24,80	24,50	18,40	10,40	9,13
7	17,40	16,50	24,20	24,30	18,70	10,40	9,21
8	17,40	16,70	25,10	25,00	18,20	8,99	8,54
9	17,40	16,70	25,20	25,00	18,40	8,89	8,58
10	17,40	16,70	25,30	25,10	18,60	8,80	8,58
11	17,30	16,70	25,30	25,10	18,60	8,82	8,59
12	17,40	16,70	25,30	25,10	18,60	8,83	8,65
13	17,30	16,70	25,30	25,10	18,30	8,53	8,62
14	17,30	16,70	25,30	25,10	18,70	8,63	8,64
15	18,00	17,60	25,70	25,60	18,30	7,90	7,62
16	18,00	17,50	25,60	25,50	18,20	8,01	7,86
17	18,00	17,50	25,70	25,60	18,20	7,81	7,51
18	18,10	17,60	25,80	25,60	18,30	7,94	7,53
19	18,10	17,60	25,80	25,70	18,30	7,97	7,46
20	18,00	17,60	25,80	25,70	18,30	7,79	7,39
21	18,10	17,60	25,70	25,60	18,30	7,94	7,70
22	18,50	18,70	25,70	25,60	18,60	7,91	7,17
23	18,50	18,70	25,60	25,50	18,40	7,74	7,06
24	18,40	18,70	25,50	25,40	18,50	7,92	7,06
25	18,40	18,60	25,40	25,40	18,40	7,95	6,78
26	18,40	18,50	25,40	25,30	18,30	8,15	6,92
27	18,40	18,60	25,30	25,30	18,30	8,05	7,14
28	18,40	18,50	25,20	25,10	18,30	7,65	6,57
29	19,40	19,10	24,50	24,50	16,90	7,90	6,12
30	19,40	19,10	24,50	24,50	16,90	7,86	6,01
31	19,30	19,10	24,40	24,40	17,90	8,00	6,11
32	19,30	19,00	24,30	24,30	17,90	7,75	6,35
33	19,30	19,00	24,30	24,30	16,90	7,92	6,00
34	19,20	18,90	24,20	24,20	17,80	8,36	5,76
35	19,20	18,90	24,10	24,10	17,90	7,95	6,22

## Test - 7 sıcaklık verileri

	105(°C)	106(°C)	107(°C)	108(°C)	109(°C)	110(°C)	111(°C)
1	14,10	14,10	24,70	24,50	17,10	7,43	7,16
2	14,90	15,00	24,70	24,40	17,00	7,62	7,19
3	14,80	14,90	24,80	24,40	17,00	7,40	7,33
4	14,80	14,90	24,80	24,40	17,00	7,42	7,25
5	14,80	14,90	24,80	24,50	17,10	7,63	7,03
6	14,70	14,90	24,80	24,40	17,00	7,50	7,08
7	14,80	14,90	24,70	24,30	17,00	7,55	7,17
8	14,40	14,60	24,70	24,40	16,60	6,54	6,44
9	14,40	14,50	24,70	24,50	16,60	6,48	6,44
10	14,40	14,60	24,70	24,40	16,60	6,36	6,51
11	14,40	14,50	24,60	24,40	16,60	6,51	6,70
12	14,40	14,50	24,60	24,40	16,60	6,36	6,52
13	14,40	14,50	24,70	24,40	16,60	6,51	6,61
14	14,40	14,50	24,70	24,40	16,60	6,25	6,40
15	14,60	14,90	24,60	24,50	16,10	6,15	5,20
16	14,70	15,00	24,60	24,60	16,20	6,14	5,32
17	14,60	15,00	24,70	24,60	16,10	5,92	5,07
18	14,70	15,10	24,70	24,60	16,10	6,36	5,72
19	14,60	14,90	24,70	24,60	16,10	6,15	5,28
20	14,60	14,90	24,60	24,50	16,00	6,01	5,35
21	14,60	14,90	24,60	24,40	16,10	5,84	5,15
22	15,20	14,90	24,40	24,50	15,50	6,00	4,50
23	15,20	14,90	24,60	24,50	15,50	6,24	4,84
24	15,30	15,00	24,70	24,60	15,50	6,18	4,87
25	15,30	14,00	24,70	24,60	15,50	6,17	5,07
26	15,30	14,00	24,60	24,60	15,50	6,23	4,73
27	15,30	15,00	24,50	24,60	15,50	6,10	4,64
28	15,30	14,90	24,50	24,50	15,50	6,23	4,92
29	15,30	16,00	24,60	24,70	14,90	6,66	4,02
30	15,30	15,00	24,60	24,60	14,90	6,40	4,16
31	15,30	16,00	24,50	24,50	14,90	6,58	3,82
32	15,30	16,00	24,60	24,60	14,90	6,47	3,84
33	15,30	16,00	24,70	24,70	14,90	6,39	3,93
34	15,30	15,00	24,70	24,70	14,90	6,38	3,87
35	15,40	15,00	24,70	24,70	14,90	6,32	4,04

## EK.2 Kalibrasyon Sertifikası

Kimo MP-200P kalibrasyon sertifikası



66

OMEGA ÖLÇME KONTROL  
SİSTEMLERİ KALİBRASYON  
LABORATUVAR CİHAZLARI  
SAN. TİC. LTD. ŞTİ.



OMKA
110612HC01
6.12

Sayfa No : 1/3  
Page Number

Cihazın Sahibi / Adresi : TERMODİNAMİK A.Ş.  
Customer / Address ATATÜRK MAH. 80 SOKAK NO: 10 BÜYÜK ALAN MEVKİ  
ULUCAK - KEMALPAŞA İZMİR

İş Emri Numarası : 120664  
Job Order No

Makine / Cihaz : DIJİTAL FARK BASINÇ ÖLÇER  
Instrument / Device

İmalatçı : KIMO  
Manufacturer

Tip : MP 200  
Type

Seri Numarası : 04030412  
Serial Number

Kalibrasyon Tarihi : 11.06.2012  
Date of Calibration

DAMGA  
Seal



TARİH  
Date

12.6.2012

LABORATUVAR MÜDÜRÜ  
Director of the Calibration Laboratory

Ayhan ALTAŞ

Bu kalibrasyon sertifikası TS EN ISO/IEC 17025 standardına uygun olarak hazırlanmış olup SI birimlerine dayanmakta ve ölçüm büyüklüğü için Ulusal ve Uluslar arası Standartlara izlenebilirliği belgelemektedir. Kalibrasyonların periyodik olarak tekrarlanması kullanıcı sorumluluğundadır. Bu kalibrasyon sertifikası sadece yukarıda tanımlanan cihaz için geçerlidir, laboratuvarın izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve damgasız kalibrasyon sertifikası geçersizdir.

This calibration certificate is issued according to TS EN ISO/IEC 17025 standard and it documents the traceability to national and international standards, which realize the physical units of measurement according to the International System of Units (SI). The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals. This calibration certificate is valid for the equipment defined above and shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory. Calibration certificate without signature and seal are not valid.

OMEGA Ölçme Kontrol Sistemleri, Kalibrasyon, Laboratuvar Cihazları Sanayi Ticaret Limited Şirketi