

**T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİYEL BİR BİNANIN DOĞAL GAZ İLE RADYANT VE
KONVANSİYONEL SİSTEMLERLE ISITILMASININ ISIL VE
MALİYET ANALİZİ**

Hasan Bahadır GÜR

**Danışman
Prof. Dr. Hilmi Cenk BAYRAKÇI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2019**



© 2019 [Hasan Bahadır GÜR]

TEZ ONAYI

Hasan Bahadır GÜR tarafından hazırlanan " **Endüstriyel Bir Binanın Doğal Gaz İle Radyant ve Konvansiyonel Sistemlerle Isıtılmasının Isıl ve Maliyet Analizi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. Hilmi Cenk BAYRAKÇI

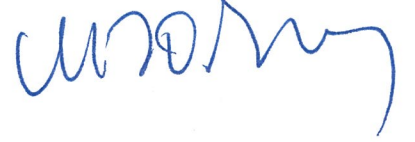
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Murat KORU

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğretim Üyesi Kamil DELİKANLI

Süleyman Demirel Üniversitesi



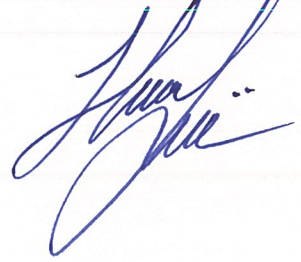
Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Yusuf UÇAR

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Hasan Bahadır GÜR



İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|---|-------|
| İÇİNDEKİLER..... | i |
| ÖZET | ii |
| ABSTRACT | iii |
| TEŞEKKÜR..... | iv |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | v |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | vi |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ..... | vii |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 1.1. Endüstriyel Tesislerde Kullanılan Isıtma Sistemleri..... | 2 |
| 1.2. Radyant Sistemler..... | 5 |
| 1.2.1. Sıcak su ve buhar radyant ısıtma sistemleri..... | 7 |
| 1.2.2. Hava ısıtmalı radyant borulu ısıtma sistemleri..... | 8 |
| 1.2.3. Plakalı tip radyant ısıtma sistemleri..... | 8 |
| 1.2.4. Konik tip radyant ısıtma sistemleri | 10 |
| 1.2.5. U ve L tipi radyan boru ısıtma sistemleri | 10 |
| 1.2.6. Elektrikli kuvars ve radyant ısıtma cihazları | 11 |
| 1.3. Radyant Sistem Parametreleri..... | 12 |
| 1.3.1. Termal verim | 12 |
| 1.3.2. Yayıcılık..... | 13 |
| 1.3.3. Konveksiyon kayıpları | 13 |
| 1.3.4. Donanım verimliliği | 14 |
| 1.3.5. Radyant verimlilik | 14 |
| 1.4. Radyant Sistemler ve Konvansiyonel Sistemlerin Karşılaştırılması | 14 |
| 1.4.1. Radyant ısıtma sistemlerinin avantajları..... | 15 |
| 1.5. Endüstriyel Binalarda Isıtma Sistemi Seçimi | 16 |
| 1.6. Endüstriyel Binalarda Isıl Konfor Parametreleri..... | 18 |
| 1.7. Endüstriyel Sistemlerde Yalıtımın Etkisi ve Faydaları..... | 20 |
| 2. KAYNAK ÖZETLERİ..... | 23 |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM | 28 |
| 3.1. Materyal..... | 28 |
| 3.2. Yöntem | 34 |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA..... | 36 |
| 5. SONUÇ | 45 |
| KAYNAKLAR | 47 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 50 |

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ENDÜSTRİYEL BİR BİNANIN DOĞAL GAZ İLE RADYANT VE KONVANSİYONEL SİSTEMLERLE ISITILMASININ ISIL VE MALİYET ANALİZİ

Hasan Bahadır GÜR

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hilmi Cenk Bayrakçı

Günümüzde endüstrinin hızlı gelişimi kontrolsüz bir enerji tüketiminin başlamasına neden olmaktadır. Doğal kaynaklarımızın hızla tükenmesi, ekolojik dengenin çevre kirliliği ile bozulması ve enerji üretiminin yüksek maliyeti bizi enerji tasarrufuna çok daha duyarlı hale getirmektedir. Ülkemizdeki enerjinin çoğu endüstriyel binalarda tüketilmekte ve tüketilen enerjinin çoğu da ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Enerji korunmasında ısı yalıtımı, etkili ve ekonomik önlemlerin ön saflarında yer almaktadır. Bu kapsamda tez çalışmasının amacı; endüstriyel bir binanın doğal gaz ile ısı ve maliyet analizlerinin incelenmesidir. Tezin amacına uygun olarak endüstriyel bina seçilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğalgaz, Radyant ısıtma, Maliyet analizi.

2019, 50 sayfa

ABSTRACT

M. Sc Thesis

HEAT AND COST ANALYSIS OF HEATING WITH A RADIANT AND CONVENTIONAL SYSTEMS WITH NATURAL GAS A INDUSTRIAL BUILDING

Hasan Bahadır GÜR

**Isparta University of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Energy Systems Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Hilmi Cenk Bayrakçı

Today, the rapid development of the industry is causing uncontrolled energy consumption to begin. The rapid depletion of our natural resources, the degradation of ecological balance by environmental pollution and the high cost of energy production make us more sensitive to energy saving. Most of the energy in our country is consumed in industrial buildings and most of the energy consumed is also used for heating purposes. Thermal insulation in energy conservation is at the forefront of effective and economic measures. In this context, the aim of the thesis study; the analysis of natural gas and thermal and cost analysis of an industrial building. In accordance with the objective of the thesis was selected as an industrial building.

Keywords: Naturalgas, Radiant heating, Cost analysis.

2019, 50 pages

TEŞEKKÜR

Yapılan alıőmada, yardım ve desteklerini esirgemeyen baőta danışman hocam Prof. Dr. Hilmi Cenk BAYRAKI' ya, Devlet Su İşleri 18. Bölge çalıőanlarına teşekkür ederim.

Hasan Bahadır GÜR
ISPARTA, 2019



ŞEKİLLER DİZİNİ

| | Sayfa |
|---|-------|
| Şekil 1.1. Klasik merkezi ısıtma sistemleri | 4 |
| Şekil 1.2. Isıtma sistemlerinde ısı oranları..... | 4 |
| Şekil 1.3. Radyant ısıtma sistemleri yayma oranı | 6 |
| Şekil 1.4. Sıcak sulu veya buharlı radyant ısıtma sistemi..... | 7 |
| Şekil 1.5. Hava ısıtmalı radyant borulu ısıtma sistemleri | 8 |
| Şekil 1.6. Plakalı tip radyant ısıtma sistemleri | 9 |
| Şekil 1.7. Seramik plakalı radyant cihazların ısıl yoğunlukları..... | 9 |
| Şekil 1.8. Konik tip radyant ısıtma sistemleri..... | 10 |
| Şekil 1.9. Seri bağlı (Üst) ve U tipli (Alt) borulu radyant cihaz | 11 |
| Şekil 1.10. Borulu radyant cihazların ısıl yoğunlukları..... | 11 |
| Şekil 1.11. Elektrikli kuvars ve radyant ısıtma cihazları | 12 |
| Şekil 1.12. Konvansiyonel (Şekil A) ve radyant sistem (Şekil B)..... | 17 |
| Şekil 1.13. Konvansiyonel sistemlerde ısıl konfor | 18 |
| Şekil 3.1. Merkez atölyeler fancoil yerleşim planı | 29 |
| Şekil 3.2. Yardımcı atölyeler fancoil yerleşim planı | 30 |
| Şekil 3.3. Fancoil cihazı..... | 30 |
| Şekil 3.4. Merkez atölyeler radyant yerleşim planı | 32 |
| Şekil 3.5. Yardımcı atölyeler radyant yerleşim planı | 33 |
| Şekil 3.6. Endüstriyel tesis boru tipi radyant ısıtma..... | 34 |
| Şekil 3.7. Sıcaklık ölçüm cihazı ve termostat cihazı | 34 |
| Şekil 4.1. Enerji tüketim grafiği..... | 36 |
| Şekil 4.2. Sıcaklık değerleri | 37 |
| Şekil 4.3. Ses seviyesi | 37 |
| Şekil 4.4. 2012 - 2013 fancoil sistem kaskad doğalgaz tüketimi..... | 39 |
| Şekil 4.5. 2013 - 2014 fancoil sistem kaskad doğalgaz tüketimi..... | 39 |
| Şekil 4.6. 2014 - 2015 fancoil sistem kaskad doğalgaz tüketimi..... | 39 |
| Şekil 4.8. 2016-2017 yılı radyant doğalgaz tüketimi | 41 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | Sayfa |
|--|--------------|
| Çizelge 1.1. Isıtma sistemleri..... | 3 |
| Çizelge 1.2. Piyasa tanımlı radyant sistemlerin sınıflandırılması..... | 7 |
| Çizelge 1.3. Bazı malzemelerin yayma katsayıları | 12 |
| Çizelge 1.4. Bazı malzemelerin yansıtma katsayıları..... | 13 |
| Çizelge 3.1. Bölgelere göre aylık ortalama sıcaklıklar | 28 |
| Çizelge 3.2. Fancoil teknik detayları..... | 30 |
| Çizelge 3.3. Radyant sistem teknik detayları | 33 |
| Çizelge 4.1. Fancoil kaskad sistem doğalgaz tüketimi..... | 38 |
| Çizelge 4.2. Radyant sistem doğalgaz sayaç endeksi ve tüketimi | 40 |
| Çizelge 4.3. Radyant sistem ile fancoil kaskad doğalgaz sistemi fatura hesabı... | 43 |



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|-----------------|-----------------------------|
| dB | Desibel |
| kWh | Kilowatt Saat |
| m ³ | Metreküp (Hacim) |
| Sm ³ | Standart Metreküp |
| TL | Türk Lirası |
| % | Yüzde |
| °C | Sıcaklık (Santigrad Derece) |



1. GİRİŞ

Dünyada nüfus artışı, sanayileşmenin ve kentleşmenin gelişimi, enerji tüketimini hızla arttıran etkenlerdir. Ülkemizdeki enerji tüketimi sanayileşmiş ülkelere göre çok daha yüksektir. Enerjinin verimsiz kullanımı, bir taraftan, enerji ve ithalat atıklarına, diğer yandan da çevre kirliliğine yol açar. Ticari ve endüstriyel binalarda en verimli enerji tasarrufu, kolay uygulanabilen ısı yalıtımı ile sağlanabilir. Enerji tasarrufunda izolasyon, etkili ve ekonomik önlemlerin ön safındadır.

Doğal gaz, çeşitli alanlarda yakıt ve diğer enerji türleri için hammadde olarak kullanılabilir. Doğal gaz, petrol, fosil yakıtlar gibi, bitki ve hayvan fosillerinden milyonlarca yılda oluşur. Yer kabuğunda basınç ve ısı etkisi altında gömülü olan bu fosiller, kimyasal olarak değişir ve doğalgazı alana getirir. Dünya çapında yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının daha etkin kullanımı için fosil enerji kaynakları ile çalışır. Doğal yakıtlara olan talep, birçok nedenden dolayı hızla artmaktadır: Diğer fosil yakıtlara göre yüksek ateşleme oranları, daha düşük emisyonlar, daha az katı atık, otomatik kontrol ve güvenlik sistemleridir. Bu artan doğalgaz talebine ek olarak, otomasyon sistemleri doğal gaz santrallerinin ve brülörlerin güvenliğini ve verimliliğini artırmaya başlamıştır (EPDK, 2018).

Isıl konveksiyon oda sıcak ya da soğuk hava sağlayarak odada sıcaklığının kontrol geleneksel sistemlere kıyasla, radyant sistemlerinde yüksek bir termal konfor ve homojen bir sıcaklık dağılımı elde edilebilir, ve daha düşük enerji tüketimi, aynı termal konfor durum için mümkündür. Termostat sıcaklığı kış mevsiminde ve yaz mevsiminde daha yüksek bir değere ayarlanabilir, çünkü bu sistemler daha düşük sıcaklıklarda ve daha yüksek hava sıcaklıkları ile daha fazla termal konfor sağlar. Bu, ısıtma ve soğutma sırasında% 60'dan fazla enerji tasarrufu sağlar.

Bu kapsamda tez çalışmasının amacı; endüstriyel bir binanın doğal gaz ile ısıl ve maliyet analizlerinin incelenmesidir. Tezin amacına uygun olarak endüstriyel bina olarak Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Bakım Hangarı seçilmiştir.

1.1. Endüstriyel Tesislerde Kullanılan Isıtma Sistemleri

Yüzyıllar boyunca insanlar, yaşam sürdüğü ortamın koşullarını değiştirmeye ve geliştirmeye çalışmışlardır. Modern yaşamın zorluklarını modern teknolojinin olanakları ile öğrendikten sonra, yeni buluşlarla hayatı kolaylaştırmayı yollarını öğrenmişlerdir.

Radyant ısıtma sistemleri, geleneksel ısıtma sistemlerinden çok farklıdır. Bilinen, üç farklı ısı geçişi tarif edilmektedir. Bunlar; İndüksiyon, konveksiyon, ve radyasyon. Radyasyona radyant ısı iletimi veya diğer ifade ısı iletimi, iletim ve konveksiyon ısı iletiminden tamamen farklı bir özelliktir. Kızılötesi radyan ısı enerjisi, çevreyi ve zemini tutan nesnelere doğru yönlendirilir. Geçtiği havayı ısıtmadan insanları ısıtır. Ortamdaki cisimlerin ısınması, ısıtma nesneleri arasında ısı transferine neden olur. Emisyon, elektromanyetik dalgalara bağlı olarak malzemenin sahip olduğu malzemenin sıcaklığından kaynaklanır. Tüm materyaller, sıcaklıklarına bağlı olarak radyasyon ile ısıyayarlar. Isı ve enerjinin iletilmesindeki radyasyon dalga mekaniği teorilerine göre enerjiktir. Işınlar gaz ortamında ve uzayda hareket edebilir. Taşınımında akışkan bir ortama sahip olmak da gereklidir. Bununla birlikte, radyal ısı transferinde boşluk, aksine gelişir. Bunun en canlı örneklerinden biri, dünyadan yaklaşık 150 milyon km olan güneş dünyasının ısıdır. Dolayısıyla radyasyon, dünyadaki yaşamın gerçekleşmesini ve günümüzün oluşmasını sağlamıştır. Başka bir ısı transferi yöntemi ile açıklanamayan bu örnek, ışın teorisi ve radyasyon için dalga teorisini güçlendirir. Radyasyon ısı iletiminin açıklaması dalga ve kuantum teorileri ile yapılır. Radyant sistemlerde, prensip, yüksek emisiviteye sahip bir yüzeyin belirli bir şekilde ısıtılması ve bu yüzeyin iyi bir denge sağlamasıdır. Elektromanyetik dalgalar nesnelere yüzeyine çarptığında, molekülleri yüzeyde hareket ettirirler ve nesnelere sürtünme nedeniyle moleküllerin ısı üretimi ile ısıya sağlarlar (Nagano, Mochida, 2003).

Günümüzde, sıklıkla kullanılan çeşitli ısıtma sistemleri bulunmaktadır. Bunlar 3 ana grupta sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırma Çizelge 1.1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 1.1. Isıtma sistemleri (Schramek, 2003)

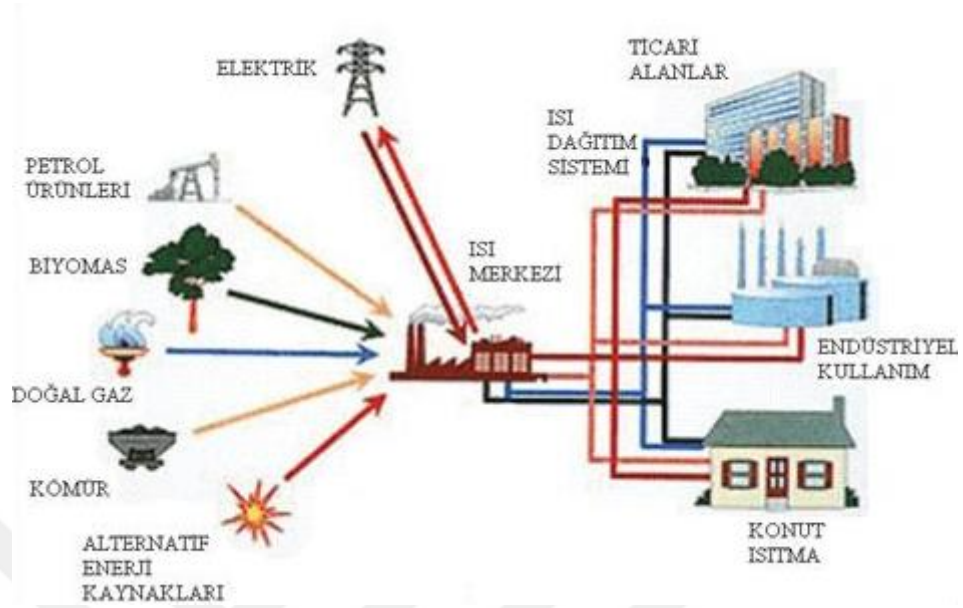
| Merkezi Isıtma | Lokal Isıtma | Bölgesel Isıtma |
|---|---|--|
| Sıcak su (90°C ile 110°C arası) Alçak basınçlı buhar (1,5 bar, 110°C) Yüksek basınçlı buhar (>1,5 bar, >110°C) Vakumlu buhar (0,05bar-0,75 bar, >65 °C) Sıcak hava | Doğrudan ısıtma ekipmanları ile ısıtma yapılır. | Birden fazla binaya tek bir ısı santralinden ısıtma yapılır. |
| Isı Kaynağına Göre | | |
| Katı Yakıtlı | Sıvı Yakıtlı | Gaz Yakıtlı |
| Odun Kömür (maden, linyit) | Fuel-oil Motorin | Doğal gaz LPG LNG |
| Isı Transferi Şekline Göre | | |
| Geleneksel Sistemler | Işınımla Isıtma Sistemleri | |
| Konvektörler, Sıcak Hava Fanları, Hava Şartlandırma, Üniteleri, Radyatörler gibi. | Düşük Yoğunluklu Radyant Sistemler, Orta Yoğunluklu Radyant Sistemler, Yüksek Yoğunluklu Radyant Sistemler. | |

Bir ısıtma merkezinde üretilen ısı, istenen ortamlara yerleştirilmiş ısıtıcılar vasıtasıyla gerçekleştirilen bir taşıma kaynağı vasıtasıyla gerçekleştirilen merkezi ısıtma olarak adlandırılır. Merkezi ısıtma, ısı taşıyan ortamın türüne göre çeşitli isimler alır.

Her binada ayrı kazan daireleri inşa etmek yerine, bu binaların dışına kurulacak tek bir merkezden ısıtma yapılırsa, böyle bir sisteme merkezi ısıtma denir. Merkezi ısıtma sistemlerinde petrol ürünleri, biokütle, doğal gaz, kömür ve alternatif enerji kaynakları gibi birçok enerji kaynağı kullanılabilir. Doğalgaz, kömür ve petrol ürünleri gibi fosil yakıtlar, Klasik Merkezi Isıtma Sistemlerinde (KMIS) merkezi ısıtma sistemleri olarak kullanılmaktadır.

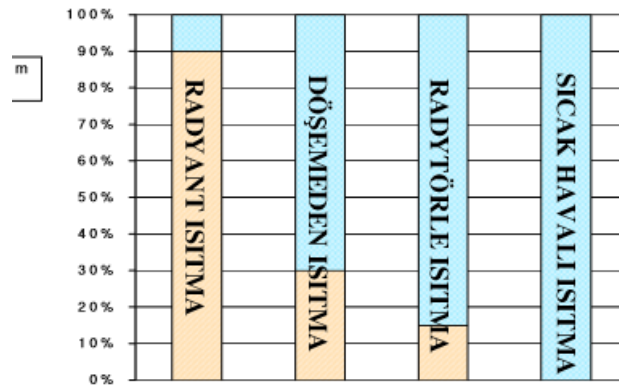
Klasik merkezi ısıtma sistemleri özellikle büyük bina grupları için geçerlidir, örneğin: hastaneler, şarap imalathaneleri, yerleşim yerleri, üniversite kampüsleri, endüstriyel üretim tesisleridir. Kojenarasyon; ısı ve elektrik enerjisi üretiminin aynı tesis ve genellikle tek tip hammadde kullanılarak aynı sistem

üzerinde gerçekleştirdiği sistemlerdir.. “Birleşik güç üretim sistemleri” olarak da adlandırılan sistem, ülkemizde de kullanılmaktadır.



Şekil 1.1. Klasik merkezi ısıtma sistemleri (Schramek, 2003)

Radyant ısıtma esas olarak geleneksel ısıtma sistemlerinden daha çok ısıtma, sıcak hava vb. ile yapılır. Çoğu geleneksel sistemde, konveksiyon ve radyasyon birleştirilir. Bununla birlikte, radyant sistemlerde taşıma etkisi çok düşüktür (yaklaşık % 10). Şekil 1.2’de çeşitli ısıtma sistemleri için ısı transferinde yaklaşık konveksiyon ve radyasyon oranlarını göstermektedir.



Şekil 1.2. Isıtma sistemlerinde ısı oranları (Schramek, 2003)

1.2. Radyant Sistemler

Radyant ısıtma; yüksek bir sıcaklığa sahip bir yüzeyden gelen ısı, başka bir yüzey tarafından emilir ve ısıtılır. Güneş bunun en güzel örneğidir. Güneşin yüzeyinden 150 milyon kilometre uzağa yayılan ışınlar, boşluk boşluğu daha sonra atmosferin içinden geçerek dünyanın yüzeyine çarpar ve enerjisini bırakarak dünyayı ısıtır. Bu prensibe dayanarak üretilen çeşitli tiplerde radyant ısıtıcılar ile ısıtmanın çok zor olduğu yerlerde (yüksek, büyük, yalıtımsız, çok fazla hava değişimi, tamamen açık, vb) çok başarılı uygulamalar yapılmaktadır. Radyant ısıtma sistemlerinde, kızılötesi enerji nesnelere, yüzeylere ve insanları ısıtır.

Havadaki karbondioksitin ve su buharının radyant enerjiyi yutmasına karşın, söz konusu maddelerin yoğunluğu az olduğu için havanın ısınması ihmal edilmektedir. Nesnelere ve döşemeden gelen enerji ısıya dönüşür. Buna göre ısı (Siegel, 1970; Dağsöz, 1990);

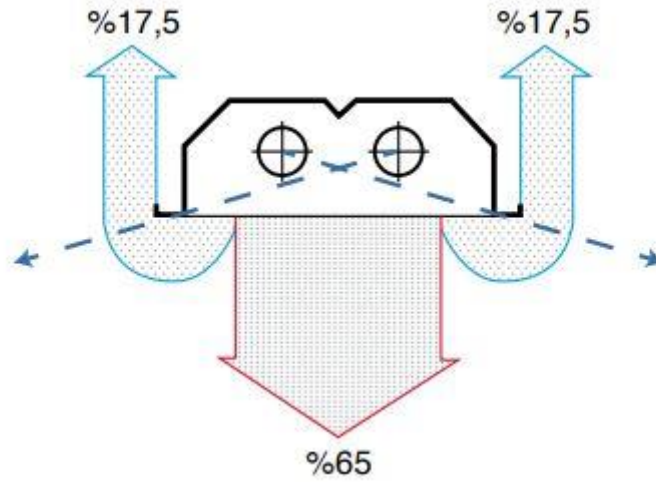
- Döşemelerin ve nesnelere ısınıp ısıtmasını artırır ve ısı emicilerine dönüşmelerini sağlar.
- Konvansiyonel sistemler, ısı transferi yoluyla havayı ısıtır.
- Ortamdaki diğer yüzeylerden ve nesnelere geçer.
- Ortamda bir hava tabakasının oluşumu azalır. Hava doğrudan ısıtılmadığı için zemine homojen bir ısı dağılımını sağlar.
- Üst tabakalardaki hava sıcaklığı geleneksel sistemlerden daha az olduğu için, çatı ve üst duvardaki çatlaklardan ve deliklerden sızan ısı değişim kaybı daha azdır.

Radyant sistemler;

- Büyük çarşılar ve alışveriş merkezlerinde,
- Sanayi siteleri ve organize alanlarında,
- Uçak hangarlarında,
- Araba servislerinde,
- Depolarda,

- Her türlü bakım servis birimlerinde,
- Okullarda,
- Spor salonları ve stadyumlarda,
- Restoranlarda,
- Seralarda,
- Galerilerde,
- Showroomlarda kullanılabilir.

ASHRAE, radyan ısıtma uygulama tiplerinin piyasada kullanılan yeni ürünlerin en son durumunu tam olarak yansıtmaması nedeniyle farklı bir sınıflandırma ortaya çıkmıştır. Son yıllarda bu endüstri ASHRAE tanımlı tiplerden daha ileri gitmiştir ve ASHRAE tanımlarındaki türler piyasa ile bağdaşmaz hale gelmiştir. Bu nedenle piyasada farklı tanımların yapılması normaldir. (Ülkemizde geçerli olan sınıflandırma, CE standartlarına uygun bir sınıflandırmadır). Toplam ısı enerjisinin neredeyse yarısından fazlasını yayan ısıtma sistemleri, radyant ısıtma sistemleri olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 1.3. Radyant ısıtma sistemleri yayma oranı

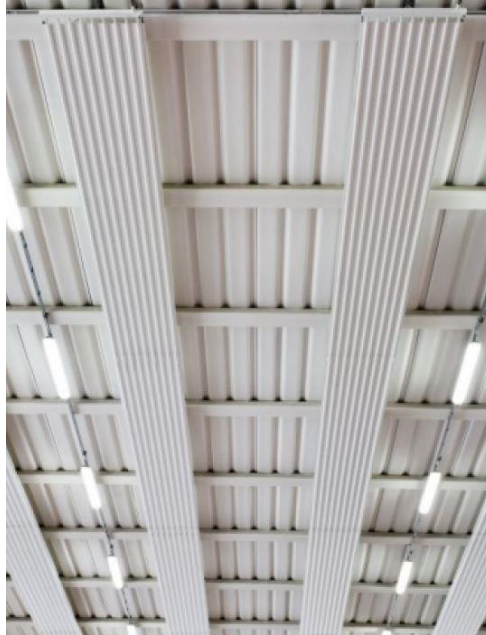
Piyasa tanımlarında, bu tipler, 100 °C'yi aşan yayılan yüzey sıcaklıklarına sahip sistemler olarak tanımlanır. Çizelge 1.2'de piyasa tanımlı tiplerin sınıflandırılmasını göstermektedir.

Çizelge 1.2. Piyasa tanımlı radyant sistemlerin sınıflandırılması

| Yakıt Türü | Isı Transferi Akışkanı | Sistem Tipi | Yüzey Sıcaklığı |
|-------------------|------------------------------|---|-----------------------|
| Katı Yakıt | Orta ve yüksek sıcaklıkta su | Sıcak su boru veya panelleri | 100 ile 150 °C arası |
| | Buhar | Buhar boru veya panelleri | 100 ile 180 °C arası |
| Gaz veya Fuel-Oil | Hava | Hava ısıtmalı radyant boru | 100 ile 150 °C arası |
| Gaz | Sıcak gazlar | Gaz yakmalı radyant boru | 200 ile 600 °C arası |
| | Yok | Seramik plakalı ve konik radyantlar (luminus) | 800 ile 1000 °C arası |
| Elektrik | Yok | Rezistans elemanları | 1000 °C |
| | Yok | Doğrusal quartz tüpleri | 2000 °C |

1.2.1. Sıcak su ve buhar radyant ısıtma sistemleri

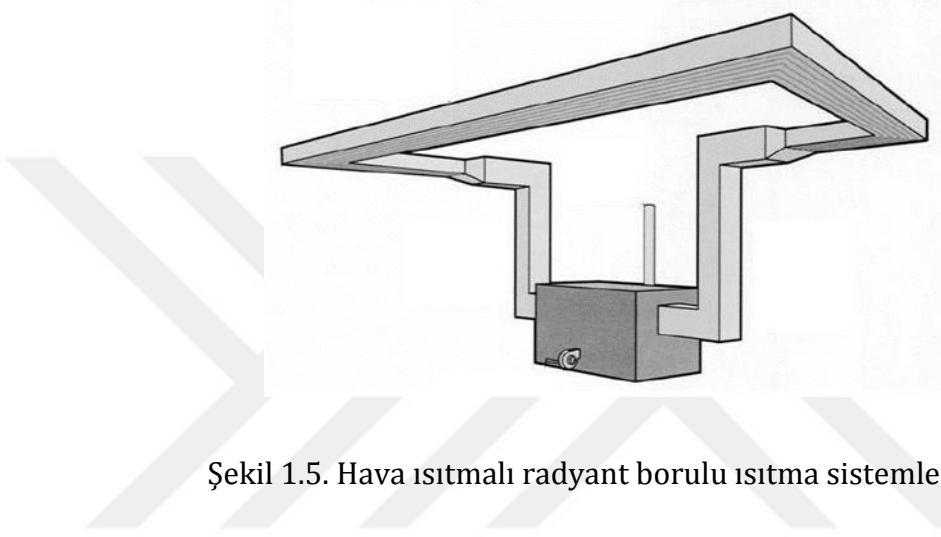
Orta ve yüksek sıcaklıklardaki (100 °C ila 150 °C) sıcak ve nemli sistemlerde radyatör sistemleri, insan temasını önlemek için korumalı su dolgu radyatörler veya daha yaygın kullanılan ısı yayıcı paneller olarak seçilebilir. Alt yüzeye yayılmasını artırmak için paneller tavana monte edilir.



Şekil 1.4. Sıcak sulu veya buharlı radyant ısıtma sistemi

1.2.2. Hava ısıtmalı radyant borulu ısıtma sistemleri

Sıcak hava (150 °C), hava ısıtmalı radyant boru sisteminde, akaryakıt veya gaz yakan bir ısı eşanjörüne bağlı büyük çaplı (200-600 mm) metal borularda dolaylı olarak dolaştırılır. Yayılan borular, nakil nedeniyle ısı kayıplarını sınırlamak ve radyan verimi arttırmak için yalıtımlı bir muhafaza içine yerleştirilir.



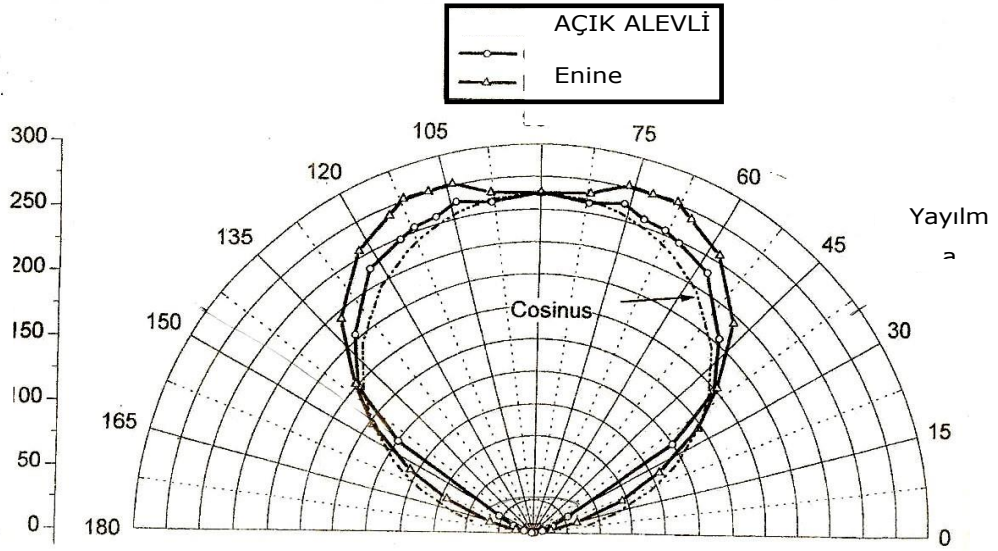
Şekil 1.5. Hava ısıtmalı radyant borulu ısıtma sistemleri

1.2.3. Plakalı tip radyant ısıtma sistemleri

Plaka tipi radyant ısıtıcılar, yanıcı gaz ve hava karışımı ile seramik yüzeylerde yanma yoluyla ısıyayar. Yüzey elemanı atmosferik dumanın bir parçasıdır ve radyant emisivite özelliklerinin yüksek sıcaklıklarda iyi ve uzun ömürlü olmasını sağlayacak şekilde seçilmelidir. Plaka tipi radyant ısıtıcılar, duvarlara, sütunlara veya tavana asılabilir veya monte edilebilir. Boyut olarak fazla yer işgal etmeyen bu cihazlar, bina elemanlarını zorlamadan istenilen bölgelere kolayca asılabilirler. Bu tip sistemler LPG'li ve portatif varyantları da içerir. Çok çeşitli güç seçenekleri mevcuttur. Bu sistemler yüksek radyasyon ve ısı radyasyonu olduğundan, endüstri alanında geniş kullanım alanı bulabilirler.



Şekil 1.6. Plakalı tip radyant ısıtma sistemleri



Şekil 1.7. Seramik plakalı radyant cihazların ısı yoğunlukları (Akbari, 2003)

1.2.4. Konik tip radyant ısıtma sistemleri

Yanıcı gaz ve hava karışımı metal yüzeylerde yanma yoluyla ısı yaymaktadır. Ayrıca Luminus radyant bandında yer alırlar.

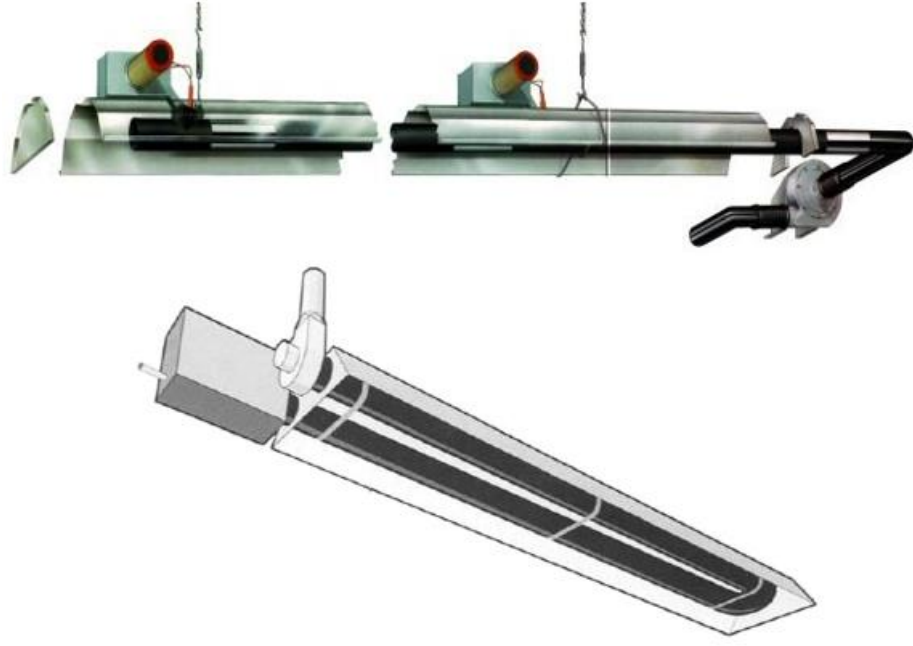


Şekil 1.8. Konik tip radyant ısıtma sistemleri

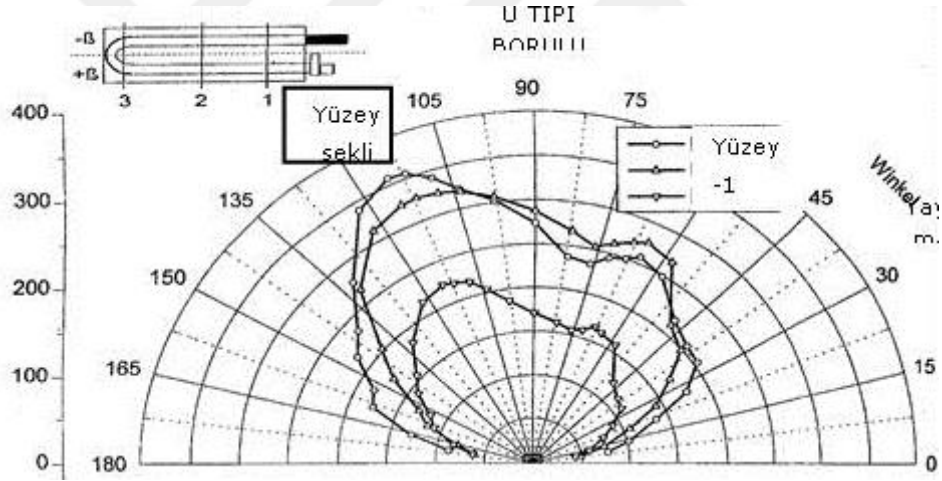
Yüzey elemanı atmosferik dumanın bir parçasıdır ve radyant emisivite özelliklerinin yüksek sıcaklıklarda iyi ve uzun ömürlü olmasını sağlayacak şekilde seçilmelidir. Konik tipte radyant ısıtma sistemlerinde reflektörün şekli ve yansıması önemlidir. Bu tip sistemler LPG ve portatif tiplerde de mevcuttur.

1.2.5. U ve L tipi radyan boru ısıtma sistemleri

En basit durumda, gaz ateşlemeli radyant boru sistemi, bir çelik boruya bağlı bir gaz brülörü olarak tarif edilebilir. Çoğu sistemde yanmış gazlar için bir vakum pompası da kullanılır. Bu tip radyant ısıtma sistemlerinde kullanılan borular düz, U şeklinde olabilir veya çevrede birbirine bağlı çeşitli borulardan oluşabilir. Bir boru veya tüpte yanma meydana gelir ve ortamdaki gazlar alandan dışarı atılır. Reflektörler, kızılötesi ışınları istenen alana yönlendirmek için kullanılır.



Şekil 1.9. Seri bağlı (Üst) ve U tipli (Alt) borulu radyant cihaz



Şekil 1.10. Borulu radyant cihazların ısı yoğunlukları (Akbari, 2003)

1.2.6. Elektrikli kuvars ve radyant ısıtma cihazları

Elektrik enerjisi kullanımı nedeniyle kuvars ve dirençli cihazların işletme maliyeti oldukça yüksektir. Bu tür cihazlar sadece büyük hacimlerde küçük alanların ısıtılması için kullanılır. Bu nedenle bu sistemlerin dünyadaki ve ülkemizdeki endüstriyel kullanımları çok sınırlıdır.



Şekil 1.11. Elektrikli kuvars ve radyant ısıtma cihazları

Endüstriyel radyant ısıtma uygulamalarında, odanın kapasitesini güçlendirmek ve çevrenin rahatını sağlamak için bazı kavramları anlamak önemlidir. Radyan ısıtma sistemi ile ilgili kavramların anlaşılması, sistemin yüksek verimlilikte çalışmasını sağlayacaktır.;

1.3. Radyant Sistem Parametreleri

1.3.1. Termal verim

Radyant ısıtma durumunda termal verim, mevcut enerji çıkışının toplam enerji girişi olarak tanımlanır.

Çizelge 1.3. Bazı malzemelerin yayma katsayıları (Schramek, 2003)

| Malzeme | Sıcaklık(°C) | Yayma katsayısı |
|-----------------------------|--------------|-----------------|
| Dökme Demir (Parlatılmış) | 200 | 0.21 |
| Dökme Demir | 22 | 0.44 |
| Alüminyum (Parlak) | 100 | 0.18 |
| Alüminyum (Çok Parlak) | 237-576 | 0.057 |
| Kalay | 23 | 0.043-0.064 |
| Galvanize çelik | 40 | 0.028 |
| Çelik (Parlatılmış) | 100 | 0.066 |
| Kalay | 23 | 0.043-0.064 |
| Alüminyum | 40 | 0.10-0.20 |
| Paslanmaz çelik (301) | 23 | 0.16 |

1.3.2. Yayıcılık

Bir yüzeyin toplam yayıcı gücünün, aynı yüzeyde siyah yüzeyin toplam emitör gücüne oranının olduğu bir malzemenin bir özelliğidir. Siyah bir nesne, üzerine düşen tüm radyasyon miktarını yutan veya yayan veya bir dizi emisyonu sahip olan bir nesne olan teorik bir kavramdır.

Çizelge 1.4. Bazı malzemelerin yansıtma katsayıları (Schramek, 2003)

| Malzeme | Yansıtma Katsayısı |
|-------------------------------|---------------------------|
| Galvanize çelik | 0.72 |
| Nikel | 0.90 |
| Paslanmaz çelik | 0.55 |
| Alüminyum | 88 |
| Paslanmaz çelik (Parlatılmış) | 0.80-0.90 |
| Krom | 0.92 |

Yansıtıcı elemanların yansıtma açıları, merkeze doğru yönlendirilen enerji miktarını belirler. Bu nedenle, yansıtıcıların yerleştirilmesi, malzemelerin yüksek reflektör özelliklerinin yanı sıra önemlidir.

1.3.3. Konveksiyon kayıpları

Işıldayan bir uygulamada, nakil için ısı kaybı, ısıtılmış ortamda tabaka oluşumu olarak bilinen bir duruma neden olur. Tabakanın oluşması nedeniyle, dış ortam ile sıcaklık farkı artar ve çatı ile üst duvar arasındaki termal kayıp artar. Ayrıca sıcak hava yoğunluğunun etkisi olarak, çatıdaki ve çatıda bulunan deliklere ve çatlaklara bağlı olarak hava değişimi sonucu konveksiyon kayıpları artar.

Radyant ısıtma sistemlerine sahip ısıtmalı binalar için hava tabakasının oluşumu sorun değildir.

1.3.4. Donanım verimliliği

Mevcut enerjinin radyant ısıtma uygulamasında merkeze doğru yönlendirilmesinin bir göstergesidir. Bununla birlikte, ulaşım kayıplarını kontrol edememek ve radyant enerjiyi dağıtmamak, ekipman verimliliğini azaltmaktadır.

1.3.5. Radyant verimlilik

Yakıt giriş enerjisine (Çıkış seviyesi / Giriş seviyesi) göre gerçek radyan enerji çıkışının bir göstergesidir. Radyant verim, uygulamaya bağlı olarak % 50 ile % 80 arasında değişmektedir.

1.4. Radyant Sistemler ve Konvansiyonel Sistemlerin Karşılaştırılması

Radyant ısıtma sistemleri, radyasyonlu yüzeyler arasında ısı iletimi sağladıkları için geleneksel ısıtma sistemlerinden farklıdır. Sistemin sessiz çalıştığı ve homojen ısı verdiği gerçeği de farklıdır. Radyant ısıtma ile, insanların doğrudan konfor sıcaklığını hissetmeleri sağlanır.

Hava ısıtılmadığı için ısınma havası yükseldiği için, ana ısıtmaya ihtiyaç duyan alt ünitelerde çalışmayan yüksek ve yüksek sıcaklıklarda yüksek sıcaklık durumunda düşük sıcaklık gibi yüksek enerji kaybına neden olan olumsuzluklar ortadan kaldırılır.

Çizelge 1. 1. Radyant ve Konvansiyonel Isıtma Sistemlerinin Karşılaştırılması

| RADYANT ISITMA SİSTEMİ | KONVANSİYONEL ISITMA SİSTEMİ |
|---|---|
| Radyant ısıtıcı üzerinde ısıtmayı sağlayan yüzeyler ısı transferine bütünüyle katılırlar. | Isıtma sisteminin döşemeden olduğu durumlarda yüzey kayıpları oluşur. |
| Isının taşınmasından ortaya çıkan ısı kayıplar çok azdır. | Taşıyımımla ısı geçisinden dolayı ısı kayıplar fazladır. |
| Esnek ve geliştirilmeye uygundur. | Esnek ve geliştirilmeye uygun değildir. |
| Isıtıcıların ömrü 30 yıldır | Isıtma sisteminin ömrü maksimum 15 yıldır. |
| Bakımı kolaydır | Çok sık bakım gerektirir, sızıntı olur. |
| Sistem genel verimi % 80 | Sistem genel verimi % 50 |
| Uygulama şekline göre %30 ile %50 arasında enerjiden tasarruf sağlar | |
| Sistem geri ödeme süresi ortalama 3 yıldır. | Sistem geri ödeme süresi ortalama 8 yıldır. |
| Yüzey ısıtma prensibine göre hareket eder. | Hacim ısıtma prensibine göre hareket eder. (sıcak hava sistemi-taşıyım) |

1.4.1. Radyant ısıtma sistemlerinin avantajları

- Sıcak hava üfleme sistemlerine kıyasla% 50-80 oranında tasarruf sağlar.
- Maliyeti oldukça düşüktür.
- Çok kısa süre ve konforlu ısıtma sağlar.
- Tozsuz ve hava sirkülasyonu olmadan gürültü olmadan çalışır.
- Baca inşaatı problemi yoktur ve çevre dostudur.
- Yerel ısınma sağlar.

1.5. Endüstriyel Binalarda Isıtma Sistemi Seçimi

Sistem ısıtmada seçildiğinde ve yatırım kararları verildikten sonra;

- Sistem seçiminde belirleyici olan değişkenler nelerdir ve neden?
- Endüstriyel tesis hacimleri, seçilecek ısıtma sistemini nasıl etkiler?
- Hangi koşullar altında radyan ısıtma sistemleri daha ekonomik ısıtma sağlar?
- Hangi kriterlere göre farklı alternatiflere sahip radyant ısıtma sistemlerinden hangisi seçilebilir? sorularına cevap verilmelidir.
- Tavan yüksekliğini ve tesisteki yalıtım miktarı ?

Radyant ısıtma sistemleri ülkemizde kullanımı oldukça artmış olduğundan, radyant sistemlerin ve diğer konvansiyonel ısıtma sistemlerinin uygun olduğu koşullar konusunda açık mekanlar ve endüstriyel tesislerde radyant ısıtıcılar iç ortamlarda diğer konvansiyonel ısıtma sistemleri yaygınlaşmıştır. Burada, ısıtma sisteminin seçiminin bir örneği olarak, endüstriyel tesisler ısıtılmaktadır. Sanayi tesislerinde kullanılan ısıtma sistemleri, hacim kısıtlılığı ve belirli bir ilgi alanına odaklanma bakımından iki grup altında toplanmaktadır. Bunlar;

- Isıtma sistemleri (konveksiyonlu ısıtma sistemleri)
- Radyant ısı iletimli ısıtma sistemleridir (Durukan, 1993).

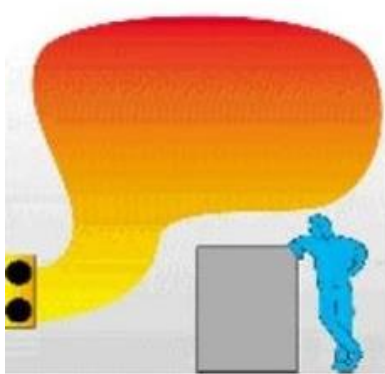
Büyük hacimli atölyeler veya üretim tesisleri gibi endüstriyel tesislerde, geleneksel ısıtma sistemleri hem de radyant ısıtma sistemleri kullanılabilir. Hangi sistemin seçimi, ekonomi ve işletme ve yatırım maliyetlerine ışık tutabilecektir. Günümüz koşullarında her iki sisteminde ilk yatırım maliyetleri çok farklı olmamakla birlikte uzun dönem kullanım durumunda radyant sistemin farkı hızlıca açığı görülmektedir.

Radyan ısıtma sisteminin seçimi, konveksiyon ısıtma sisteminin seçimi, daha iyi ısı yalıtımı, işletme maliyetleri nedeniyle daha ekonomik, ısı yalıtımı kötü olduğunda veya pencereler ve kapılar çok sık açılıp kapanır. Bilindiği gibi, binanın sürekli bir rejime dönüşmesi durumunda ısı kayıpları geçerlidir. Isıtma

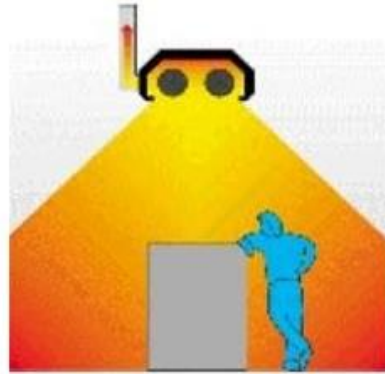
sistemi çalışma saatleri nedeniyle uzun bir süre kapalı kalırsa, radyan ısıtma sistemi daha ekonomik hale gelir.

Radyant ısıtıcılar tarafından ısıtılacak hacimlerde ısı kaybı hesaplamaları bilinen yöntemlere göre gerçekleştirilir. Örneğin, hacim ısı gereksinimi DIN 4701'e göre belirlenir. Yere 5 m'den daha yüksek yerleştirilecek olan radyant ısıtıcılar, her ek sayaç için hacim ısı kayıplarına % 3,3 ilave etmelidir. Bulunan toplam ısı yükü brülör gücüne bölünür ve gerekli yanma sayısı (veya radyan ısıtıcıların sayısı) bulunur. Gaga sayısı belirlendiğinde bir güvenlik parçasının verilmesi tavsiye edilir. Isıtıcı gücünün sadece ısı kaybı temelinde belirlenmesi ve yerleştirilmesi istenmeyen sonuçlara neden olabilir. Aynı zamanda, ısıtılacak yüzeylerdeki ısı yoğunluğu da kontrol edilmelidir. Kısmen kapalı alanlar durumunda, hesaplama yöntemi, tamamen ısıtılacak olan yüzeyler üzerinde sağlanacak gerekli ısı yoğunluğuna dayanmaktadır. Recknagel'e göre, insanlar için ısı yoğunluğu aşağıdaki değerleri aşmamalıdır (Abdelaziz, 2003):

- Yapı Sıcaklığı $12^{\circ} \text{CQ} = 30\text{-}40 \text{ W / m}^2$ olduğunda
- Yapı Sıcaklığı $15^{\circ} \text{CQ} = 17\text{-}30 \text{ W / m}^2$ olduğunda
- Yapı Sıcaklığı $18^{\circ} \text{CQ} = 14\text{-}17 \text{ W}$ olduğunda Oda sıcaklığı 20°C olduğunda, $Q = 12\text{-}14 \text{ W / m}^2$



Şekil (A)



Şekil (B)

Şekil 1.12. Konvansiyonel (Şekil A) ve radyant sistem (Şekil B) (Abdelaziz, 2003)

Endüstriyel tesislerde kullanılacak ısıtma sistemini seçerken dikkate alınması gereken önemli bir değişken ısı kayıplarıdır.

1.6. Endüstriyel Binalarda Isıl Konfor Parametreleri

Isıl konfor, insanların ıstıdan memnun olduklarını gösteren bir koşul olarak tanımlanır ve ilk gereklilik, insan vücudu ve çevresi arasındaki ısı denge veya farklılığın istenen sınırlar içinde olmasıdır, başka bir deyişle, kişi daha yüksek veya daha düşük hava sıcaklığı hissetmez. Isıl konforun en önemli değişkenleri:

- Sıcaklık,
- Faaliyet / iş seviyesi,
- Ortalama radyan sıcaklık,
- Hava hızı,
- Nem miktarıdır.

Bu parametreler,

- Dış iklim,
- Yapı elemanlarına (duvar ölçümleri, pencere sayısı, yalıtım, dış duvar, sızıntılar vb.)
- Kontrol bileşenlerini kurmak (ısıtma / soğutma yöntemi vb.),
- Binanın etrafındaki çevre (binanın etrafındaki iklimi etkileyen faktörler, gölgeleme vb.)
- Binadaki insanların bulunduğu pozisyona bağlıdır.



Şekil 1.13. Konvansiyonel sistemlerde ısı konfor

Radyant doğalgaz ısıtma sistemlerinde konforun sağlanmasında ortalama sıcaklık önem arz etmektedir. Çalışma alanındaki duvarların, tavanların ve döşemelerin sıcaklıklarının ortalaması olarak tanımlanır. Çalışan kişinin odadaki pozisyonu ve yerine göre konfor parametresi değişmektedir.

Ortalama radyan sıcaklığın hesaplanmasında, N yüzeylerinden oluşan kapalı bir alan, eşit sıcaklık dağılımında dikkate alınır. Duvarlar tekdüze sıcaklık dağılımında değilse, daha küçük yüzeylere ayrılır ve eşit sıcaklık dağılımında kabul edilir.

Chrenko (1963) laboratuvar çalışmasının sonunda ısı konfor için aşağıdaki koşulları belirlemiştir. Bunlar (Toksöz, 1993):

- Kişinin başı ile zemin arasındaki sıcaklık farkı olabildiğince $2.5 \text{ } ^\circ \text{C}$ 'yi aşmamalıdır.
- Yükseklikteki ortalama radyan sıcaklık artışı $2.2 \text{ } ^\circ \text{C}$ 'yi veya 30 W / m^2 radyasyon yoğunluğunu geçmemelidir.

Radyant enerji, çevreye giren kişilere, enerjiyi azami konfor hissi ile eşit oranda dağıtarak, hafifçe değişen sıcak yüzeyler sağlayarak verilebilir.

Kirişlerin ve kolonların parlak gölgeli olabileceği de unutulmamalıdır. Isıtıcılar dışarıdan ısı kaybını ve dış duvarlara doğrudan ısı yayılmasını önlemek için ısı kaybının olacağı duvarlardan uzaklaştırılması gerekmektedir.

Işınlanmış bir sistemin radyant enerjinin avantajlarından faydalanma yeteneği, genellikle bu sistemin yedek termal kapasite faktörü sağladığı gerçeğine dayanır. Isıtıcıdan gelen doğrudan ısı radyasyonu yüksek seviyede alındığında, örneğin, spot ısıtma bölgesi rezerv kapasitesi olmaksızın rahatlık sağlayabilir. Yükseklik düzeltme katsayısı yeterli radyant enerji şiddetini belirlemede önemli bir parametredir.

1.7. Endüstriyel Sistemlerde Yalıtımın Etkisi ve Faydaları

Isı yalıtımı, doğru şekilde uygulandığında kondüksiyon, konveksiyon ve radyasyon yoluyla ısı akış oranını düşüren malzeme veya malzemelerin birleşimidir. Isı yalıtım malzemeleri, yüksek ısıl direnç özelliklerinden ötürü, dış hacimlerden binalardan veya binalardan dış hacimlere kadar ısı akışını azaltır (Schramek, 2003).

Isı yalıtım malzemeleri, içerdikleri sayısız mikroskobik kapalı hava hücresinin (havanın vücutlarında hareket etmesine izin vermeyerek) konveksiyon yoluyla ısı transferini engelleyerek ısı transferine direnir. Isıya dayanıklı, hava hücreleri yalıtım malzemesi değildir ancak yalıtım malzemesinin içinde bulunur.

Küçük bir hücre boyutu olan (kapalı hücre yapısı ile) ısı yalıtım malzemeleri de radyasyon etkisini azaltır. Bununla birlikte, ısı yalıtım malzemesindeki hücre boyutunun yoğunluğunun artırılması, genellikle iletim ile ısı transferini artırır. Tipik olarak, ölü hava hücresi ısı yalıtım malzemeleri durgun hava ile gösterilen termal direnci geçemez. Bununla birlikte, polistiren ve poliüretan gibi plastik köpüklü ısı yalıtım malzemeleri, yalıtkan hücrelerde hava yerine florokarbon gazları içerdiğinden, durgun havaya göre daha yüksek termal direnç sergilemektedir.

Endüstriyel sistemlerde ısı yalıtımının birçok avantajı vardır. Bunlar (Akbari, 2003);

- Isı yalıtımı ısı kayıplarını azaltır ve enerjiyi korur, böylece doğal kaynakları korur,
- Enerji tüketimi bir iş gideridir. Küçük tasarruflu ısı yalıtım uygulamaları ile büyük oranlarda enerji tasarrufu sağlanır (bina inşaat maliyetinin sadece% 5'i). Isı yalıtımı sadece işletme maliyetlerini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda sistem boyutları azaldıkça HVAC sistemlerinin ilk yatırım maliyetlerini de azaltır,
- Isı yalıtımı kullanımı sadece işletme enerji maliyetlerini azaltmaz; aynı

zamanda atmosfere salınan kirleticileri azaltır,

- Isı yalıtımı, özellikle mevsimlerde, evlerimizin termal konfor süresini uzatır.
- Isı yalıtımı, çevreyi komşu hacimlerden veya dışarıdan gelebilecek rahatsız edici gürültülerden korur ve binalarda akustik konfor sağlar.
- Yüksek sıcaklık değişiklikleri, bina yapısına zarar verebilecek istenmeyen termal hareketlere neden olabilir. Binanın düşük sıcaklık dalgalanmalarında tutulması, bina bütünlüğünün korunmasına yardımcı olur. Bu, binanın ömrünü uzatan doğru ısı yalıtımı uygulanarak elde edilebilir,
- Doğru tasarım ve ısı yalıtımı, aynı zamanda bina yüzeylerinde yoğunlaşmayı önlemeye yardımcı olur. Ayrıca, yapıyı olumsuz etkileyecek ısı yalıtımı, yanlış yalıtım malzemesi seçimi ve kötü tasarımdan kaçınmak gerekir.
- Uygun yalıtım malzemesi seçilir ve doğru uygulanırsa, yangın sırasında alev yayılımı önlenir.

Endüstriyel binalarda kullanılan çeşitli ısı yalıtım malzemeleri, temel ve kompozit malzemeler;

- İnorganik malzemeler - Cam elyafı, mineral elyaf gibi lifli malzemeler - Kalsiyum silikat ve seramik gibi selülozik malzemeler,
- Organik materyaller -Selüloz, pamuk, ahşap, sentetik lifler gibi lifli malzemeler, Mantar, polistiren, polietilen, poliüretan ve diğer poliçeler hücre yapılı malzemeler.

Isı yalıtım malzemesinin seçiminde; maliyet, basınç dayanımı, su buharı geçirgenliği ve geçirgenlik, alev direnci, uygulama kolaylığı ve termal iletkenlik kullanılır. Ayrıca, termal performans ve enerji tasarrufu söz konusu olduğunda, ısı yalıtım malzemelerinin en önemli özelliği termal iletkenlik değerleridir. Isı yalıtım malzemesinin seçimini etkileyen faktörler Çizelge 1.5’de belirtilmiştir.

Uygulanacak olan ısı yalıtım malzemesinin kalınlığının arttırılması, her zaman yalıtımdan daha iyi sonuçların elde edileceği anlamına gelmemelidir. Isı yalıtımı, her türlü bina için aynı enerji verimliliğini sağlamaz. Yalıtımın ve ekonomik değerinin etkinliği en iyi, aşağıdaki malzemelerin işlevi olan yaşam döngüsü maliyet analizi ile belirlenir (Ünalın, 2003);

- Yapı tipi, işlevi, boyutu, şekli ve yapısı
- Yalıtılacak yapı bileşenleri (çatı, duvar vb.)
- Binanın bulunduğu bölgede yerel iklim koşulları
- Kullanılan yalıtım malzemesinin tipi
- İzolasyon maliyeti (malzeme ve kurulum maliyetleri)
- Kullanılan klima sisteminin tipi ve verimliliği
- Kullanılan enerjinin türü ve maliyeti (kaydedilen enerji miktarı)
- Bakım maliyetleri



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Özen (1999), Radyant sistemler, 1950'den beri ABD'de kullanılmaya başlanmış ve sürekli iyileştirme kaydedilmiştir. Özellikle ABD ve Kanada'nın soğuk kuzey bölgelerinde radyant sistemlerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Radyant sistemler, Batı Avrupa'da Avrupa'da 1970'lerden beri doğal gazın yayılmasıyla kullanılmaya başlandı. Bazı alanlarda LPG Yakıtla çalışan sistemlerin kullanımı, daha sonra doğal gaz haline dönüştürülen veya dönüştürülen radyant sistemlerin kullanılmasına yol açmıştır.

Zhang ve Plate (1986), yaptıkları çalışmada bir tavana uygulanan bir kılcal boru ile radyant ısıtma sisteminin ısı transfer özelliklerini araştırmak için sonlu bir fark algoritması geliştirmişlerdir. Isı yayılma denklemi, hem sabit durum hem de geçici ısı transferi için bir radyant tavan panelini sayısal olarak modellemek için kullanılmıştır. Çeşitli sayısal çözüm şemaları araştırılmış ve sonuçların karşılaştırılmasıyla her bir şemanın avantaj ve dezavantajları hakkında önemli bilgiler elde edilmiştir. Açık metot, hem durağan olmayan ısı yayılım denklemini hem de kararlı durumdaki denklemini çözmek için en etkili yöntem olarak bulunmuştur. Geçici sayısal model tarafından tahmin edilen ısıtma panelinin ısı transfer özellikleri, sayısal model kullanılarak, boru aralığı, alçı kalınlığı ve konveksiyon ısı transfer oranı dâhil olmak üzere çeşitli tasarım konuları araştırılmıştır.

KHan ve Coutin (1990), yaptıkları çalışmada dıştan yalıtılmış bir odaya yerleştirilmiş kılcal borularla radyant ısıtma sistemlerinin zamana bağlı ısı transferini ifade eden bir matematik modeli geliştirmişlerdir. Isı transfer elemanları için ayrı geçici denklemlerin geliştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, en yaygın radyant ısıtma sistemlerinden ısı transfer oranını hesaplamak için bir yöntem sunmaktadır. Her sistemin kararlı durum koşullarına ulaşması için, tüm sistemleri karşılaştırarak ve sistemin yapısının kararlı durum koşullarına ulaşmak için gereken süreyi nasıl etkilediğini göstererek saptanmıştır. Birleştirilmiş, doğrusal olmayan diferansiyel denklemlerin sonucu ortaya

çıkıştır. Araştırmanın sonucunda, sayısal analiz, suyun bir fonksiyonu olarak tavanın ortalama tavan suyu sıcaklığını ve lokal ısı transfer oranını belirlemiştir

Athienitis (1994), yaptığı çalışmada ısıtılmalı kılcal boru ile radyan ısıtma sistemini modelleyerek doğrusal olmayan sonlu farklar geliştirmiştir. Farklı hava koşulları için simülasyonlar da yapılmıştır. Zemin radyan ısıtma sisteminin, yüksek güneş kazançlı bir yerden ısıtma sisteminin performansını incelemek için açık bir doğrusal olmayan sonlu farklı ağ modeli geliştirilmiştir. Model, çeşitli kontrol stratejilerinin çalışmasına izin vermiş olup, ayar noktası değiştirildiğinde tepki süresi de dâhil olmak üzere radyan ısıtma sistemi kontrolünde konfor sınırını aşan zemin yüzey sıcaklığı ve aşırı ısınmayı azaltırken güneş kazançlarının depolanmasını sağlayan kontrol stratejilerinin geliştirilmesinde önemli olduğu düşünülmektedir.

Olesen (1994), yaptığı çalışmada radyant ısıtma sistemlerinin performansını duvarlara ve zeminlere uygulanan kılcal borularla karşılaştırmıştır. Bu çalışmada duvardan ve yerden ısıtma performansının karşılaştırması, aynı zamanda dış sıcaklık değişimi, pencerelerden gelen güneş radyasyonu, aydınlatma ve vücut ısısı gibi faktörlerin neden olduğu dinamik koşulları da dikkate alınarak yapılmıştır. Araştırma sonucunda; termal konforun her iki panel lokasyonunda dinamik koşullar altında elde edildiğini göstermiştir. Ayrıca aynı iki sistemin tükettiği enerji miktarlarının aynı olduğu görülmüştür.

Yost, Barbour ve Watson (1995), yaptıkları çalışmada tavana uygulanan kılcal boru ile radyant bir ısıtma sisteminde enerji tasarrufu ve termal rahatlığı üzerinde çalışmışlardır. Yost ve diğerleri, tavadan ısıtma durumunda enerji tüketimi ve termal konforu çalışmasındaki; deneysel verileri bir ısıtma sezonunun yarısına kadar zamanda toplanmıştır. Sonuç olarak, daha düşük hava sıcaklığı, hızlı rejenerasyon, azaltılmış ısı kayıpları ve tandem radyan panel ile ısıtma ile enerji tasarrufu sağlandığı tespit edilmiştir.

Chapman ve Zhang (1995), yaptıkları çalışmada üç boyutlu bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Burada Ayrık Ordinatlar yöntemini kullanarak opak

veya geçirgen ortamlarla yüzeyler arasındaki ısı transferini hesaplamışlardır. Bu araştırmada; opak veya geçirgen ortamlı yüzeyler arasındaki ışınlama ısı transferini matematiksel olarak hesaplayabilmek ve radyasyon miktarını öğrenmek için 3 boyutlu matematiksel model geliştirilmiştir. Bu modelin, hesaplanmasında Ayrık Ordinatlar yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak, Ayrık ordinatlar yönteminin, bir yüzeydeki radyasyon ısı akışı dağılımını hesaplayabileceği gösterilmiştir ki bu, termostatın veya pencerenin yerleştirilmesinin önemli olduğu saptanmıştır.

Strand ve diğerleri (1997), yaptıkları çalışmada radyan ısıtma ve konveksiyon ısıtma sistemlerinin enerji verimliliğini karşılaştıran bir model geliştirmiştir. Çalışmanın sonuçları, radyant ısıtma sisteminin enerji verimliliğinden daha üstün olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada; radyan ısıtma ile konvektif ısıtmanın enerji verimliliğini karşılaştıran modelde enerji analiz programına girilerek, radyan sistemin yüzeyinde hem radyasyon hem de konveksiyon ısı transferi hesaplanmaktadır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre; radyant sistemin enerji verimliliği açısından üstün olduğu saptanmıştır.

Franc Sodec (1999), yaptıkları çalışmada tavana uygulanan kılcal boru ile radyant soğutma sistemi için ekonomik analiz çalışmalarını üstlenmiştir. Bu çalışmada; çatı soğutma panelleri için ekonomik analiz çalışmaları yapılmıştır. Buna göre; 45-55 W.m⁻²'lik bir soğutma yükü söz konusu olduğunda, çatı soğutma için ilk yatırım maliyeti VAV sistemlerinden% 20 daha az olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Ayrıca, yerde % 40-55 tasarruf edildiği sonucu da ortaya çıkan diğer sonuçlardandır. Çalışmada soğutma tavanı ile pasif soğutmada VAV sisteminden% 10-20 daha fazla enerji tüketilmiştir.

Zhang (2001), yaptığı çalışmada kontrol analizi için kullanışlı bir radyan yerden ısıtma sisteminin dinamik bir modeli geliştirilmiştir. Genel model, bir kazan, bir gömülü tüp döşeme levhası ve bina muhafazasından oluşmuştur. Genel model, sonlu sayısal yöntemler kullanılarak çözülen doğrusal olmayan diferansiyel denklemlerle tanımlanmıştır. Modelden tahmin edilen yanıtlar, yayınlanan deneysel veriler ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar, çeşitli farklı kontrol

stratejileri altında çok çeşitli hava ve çalışma koşullarını kapsayacak şekilde yapılmıştır. Zemindeki etkin termal kapasitesi, model sonuçlarının deneysel verilerle kalibre edilmesinde önemli bir parametre olarak bulunmuştur. Raydan ısıtma sistemlerinde sıcaklık regülasyonunu geliştirmek için üç farklı kontrol stratejisi önerilmiştir. Bunlar: birçok aşamalı açma-kapama kontrolü, bir artırılmış sabit kazanç kontrolü ve bir değişken kazanç kontrolüdür. Simülasyon sonuçlarından elde edilen bulgulara göre; çok kademeli kontrolün, mevcut hava çıkış kontrol şemasından daha iyi bir şekilde, ayarlanan hava sıcaklığının, ayar noktasına daha yakın olduğunu göstermiştir.

Myhren ve Holmberg (2007), yaptıkları çalışmada radyasyon ile ısı transferinin, büyük yüzeyler kullanan düşük sıcaklıklı ısıtma işlemlerinde daha etkili olduğunu kanıtlanmıştır. Modelleme çalışmasında, termal konfor, 1 °C kadar düşük bir sıcaklıkta tutulmuştur. Isıtma alanları olarak geniş yüzeyler kullanarak düşük sıcaklıklarda ısıtma durumunda büyük ısı transfer süreçlerinin meydana geldiğini göstermiştir. Sonuç olarak, daha düşük hava sıcaklıklarında termal konfor sağlanabildiği ortaya çıkmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında bazı durumlarda, hava sıcaklığı 1,5 °C'ye düşürülebildiğinde, önemli miktarda enerji tasarrufu sağlandığı saptanmıştır. Çalışmada modellenen standart ofis 1 °C sıcaklıkta termal konfor sağlandığında % 7 enerji tasarrufu sağladığı sonucu da elde edilmiştir.

Shigeru ve Hisataka (2009), yaptıkları çalışmada tavana uygulanan kılcal boru ile radyant ısıtma sistemini incelediler. Çalışmada, boru tavan soğutma panellerindeki boru sıcaklığını ve oda sıcaklığını ve tavadaki su sıcaklığını kullanarak yeni bir matematik modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen matematiksel model, deney sonuçlarının karşılaştırıldığı çalışmanın elde edilen analiz sonucunda, ısıtma durumunda kılcal borulardan ısı transferinin% 70'inin soğutma durumunda radyasyonun% 60'ı, soğutma durumunda% 60'ının oluştuğu belirlenmiştir.

Néstor Fonseca ve Cristian Cuevas (2010), yaptıkları çalışmada iki test odası ile çatı üzerinde radyant ısıtma ve soğutma testleri gerçekleştirmişlerdir. İki farklı

test odasının tavanına monte edilen kapiler tüplü radyant ısıtma ve soğutma sistemlerini deneysel olarak incelemişlerdir. Test odası olarak Belçika'da standart bir ofis simüle edilmiştir. Araştırmada toplam 46 test yapılmıştır. Sistemdeki su jeti için su sıcaklığı ve termal yük dağılımının kılcal boruları olan radyant sistemlerin performansına etkisi incelenmiştir. Su sıcaklığı, havalandırma sistemi ve termal yük dağılımının panel performansına etkisinin incelendiği laboratuvar testlerinin sonuçlarına göre, küresel ısı transfer katsayısı, ısıtma durumunda soğutma durumundan daima% 10 daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca bina kabuğu ve panel arasındaki termal direncin; soğutma kapasitesini % 8 azalttığı da elde edilen sonuçlardandır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Endüstriyel Tesis Isparta ilinde olup 2. Bölgede yer almaktadır. Aylık ortalama dış sıcaklık ölçümleri aşağıdaki gibidir.

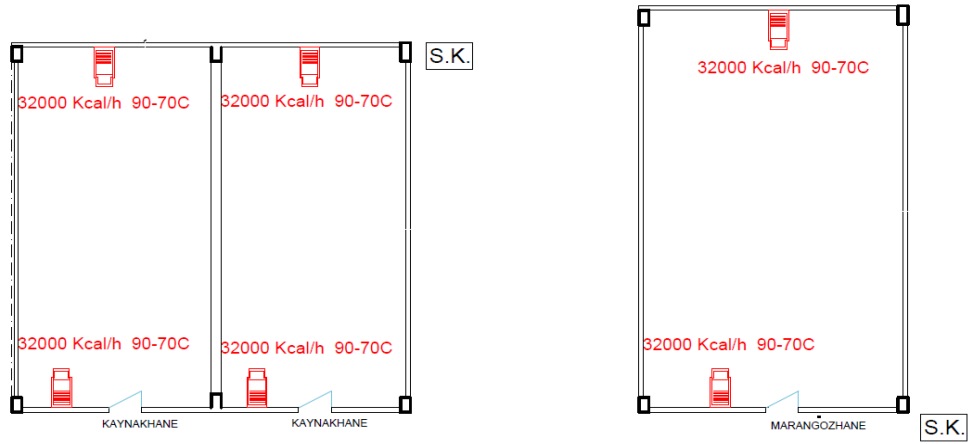
Çizelge 3.1. Bölgelere göre aylık ortalama sıcaklıklar (İzocam, 2003)

| | 1. Bölge | 2. Bölge | 3. Bölge | 4. Bölge |
|----------------|----------|----------|----------|----------|
| OCAK | 8,4 | 2,9 | -0,3 | -5,4 |
| ŞUBAT | 9,0 | 4,4 | 0,1 | -4,7 |
| MART | 11,6 | 7,3 | 4,1 | 0,3 |
| NİSAN | 15,8 | 12,8 | 10,1 | 7,9 |
| MAYIS | 21,2 | 18,0 | 14,4 | 12,8 |
| HAZİRAN | 26,3 | 22,5 | 18,5 | 17,3 |
| TEMMUZ | 28,7 | 24,9 | 21,7 | 21,4 |
| AĞUSTOS | 27,6 | 24,3 | 21,2 | 21,1 |
| EYLÜL | 23,5 | 19,9 | 17,2 | 16,5 |
| EKİM | 18,5 | 14,1 | 11,6 | 10,3 |
| KASIM | 13,0 | 8,5 | 5,6 | 3,1 |
| ARALIK | 9,3 | 3,8 | 1,3 | -2,8 |

Endüstriyel tesiste iç ortam sıcaklığı 5 °C 'dir. Tesiste ses ölçüm cihazımız 27 desibel olarak ses şiddetini ölçmektedir. Toplam 3350 m² çalışma alanına sahip olup mevcut fancoil yerleşim planı şekildeki gibidir.



Şekil 3.1. Merkez atölyeler fancoil yerleşim planı



Şekil 3.2. Yardımcı atölyeler fancoil yerleşim planı

Tesiste kullanılan fancoil cihazlarının teknik verileri aşağıdaki gibidir;



Şekil 3.3. Fancoil cihazı

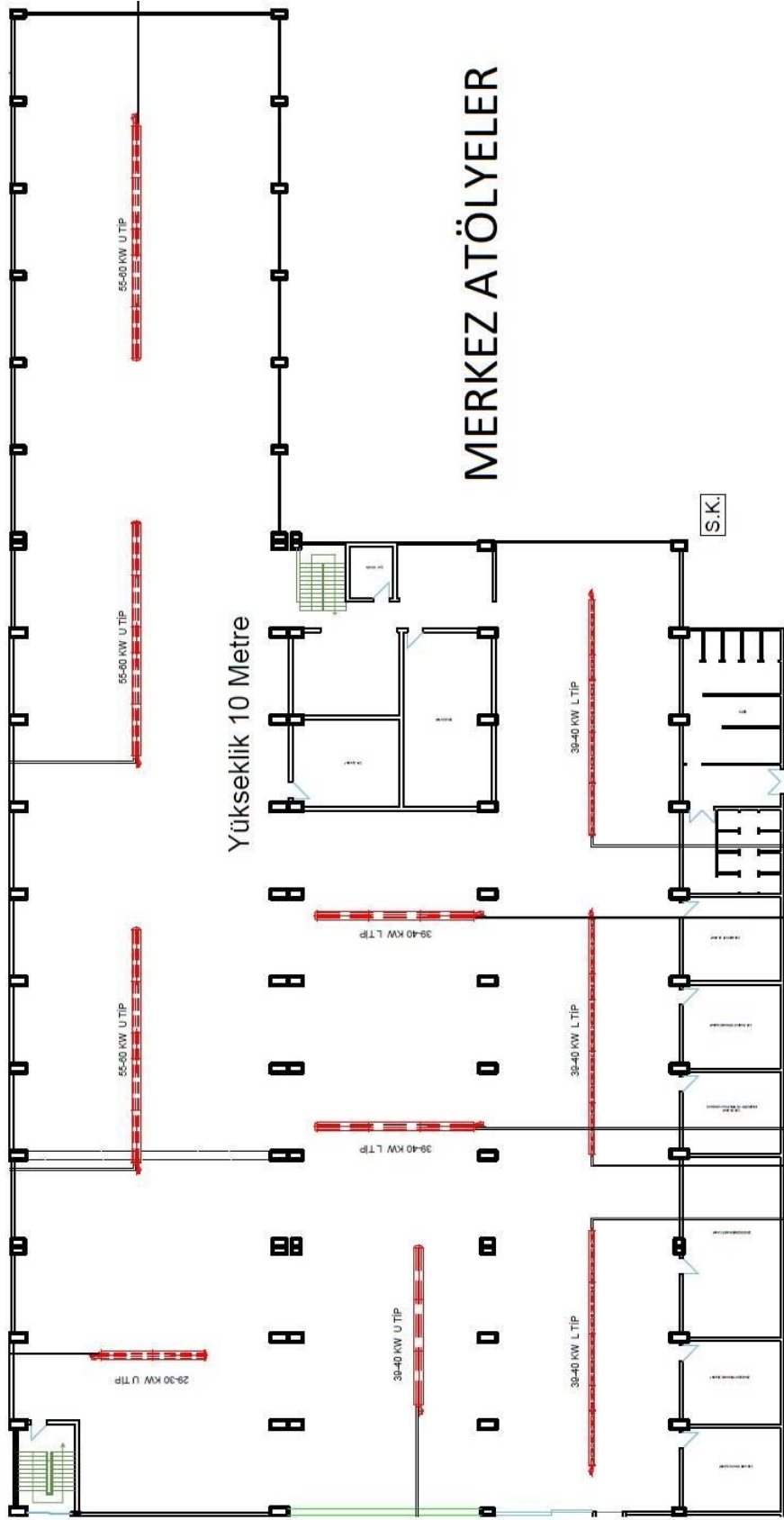
Çizelge 3.2. Fancoil teknik detayları

| Motor Gücü Watt | Çekilen Akım | 90/70 °C Sıcak Su Rejimine Göre | | | |
|--------------------|-----------------|---------------------------------|--------------|------------------------|---------------------------|
| | | Kcal/h | Üfleme °C | Cihaz Ağırlığı (kg) | Gürültü Seviyesi (dBA) |
| 230V 50 Hz | I(A) | 32000 | 50 | 48 | 62 |
| 270 | 1,22 | 32000 | 50 | 48 | 62 |

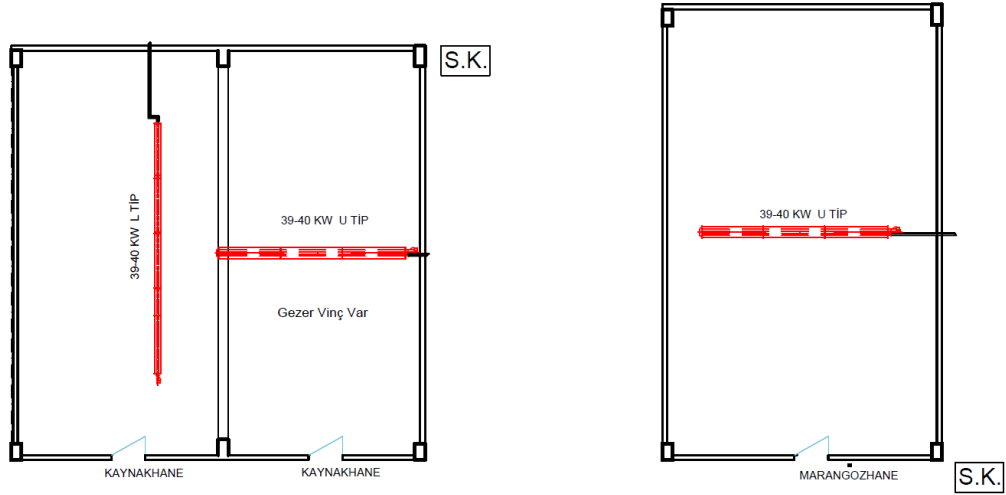
Araştırma yapılan endüstriyel tesiste 36 adet 32000Kcal/h ısıl kapasiteye sahip fancoil bulunmaktadır. Her fancoil ünitesi 270watt enerji tüketimine sahiptir. Mevcut fancoil sistemleri ısıtmak için 8 'li 90Kw kapasiteli nominal verimi 80/60 °C için 84 Kw olan yoğuşmalı tip kaskad bağlı kazan kullanılmaktadır. Yoğuşmalı tip kazanının tam kapasite doğalgaz kullanımı saatlik maksimum 10,8 m³ 'dür. Ayrıca 275 watt elektrik tüketimi mevcuttur. Isıtılan sıcak su kollektör aracılığı ile 1590watt gücünde 6 adet sirkülasyon pompası ile fancoil sistemini beslemektedir.

Mevcut sistemin yerine alıştırılan U tipi radyant sisteminin yerleşim planı şekil 3.4. 'de görüldüğü gibidir.





Şekil 3.4. Merkez atölyeler radyant yerleşim planı



Şekil 3.5. Yardımcı atölyeler radyant yerleşim planı

Tesiste kullanılan U ve L tipi radyant ısıtma sistemi özellikleri aşağıdaki gibidir;

Çizelge 3.3. Radyant sistem teknik detayları

| Adet | Cihaz Tipi | Cihaz Kapasitesi | Doğalgaz Tüketimi | Elektrik Tüketimi | Brülör Yanma Verimi | Işınım Faktörü |
|------|------------|------------------|---------------------|-------------------|---------------------|----------------|
| 3 | 60U | 60 Kw | 6,25 m ³ | 124 Watt | %91.2 | %70.6 |
| 1 | 30U | 39 Kw | 3,02 m ³ | 91 Watt | %91.3 | %70.2 |
| 6 | 40L | 39 Kw | 4,07 m ³ | 104 Watt | %90.2 | %72.7 |
| 3 | 40U | 39 Kw | 4,07 m ³ | 104 Watt | %66.3 | %66.3 |



Şekil 3.6. Endüstriyel tesis boru tipi radyant ısıtma

Sıcaklık ölçüm cihazının hassasiyeti 0.1 °C 'dir.



Şekil 3.7. Sıcaklık ölçüm cihazı ve termostat cihazı

3.2. Yöntem

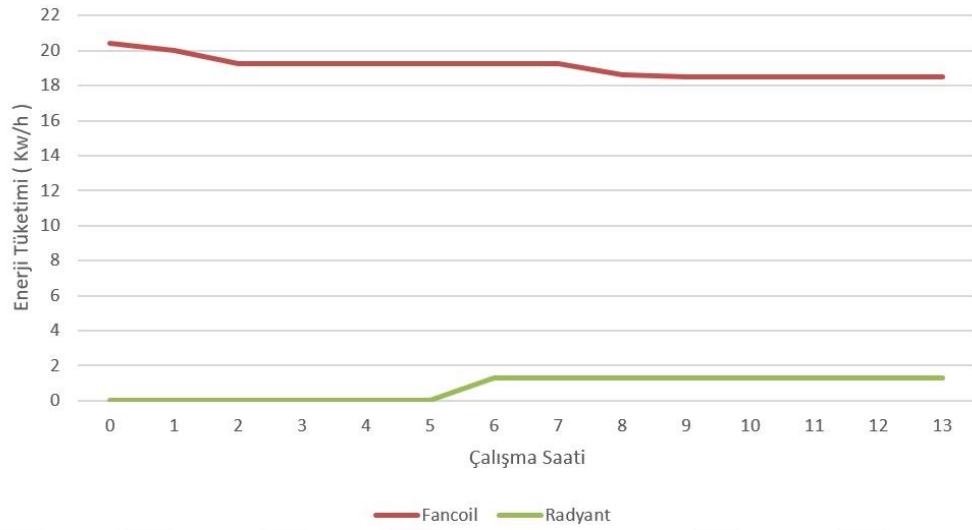
İncelenen endüstriyel tesiste fancoil ve radyant doğalgaz ısıtma cihazlarının saatlik enerji tüketimleri, ortam sıcaklıkları, ses seviyeleri ve doğalgaz tüketimleri hesaplanarak grafik haline getirilmiştir.

Tesizde yer alan fancoil sistemler sabah saat 15:00 'da devreye girerek çalışmaya başlamaktadır. Karşılaştıracağımız radyant doğalgaz ısıtma sistemimiz sabah saat 08:00 'da devreye girerek çalışmaya başlamaktadır. 13 saatlik çalışma zamanı göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmıştır. 1 ay 30 gün kabul edilmiş olup 8 gün tatil süresi çıkarılarak hesaplamalar yapılmıştır. Fancoil ısıtma sisteminin verileri 2012 - 2015 yılları arasını kapsamaktadır. Radyant ısıtma sisteminin verileri 2015 - 2018 yılları arasını kapsamaktadır. Ölçüm sırasında kullanılan sıcaklık ölçer ve ses ölçerin kalibrasyonu düzgün olduğu kontrol edilmiştir.



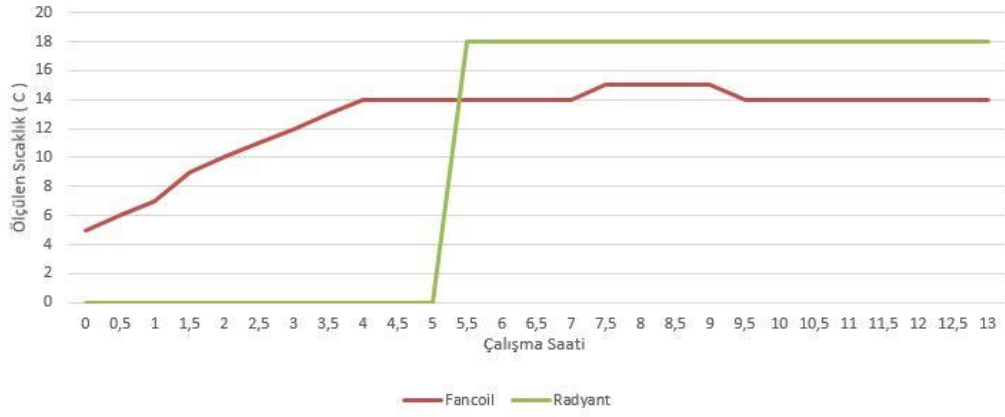
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Şekil 4.1. 'de gösterildiği gibi fancoil sisteminin sirkülasyon pompası kaskad doğalgaz ısıtma cihazlarımız ve fancoil hava fanımızın enerji tüketimleri ve çalışma saatleri dağılıma göre saatlik 18.54 – 20.4 kW/h arası enerji tüketimi olduğu gözükmemektedir. Yerine çalıştırılan radyant doğalgaz ısıtma cihazları toplam elektrik tüketimi 1804 kW/h olarak ölçülmüştür.



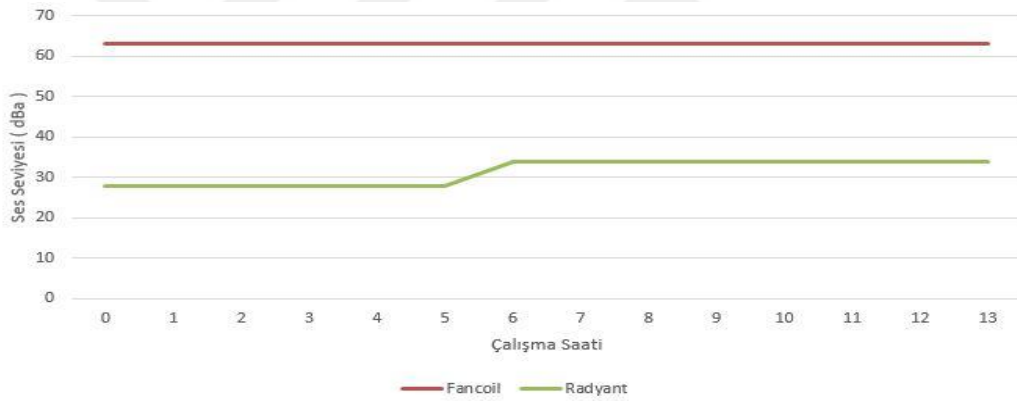
Şekil 4.1. Enerji tüketim grafiği

Araştırması yapılan tesiste yapılan sıcaklık ölçümleri Şekil 4.2 'de görüldüğü gibi 15:00 'da çalışmaya başlayan fancoil ısıtma sistemi çalışma saati başlangıcı olan 08:00 'a kadar 14 °C sıcaklığa getirebilmektedir. Radyant doğalgaz sistemi kısa bir sürede 18 °C sıcaklığa ulaştırmaktadır. Görüldüğü üzere fancoil sistemde ortamın çalışma sıcaklığına ulaşması için uzun bir süre geçmektedir. Bu durum enerji sarfiyatını arttırmakta ve konforu ciddi şekilde düşürmektedir.



Şekil 4.2. Sıcaklık değerleri

Şekil 4.3. 'de cihazlar kapalı vaziyette ortam ses şiddeti 28db olarak ölçülmüştür. Fancoil sistem çalışmaya başladığında 64db ses seviyesine ulaşmaktadır. Radyant sistemde ise ortalama 33DB olarak ölçülmüştür.

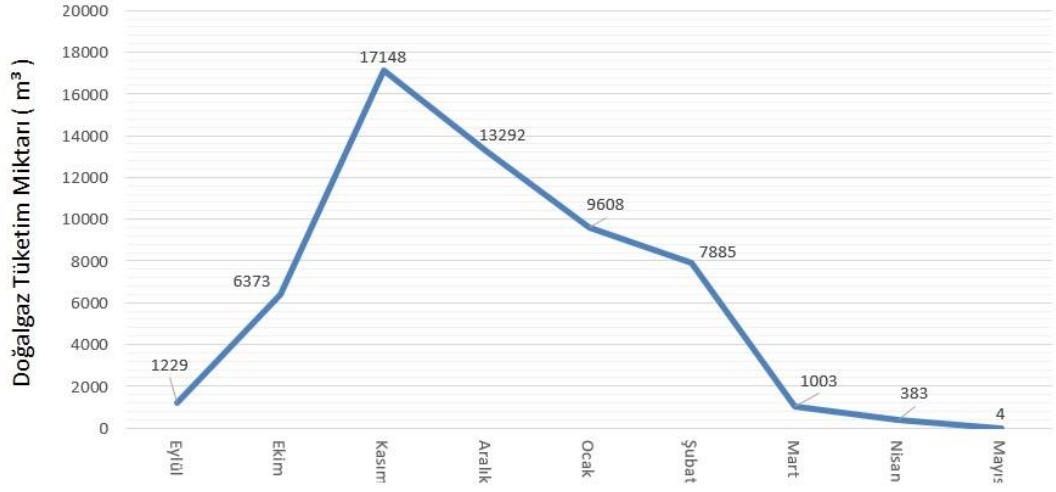


Şekil 4.3. Ses seviyesi

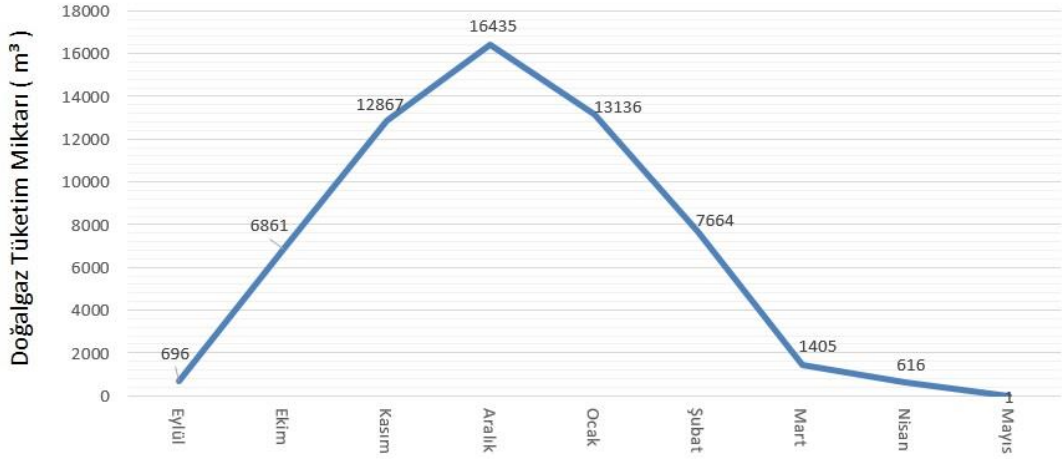
Fancoil ısıtma sistemine ait tüketim değerleri aşağıdaki çizelgede belirtilmiştir. Çizelge 4.1. de görüldüğü gibi fancoil kaskad doğalgaz sisteminin aylık tüketim değerleri verilmiştir. 3 yıllık toplam tüketimin 167570 m³ olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.1. Fancoil kaskad sistem doğalgaz tüketimi

| Endeks Okuma Tarihi | Tüketim (m ³) |
|---------------------|----------------------------|
| Eylül.2012 | 1229 |
| Ekim.2012 | 6373 |
| Kasım.2012 | 17148 |
| Aralık.2012 | 13292 |
| Ocak.2013 | 9608 |
| Şubat.2013 | 7885 |
| Mart.2013 | 1003 |
| Nisan.2013 | 383 |
| Mayıs.2013 | 4 |
| Eylül.2015 | 696 |
| Ekim.2013 | 6861 |
| Kasım.2013 | 12867 |
| Aralık.2013 | 16435 |
| Ocak.2014 | 13136 |
| Şubat.2014 | 7664 |
| Mart.2014 | 1405 |
| Nisan.2014 | 616 |
| Mayıs.2014 | 1 |
| Eylül.2014 | 2221 |
| Ekim.2014 | 6348 |
| Kasım.2014 | 6672 |
| Aralık.2014 | 9385 |
| Ocak.2015 | 16754 |
| Şubat.2015 | 7370 |
| Mart.2015 | 1870 |
| Nisan.2015 | 339 |
| Mayıs.2015 | 6 |



Şekil 4.4. 2012 – 2013 fancoil sistem kaskad doğalgaz tüketimi



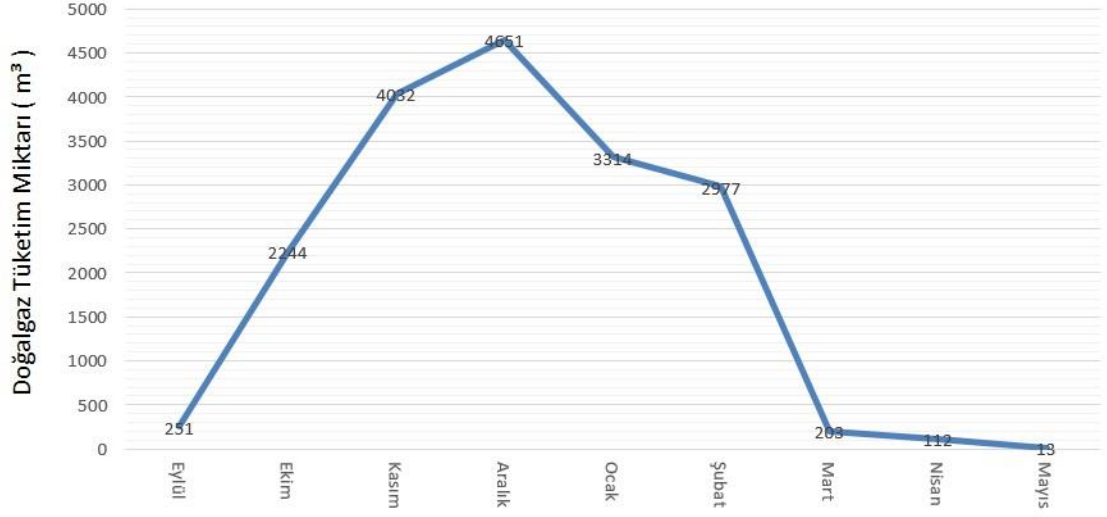
Şekil 4.5. 2013 – 2014 fancoil sistem kaskad doğalgaz tüketimi



Şekil 4.6. 2014 – 2015 fancoil sistem kaskad doğalgaz tüketimi

Çizelge 4.2. Radyant sistem doğalgaz sayaç endeksi ve tüketimi

| Endeks Okuma Tarihi | Sayaç Son Endeks | Tüketim (m ³) |
|---------------------|------------------|----------------------------|
| Ekim.2015 | 251 | 251 |
| Ekim.2015 | 2495 | 2244 |
| Kasım.2015 | 6527 | 4032 |
| Aralık.2015 | 11178 | 4651 |
| Ocak.2016 | 14492 | 3314 |
| Şubat.2016 | 17469 | 2977 |
| Mart.2016 | 17672 | 203 |
| Nisan.2016 | 17784 | 112 |
| Mayıs.2016 | 17797 | 13 |
| Eylül.2016 | 17993 | 196 |
| Ekim.2016 | 20742 | 2749 |
| Kasım.2016 | 24563 | 3821 |
| Aralık.2016 | 30464 | 5901 |
| Ocak.2017 | 35025 | 4561 |
| Şubat.2017 | 37909 | 2884 |
| Mart.2017 | 38637 | 728 |
| Nisan.2017 | 38744 | 107 |
| Mayıs.2017 | 38814 | 70 |
| Eylül.2017 | 39641 | 827 |
| Ekim.2017 | 42765 | 3124 |
| Kasım.2017 | 44976 | 2211 |
| Aralık.2017 | 48578 | 3602 |
| Ocak.2018 | 55124 | 6546 |
| Şubat.2018 | 57621 | 2497 |
| Mart.2018 | 58224 | 603 |
| Nisan.2018 | 58478 | 254 |
| Mayıs.2018 | 58546 | 68 |



Şekil 4.7. 2015-2016 Yılı Radyant Doğalgaz Tüketimi



Şekil 4.8. 2016-2017 yılı radyant doğalgaz tüketimi



Şekil 4.9. 2017-2018 Yılı Radyant Doğalgaz Tüketimi

Gazların farklı basınçlarda ölçülen gaz hacimleri değişkenlik gösterir. Atmosfer basıncı verilerine göre şehirlere göre gazların düzeltme katsayıları basit bir formülle hesaplanır. Yerel Doğalgaz dağıtım şirketleri, tüketicinin faturaya esas tüketim değerlerini (hacmini) hesaplayabilmek için K (Düzeltilme) katsayısını kullanır. Meteorolojiden alınan atmosfer basınçları ışığında farklı fatura dönemlerinde günlük ortalama hesaplanan K değerinin günlük ortalaması K çarpanını vermektedir.

Yerel dağıtım şirketi, faturalandırma dönemlerinde tüketim miktarını hesaplamak için, sayaçtan geçen hacmin değerini (m^3) K çarpanını kullanarak düzeltir.

Düzeltilmiş Tüketim (Sm^3) = Sayaçtan Ölçülen Hacim (m^3) x Düzeltme Katsayısı (K)

Fancoil doğalgaz kaskad sistem için elimizdeki veriler 2012-2015 yılları arasında kapsamaktadır. Karşılaştırma yapılan doğalgaz radyant ısıtma sisteminin verileri 2015-2018 yıllarını kapsamaktadır. Mevcut sistem yerine aynı tüketim değerlerini göz önüne alarak fancoil doğalgaz kaskad sistemini 2015-2018 yılı için fatura değerini hesaplayarak karşılaştırma yapılmıştır. Eylül ayı ile Mayıs ayı arası bir çalışma dönemi adlandırılmıştır.

Isparta ili için mevcut düzeltme katsayısı ortalaması 1.19 alınmıştır. Doğalgaz dağıtım şirketinden 2. kademe bilgileri alınarak fatura hesaplaması yapıldığında;

Çizelge 4.3. Radyant sistem ile fancoil kaskad doğalgaz sistemi fatura hesabı

| Tarih | Tüketim (m ³) | Düzeltilmiş Tüketim (Sm ³) | Fatura Ücreti (TL) | Tüketim (m ³) | Düzeltilmiş (Sm ³) | Fatura Ücreti (TL) |
|-------------|---------------------------------|---|---------------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Ekim.2015 | 251 | 299 | 214 | 1229 | 1463 | 1.047 |
| Ekim.2015 | 2244 | 2670 | 1.911 | 6373 | 7584 | 5.426 |
| Kasım.2015 | 4032 | 4798 | 3.433 | 17148 | 20406 | 14.600 |
| Aralık.2015 | 4651 | 5535 | 3.960 | 13292 | 15817 | 11.317 |
| Ocak.2016 | 3314 | 3944 | 3.371 | 9608 | 11434 | 9.773 |
| Şubat.2016 | 2977 | 3543 | 3.028 | 7885 | 9384 | 8.021 |
| Mart.2016 | 203 | 242 | 206 | 1003 | 1194 | 1.020 |
| Nisan.2016 | 112 | 133 | 114 | 383 | 455 | 389 |
| Mayıs.2016 | 13 | 15 | 13 | 4 | 5 | 4 |
| Eylül.2016 | 196 | 233 | 199 | 696 | 829 | 708 |
| Ekim.2016 | 2749 | 3271 | 2.796 | 6861 | 8164 | 6.978 |
| Kasım.2016 | 3821 | 4547 | 3.887 | 12867 | 15312 | 13.088 |
| Aralık.2016 | 5901 | 7022 | 6.002 | 16435 | 19558 | 16.717 |
| Ocak.2017 | 4561 | 5428 | 5.218 | 13136 | 15631 | 15.029 |
| Şubat.2017 | 2884 | 3432 | 3.300 | 7664 | 9120 | 8.768 |
| Mart.2017 | 728 | 866 | 833 | 1405 | 1671 | 1.607 |
| Nisan.2017 | 107 | 127 | 122 | 616 | 733 | 705 |
| Mayıs.2017 | 70 | 83 | 80 | 1 | 2 | 2 |
| Eylül.2017 | 827 | 984 | 946 | 2221 | 2643 | 2.541 |
| Ekim.2017 | 3124 | 3718 | 3.574 | 6348 | 7554 | 7.263 |
| Kasım.2017 | 2211 | 2631 | 2.530 | 6672 | 7940 | 7.633 |
| Aralık.2017 | 3602 | 4286 | 4.121 | 9385 | 11168 | 10.737 |
| Ocak.2018 | 6546 | 7790 | 8.059 | 16754 | 19937 | 19.168 |
| Şubat.2018 | 2497 | 2971 | 3.074 | 7370 | 8770 | 9.073 |
| Mart.2018 | 603 | 718 | 742 | 1870 | 2226 | 2.302 |
| Nisan.2018 | 254 | 302 | 313 | 339 | 403 | 417 |
| Mayıs.2018 | 68 | 81 | 84 | 6 | 7 | 7 |
| | Radyant Sistem Fatura Tutarı | | 62.130 | Fancoil Sistem Fatura Tutarı | | 174.341 |

Tesiste kullanılmaya başlanan doğalgaz radyant ısıtma sisteminin 2015 yılı kurum maliyeti 150.000 TL 'dir. Çizelge 3.8 'de görüldüğü gibi Fancoil doğalgaz sistemin şayet 2015-2018 yılları arası çalışsaydı toplam elektrik ve doğalgaz tüketimi 225.103,16 TL olacaktı. Yerine çalıştırılmaya başlanan radyant doğalgaz sisteminin toplam elektrik ve doğalgaz tüketimi 64.106,40 TL 'dir. Mevcut sistemin maliyeti göz önüne alındığında elimizdeki veriler çerçevesinde sistemin 3 yıldan kısa bir sürede kendi kurulum masraflarını çıkarttığı görülmektedir.



5. SONUÇ

Bu çalışmada radyant ısıtma sistemleri tanıtılarak sınıflandırma yapılmıştır. Doğalgaz radyant sistemi ile doğalgaz ısıtmalı fancoil sistemin ısı konfor, enerji tüketim, doğalgaz tüketim değerleri ve maliyet analiz edilmiştir. Radyant sistemlerin konvansiyonel sisteme göre avantajları ve dezavantajları anlatılmıştır.

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de enerjinin verimli kullanılması çok önemlidir. Son zamanlarda, enerji ülkenin vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Endüstriyel binalarda ve konutlarda en etkili enerji tasarrufu, uygun ısı yalıtımı sağlayarak mümkündür. Çalışmada endüstriyel tesisler için radyant sistemin enerjinin verimli kullanılmasında avantajları analizlerle gösterilmiştir.

Türkiye gibi enerji üretimi ile tüketim oranları arasında büyük farklılıklar bulunan ülkeler için enerjiyi verimli bir şekilde kullanmak oldukça önemlidir.

Enerji tüketimi, günümüzde ülkelerin üstüne düştüğü temel meselelerden birisidir. Enerji tüketiminin düşürülmesi ve enerji tüketimine bağlı olarak artan çevre kirliliğinin azaltılması yaşadığımız dünyamız için önemlidir. Endüstriyel tesislerde enerji tüketimini azaltarak enerji tasarrufu sağlanabilir. Tasarımdan bir binanın kullanımına; binanın dış yüzey alanı, taşıyıcı sistemin belirlenmesi vb. birçok faktör ısıtma ve ısı yalıtım sistemleri enerji verimliliğinde için oldukça önemlidir.

Günümüzde, yükselen rekabet koşulları ve büyüyen ekonomiler, sanayi kuruluşlarını enerji tüketimlerini ve buna bağlı enerji maliyetlerini azaltmaya zorlamaktadır. Günümüzde, sanayi tesisleri veya sanayi işletmeleri, enerjiyi verimsiz kullanma lüksüne sahip değillerdir. Asgari hammadde tüketimi ile maksimum enerji elde etmek gelişmiş ülkelerin benimsedikleri en önemli enerji politikalarından birisidir.

Enerji tasarrufu ilkesini benimsemiş ve üst yönetimden çalışanların en düşük seviyesine kadar bu yönde çalışmalarını planlayan sanayi tesisleri veya sanayi işletmeleri, aynı iş süresi içerisinde daha az enerji tüketimi sağlayacaktır. Sürekli ölçüm ve gözlem, teknolojide yaşanan gelişmelerin sağladığı faydaları takip ederek doğru seçilmiş yüksek hassasiyetli ölçüm cihazları kullanılarak yapılmalıdır.

“En ucuz enerjinin tasarruflu enerji olduğu” düşünüldüğünde, yapılacak işin sonunda önemli kazanımlar elde edildiği görülecektir.



KAYNAKLAR

- Abdelaziz, L. 2003. Development of a radiant heating and cooling model for building energy simulation software. (Indoor Environment Research Program, Institute for Research in Construction, National Research Council Canada)
- Achard, P. Gicquel, R. 1986. European Passive Solar Handbook – Basic Principles and Concepts for Passive Solar Architecture. Publication of CEC-DG XII, Brussel.
- Akbari, H. 2003. Measured energy savings from the application of reflective roofs in two small non-residential buildings. *Energy*, 28, 953–967.
- Akyol, T. 2006. Binaların Isı Yalıtımında Enerji ve Enerji Analizi. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Atayılmaz, Ş. Ö. 1999. Cıvıv Yetiştirilmesindeki Radyant Isıtma Sistemlerinde Verimlilik. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Athienitis, A, K. 1994. Numerical Model of Floor Heating Systems. *ASHRAE Transactions*, 100, 1024-1030.
- Bayazıt, M., O. 1997. Enerji Korunumu, İklimsel Konfor ve İnşaat Maliyetler Açısından Uygun Bina Kabuğunun Seçilmesi. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Berköz, E., Küçükdoğu, M., Yılmaz, Z., Kocaaslan, G., 1995. Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı. TÜBİTAK-İNTAG 201, Araştırma Raporu.
- DSİ, 2018. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü online. <http://bolge18.dsi.gov.tr/> (Son erişim tarihi: 17.09.2018)
- Chapman, K., S. Zhang, P. 1995. Radiant Heat Exchange Calculations In Radiantly Heated And Cooled Enclosures. *ASHRAE Transactions*, 101, 1236-1246.
- Corina, S. 1999 Energy and peak power savings potential of radiant cooling systems in US commercial buildings. Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Dağsöz, A., K. 1990 Isı Geçişi (Transferi). AlpTeknik Kitapları Yayınları.
- Delikanlı, K. Bayrakci, C. 2001. Doğalgaz Enerji Yönetimi. Kongre ve Sergisi Kitabı, 89, 82-88.
- Dilmaç, Ş. 1996. Az Enerji Tüketen Binalar. Marmara Araştırma Merkezi, Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü.

- Durukan, M. 1993. Radyant Isıtmada Sistem Seçenekleri ve Seçme Esasları. Termodinamik.
- Fonseca, N., Cuevas, C. Lemort, V. 2003. Radiant Ceiling System Coupled to Its Environment Part 1: Experimental Analysis. Applied Thermal Engineering, in press.
- Franc, S. 1999. Economic Viability Of Cooling Ceiling Systems. Energy and Building, 30, 195-201.
- Fluent User's Guide 1998. Fluent incorporated, Centerra Resource park.
- Göksal, T. & Özbalta, N. 2001. Enerji Korunumunda Düşük Enerjili Bina Tasarımları. II. Çevre ve Enerji Kongresi Bildirisi.
- Kayaalp, K. 1994. Radyant Isıtma Sistemlerinin Sanayideki Uygulamaları. Tesisat Mühendisliği Dergisi.
- Khan, A., Y. Coutin-Rodicio, S. 1990. Development of a Mathematical Model and Computer Simulation of Radiant Panel Heating Systems. American Society of Mechanical Engineers, 10, 47-53.
- Koçlar Oral, G. 2006. Binalarda Isı Yalıtımı ve Enerji Verimliliği online. http://www.eie.gov.tr/duyurular/ev/ev_etkinlik/2006_bildiriler/oturu_miv/gulkoclaroral.doc (Son erişim tarihi: 2018)
- Koçlar Oral G. 2008. Enerji Verimli Ve Çevre Dostu online. http://www.asansordunyasi.com/detay.asp?magaza_id=2&kat_id=97&id=625&sayi_no=98&lisan_id=2 (Son erişim tarihi: 2018)
- Myhren, J. Holmberg, S. 2007. Flow patterns and thermal confort in a room with panel, flor and Wall leasing. Energy and Building, 40, 524-536.
- Nagano, K. Mochida, T. 2003. Experiments on thermal environmental design of ceiling radiant cooling for supine human subjects. (Division of Urban and Environmental Engineering, Graduate school of Engineering, Hokkaido Universty)
- Olesen, B., W. 1994. Comparative Experimental Study of Performance of Radiant Floor-Heating Systems and a Wall Panel Heating System Under Dynamic Conditions. ASHRAE Transactions, 100, 1011-1023.
- Özen, C. 1999. Düşük Yoğunluklu Gaz Yakmalı Radyant Isıtma Sistemlerinin Pratik ve Ekonomik Açıdan İncelenmesi ve Standart Isıtma Sistemleri İle Karşılaştırılması. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Schramek, R. 2003. Isıtma ve Klima Tekniği El Kitabı, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayın No:11.

- Shigreu, O. Hisataka, K. 2009. A Simplified Method For Estimating Heat Flux From Ceiling Radiant Panel. (Energy and Building, Departman of Architecture Faculty of Engineering)
- Strand, R., K. Pedersen, C., O. 1997. Implementation Of A Radiant Heating And Cooling Model Into An Integrated Building Energy, Analysis Program, ASHRAE Transactions, 103, 949-958.
- Toksöz, M. 1993. Isıl Konfor. I. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, 36-49, İzmir.
- Ünalın, H. 2003. Yapı kabuğunda ısı yalıtımının irdelenmesi ve Anadolu Üniversitesi Lojmanları örneği. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Ünlü, O. 2009. Sanayide Enerji Tasarrufu Çalışmalarının Önemi ve Buhar Sistemleri İle İlgili Uygulama Örnekleri, Makale Dergisi, 5-16.
- Yost, P., A., Barbour, C. Watson, R. 1995. An Evaluation of Thermal Comfort and Energy Consumption for a Surface Mounted Ceiling Radiant Panel Heating Systems. ASHRAE Transactions, 101, 1221-1233.
- Zeren, L., Berköz, E., Küçükdoğu, M., Ok, V. Yılmaz, Z. 1987. Türkiye'de Yeni Yerleşmeler ve Binalarda Enerji Tasarrufu Amacıyla Bir Mevzuat Modeline İlişkin Çalışma. Araştırma Raporu.
- Zhang, Z., L. 2001. Temperature control strategies for radiant floor heating Systems. (Masters thesis, Concordia University)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hasan Bahadır GÜR

Doğum Yeri ve Yılı : Ankara / 1989

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : hasanbahadirdgur@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Antalya Gazi Anadolu Lisesi 2006

Lisans : Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü