

YILDIZ TEKNİK UNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTUSU

KESİNTİLİ ÇALIŞAN

BUYUK HACIMLI MAHALLERİN ISITILMASINDA

RADYANT ISITICILARIN AVANTAJLARI

2919n

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAK. MÜH. ALİ YAVUZ YAGCI

İSTANBUL , 1993

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

İÇİNDEKİLER

	<u>SAYFA NO</u>
1.0- GİRİŞ	1
1.1- İNFRARUJ 'UN TARİHÇESİ	1
1.2- İNFRARUJUN TANIMI	2-3
1.3- ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM	3-4
1.4- İNFRARUJUN FAYDALARI	7-8
1.5- RADYANT ISITMA UYGULAMA METODLARI	8-9
2.0- RADYANT ISITMA CİHAZLARININ TİPLERİ	12
2.1- ASHRAE TANIMLI TİPLER	12-13
2.2- PİYASA TANIMLI TİPLER	13
3.0- RADYANT ISITMA KAVRAMLARI	16
3.1- ISIL (TERMAL) VERİM	18
3.1.1- BACA KAYBI HESABI	19
3.2- EMİSSİVİTİ (YAYICILIK)	23-25
3.3- REFLEKTİVİTİ (YANSITICILIK)	31-32
3.4- KONVEKSİYON KAYIPLARI	32-34
3.5- FİXTURE (DONANIM) VERİMİ	34
3.6- PATTERN (MODEL) VERİMİ	34-35
3.7- ABSORPTİVİTİ (YUTUCULUK)	37-38
3.8- RADYANT VERİM	38-39
4.0- RADYANT ISITMA DİZAYN KRİTERLERİ	42
4.1- KULLANMA FAKTÖRLERİ	42-43
4.1.1- KAPSAMA ALANI	44
4.2- ISI KAYBI İÇİN RADYANT DÜZELTME FAKTÖRÜ	47
4.3- RADYANT YÜKSEKLİK DÜZELTME FAKTÖRÜ	47-54
5.0- RADYANT ISITMA UYGULAMA KRİTERLERİ	54
5.1- KONFOR PARAMETRELERİ	55-56
5.1.1- ORTALAMA RADYANT SICAKLIĞI	56-57
5.1.2 - ODALAR İÇİN - M.R.T - KRİTERİ	57-59
5.2 - DİZAYN İÇİN GEREKLİ ISI GİRİŞ SEVİYESİ	60-61
5.3- KONTROL MEKANİZMASI	61
5.4- TESİS KURULURKEN GÖZÖNÜNDE BULUNDURULMASI GEREKEN ÖZEL DURUMLAR	67
5.4.1- TEHLİKELİ ÇEVRE	67
5.4.2- KOROZİF ÇEVRE	67

5.4.3- EMNİYET	68
5.4.4- ESTETİK	68
5.5- BAZI RADYANT ISITMA UYGULAMALARI	69-70
5.6- BİR RADYANT ISITICI SİSTEMİN ŞEMATİK GÖRÜNÜŞÜ	71-72
6.0- UYGULAMA KARŞILAŞTIRMASI	73
6.1- UYGULAMA PROJESİ - 1	73
6.1.1- ISI TRANSFER KATSAYILARI	73-74
6.1.2- İNFİLTRASYON ISISI HESABI	74-76
6.1.3- KAZAN SEÇİMİ	82
6.1.4- YILLIK YAKIT TÜKETİMİ	82
6.1.5- DEPOLANACAK YAKIT MİKTARI	82
6.1.6- DUMAN BACASI KESİTİ HESABI	82
6.1.7- FUEL-OİL 'İN ISITILMASI	82-83
6.1.8- BASINÇ KAYBI HESABI	83
6.1.9- POMPA SEÇİMİ	83
6.1.10- DÖŞEMEDEN ISITMADAKİ İLK YATIRIM MALİ- YETİNİN BULUNMASI	84
6.1.11- SİNCAN CAMİSİ ' NİN RADYANT SİSTEME GÖRE PROJELENDİRİLMESİ VE MALİYETİNİN BULUNMASI	85-87
6.1.12- İLK YATIRIM MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTI- RILMASI	87-88
6.2 - UYGULAMA PROJESİ - 2	88
6.2.1- 1 No 'lu BÖLÜM İÇİN ISI KAYBI HESABI	88
6.2.1.1 - KONDÜKSİYON ISI İLETİM KATSAYILARI- NIN BULUNMASI	88-90
6.2.1.2 - HAVA SIZINTISI ISI KAYBI HESABI	90
6.2.1.3 - İLETİMSSEL ISI KAYBININ BULUNMASI	90-91
6.2.1.4 - TESİS KAPASİTESİNİN BULUNMASI	91
6.2.2 - 2 No 'lu BÖLÜM İÇİN ISI KAYBI HESABI	91
6.2.2.1- HAVA SIZINTISI ISI KAYBI HESABI	91
6.2.2.2- İLETİMSSEL ISI KAYBININ BULUNMASI	91-92
6.2.2.3- TESİS KAPASİTESİNİN BULUNMASI	92
6.2.3 - YAKIT MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRIL- MASI	92

6.2.3.1- RADIANT SİSTEM İÇİN YAKIT MALİYETİ	
HESABI	93
6.2.3.2- KONVANSİYONEL SİSTEM İÇİN YAKIT	
MALİYETİ HESABI	93
6.2.4 - PERSONEL GİDERLERİ	93
SONUÇ	98-99



KULLANILAN ŞEKİLLERİN LİSTESİ

	<u>SAYFA NO</u>
1.A- ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM	5
1.B- İNFRARUJ SPEKTRUM	6
2.A- RADYANT ISITMA İÇİN ENERJİ AKIM ŞEMASI	10
2.B- KONVENSIYONEL ISITMA İÇİN ENERJİ AKIM ŞEMASI	11
3- ASHRAE TARIFLI ISITICI TİPLERİ	14
4- PİYASA TARIFLI ISITICI TİPLERİ	15
5- RADYANT ISITMA KAVRAMLARI	17
6.A- METAN VE HAVANIN YANMASI	20
6.B- DOĞAL GAZIN BACA KAYBINI HESAPLAMA ÇİZELGESİ	21
6.C- PROPAN HD-5 'İN BACA KAYBINI HESAPLAMA ÇİZELGESİ	22
7- KONFIGÜRASYON KARŞILAŞTIRMALARI	36
8- SU VE BETONUN ABSORPSİYON KABİLİYETİ	40
9- ŞİDDETİN GENİŞLİĞE GÖRE DEĞİŞİMİ	45
10- KAPSAMA ALANI KARŞILAŞTIRMASI	46
11.A- YAKICI DÜZENİ (Tekli Yakıcı Sistemleri İçin	50
11.B- YAKICI DÜZENİ (Çoklu Yakıcı Sistemleri İçin)	52

KULLANILAN TABLOLARIN LİSTESİ

	SAYFA NO
1- ÇEŞİTLİ SİSTEMLERİN ISIL VERİM ARALIĞI	19
2.A- ÇEŞİTLİ SICAKLIK VE EMISSİVİTY DEĞERLERİNDE YAYMA GÜCÜ (Btu/ft ² h)	26
2.B- ÇEŞİTLİ SICAKLIK VE EMISSİVİTY DEĞERLERİNDE YAYMA GÜCÜ (Btu/ft ² h)	27
3.A- SİYAH CİSİM RADYASYONU İÇİN ÇEŞİTLİ DALGA BOYU ARALIKLARINDA TOPLAM RADYANT ÇIKIŞ YÜZDESİ	28
3.B- SİYAH CİSİM RADYASYONU İÇİN ÇEŞİTLİ DALGA BOYU ARALIKLARINDA TOPLAM RADYANT ÇIKIŞ YÜZDESİ	29
4- BAZI MALZEMELERİN EMISSİVİTY DEĞERLERİ	30
5- BAZI MALZEMELER VE REFLEKTİVİTY DEĞERLERİ	32
6- BAZI MALZEMELERİN ABSORPSİYON DALGA BOYLARI	37
7- 982°C (Yüksek Şiddetli) ve 482°C (Düşük Şiddetli) YAYICI SICAKLIĞINDA SU VE BETON İÇİN ABSORBE EDİLEN ENERJİ KARŞILAŞTIRMASI	41
8.A- YOĞUNLUK ÇİZELGESİ (Tek Yakıcı, Yüksek Donanım Verimli Cihazlar İçin)	49
8.b- YOĞUNLUK ÇİZELGESİ (Çoklu Yakıcı, Yüksek Donanım Verimli Cihazlar İçin)	51
10- DEĞİŞİK UYGULAMA TİPLERİ İÇİN TESİS KAPASİTESİ GEREKSİNİMLERİNİN TİPİK ARALIKLARI (W/m ²)	62
11- SPOT VEYA ALAN ISITMASI İÇİN HAVA SICAKLIĞI, HAVA HIZI VE ÇALIŞMA SEVİYESİNE BAĞLI OLARAK GEREKLİ ISI GİRİŞ SEVİYELERİ (W/m ²)	64
11.A- NORMAL OLARAK GİYİNİMİŞ, OTURARAK HAFİF İŞ YAPAN FERTLER İÇİN	64
11.B- NORMAL OLARAK GİYİNİMİŞ, AYAKTA HAFİF ÇALIŞAN FERTLER İÇİN	65
11.C- NORMAL OLARAK GİYİNİMİŞ, AĞIR ÇALIŞAN FERTLER İÇİN	66
12.A-B-C - İSTANBUL (GÖZTEPE) İÇİN 1970 - 1992 YILLARI ARASINDA ORTALAMA DIŞ SICAK- LIK LAR	94-95-96
13- TÜRKİYE 'DE DERECE - GÜN SAYILARI	97

KULLANILAN GRAFİKLERİN LİSTESİ

	<u>SAYFA NO</u>
1- M.R.T - HAVA SICAKLIĞI - KONFOR İLİŞKİSİ	58
2- SPOT VEYA ALAN ISITMADA KONFOR İÇİN GEREKLİ ISI ÇIKIŞ SEVİYELERİ	63

KULLANILAN FORMLARIN LİSTESİ

1- ISI KAYBI HESABI FORMU	77
2- YER KALORİFERİ HESAP FORMU	78
3- BORU HESABI CETVELİ	79-80
4- ζ DEĞERLERİ HESABI FORMU	81

KULLANILAN RESİMLERİN LİSTESİ

1 - 6 - BAZI RADYANT ISITMA UYGULAMALARI	69-70
7 - BİR RADYANT ISITICI SİSTEMİN SEMATİK GÖRÜNÜŞÜ	71
8 - IŞIL BORU VE REFLEKTÖRLER	72
9 - YAKICILAR	72
10- VAKUM POMPASI	72

EKLER

- EK-1 : UYGULAMA PROJESİ - 1 'ait teknik resimler
EK-2 : UYGULAMA PROJESİ - 2 'ait teknik resimler

ÖNSÖZ

Bu çalışmamı hazırlamamda yardımcı olan Yıldız Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Bölümü Öğretim Uyelerinden Sayın Prof. Ümit Doğay Arıncı ve Sayın Doç. Dr. İsmail Teke 'ye teşekkür ederim.

İSTANBUL, 1993

ALİ YAVUZ YAĞCI

ÖZET

Günümüzde, ısıtma sistemleri sürekli değişmekte, gelişen teknolojiye uygun olarak en ekonomik ve konforlu ısıtma sistemini bulmak için arayışlar devam etmektedir.

Bir çok ısıtma sisteminin mahal için uygun konfor şartlarını sağlayabilmesi için bir takım faktörler gereklidir. Örneğin; bir mahalde döşemeden ısıtma sisteminin uygulanabilmesi için o mahalin ısı yalıtımının çok iyi olması gerekmektedir. Sıcak hava üfleme sistemlerinde ise mahal yüksekliğinin çok fazla olmaması gerekir. Çünkü sıcak hava tavanda toplanarak buradaki sıcaklığın aşırı derecede artmasına neden olur.

Radyant ısıtma sistemleri, tavan yüksekliği çok fazla ve yalıtımsız mahallerde rahatlıkla uygulanabilir. İnfiltrasyon ve exfiltrasyon kayıplarının çok yüksek olduğu yapılarda radyant sistem konforu istenen şekilde sağlayabilmektedir. Ayrıca radyant sistemlerin tesisi, emniyet tertibatı, otomatik kontrolü, bakımı oldukça kolaydır ve yakıt olarak doğal gaz veya propan gazı rahatlıkla kullanabilmektedir. Bu yüzden bir çok durumlarda maliyeti diğer sistemlere göre daha avantajlı olabilmektedir.

Bu çalışmada; Türkiye 'de uygulama sahası henüz yeni olan radyant ısıtma sistemleri hakkında gerekli ön bilgiler verildikten sonra, kesintili çalışan büyük hacimli mahallerde radyant ısıtma sistemlerinin klasik sistemlere göre avantajları incelenmiştir. Ayrıca, Ankara 'daki Sincan Camii 'nin döşemeden ısıtma projesi yapıldıktan sonra buna alternatif olarak radyant sisteme göre hesabı yapılmış ve bu iki sistemin maliyet karşılaştırması yapılmıştır.

SUMMARY

Nowadays, the heating systems are continuously changing and the searches to find out the most economical and comfortable heating system that is appropriate for today's technology is continuing.

Some factors are necessary for many heating systems to be able to provide the appropriate conditions of comforts for the space where it will be used. For instance; for the application of floor - heating system in a space, there must be a perfect heat insulation in there. As for the air conditioned systems, the space where the system is applied should not be so high. Otherwise, hot air gathers around the ceiling and causes the temperature rise so high at that space.

Radiant heating systems can be easily applied in the uninsulated spaces where the ceiling height is rather much. The radiant systems can provide the comforts as requested, in such buildings where the infiltration and exfiltration losses are so high. Besides, the installation, safety mechanism, automatic control and maintenance of radiant systems are much easier and natural gas or propane gas can be used easily as a fuel. Therefore, in most cases the cost of these systems can be much more advantageous than that of the other systems.

In this work; the advantages of radiant heating systems were examined according to the classical systems, after the essential preliminary information about radiant heating systems of which we have just a new application area in Turkey were given. Furthermore, after the realization of the floor heating system project at Sinan Mosque in Ankara, as an alternative to this system it is calculated according to the radiant system and a cost comparison of these two systems were given.

1.0 - GİRİŞ

1.1- INFRARUJ 'UN TARİHÇESİ

1800 yılında Sir William Herschell adlı bir İngiliz astronomu infraruj ışınların ısıtıcı etkisi olduğunu bulmuştur. Bir prizma yardımıyla yayılan güneş ışığının ısını ölçmek için kullanılan bir termometre üzerinde mavi ışık en az miktarda ısı artışına neden olduğu halde, renk kırmızı spektruma dönüştürken termometre üzerindeki sıcaklığın arttığını William Herschel bulmuştur.

William Herschel'in bulduğu ve termometre üzerinde daha yüksek bir sıcaklığa ulaşılmasını sağlayan spektrum gerçekten de kırmızı spektrumun ötesindeydi. O infraruj (kızılötesi) spektrumdu.

1950'li yıllarda Roberts-Gordon, güneşin direkt ışınlarına benzeyen gaz yakmalı infraruj radyant tüp ısıtmanın kavramlarının anlaşılmasına ve gelişmesine öncülük ettiler. İnfraruj ilkeli ısıtıcıların hatırı sayılır derecede yakıt ekonomisi sağladığı görüldü. İnfraruj radyant ısı enerjisi yukarıdan aşağı doğru mahali işgal eden cisimlere (insan, eşya vb.) ve döşemeye yönlendirilir. Tavanı veya içinden geçtiği havayı ısıtmaksızın onları ısıtır. Havanın ısınması daha sonra infrarujla ısınmış olan cisimlerden ve zeminden konveksiyonla olan ısı transferi neticesinde meydana gelir. Gaz yakmalı, infraruj, radyant tüp ısıtma sistemleri günümüzde kullanılan ısıtma sistemlerinin en konforlu ve en ekonomik olanlarından bir tanesidir.

Not : Radyasyon ve radyant ısıtıcılarala ilgili dilimizde kullanılan bazı yabancı kelimelerin tam karşılığı henüz olmadığından, bazı kelimelerin İngilizce ve Türkçe 'si birlikte kullanılmıştır.

1.2- INFRARUJUN TANIMI

İnfraruj, elektromanyetik dalgalar vasıtasıyla enerjinin iletimidir. Işıklar bir cisme çarptığı zaman, cismin içindeki molekülleri harekete geçirir, ısı üreterek moleküllerin daha hızlı hareket etmesine sebep olur. İnfraruj ışıklar gözle görülmezler ve ışık hızıyla düz bir çizgi üzerinde bir ısı kaynağından bütün yüzeylere ve cisimlere içinden geçtikleri havayı ısıtmaksızın giderler. Işıklardaki enerji soğuk yüzeyler (döşeme, cihazlar, insanlar) tarafından absorbe edilir. Bu ısı- nın bir kısmı kondüksiyon vasıtasıyla cisimlerin iç kısımla- rına taşınır. Radyant enerjinin geri kalan kısmı diğer soğuk yüzeyler tarafından absorbe edilmek üzere belli bir sıcaklığa kadar ısınmış yüzeylerden yansıtılır. Havanın sıcaklığı ısın- mış yüzeylerden konveksiyonla ısı iletimi vasıtasıyla artırıl- ır.

İnfraruj ışıkların ısıyı transfer etmek için, konveksiyon- la ve kondüksiyonla olan ısı transferlerinde olduğu gibi ta- sıyıcı bir ortama ihtiyaçları yoktur. Aksine ortamın boşluk (vakum) olması halinde daha etkili bir enerji akışı olmakta- dır.

Her bir cisim, atom veya moleküllerin hareketleri sonucu ısınım yani radyasyon yoluyla, başka bir deyişle elektromanye- tik dalgalar yaymak suretiyle enerjisini kaybeder. Bu dalgalar diğer bir cisim tarafından yutulunca tekrar ısı enerjisine dönüşerek depolanır.

Sir William Herschel incelemeler sonucu güneş ışıkların- dan sadece infraruj ışıklarının ısıtıcı bir etkisi olduğunu görmüştür. Bu radyant ısıtıcıların temelini oluşturan bir bu- luştur. Radyant ısıtıcı tüplerden yayılan infraruj ışıklar oda içindeki havayı ısıtmadan önce döşeme ve insanları ısıtır. Di- ğer ısıtma sistemlerinde oda tavanındaki sıcaklık 28°C'a ka- dar çıktığı halde radyant ısıtma sistemlerinde bu değer çok daha düşük olmaktadır.

Günümüzde en çok kullanılan infraruj ısıtma cihazları iki formdadır.⁽¹⁾

1- Yüksek Yoğunluklu (Şiddetli) Cihazlar

2- Düşük Yoğunluklu (Şiddetli) Cihazlar

1- YÜKSEK YOĞUNLUKLU CİHAZLAR

Yüksek yoğunluklu cihazlar açık bir alev ve yüksek sıcaklığa sahip (yaklaşık 980°C) seramik yüzeyli cihazlar olarak infraruj ısı terimi ile ilgili bir çok mühendis tarafından tanımlanmıştır. Bu tip cihazlar spot ısıtma uygulamaları için daha uygundur. Spot ısıtma büyük bir mahalin sadece istenen bölümünün ısıtılmasıdır. Yüksek yoğunluklu olarak kullanılan bu cihazlar ısıtma amacıyla kullanılan infraruj ısıtma cihazlarının sadece ufak bir kısmını teşkil eder.

2- DÜŞÜK YOĞUNLUKLU CİHAZLAR

Düşük yoğunluklu cihazlar, bir tüp veya tüp ağı içinde azaletilmiş bir sıcaklıkta ($\text{max. } 480-540^{\circ}\text{C}$) alev içeren cihazlar olarak tanımlanmıştır. Düşük yoğunluklu cihazlar mahalin tamamının ısıtılması istenen yerlerde kullanılır. Bu yüzden spot ısıtmaya nazaran daha üstün cihazlar olarak kabul edilirler. Devam eden sürekli bir ısıtma spot ısıtmaya göre daha üstün bir konfor seviyesi sağlar. Örneğin soğuk bir havada direkt olarak güneş ışınlarına maruz bir kişinin havayı sıcak hissetmesi gibi.

1.3- ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM

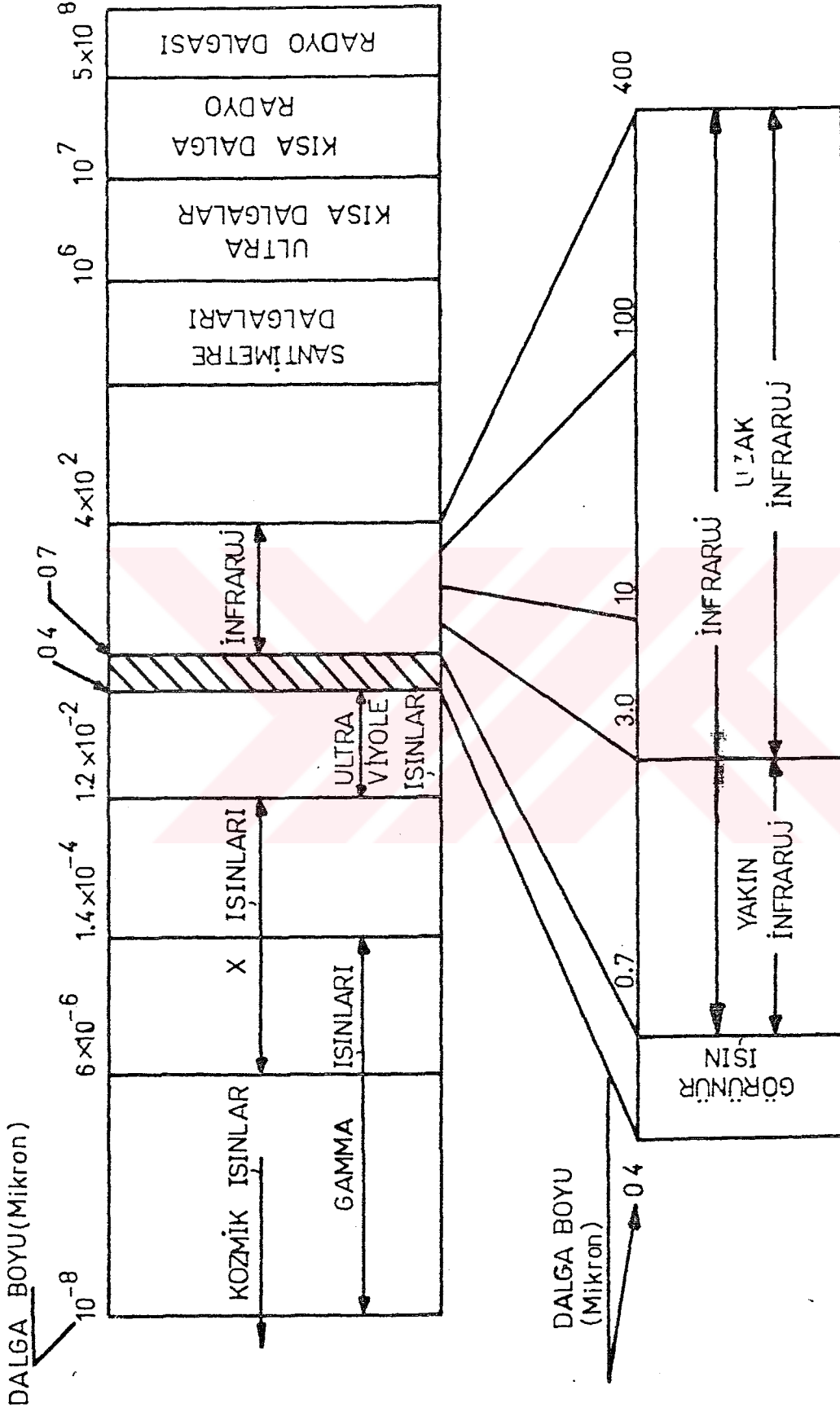
Elektromanyetik spektrum, elektromanyetik dalga enerjisinin bilinen bütün tiplerini mikron ile ölçülen dalga boyları vasıtasıyla ayırdeder. Bilinen en kısa dalga boyu enerjisi 10^{-8} mikron dalga boyuna sahip kozmik ışınlardır. Bilinen en uzun dalga boyu enerjisi 5.10^8 mikron dalga boyuna sahip ve geniş bir alana yayılan radyo dalgalarıdır. 0.4-0.7 mikron aralığında dalga boyuna sahip olan görünür ışık bu iki uç arasına düşer. Görülebilen ışıktan biraz daha uzun olan infraruj

ışınlar 0.7-400 mikron dalga boyu aralığına sahiptir. Bununla beraber radyant enerji tarafından üretilen ısı çok daha dar bir aralıkta (2-12 mikron) meydana gelir.Bu ısı enerjisi dalga boyunu kabul etmek için aşağıdaki sebeplerden dolayı önemlidir.

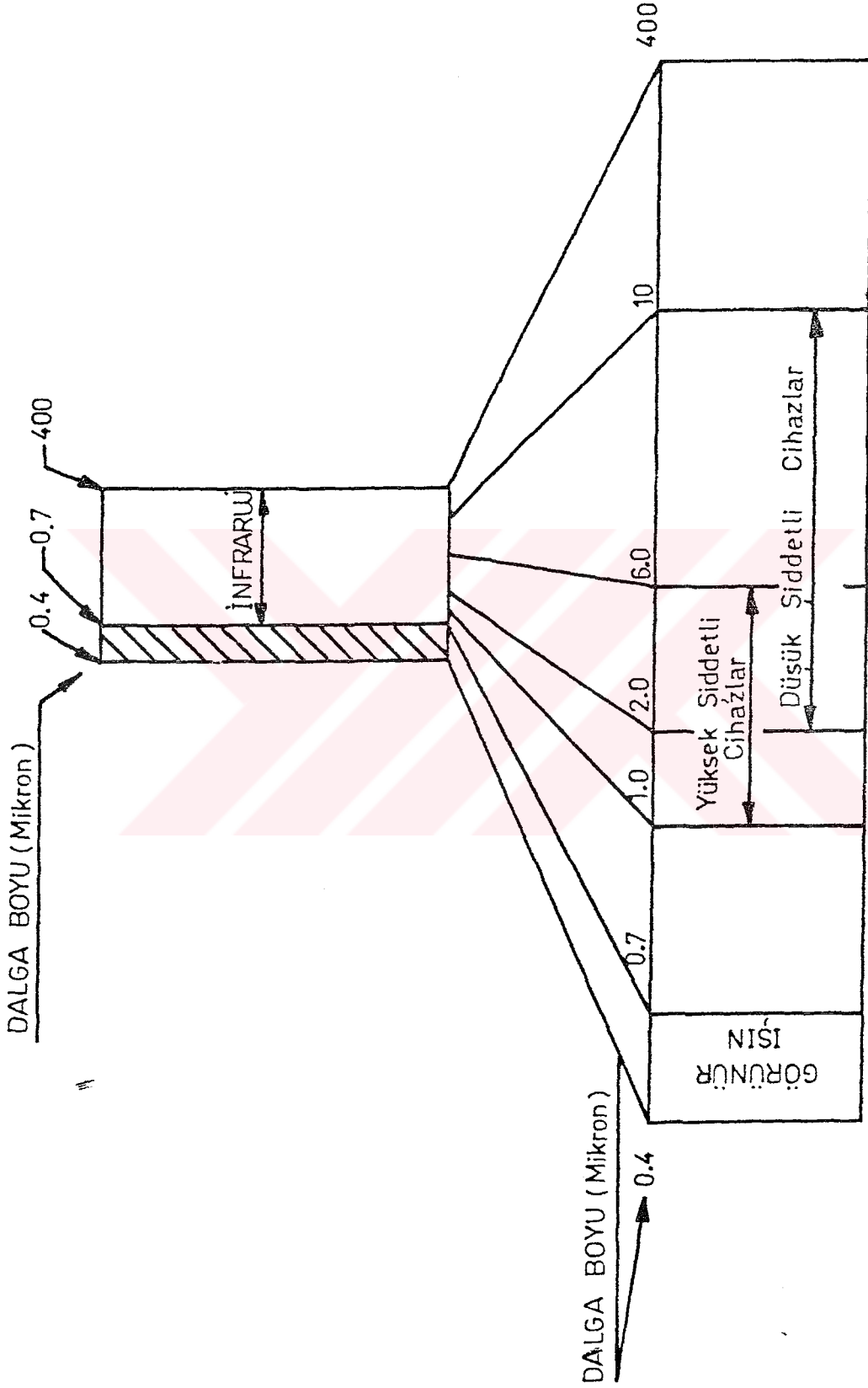
a-Dalga boyu direkt olarak yayıcı kaynak sıcaklığına bağlıdır.Daha yüksek sıcaklığa sahip kaynaklar daha küçük dalga boyuna sahip ışınlara yayar.Isıtma etkisi (2-12) mikron aralığında olduğuna göre tüp içinde çok yüksek bir sıcaklık elde ederek bu aralığın dışına çıkmak gereksizdir.

b-Bir katı cisme yapılan enerji transferi dalga boyundan etkilenebilir.Bir çok malzeme daha uzun dalga boylarında sağlanan enerjinin büyük bir kısmını kullanır. Örneğin su ve beton gibi.

Şekil 1.A günümüzde bilinen elektromanyetik spektrumu göstermektedir.Şekil 1.B günümüzde kullanılan infraruj ısıtma cihazlarının en çok kullanılan tipleri için ilgili infraruj spektrumlarını göstermektedir.⁽¹⁾



ŞEKİL 1.A⁽¹⁾
ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM



ŞEKİL 1.B⁽¹⁾
İNFRARUJ SPEKTRUM

1.4 - INFRARUJUN FAYDALARI

Radyant ısıtma cihazlarının faydaları bir çok farklı uygulamalarda ispat edilmiştir. Yüksek tavanlı yapılarda çok büyük ısı kayıpları meydana gelir. Böyle yapılar infrarujlu radyant ısıtma sistemleri ile ısıtılmak için çok uygundur. Bunu daha iyi anlamak için radyant bir ısıtma uygulamasının bir mahali nasıl ısıttığının yeniden gözden geçirilmesi gerekir.

Radyant bir uygulamada infraruj enerji cisimleri, insanları ve yüzeyleri ısıtır, havayı ısıtmaz. Havadaki belirli elemental unsurlar (su buharı ve karbondioksit gibi) radyant enerjiyi absorbe eder. Ancak bu maddelerin miktarı o kadar küçüktür ki havadaki ısınma miktarı ihmal edilebilir. Cisimlere ve döşemeye gelen infraruj enerji ısıya dönüşür. Bu ısı ;

- Döşeme ve cisimlerin içinde absorbe edilerek onların ısısını artırır ve onların bir ısı deposu haline gelmesini sağlar.

- Konveksiyon vasıtasıyla döşeme ve cisimlerin yanındaki havayı ısıtır.

- Mahaldeki diğer yüzey ve cisimlere yeniden yayılır.

Direkt olarak ısıtıcıdan veya indirekt olarak döşeme ve cisimlerden yeniden yayılma (reradyasyon) vasıtasıyla mahali işgal edenler tarafından alınan radyant enerji mahalde bulunanların ortalama radyant sıcaklığının (MRT) artmasına yardımcı olur. Direkt güneş ışığı altındayken olduğu gibi, bir miktar artırılmış ortalama radyant sıcaklığı (MRT), azaltılmış hava sıcaklığına rağmen (bazen 4°C-6°C kadar olabilir.) mahalde bulunanların konforu hissetmesini sağlar. Mahal içindeki azaltılmış hava sıcaklığının sonucunda aşağıdaki avantajlar elde edilir.

- Mahal içinde havanın tabaka teşkil etmesi azaltılmış olur. Hava direkt olarak ısıtılmadığı için tavandan döşemeye doğru daha homojen bir ısı dağılımı sağlanır.

- Hava katmanındaki azalmanın sonucu olarak tavan ve üst duvar sıcaklıklarındaki azalma, dizayn şartlarında tahmin edilen iletim ısı kaybına göre gerçekte daha az bir iletim ısı

kaybı meydana getirir.

• Üst katmanlardaki hava sıcaklığının konvensiyonel sistemlere göre daha az olmasından dolayı çatı ve üst duvar ci-varındaki çatlak ve deliklerden exfiltrasyon nedeniyle oluşacak hava değişim ısı kaybı daha az olur.

Yukarıda bahsedilen avantajların her biri yakıt kullanımının lehinde çok önemli rol oynar.

1.5- RADYANT ISITMA UYGULAMA METODLARI

Bütün radyant ısıtma uygulamaları aynı değildir. Bir radyant ısıtma uygulamasını değerlendirmek için değişik malzeme özellikleri ve işletme kriterleri kullanılabilir. Bu, mahale yeterli miktarda radyant enerji ve mahalde bulunanların konforunu sağlamak için gereklidir.

Şekil 2.A, radyant bir uygulamanın kullanımına etki eden faktörlerin bir şemasını göstermektedir. Bu faktörler aşağıda kısaca incelendi.

Doğal gaz veya likit petrol gazı (LPG), kimyasal ısıtma değerine sahiptir. Bu değer yaklaşık olarak doğal gaz için 8905 Kcal/m^3 ve LPG için 22260 Kcal/m^3 dir. Bu mevcut toplam ısıtma değerinin sadece belli bir yüzdesi radyant ısıtma uygulaması için kullanılabilir, geri kalanı baca kaybı olarak atmosfere verilir.

Bu yüzde, (%) ısı verim olarak bilinir ve aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\text{ISIL VERİM} = \text{TOPLAM GİRİŞ ENERJİSİ} - \text{BACA KAYBI}$$

Radyant tüp, gaz yakıtın yanmasıyla elde edilen enerjinin yardımıyla ısıtılır. Emissivity (yayıcılık) olarak bilinen bir tüpün malzeme özelliği radyant enerji olarak tüpü terkeden enerji miktarının saptanmasına yardım eder. Tüpün ısı enerjisi aşağıdaki mekanizmalar vasıtasıyla mahal içine dağıtılır.

1- Enerjinin bir kısmı direkt radyant enerji olarak mahale gönderilir.

2- Bir kısım enerji radyant enerji olarak salıverilir ve donanım vasıtasıyla mahale doğru yansıtılır.

3- Enerjinin bir kısmı ise konveksiyon yoluyla tüpten mahale yayılır.

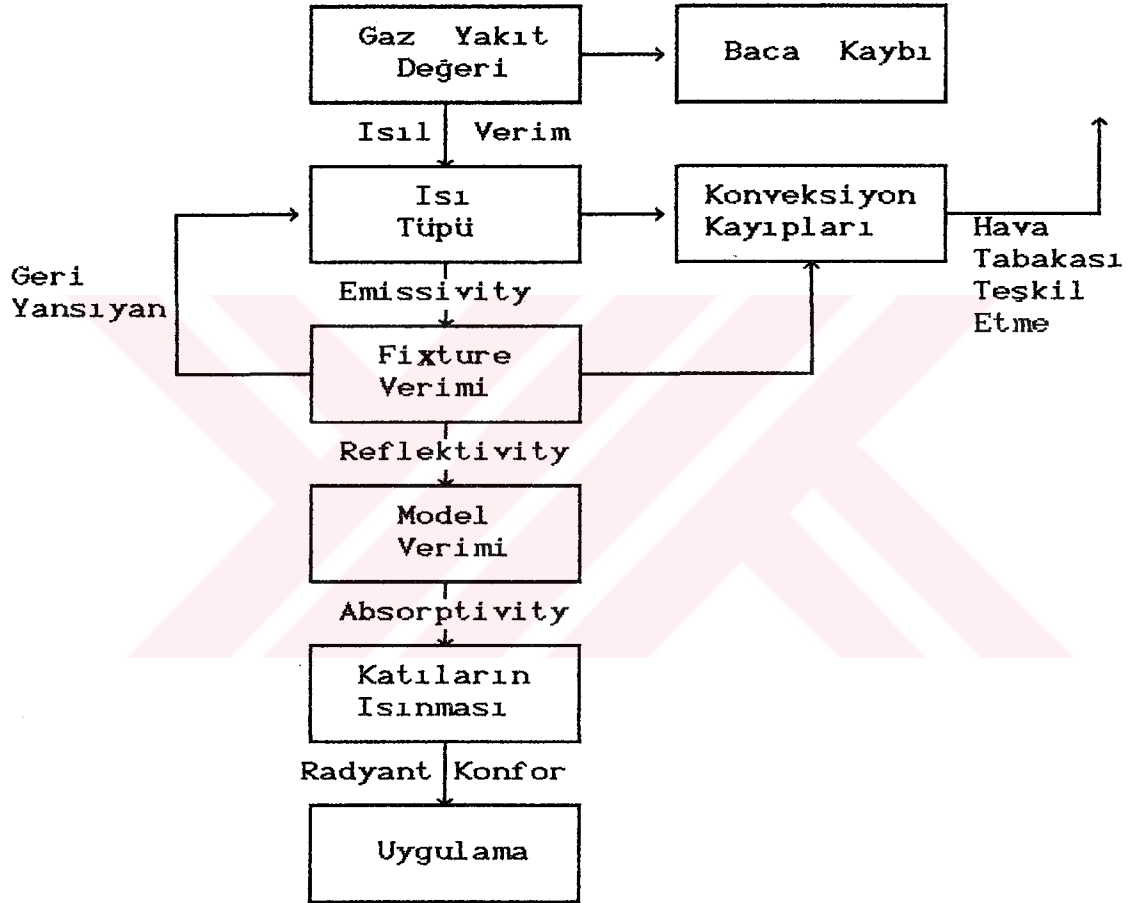
4- Bir kısım enerji ise salıverildikten sonra donanım ve reflektörden tüpe geri döner.

Fixture (donanım) verimi, radyant enerjinin mahale gönderilmesi için ısıtma uygulamasının yeteneğinin bir ölçüsüdür. Yukarıdaki 1'den 4'e kadar olan şıklar fixture verimine önemli derecede etki edebilir. Reflektör malzemesi ve şekli fixture verimi için aynı derecede etkilidir. Reflektivite olarak bilinen reflektör malzemesinin özelliği ve reflektörün ayrıntılı yapısı mahale bırakılan kullanılabilir radyant enerji miktarını belirler.

Radyant bir ısıtma uygulamasının pattern (model) verimi, radyant enerjinin kullanılan özel bir dağıtım modeliyle mahale gönderilmesi için radyant ısıtma donanımının yeteneğinin bir ölçüsüdür.

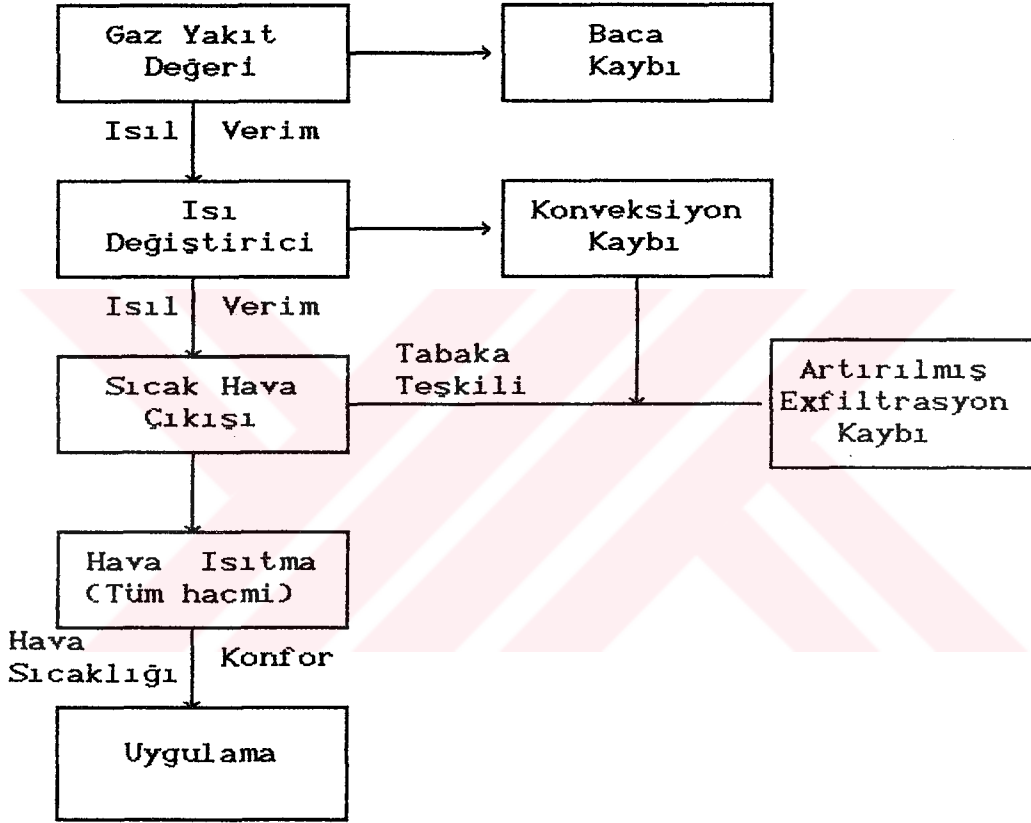
Absorptivite olarak bilinen mahal içindeki insan ve cisimlerin malzeme özelliği ile beraber dağıtım modeli, ısıtma uygulaması tarafından salıverilen radyant enerjinin ne kadarının insanların konforunu sağlamak için mahal tarafından kullanıldığını belirler.

Karşılaştırma amacı ile Şekil 2.B de konveksiyonel hava ısıtma uygulaması için enerji akım şeması verilmiştir.



SEKİL 2.A ⁽¹⁾

RADYANT ISITMA İÇİN ENERJİ AKIM ŞEMASI



ŞEKİL 2.B ⁽⁴⁾

KONVENŞİYONEL HAVA ISITMASI İÇİN ENERJİ AKIM ŞEMASI

2.0-RADYANT ISITMA CİHAZLARININ TIPLERİ

2.1-ASHRAE TARIFLI TIPLER

Radyant ısıtma uygulamalarının hepsi aynı değildir. Radyant ısıtma sistemlerinin sınıflandırılmasında kullanılan bir metod, yayıcı (neşredici) yüzeyin işletme sıcaklığına göre yapılan sınıflandırmadır. Örneğin ;

	SICAKLIK
1- Yüksek ve orta yoğunluklu (şiddetli)	815°C ve üzeri
2- Düşük şiddetli	260°C -815°C
3- Düşük sıcaklıklı	50°C -180°C

Yüksek ve orta şiddetli ısıtıcılar genellikle açık alevli form alan, akkor seramik yüzeyi olan bacasız sistemlerdir.

Düşük şiddetli üniteler akkor sıcaklığının altında işletilmek için dizayn edilir ve çoğu zaman yayıcı olarak çelik tüp veya boru kullanılır.

Düşük sıcaklıklı radyant ısıtma sistemleri geniş yüzeylere sahip (döşeme, duvar gibi) yerler için kullanılır. Yüzey sıcaklığı çok sıcak su boruları ile veya yüzeyin içine gömülü elektrik direnç teli vasıtasıyla artırılır.

ASHRAE ,gaz yakmalı infraruj ısıtıcılarını 3 tip olarak tanımlamıştır. ⁽¹⁾ (Bak. Şekil-3)

• TİP.1- İNDİREKT ATEŞLEMELİ ÜNİTELER

Tip.1 bir tüp veya kapalı hacim içinde gaz-hava karışımının yakıldığı sistem olarak tarif edilmiştir. Yanma ürünleri genellikle dışarıya egzost edilir. Tipik işletme yüzey sıcaklıkları 650°C'ı aşmaz.

Tip.1(a) ünitelerinde yanma ürünlerini yukarı doğru egzost eden atmosferik yakıcı kullanılır.

Tip.1(b) ünitelerinde yatay bir tüp serisi içinde çalışan birden fazla vakum destekli yakıcılar kullanılır.

Tip.1(c) ünitelerinde yatay bir tüp serisi içinde çalışan güç destekli (zorlamalı çekimli) yakıcılar kullanılır.

• TİP.2- DİREKT ATEŞLEMELİ ÜNİTELER

Tip.2, ateşe dayanıklı malzemeden yapılan delikli bir kap içinde gaz-hava karışımının yakıldığı sistem olarak tarif edilmiştir.Yanma ürünleri mahal içine egzost edilir. Tip.2 ünitelerinin işletme sıcaklıkları 880°C - 980°C arasındadır.

• TİP.3- KATALİTİK

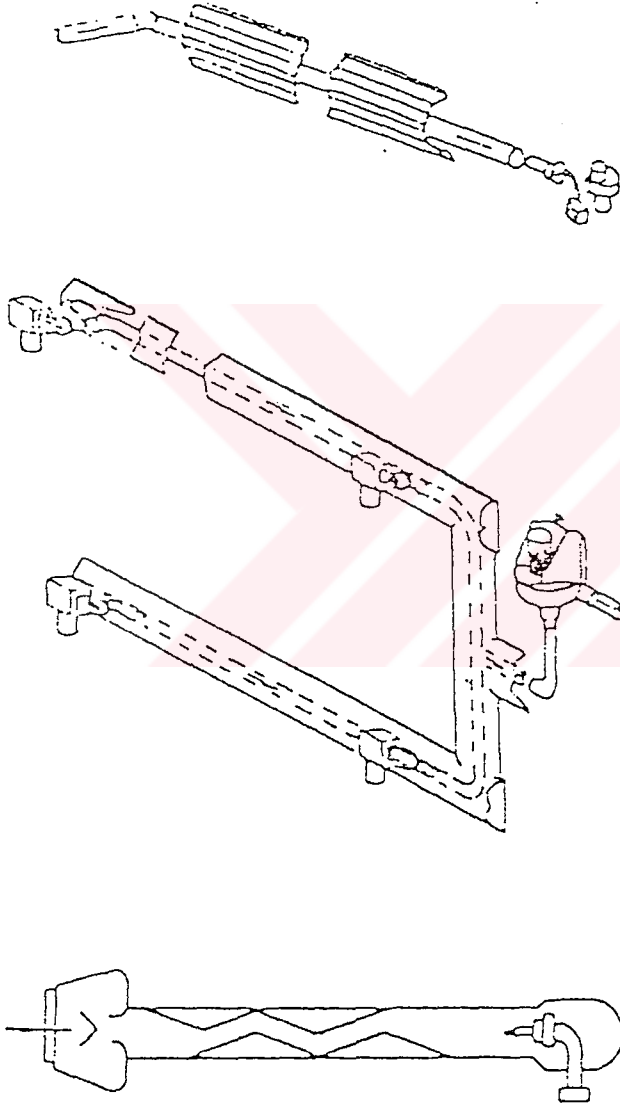
Tip.3, katalizörlü bir cisim içinde gaz ve havanın karıştırıldığı sistemler olarak tarif edilmiştir.Karışım ateş al-maksızın oksitlenir ve çıkan ısı mahale yayılır.Yanma ürünleri mahal içine egzost edilir.Bu katalitik ünitelerin sıcaklığı 345°C - 370°C aralığındadır.

2.2- PIYASA TARIFLI TIPLER

Ashrae tanımlı radyant ısıtma uygulama tipleri piyasada kullanılan yeni ürünlerin son gelişmelerini tam olarak yansıtmaz. Sonuç olarak, endüstri Ashrae tanımlarından daha ileriye gitti.Ashrae tanımlarındaki tipler piyasayla tam uyuşmaz oldu. Ashrae tanımlarındaki yetersizliğe en iyi örnek olarak 1(b) ve 1(c) tipleri verilebilir. Son zamanlarda piyasaya tanıtılan radyant ısıtma uygulamaları 1(b) sistem tipinin karakteristiklerinin çoğuna sahiptir, ancak tamamen aynı değildir. Piyasada düşük verimli sistemler egzostdan önce yanma gazlarının yoğunlaşması nedeniyle kullanılmazlar.

Piyasada Ashrae 1(b) ve 1(c) tipleri arasında bir radyant ısıtma uygulama kategorisi tanımlanmıştır.Quasi tipi denen bu tip 1(b) ve 1(c) 'nin birleşmesinden meydana gelmiştir.(Bak. Şekil-4)

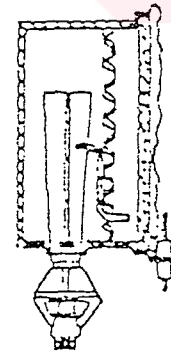
TIP -1 İNDİREKT ATEŞLEMELİ SİSTEMLER



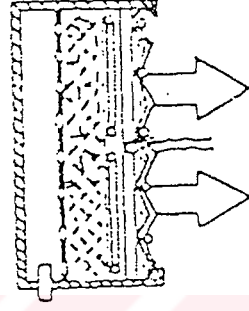
Tip 1(a)

Tip 1(b)

Tip 1(c)



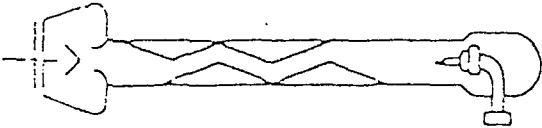
Tip 2-Direkt Ateşlemeli Sistemler



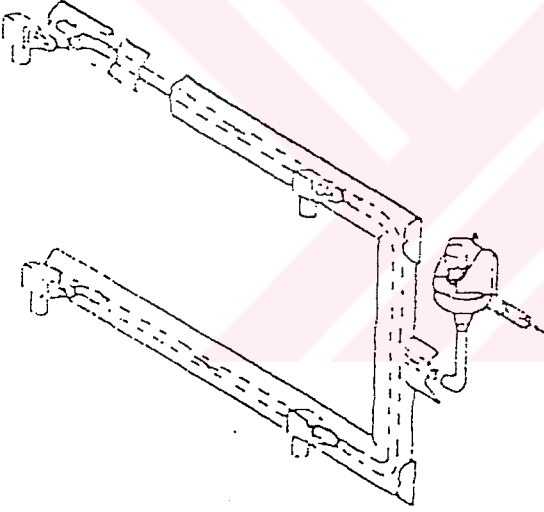
Tip 3-Katalitik

ŞEKİL - 3 ASHRAE TARIFLI ISITICI TIPLERİ

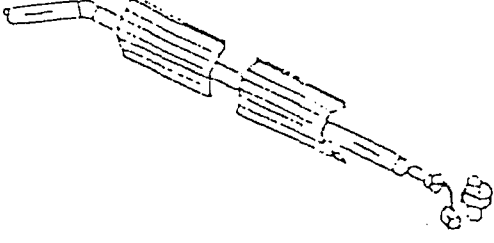
TIP -1 İNDİREKT ATEŞLEMELİ SİSTEMLER



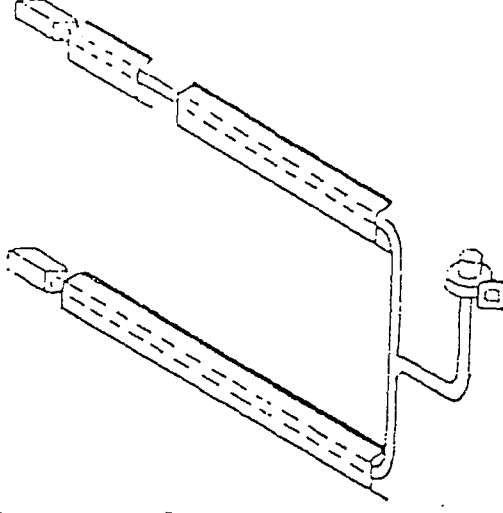
Tip 1(a)



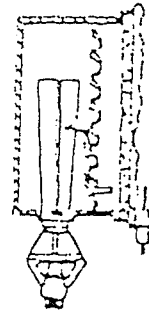
Tip 1(b)



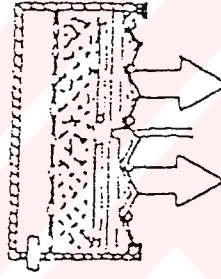
Tip 1(c)



Quasi Tip 1(b)/1(c)



Tip 2-Direkt Ateslemeli Sistemler



Tip 3-Katalitik

SEKİL - 4 PIYASA TARIFLI ISITICI TIPLERİ

3.0- RADYANT ISITMA KAVRAMLARI

Bütün radyant ısıtma uygulamaları çeşitli komponent dizaynlarına ve onların işletme ve kullanımına etki eden malzeme faktörlerine sahiptir. Bu faktörler;

- ISIL VERİM
- YAYICILIK (EMİSSİVİTY)
- YANSITICILIK (REFLEKTİVİTY)
- KONVEKSİYON KAYIPLARI
- DONANIM (FIXTURE) VERİMİ
- MODEL (PATTERN) VERİMİ
- YUTUCULUK (ABSORPTİVİTY)
- RADYANT VERİM

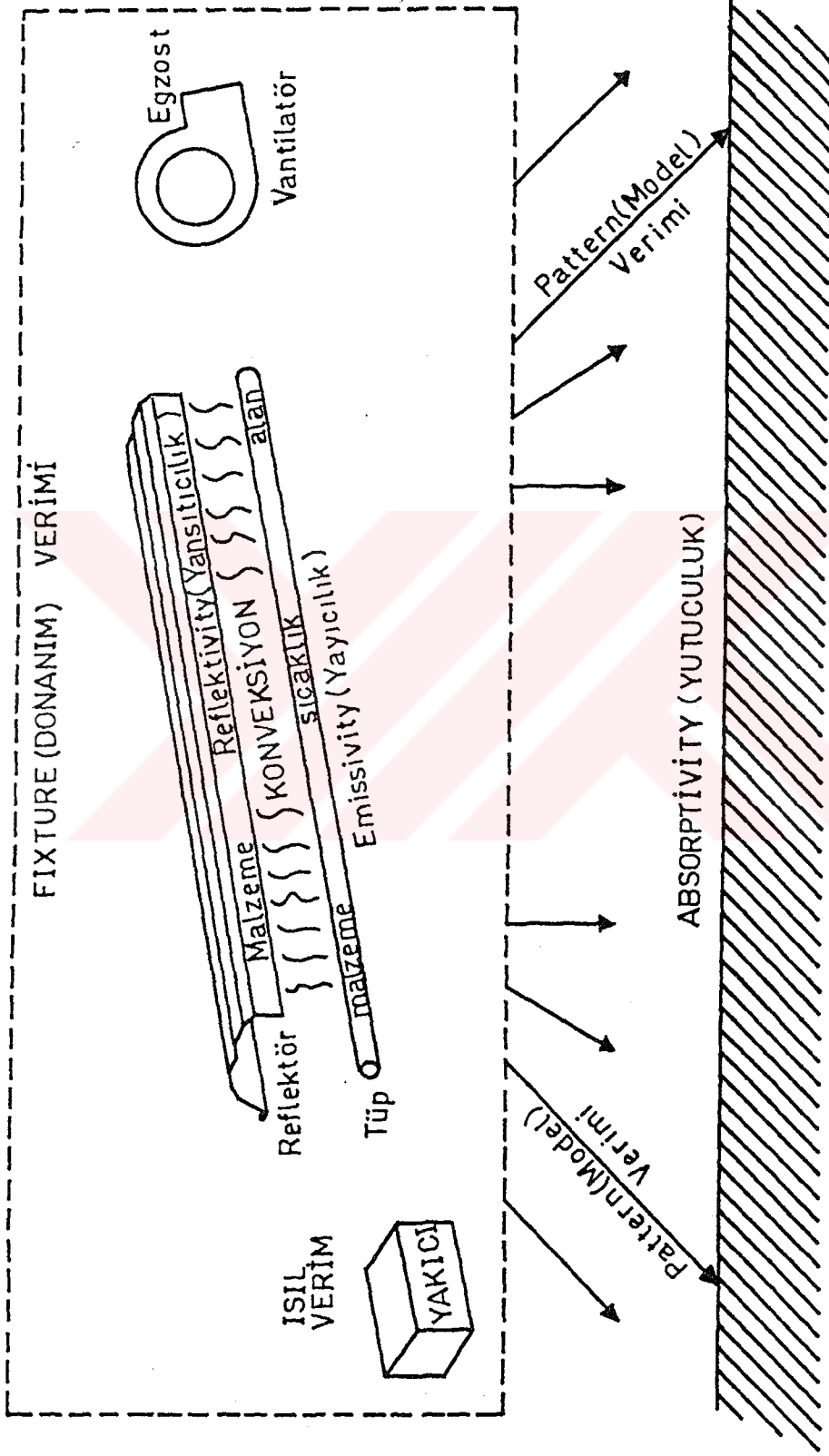
Radyant ısıtıcıların performansı ile ilgili bu faktörlerin öneminin anlaşılmasıyla, bir radyant ısıtma sisteminin yüksek verimli olacağı garanti edilebilir.

Isıl verimin yüksek olması çok istenen bir faktör olmasına rağmen bir radyant ısıtma uygulamasının performansına katkıda bulunan tek faktör değildir. Kusursuz bir uygulama için en uygun radyant ısıtma uygulaması saptanırken göz önünde bulundurulması gereken bazı ek bilgiler aşağıda verilmiştir.

- Yakıcı verimi ve emniyeti,
- Tüpün yayıcılığı, sıcaklığı ve toplam alanı,
- Reflektörün şekli (Tüpün yanındaki havanın konveksiyonla ısınmasını önlemek ve çıkan radyant enerjiyi en uygun biçimde mahale yansıtmak için reflektörün şeklinin önemi büyüktür.)
- Mahal içindeki cisim veya insanların absorptivitesi.

Bu maddelerin her biri mahal içinde konfor sağlayabilmek için radyant ısıtma uygulamasının başarısına etki eder. Yukarıdaki maddelerin her birindeki eksiklikler, mahalın yetersiz ısıtılması veya verilen bir konforu sağlamak için yakıt kullanımının artması olarak sonuç verecektir.

Sekil.5 'de radyant ısıtma kavramları grafik formda gösterilmiştir.



ŞEKİL -5 RADYANT ISITMA KAVRAMLARI

3.1 - ISIL VERİM

Bir radyant ısıtma uygulamasının ısı verimi, mevcut enerji çıkışının ,girilen toplam enerjiye oranı olarak tarif edilir.Pratikte ısı verim,saptanan baca kaybı ve aşağıdaki formül yardımıyla saptanabilir.

$$\text{ISIL VERİM} = \text{TOPLAM GİRİŞ ENERJİSİ} - \text{BACA KAYBI}$$

Baca kaybı aşağıdaki ölçümler yardımıyla saptanabilir.

a- Baca gazı içindeki % karbondioksit miktarı (% CO₂)

b- Duman gazı sıcaklığıyla oda sıcaklığının farkı olarak tanımlanan net baca gazı sıcaklığı ($T_{f_{\text{net}}}$)

$$T_{f_{\text{net}}} = T_f - T_r$$

T_f = Duman gazı sıcaklığı

T_r = Oda sıcaklığı

c-Yoğuşma noktasının altındaki bir noktaya soğuduğu zaman baca gazı içindeki su buharından alınan gizli ısı.

Genellikle c şıkkının belirlenmesi pratik değildir ve bu sık baca kaybı hesabında genellikle ihmal edilir.

% CO₂ ve net duman gazı sıcaklığı belirlendiği zaman baca kaybını ve buna bağlı olarak da ısı verimi hesaplamak için bir nomograf kullanılabilir.(Bak. Şekil 6.B - 6.C)

Bir radyant ısıtma uygulamasında yüksek ısı verim istenen bir özelliktir. Baca kaybının azaltılması ile ısı verim düşer.Baca kaybının azaltılması ise net duman gazı sıcaklığının azaltılmasına bağlıdır. Ancak ısı verimi arttırmak için net duman gazı sıcaklığı azaltılırsa yoğuşma olabilir.

Yoğuşma oluşması nedeniyle yüksek ısı verimine sahip bir radyant ısıtma uygulamasında, sistemin uzun ömürlü olmasını temin etmek için belirli cihaz özellikleri gerekir. Gaz yakmalı infraruj ısıtıcılar için test standardı olan ANSI Z83.6a-1989,yüksek verimli bir radyant ısıtma uygulaması için, meydana gelen yoğuşma suyunun toplanmasını ve korozyonun uygun bir yolla önlenmesini şart koşar. Tüketicinin en kazançlı bir şekilde faydalanmasını ve radyant ısıtma uygulamalarının performansını garanti etmek için yoğuşmanın korozif yapısının ve onun termal verimle olan ilgisinin anlaşılması zorunludur.

3.1.1 - BACA KAYBI HESABI

Şekil 6.B ve 6.C, yayılan gazların karakteristiği aşağıdaki aralıklarda olan ve normal olarak işletilen bir ısıtıcının % baca kaybının hesaplanmasında kullanılan nomograflardır.

	<u>DOĞAL GAZ</u>	<u>PROPANE HD-5</u>
<u>Toplam ısıtma değeri</u> (Kcal/ m ³)	8640-9800	22000-22650
<u>Özgül ağırlık</u> (kg / m ³)	0,57-0,70	1,522-1,574
Max. % CO ₂	11,7-12,2	13,73-13,82

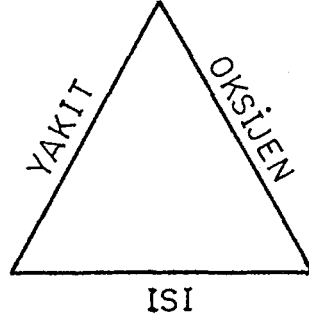
Bu nomografların yerine veya yayılan gazların karakteristiklerinin yukarıda verilen aralıkların dışına çıktığı durumlarda % baca kaybı normal olarak işletilen bir ısıtıcı için değişik formüller yardımıyla hesaplanabilir.

Endüstride genellikle tecrübeyle bulunmuş ısıtıcı verimlerinin aralıkları aşağıda Tablo-1 'de özet olarak verilmiştir. Bu değerler uygulama tiplerine göre kategorize edilmiştir.

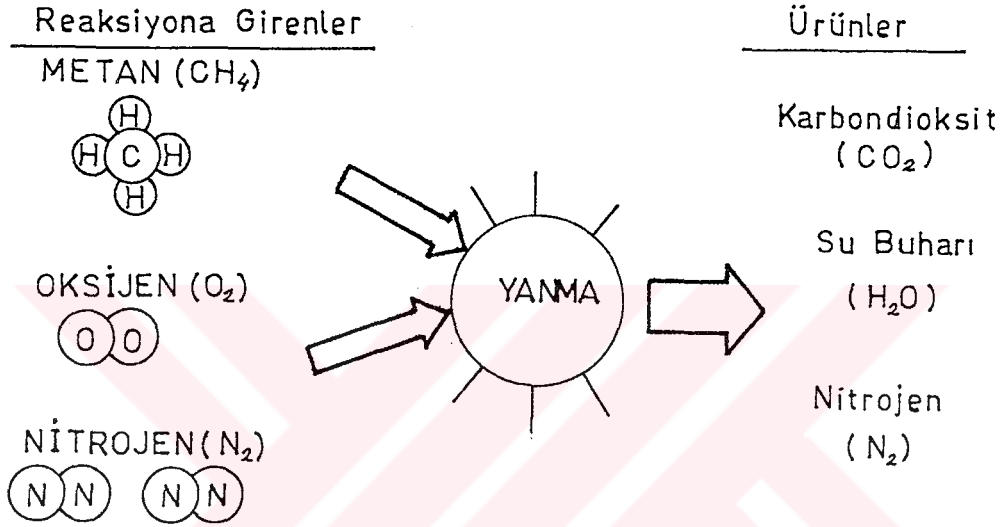
TABLO - 1 ⁽¹⁾

ÇEŞİTLİ SİSTEMLERİN ISIL VERİM ARALIĞI

<u>UYGULAMA TİPİ</u>	<u>ISIL VERİM ARALIĞI</u>
Tip.1(a)	70-75 (%)
Tip.1(b)	83-90 + (%)
Tip.1(c)	70-82 (%)
Quasi Tip 1(b)/1(c)	70-82 (%)
Tip.2	75-90 + (%)
Tip.3	75-80 (%)



TUTUŞMA İÇİN GEREKENLER



Tam yanma için gerekli ideal hava olan fazlalık havası, en çok bilinen yakıt gazları için aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\text{Fazlalık Havası (\%)} = \frac{\text{Max. CO}_2 - \text{Ölçülen CO}_2}{\text{Ölçülen CO}_2} \cdot 91$$

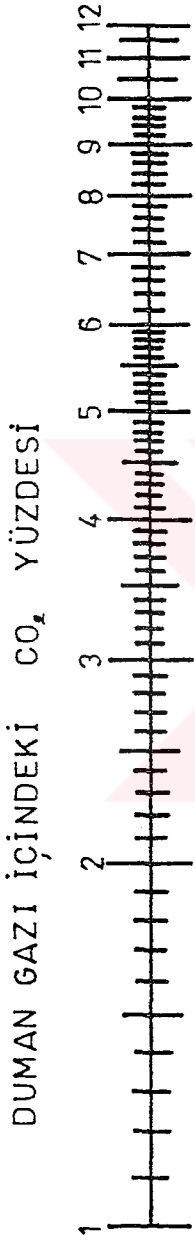
91 = Yakıt gazları için bir katsayı

Max. CO₂ (Doğal gaz için) = % 11,95

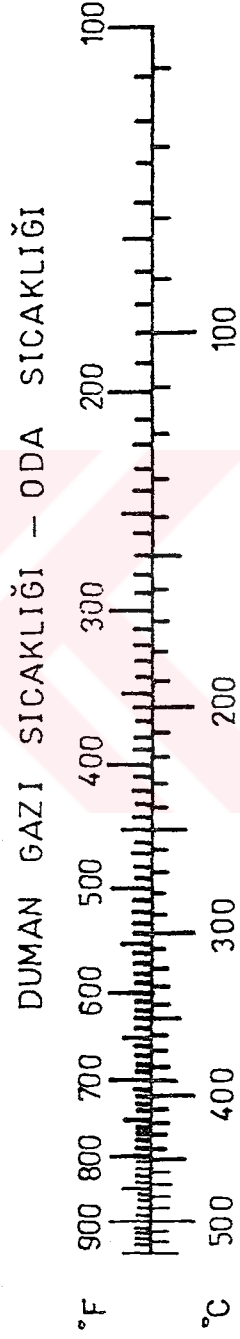
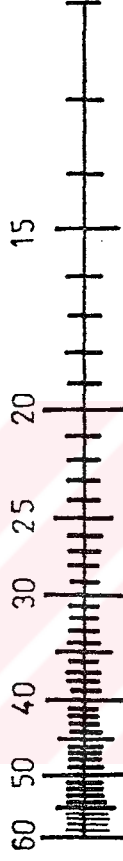
Max. CO₂ (Propan için) = % 13,78

ŞEKİL 6.A

METAN VE HAVANIN YANMASI (2)

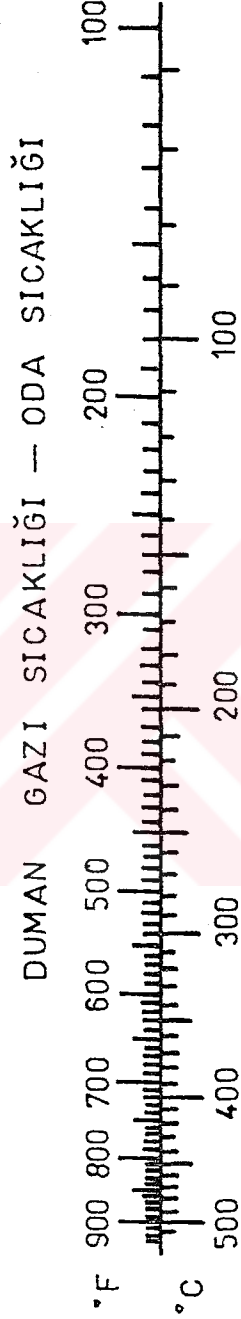
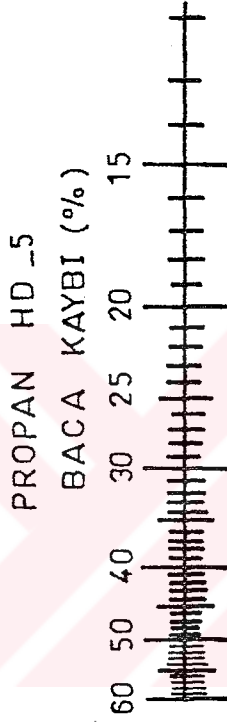


DOĞAL GAZ
BACA KAYBI (%)



ŞEKİL - 6.B⁽³⁾

DOĞAL GAZIN BACA KAYBINI HESAPLAMA ÇİZELGESİ



ŞEKİL - 6.C⁽³⁾

PROPAN HD_5'İN BACA KAYBINI HESAPLAMA ÇİZELGESİ

3.2- YAYICILIK (EMISSIVITY)

Genellikle radyant ısıtma uygulamalarında karşılaşılan emissivity (yayıcılık) terimi, bir malzeme özelliğidir. Yayıcılık, bir yüzeyin yaydığı infraruj enerji miktarının, aynı sıcaklık ve şartlarda siyah bir cisim yüzeyi tarafından yayılacak olan infraruj enerji miktarına olan oranıdır. Siyah cisim yüzeyi mümkün olan en büyük yayıcılık değeri olan 1,0 değerine sahip bir yayıcı olarak tarif edilen teorik bir kavramdır.

Bir malzemenin yayıcılığı bir takım faktörlere bağlıdır. Bunlar;

- MALZEME SICAKLIĞI: Bir çok malzemeler için, sıcaklıktaki bir takım değişmeler yayıcılıkta önemli değişiklikler meydana getirir.

- MALZEMENİN YÜZEY ŞARTI : Bir malzemenin yayıcılık karakteristikleri malzemenin yüzey tabakası vasıtasıyla belirlenir. Bu sebeple bir malzemenin yayıcılığını iyileştirmek için esas malzeme üzerine emissivity değeri yüksek yüzey tabakası uygulanabilir.

- YAYILAN ENERJİNİN DALGA BOYU : Malzemelerin çoğu için dalga boylarına bağlı olarak yayıcılık değerlerinde değişiklikler beklenebilir.

Bu, bir radyant ısıtma uygulaması için yüksek yayıcılığın otomatik olarak yüksek radyant enerji çıkışı sağlamadığını anlamamız bakımından önemlidir. Emissivity, yayılacak enerjiye sahip bir radyant tüpün potansiyelinin göstergesidir. Örneğin eğer bir radyant ısıtma uygulamasının üzerindeki reflektör, radyant tüpten yayılan enerjiyi uygulamadan uzağa yönlendiremezse, yüksek emissivity amaca hizmet etmez. Buna ilaveten, tüpe geri dönen bu enerji tüpün sıcaklığını artırabilir. Bu ise, havanın konveksiyonla daha fazla ısınmasına neden olur.

Bir radyant uygulamadan yayılan radyant enerji miktarının daha kapsamlı bir ölçümü emittans olarak bilinir.

Emittans , yüzeyin birim alanından , radyant formda bütün dalga boylarında serbest bırakılan toplam enerji olarak tanımlanır ve 4 faktör yardımıyla belirlenir.

- Yayıcı yüzeyin sıcaklığı
- Çevre yüzeylerin sıcaklığı
- Yayıcı yüzeyin emissivity değeri
- Çevre yüzeylerin emissivity değeri

Bir radyant ısıtma uygulamasının her bir birim alanının emittansının belirlenmesiyle, Stefan-Boltzmann kanununu kullanarak, bir radyant ısıtma uygulaması için toplam radyant enerji çıkışının teorik olarak hesabı yapılabilir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, bir radyant ısıtma uygulaması üzerindeki her bir birim alan için alanın tam olarak yüzey sıcaklığı, emissivity değeri ve alan hesabı gerekeceğidir ve çevre yüzeyin her bir birim alanı üzerinde de benzer bilgiler gerekecektir. Bu, teoride mümkün olabilirdi, ısı transfer olaylarının kompleks, dinamik yapısı bu yaklaşımın pratik olmasını önler. Günümüzde Gas Research Institute (GRI) ve Institute of Gas Technology (IGT), radyant bir tüp uygulamasından çıkan toplam radyant enerji çıkışının belirlenmesi için standart bir metod araştırmaya devam ediyorlar.

Radyant ısıtmanın uygulanması için, yüzeyler arasında enerji alış veriş (örneğin, mahal içindeki insanlarla döşeme arasında) gereklidir. Radyant ısıtma cihazının uygun bir şekilde uygulanması için, bu radyant enerji alış verişinin öneminin kavranması gerekir.

Tablo-2.A ve 2.B, çeşitli emissivity değerlerinde, verilen sıcaklıklarda bir yüzeyin teorik yayma gücünün (radyant çıkışının) çizelgesini göstermektedir. Bu çizelge, aşağıda görülen Stefan-Boltzmann kanununa dayanır.

$$W = e \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (4)$$

W =Yayma gücü [KW/m^2] e = Malzemenin yayıcılığı

σ = Stefan-Boltzmann sabiti = $5,67 \cdot 10^{-11} \text{ KW/m}^2 \text{ } ^\circ K^4$

T = Mutlak Sıcaklık [$^\circ K$]

Tablo-3.A ve 3.B, çeşitli sıcaklıklar için dalga boylarının bir fonksiyonu olarak yayma gücünün dağılımını göstermektedir.

Mevcut radyant ısıtma uygulamalarının bir kısmında silikon esaslı yüksek sıcaklık boyası kullanılır. Örneğin "Big Three Industries Tempil Bölümü" tarafından imal edilen Pyro-

mark bunlardan biridir. Bu boya tabakası emissivity değerinin 0,95 olmasını sağlamak için kullanılır. Bu değer sadece uygun hava kurutması, fırın ıslahı, ve radyant ısıtma endüstrisinde pek görülmeyen tabakaların sırlanması sayesinde başarılabilir. Hatta bu özel şartlarda bile 0,95 emissivity değeri 980°C 'ın altındaki yüzey sıcaklıklarında sağlanamayabilir. Pyromark aynı sıcaklıkta sıcak çekilmiş çelikle aynı emissivity değerine (540°C'da $e=0,8$) sahiptir.

Tablo 4 'de endüstride kullanılan malzemelerin ve emissivity değerlerinin bir özeti verilmiştir.

TABLO - 2.A (*)

ÇEŞİTLİ SICAKLIK VE EMISSIVITY DEĞERLERİNDE YAYMA GÜCÜ (Btu /ft².h)

EMISSIVITY

F	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
100	169	152	135	118	101	84	68	51	34	17
150	238	214	190	167	143	119	95	71	48	24
200	326	293	261	228	196	163	130	98	65	33
250	437	393	350	306	262	218	175	131	87	44
300	574	517	459	402	344	287	230	172	115	57
350	740	666	592	518	444	370	296	222	148	74
400	941	847	753	659	565	470	376	282	188	94
450	1179	1061	943	825	707	590	472	354	236	118
500	1461	1315	1169	1023	877	730	584	438	292	146
550	1790	1611	1432	1253	1074	895	716	537	358	179
600	2172	1955	1738	1520	1303	1086	869	652	434	217
650	2611	2350	2089	1828	1567	1306	1044	783	522	261
700	3114	2803	2491	2180	1868	1557	1246	934	623	311
750	3687	3318	2950	2581	2212	1844	1475	1106	737	363
800	4335	3902	3468	3034	2601	2168	1734	1300	867	434
850	5065	4558	4052	3546	3039	2532	2026	1520	1013	506
900	5884	5296	4707	4119	3530	2942	2354	1765	1177	588
950	6798	6118	5438	4759	4079	3399	2179	2039	1360	680
1000	7815	7034	6152	5470	4689	3908	3126	2344	1563	782
1050	8942	8048	7154	6259	5365	4471	3577	2683	1788	894
1100	10186	9167	8149	7130	6112	5093	4074	3056	2037	1019
1150	11557	10401	9246	8090	6934	5778	4623	3467	2311	1156
1200	13060	11754	10448	9142	7836	6530	5224	3918	2612	1306

* 1 Btu /ft².h = 2,71246 Kcal /m².h

$$C = (F - 32) \cdot (5/9)$$

TABLO - 2.B (*)

ÇEŞİTLİ SICAKLIK VE EMISSIVITY DEĞERLERİNDE YAYMA GÜCÜ (Btu /ft².h)

EMISSIVITY

F	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
1250	14707	13236	11766	10295	8824	7354	5883	4412	2941	1470
1300	16504	14854	13203	11553	9902	8252	6602	4951	3301	1650
1350	18460	16614	14768	12922	11076	9230	7384	5538	3692	1846
1400	20586	18527	16469	14410	12352	10293	8234	6176	4117	2059
1450	22891	20602	18313	16024	13735	11446	9156	6867	4578	2289
1500	25384	22846	20307	17769	15230	12692	10154	7615	5077	2538
1550	28074	25267	22459	19652	16844	14037	11230	8422	5615	2807
1600	30974	27877	24779	21682	18584	15487	12390	9292	6195	3097
1650	34092	30683	27274	23864	20455	17046	13637	10228	6818	3409
1700	37441	33697	29953	26209	22465	18720	14976	11232	7488	3744
1750	41030	36927	32824	28721	24618	20515	16412	12309	8206	4103
1800	44871	40384	35897	31410	26923	22236	17948	13461	8974	4487
1850	48975	44078	39180	34282	29385	24488	19590	14692	9795	4898
1900	53355	48020	42684	37348	32013	26678	21342	16006	10671	5336
1950	58022	52220	46418	40615	34813	29011	23209	17407	11604	5802
2000	62990	56691	50392	44093	37794	31495	25196	18897	12598	6299
2100	73873	66486	59098	51711	44324	36936	29549	22162	14775	7387
2200	86110	77499	68888	60277	51666	43055	34444	25833	17222	8611
2300	99808	89827	79846	69866	59885	49904	39923	29942	19961	9980
2400	115076	103568	92061	80553	69046	57538	46030	34523	23015	11508
2500	132037	118833	105630	92426	79222	66018	52815	39611	26407	13204
2600	150804	135727	120643	105563	90482	75402	60322	45241	30161	15080
2700	171505	154354	137204	120053	102903	85752	68602	51452	34301	17150

* 1 Btu /ft².h = 2,71246 Kcal /m².h

C = (F - 32)*(5/9)

TABLO - 3.A
SİYAH CİSİM RADYASYONU İÇİN ÇEŞİTLİ
DALGA BOYU ARALIKLARINDA
TOPLAM RADYANT ÇIKIŞ YÜZDESİ

SICAKLIK (C)	205	260	315	370	427	482	538	593	650	705
DALGA BOYU (Mm)										
0,45-0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,7-1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,0-1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,37
1,5-2,0	-	-	-	-	-	1,54	2,38	3,17	4,25	5,40
2-3	1,08	2,22	3,78	5,95	8,30	10,8	13,4	16,1	18,5	20,7
3-4	4,90	7,70	10,5	12,9	15,1	17,0	18,7	19,9	20,6	20,8
4-5	9,00	11,5	13,0	14,8	15,7	16,2	16,3	15,8	15,5	15,2
5-6	11,0	12,3	13,5	13,4	13,3	13,0	12,3	11,8	11,3	10,5
6-7	11,0	11,3	11,0	10,5	10,2	9,50	9,00	8,20	7,30	6,90
7-8	10,5	9,70	9,00	8,80	8,00	7,20	6,40	6,00	5,50	4,80
8-9	8,50	8,00	7,20	6,70	5,80	5,40	4,70	4,10	3,70	3,30
9-10	7,00	6,60	5,90	4,80	4,60	3,90	3,50	3,10	2,70	2,40
10-11	6,00	5,20	4,20	4,00	3,30	3,00	2,60	2,30	2,00	1,80
11-12	5,00	4,00	3,40	3,00	2,60	2,20	1,90	1,70	1,50	1,40
12-13	3,70	3,50	2,90	2,50	2,10	1,70	1,60	1,30	1,20	1,00
13-14	3,40	2,80	2,30	2,00	1,50	1,40	1,20	1,10	-	-
14-15	2,70	2,20	1,90	1,50	1,40	1,20	1,00	-	-	-
15-20	8,20	6,80	5,50	4,60	3,80	3,10	2,60	2,30	1,90	1,60
20_+	8,00	6,10	5,60	4,10	3,40	2,70	2,20	1,80	1,70	1,50

TABLO - 3.B

SIYAH CİSİM RADYASYONU İÇİN ÇEŞİTLİ
DALGA BOYU ARALIKLARINDA
TOPLAM RADYANT ÇIKIŞ YÜZDESİ

SICAKLIK (C)	760	815	871	927	982	1038	1093	1650	2200	2760
DALGA BOYU (Mm)										
0,45-0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	3,58	9,02
0,7-1,0	-	-	-	-	-	-	-	5,62	13,3	20,1
1,0-1,5	1,88	2,50	3,33	4,23	5,30	6,43	7,62	19,9	27,5	29,2
1,5-2,0	6,85	8,30	9,50	10,8	12,0	13,3	14,6	20,8	20,0	16,6
2-3	22,6	24,1	25,8	26,9	27,8	28,5	28,8	26,2	19,5	14,3
3-4	21,1	21,0	20,5	20,2	19,8	19,1	18,6	12,0	7,80	5,20
4-5	14,5	14,0	13,5	12,6	11,9	11,3	10,6	5,90	3,50	2,10
5-6	9,70	9,00	8,30	7,90	7,30	6,70	6,20	3,20	1,80	1,10
6-7	6,30	5,90	5,30	4,90	4,50	4,20	3,80	1,90	1,00	-
7-8	4,50	3,90	3,60	3,30	2,90	2,70	2,60	1,10	-	-
8-9	2,90	2,70	2,40	2,20	2,10	1,90	1,60	-	-	-
9-10	2,20	1,90	1,80	1,60	1,50	1,20	1,10	-	-	-
10-11	1,60	1,50	1,30	1,10	-	-	-	-	-	-
11-12	1,10	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-
12-13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13-14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14-15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15-20	1,40	1,20	1,10	1,00	-	-	-	-	-	-
20_+	1,20	1,10	-	-	-	-	-	-	-	-

TABLO - 4 (5,6,7,8)

BAZI MALZEMELERİN EMISSİVİTY DEĞERLERİ

<u>MALZEME</u>	<u>EMİSSİVİTY</u>	<u>Sıcaklık- Dalga boyu</u>
Saf çelik	0,79-0,81	540°C-(3,6)
Alüminize çelik (tip.1)	0,20-0,50	540°C-(3,6)
Alüminize çelik ısıtıl tavlı (tip.1)	0,80	540°C-(3,6)
Sabit astar kaplı çelik	0,80	540°C-(3,6)
Porselenize çelik	0,92-0,96	40°C -(9,3)
Dökme demir	0,95	540°C-(3,6)
Paslanmaz çelik (tip.304)	0,44-0,62	540°C-(3,6)
Galvanize çelik	0,28	40°C -(9,3)
Kalorize çelik	0,57	540°C-(3,6)
Alüminyum	0,02-0,05	40°C -(9,3)
Paslanmaz çelik (tip.430,cilalı)	0,10-0,20	40°C -(9,2)
Pyromark ^R Boya (silikon reçine, uy- gun şekilde ıslah edilmiş ve sırlanmış)	0,80	540°C-(3,6)

3.3- REFLEKTİVİTY (YANSITICILIK)

Reflektivite emissiviteyle aşağıdaki gibi ilgisi olan bir malzeme özelliğidir.

$$\text{EMİSSİVİTY} + \text{REFLEKTİVİTY} = 1.0$$

Reflektivite bir yüzeye gelen radyasyonun yansıtılan miktarının aynı yüzeyin emissivite değeri sıfır olan kusursuz bir reflektör olması durumunda yansıtacağı enerji miktarına oranıdır.

Bir yüzeyin reflektivite değeri bir çok faktöre bağlıdır. Bunlardan en önemli olanları aşağıda incelenmiştir.

- Malzemenin Yüzey Şartı: Emissiviteye benzer bir şekilde, reflektivitede başlıca bir malzemenin yüzey katları vasıtasıyla belirlenir. Parlak, yoğun, pürüzsüz bir yüzey genellikle yüksek yansıtma özelliğine sahiptir.

- Yayılan Enerjinin Dalga Boyu: Bir çok malzeme için, dalga boyundaki değişimler sonucu reflektivite değerinde değişim beklenebilir. İnfraruj enerji için bu değişim çok küçüktür ve daima ihmal edilir.

Bazen kalkan olarak da adlandırılan reflektör bir radyant ısıtma uygulamasının anahtar bileşenidir. Malzemenin yüksek yansıtma özelliğine ilaveten reflektörün konfigürasyonu uygulamanın radyant enerji çıkışına aşağıdaki gibi etki edebilir.

- Reflektörün boydan boya olan derinliği, ısınmış havanın hapsedilerek uygulamadan konveksiyon kaybı olarak uzaklaşmasını kontrol edebilir.

- Reflektörün açıları , uygulamadan uzağa, aşağı doğru mahale yönlendirilen enerji miktarını belirler.

Tablo-5 'de, genellikle radyant ısıtma endüstrisinde kullanılan malzemelerin ve reflektivite değerlerinin bir özeti verilmiştir.

TABLO - 5 ^(5,7)

BAZI MALZEMELER VE REFLEKTIVITY DEĞERLERİ

<u>MALZEME</u>	<u>REFLEKTIVITY</u>
Kalay	0,94
Krom	0,92
Alüminyum (fab. çıkışı)	0,91-0,95
Alüminyum (cila)	0,91-0,95
Nikel	0,90
Alüminize çelik (tip.1)	0,50-0,80
Galvanize çelik	0,72
Paslanmaz çelik (tip.304)	0,48-0,66
Paslanmaz çelik (tip.430 cila)	0,80-0,90

Şekil - 7, endüstride kullanılan reflektör şekillerinin bir kısmını göstermektedir. Her bir reflektör şekli için dizayn kriterleri (reflektivite, açısal yapı, konveksiyon kayıplarını önleme, donanım verimine olan etkisi, model verimine olan etkisi ve radyant verim) hakkında vasat duruma göre karşılaştırmaları verilmiştir. ⁽¹⁾

3.4- KONVEKSİYON KAYIPLARI

Konveksiyon, bir noktadan diğer bir noktaya akıcı kütlelerin (hava veya sıvı) karışımı ve hareketi vasıtasıyla ısı-
nın iletimidir. Doğal konveksiyon, sıcaklık farklarının sebep

olduğu yoğunluk farklarından dolayı meydana gelir. Cebri (zorlamalı) konveksiyon, sıcaklıktan bağımsız olarak mekanik araçlar vasıtasıyla (pompa, vantilatör gibi) meydana gelir.

Konveksiyon kayıpları, sıcak bir cisim doğal veya cebri konveksiyon yoluyla soğuduğu zaman meydana gelir. Radyant bir uygulamada ısının konveksiyonla kaybı, ısıtılan mahal içinde tabaka oluşumu olarak bilinen bir duruma sebep olur. Yapılardaki bu ısı tabakası, aşağıdaki sebeplerden dolayı çoğu kez yakıt kullanımının artmasına sebep olur.

• İçeriden dışarıya olan artmış sıcaklık farklarından dolayı çatı ve üst duvar alanlarından iletim ısı kaybı artar.

• Hava değişim ısı kaybı; baca etkisinin bir sonucu olarak çatıda veya yakınındaki delik ve çatlaklar vasıtasıyla meydana gelen exfiltrasyon sebebiyle artar.

Konveksiyonla ısıtılmış mahallerde, tavan ve üst duvar alanları yakınındaki hava sıcaklığının, döşeme yanındaki hava sıcaklığından 14-16°C kadar daha sıcak olması görülmemiş bir şey değildir. Bu, döner fanların kullanımıyla bir dereceye kadar kontrol edilebilir, ancak bu fanların çalışması için elektrik güç gereksinimleri oldukça büyük değerlerde olabilir. Buna ilaveten, mahal içindeki hava hareketi, çatı veya duvar vasıtasıyla her sıcaklık derecesi başına az miktarda da olsa iletim ısı kaybının artmasına neden olur. Aynı zamanda dakikada 25 metre üzerindeki hava hızları mahalde bulunanların konforunu olumsuz yönde etkiler.

Radyant ısıtma sistemleri ile ısıtılmış binalar için bir sorun olmayan hava tabakası oluşumu, uygulama üzerine konan reflektörün tüp çevresindeki sıcak havayı hapsetmesiyle önlenir. Tüpün etrafındaki bu hava hapsedilmediği takdirde yukarıya yükselip hava tabakası oluşturduğu gibi tüpün sıcaklığının azalmasına yol açarak radyant çıkışında önemli bir azalma meydana getirir. Örneğin; tüp sıcaklığındaki 590°C'dan 540°C'a bir azalma (yaklaşık % 9 azalma) % 23 gibi yüksek bir radyant çıkışı azalması olarak sonuçlanabilir.

Şekil - 7, kullanılan bazı reflektör biçimlerini göstermektedir. Reflektörün şekli, radyant ısıtma uygulamasından olu-

şan konveksiyon kayıplarını önlemesi bakımından önemlidir. Bir yana eğik reflektörlerin tatbikatı radyant ısıtma endüstri-sinde yaygın olmakla beraber, bu nedenle meydana gelen konvek-siyon kayıpları sistemin performansı üzerinde yukarıda bahse-dilen aynı negatif etkilere yol açar. Uygun bir şekilde rad-yant enerjiyi yeniden yönlendirmek için bazı üreticiler kenar genişletme kalkanları kullanır. ⁽¹⁾

3.5- FIXTURE (DONANIM) VERİMİ

Fixture (donanım) verimi, radyant ısıtma uygulamasının mevcut radyant enerjiyi salıvermesinin bir göstergesidir. Bütün radyant ısıtma uygulama donanımları bir miktar radyant e-nerjiyi absorbe eder ve onu ısıya dönüştürür ki bu ısı uzağa iletilir. Bu konveksiyon kaybını kontrol etmedeki ve radyant enerjiyi dağıtımındaki yetersizlik, düşük bir fixture verimi o-larak sonuç verecektir.

Fixture (donanım) verimi, bir radyant ısıtma uygulamasının bileşenlerinin özellikleri tarafından etkilenir. Daha açık bir deyişle ; yüksek yayma sıcaklığı, yüksek tüp emissivitesi ve yüksek reflektivite değerine sahip reflektör malzemesi fixtu-re verimi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Bununla beraber tüp boyu, reflektör şekli veya konveksiyon kayıplarını kont-rol etmek için reflektörün yeteneğini gözönüne almaksızın bu etkenlerin incelenmesi yanıltıcı olabilir. Bir radyant ısıtma uygulamasına etki eden bu faktörlerin tamamı sistemin doğru uygulanması için gözönünde bulundurulmalıdır.

3.6- PATTERN (MODEL) VERİMİ

Model verimi, bir radyant ısıtma uygulamasının mahalin ih-tiyacı kadar uygun bir yolla mahale radyant enerji dağıtması-nın yeteneğinin bir ölçüsüdür. Örneğin ; bir gemi havuzunu göz-önüne alalım. Nispeten yüksek bir radyant uygulama ısı çıkış seviyesi mahalin ihtiyacını karşılamadaki etkisini gösterebi-

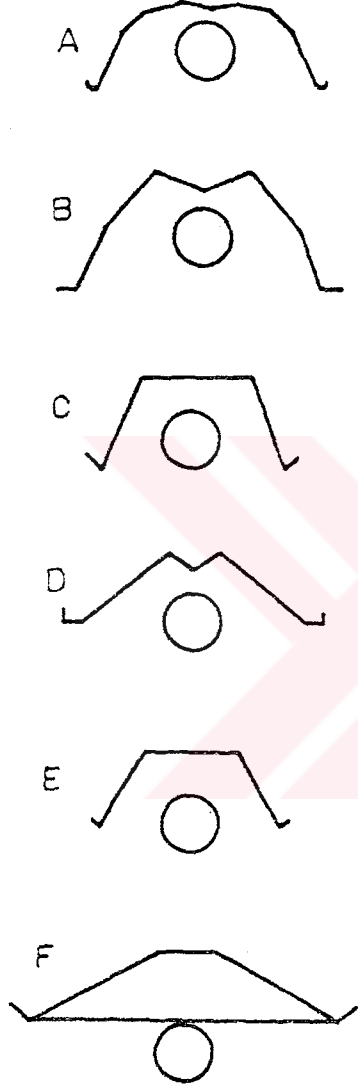
lır. Buna karşılık ;büyük bir mahalın genel konfor ısıtması, simetrik olarak dağıtılmış daha düşük bir radyant uygulama çıkışı vasıtasıyla daha iyi bir şekilde yapılabilir. Görüldüğü gibi, bir radyant ısıtma uygulamasının model verimi, uygulamayı yapan şahsın bilgisiyle çok yakından ilgilidir.

Radyant ısıtma piyasasına pek çok yeni ürünlerin katılması ve piyasa araştırmalarını ayırdetmek için yeterli endüstri standartlarının olmayışı, radyant bir uygulamada değişik tiplerin uygunluğunun saptanmasındaki karışıklığı anlamamızı kolaylaştırır. Eğer ilk adım olarak mahalın gereksinimleri teşhis edilebilirse meselenin çözümü mümkündür. Mahal lokal olarak mı yoksa genel olarak mı ısıtılacak ?İnsanları konfor seviyesine kadar ısıtmak mı istiyoruz, yoksa sadece döşemenin sıcak tutulmasını mı istiyoruz? Çevre şartları nelerdir ? Mahal içindeki insanların çalışma seviyesi yüksek mi yoksa düşük mü? Bu ve diğer bir çok soruya verilecek cevaplar, mükemmel bir radyant ısıtma uygulaması için temel teşkil eden en uygun dizaynı sağlayacaktır.

İkinci olarak ;bir radyant ısıtma uygulamasının işletme kabiliyetinin (fixture verimi) kavranması, mahalın gereksinimlerine en uygun cihazı seçmek için gereklidir. Çok uzun bir tüp üzerindeki büyük, tek bir yakıcı yeterli Kcal miktarını sağlayabilir, ancak uygulama için yeterli olacak kapsama alanını yeterince sağlamayabilir. Kapsama alanı yayılan radyant ışınların mahal içinde fiziksel olarak kapsadığı alandır. Mahalın gereksinimleri cihaz kapasitesine uygunsa ancak o zaman ısıtma cihazı dizayncısı radyant ısıtma cihazının başarılı uygulama olmasını garanti edebilir.

Sekil - 7, çeşitli cihaz konfigürasyonları için ilgili model verimlerini göstermektedir.

DONANIM
KONFIGÜRASYONLARI



DİZAYN KRİTERLERİ					
Reflektivite	Açılal Özellik	Konveksiyon Kayıplarını Önlleme	Donanım Verimi	Model Verimi	Radyant Verim
E	E	E	E	E	A
E	E	A	E	A	A
E	B	B	B	A	A
E	A	B	A	B	B
E	B	B	B	B	A
E	B	B	B	B	B

• Karşılaştırma Kelimeleri :

A : Vasat

E : Vasatın üzerinde

B : Vasatın altında

ŞEKİL -7⁽¹⁾ KONFIGÜRASYON KARŞILAŞTIRMALARI

3.7- ABSORPTIVITY (YUTUCULUK)

Absorptivity, genellikle radyant ısıtma sistemlerinin uygulanması ile gündeme gelen bir malzeme özelliğidir. Absorptivity, bir malzeme tarafından absorbe edilen enerji miktarının malzemeye gelen toplam radyant enerjiye olan oranıdır. Bir çok çok malzeme için, absorptivity ve emissivity aynı değerlere sahiptir.

Bir mahal üzerinde bulunan radyant ısıtma uygulamasına olan etkisi gözönüne alındığında, absorptivitenin öneminin büyük olduğu görülür. Çünkü bazı cisimler (örneğin su, beton ve insanlar gibi) radyant enerjinin değişik dalga boylarının tamamına yakınıni absorbe eder. Bu yayıcı radyant kaynağın mahal tarafından en iyi kullanılabilecek bir dalga boyundaki radyant enerjiyi üretmesi bakımından önemlidir.

Tablo - 6 ;da çeşitli malzemeler için başlıca absorpsiyon dalga boylarının bir özeti verilmiştir.

TABLO - 6 ⁽¹⁾

BAZI MALZEMELERİN ABSORPSİYON DALGA BOYLARI

Başlıca Absorpsiyon Dalga Boyu (Mikron)

MALZEME	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Beton			27			60		80								
İnce Sıva			29		4.5			8.2								
Alçı Sıvası			29		4.5	60		9.0								
Çatı Kiremiti			29		50			80								
Rüberoit		14						80								
Tahta		20						9.0								
Emaçeler			3.5		5.7		7.8	8.8					13.5			16
Cilalar		2.7	3.5		5.7	6.2	7.8	8.5	10		11.5	12.2	13.5			
Vernikler			3.5		5.7	7.0	7.8	9.8			11.5		13.5	14.5		
Su		1.9	2.8	3.4		5.5					11.0	12.5	13.5			

SEKİL - 8, su filmi ve beton için grafik formda ortalama absorpsiyon kabiliyetini göstermektedir.Çeşitli dalga boyları için enerji dağıtımına sahip olan (bak.Tablo 2.A ve 2.B) bu malzemeler için max. absorpsiyon dalga boyunun karşılaştırılmasıyla,farklı kaynak sıcaklıklarında radyant enerji kullanımının bir tahmini yapılabilir.

TABLO - 7, 980°C sıcaklığında yayıcı kaynak (yüksek yoğunluklu) için ,yaklaşık olarak yayılan enerjinin % 78,7 'sinin beton tarafından ,% 28,3 'ünün de su tarafından absorbe edildiğine işaret etmektedir. 480°C sıcaklığındaki yayıcı bir kaynak (düşük yoğunluklu) için ,yaklaşık olarak yayılan enerjinin % 83,8 'i beton tarafından , % 42,4 'ü su tarafından absorbe edilir.

3.8 - RADYANT VERİM

Radyant verim; bir radyant ısıtma uygulamasının,yakıt giriş enerjisine kıyasla gerçek radyant enerji çıkışının ölçüm göstergesidir.Radyant çıkış bir çok sistem karakteristiklerinin bir fonksiyonudur.Bunlardan bir kısmı ;

- Yayıcı Sıcaklığı
- Isı Değiştirici Yayıcılığı
- Toplam Yayıcı Yüzey Alanı
- Donanım verimi

Büyük yüzeyli alanlar,yüksek emissivity ve üniform yüksek yayıcı sıcaklıklarla birlikte giriş enerjisinin en büyük yüzdesini radyant çıkış olarak sağlarlar.

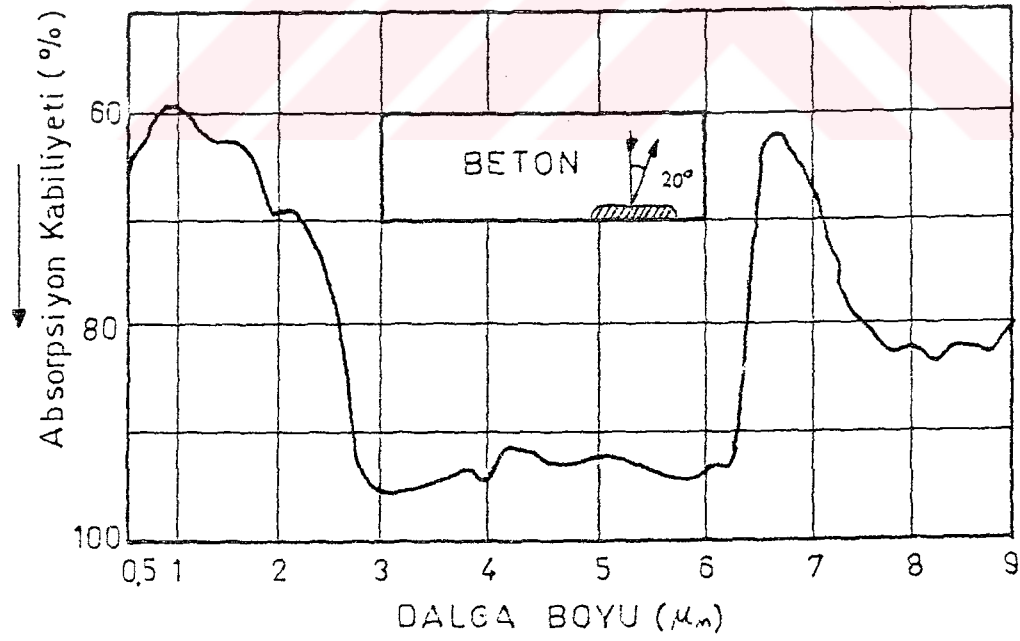
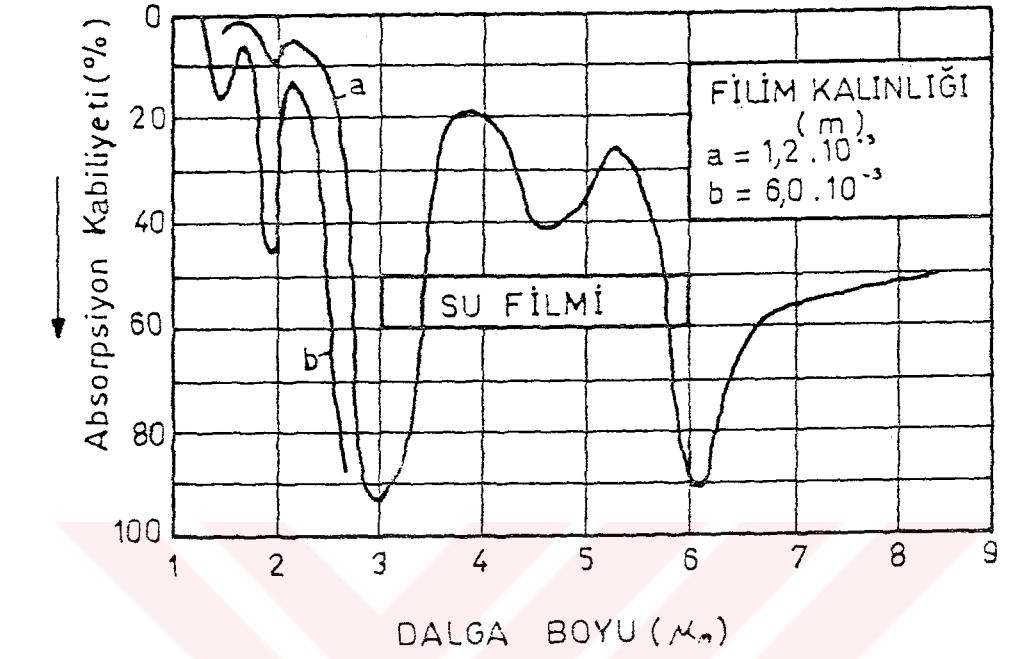
Gaz yakmalı infraruj ısıtıcılar için test standardı olan ANSI standardı (ANSI Z83.6a-1989),minimum % 35 radyant verimini şart koşar.Bununla birlikte standarttaki metoda göre ölçülen radyant çıkışına sahip olmak radyant ısıtma uygulamaları için çok büyüktür.Bunun yerine % 70 'den daha küçük olmayan ısı verim elde edilmelidir.(Daha fazla bilgi için ANSI Z83.6a-1989/Bölüm 2.9.1 ve 2.9.2 'e müracaat ediniz.)

Daha önce de belirtildiği gibi (bak. Bölüm 3.2) bir radyant ısıtma uygulamasından radyant çıkışın saptanması pratik

bir yolla mümkün olmamaktadır. Üreticilerin % 55-60 veya daha fazla radyant verim iddiaları ölçüm yoluyla tam olarak ispatlanamaz. Çünkü ölçüm, kesin radyant verim değerlerini temin etmek için sadece bir yoldur. Radyant verim bilgilerinin üreticiden üreticiye karşılaştırılabilir olmasını temin etmek için The Gas Research Institute ve the Institute of Gas Technology radyant uygulamalar için standart bir verim ölçüm metodu geliştiriyorlar. Bu çalışma tamamlanıncaya kadar, şu anda kullandığımız henüz doğruluğu tam olarak ispatlanmamış radyant verim bilgilerinin ne derece geçerli olduğunu saptamak için baştan başa yeniden incelenmesi akıllıca bir yaklaşımdır.



SU VE BETONUN ABSORPSİYON KABİLİYETİ



ŞEKİL - 8⁽¹⁾

TABLO - 7

982°C (Yüksek Şiddetli) ve 482°C (Düşük Şiddetli) Yayıcı Sıcaklığında Su ve Beton İçin Absorbe Edilen Enerji Karşılaştırması

ÇİZELGE - 1

DALGA BOYU (MİKRON)

Kcal/m ² hC	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 +	TOPLAM TEORİK KAL MİKTARI (**)
Sıcaklık														
982 C	-	21054	33835	24097	14482	8883	5476	3530	2555	1825				121708
482 C	-	244	1722	2712	2582	2072	1514	1147	860	621	477	350	1646	15947

ÇİZELGE -2

DALGA BOYU (MİKRON)

Kcal/m ² hC	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 +
YUTUCULUK													
BETON	-	0,65	0,80	0,95	0,93	0,95	0,75	0,80	0,78	0,70	0,70	0,70	0,70
SU	-	0,01	0,18	0,50	0,40	0,30	0,65	0,55	0,50	0,45	0,45	0,45	0,45

ÇİZELGE -3

DALGA BOYU (MİKRON)

Kcal/m ² hC	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 +	ABSORBE EDİLEN TOPLAM KAL (**)	TEORİK KAL MİKTARI YÜZDESİ (%) (***)
YÜKSEK ŞİDDETLİ															
BETON	-	13654	27068	22893	13467	8438	4107	2824	1994	1278				95753	78,7
SU	-	209	6069	12049	5791	2664	3559	1939	1278	819				34397	28,3
DÜŞÜK ŞİDDETLİ															
BETON	-	157	1378	2577	2401	1969	1134	917	670	434	334	244	1153	13368	83,8
SU	-	2,44	309	1356	1033	621	985	632	431	279	214	157	741	6760	42,4

(*) = Çizelge 3, her bir dalga boyu için aşağıdaki gibi hesaplandı.

(Çizelge -1 değeri) * (Çizelge -2 değeri) = Çizelge -3 değeri

(**) = Toplam değerler bütün dalga boylarındaki değerlerin toplamıdır.

(***) = Teorik Kcal Miktarı Yüzdesi (%), aşağıdaki gibi hesaplandı.

Toplam Absorbe Edilen Kcal Miktarı / Toplam Teorik Kcal Miktarı = Teorik Kcal Miktarı Yüzdesi (%)

4.0 - RADYANT ISITMA DIZAYN KRITERLERİ

Radyant ısıtma uygulamalarının başarılı olmasını temin etmek için, bir takım dizayn kriterleri gözönüne alınmalıdır. Radyant ısıtmanın mevcut işletme avantajlarının uygun kullanımı, uygulama mahalinin tam olarak tanımlanmasına, onun kullanımına, radyant ısıtma sisteminden beklenen faydalara ve bu işletme avantajlarının sıkı bir analizine bağlıdır. Esas olarak başarılmak istenen nedir ? Uygulamanın gereksinimleri nelerdir ? Radyant ısıtma sistemi ; mahali işgal edenler, çalışma seviyesi ve bazı parametrelerle birlikte nasıl tasarlanmalıdır ? Bu ve benzeri sorular uygun bir dizayn ve yeni fikirler ortaya koymak için cevaplandırılmalıdır. Bahsedilen bazı dizayn kriterleri şunlardır :

- Kullanma faktörleri
- Kayıp ısı için radyant düzeltme katsayısı
- Radyant enerji için yükseklik düzeltme katsayısı

Dizayn araştırmalarına etki edebilen bu kriterler aşağıda kısaca incelendi.

4.1 - KULLANMA FAKTORLERİ

Hassas bir uygulama için kullanım parametreleri gözönünde bulundurulmalıdır. Bu, tam bir ısı kaybı hesabının yapılabilmesi bakımından önemlidir. The American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), ısı kaybının saptanması için kapsamlı olarak metodları belgelemiştir. (Bak. ASHRAE Handbook of Fundamentals _ 1985)

Etkisiz, zayıf bir uygulamaya en iyi malzeme dizaynı tedarik edilirse, ısı kaybının önemi tam olarak anlaşılamaz.

Isı kaybının hesaplanmasında bilinmesi gereken bazı özel durumlar aşağıdaki gibidir.

- Tam konstrüksiyon tanımları
- İnfiltrasyon kaybını saptamak için hava değişim tahmini
- Dış faktörler (uygun dizayn sıcaklığı, rüzgar hızı ve yön gibi)

- İç ısı kazançları
- Soğuk kütlelerden meydana gelen ısı kaybını karşılamak için ek ısıtma yükü (örneğin ; makineler , sebzeler gibi)

Tam bir ısı yüküne ilaveten, konvensiyonel hava ısıtmaya kıyasla radyant etkilerin sebep olduğu bazı avantajlar gözönünde bulundurulmalıdır. Mahali işgal edenlere eşit olarak dağıtılan radyant enerjiyi hafifçe değiştiren sıcak yüzeylerin sağlanması vasıtasıyla başarılabilecek olan maksimum konforun hissedilmesi, başarılı bir radyant ısıtma uygulamasını temin edecektir. Buna ilaveten, giriş ve sütunların yapabilmesi mümkün radyant gölgelemeler, radyant uygulamanın yerleştirilmesine etki edebilir.

Isıtıcılar, dışarıya olan ısı kaybı ve dış duvarlara direkt radyasyon ile olan ısı kaybını önlemek için, dış duvarlardan yeterince uzağa yerleştirilmelidir. Şekil-9, radyant çıkış şiddetinin, H yüksekliğinde monte edilen bir yakıcı için tanımlanan D uzaklığı ile olan ilgisini göstermektedir. D uzaklığı yayılan ışınların radyant tüpe olan yatay mesafesidir. D uzaklığı arttıkça radyant enerji yoğunluğu azalır. Tesis yüksekliği H'ın değişik değerleri için verilen D mesafesi uygulamanın konforunu sağlamak için önemlidir.

Şekil-9 'dan da görüldüğü gibi, D mesafesi 1,5.H'dan büyük olduğu zaman, yoğunlukta, merkez hattındaki ($D=0$) yoğunluğa göre % 50 'den daha fazla bir düşüş meydana gelmektedir. Pratik bir limit olarak yüksek donanım verimine sahip radyant uygulamalar , dış duvarlara tesis yüksekliğinin 1,5 katından daha yakın olarak yerleştirilmemelidir.

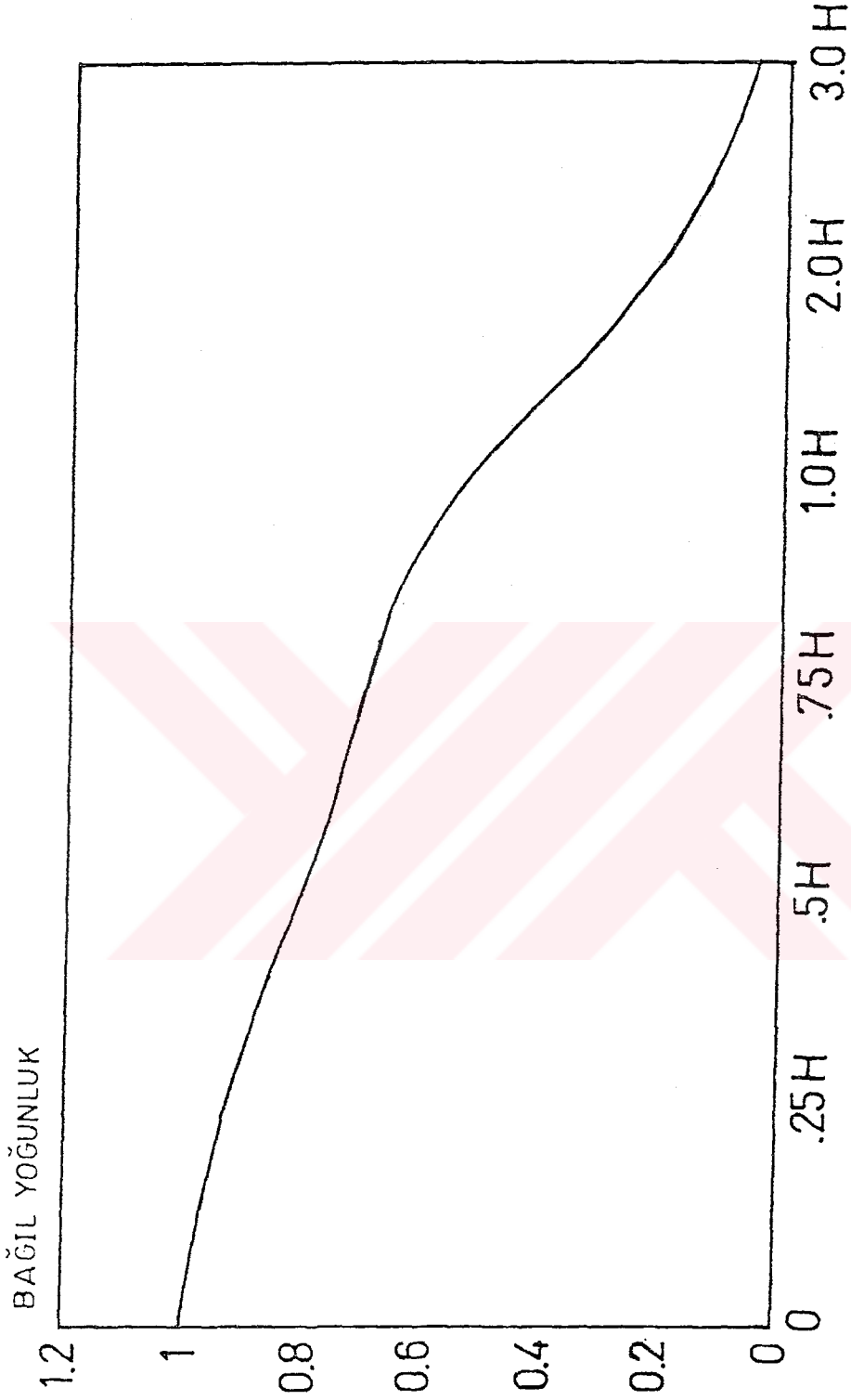
Şekil-9, aynı zamanda radyant ısıtma uygulamasının kapsama alanı kabiliyetini tahmin etmek için de kullanılabilir. Kapsama alanı hakkında daha fazla bilgi Bölüm-4.1.1 'de bulunmaktadır. Özel uygulamalar, istenen sonuçları elde etmek için gerekli kapsama alanı mertebesini belirleyecektir. Örneğin ; direkt kapsama alanı, spot ısıtma için uygulanan radyant ısıtma uygulamalarında başlıca bir konudur.

4.1.1 - KAPSAMA ALANI

Sekil-10, iyi dağıtılmış çoklu yakıcı sistemi ile büyük, tek bir yakıcı arasındaki fiziksel kapsama farklarını örnek bir uygulamayla göstermektedir. Döşeme sıcaklık artışı konfor için ana faktörlerden biridir. İyi dağıtılmış bir model (yüksek model verimi), mümkün olduğunca döşeme alanının yüksek bir yüzdesine radyant enerjinin yönlendirildiğini göstermesi bakımından istenen bir özelliktir.

Sekil-10 'dan da açıkça görüldüğü gibi, iyi dağıtılmış enerji modeli, büyük, tek bir yakıcı enerji modeline kıyasla konfor için gereksinimleri daha etkili bir şekilde sağlayabilir.

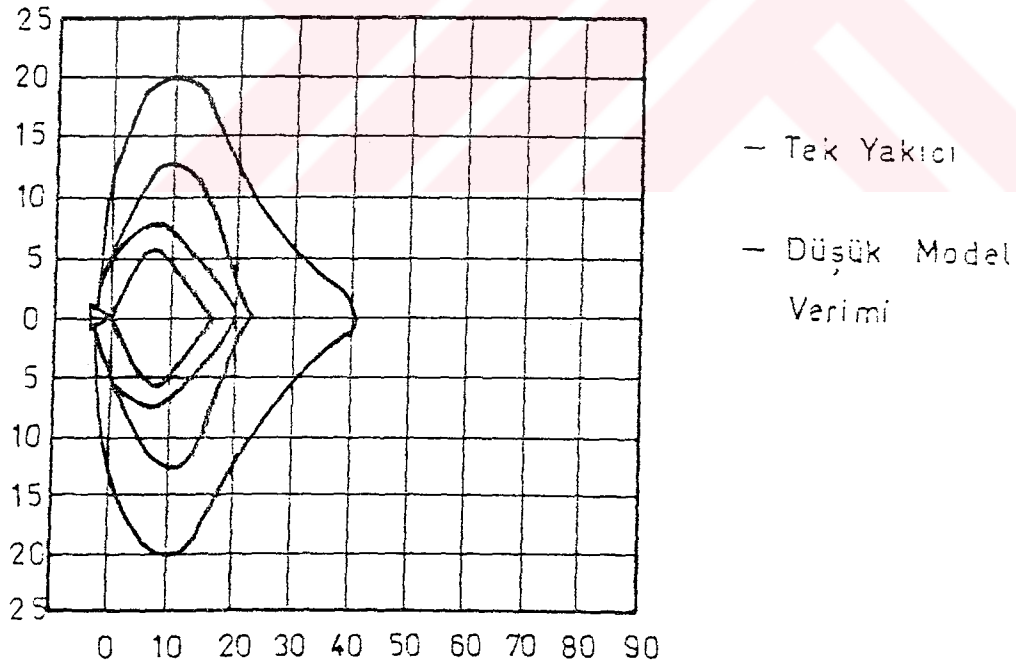
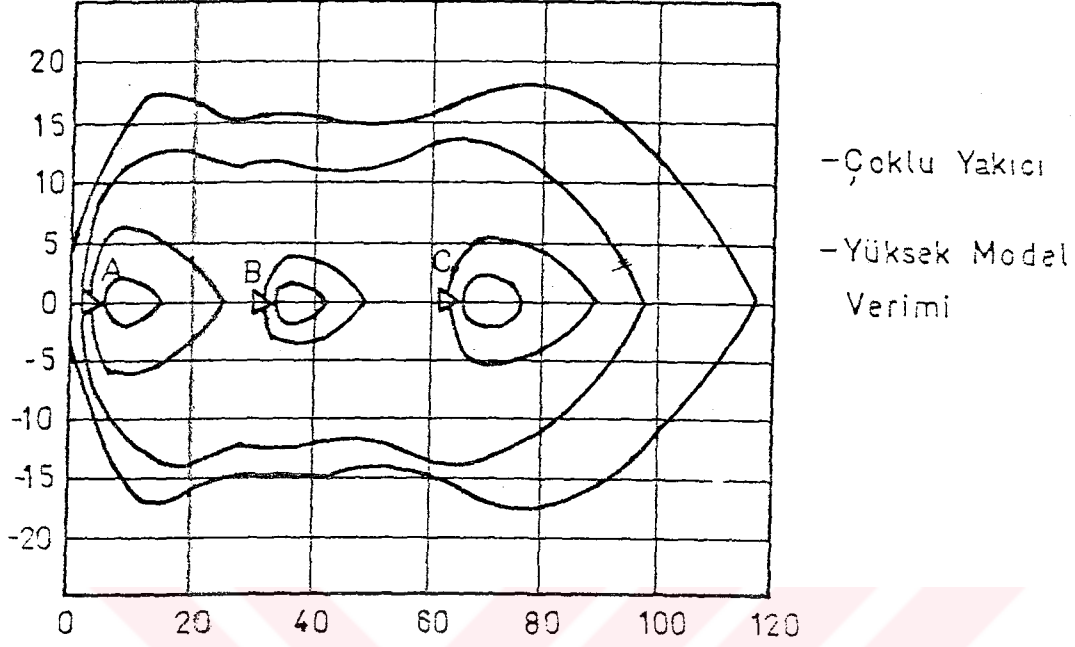




Yayıncının Orta Hattından Olan D Uzaklığı
(H Yüksekliğine Bağlı Olarak)

ŞEKİL - 9⁽¹⁾ ŞİDDETİN GENİŞLİĞE GÖRE DEĞİŞİMİ

(Eşit KCal Girişi ve Sabit Montaj Yüksekliği)



ŞEKİL 10⁽¹⁾
KAPSAMA ALANI KARŞILAŞTIRMASI

4.2 - ISI KAYBI İÇİN RADYANT DÜZELTME FAKTÖRÜ

Radyant ısıtma sistemleri için , ısı kaybı hesaplarında kullanılan bir düzeltme faktörünün kullanımı, 25 yılı aşkın bir süredir radyant ısıtma endüstrisinde üreticiler tarafından kabul görmüştür. Son zamanlarda , (0,8 - 0,85) aralığındaki düzeltme faktörleri değerlerini tanımlamak için bir kısım çalışmalar yapılmıştır. (ASHRAE Raporları, Cilt 93 , Kısım 1). Aşağıdaki radyant etki sonuçları düşünüldüğünde, bu düzeltme faktörünün kullanılmasının gereği tam olarak anlaşılabılır.

- İnfraruj enerji havayı değil, doğrudan cisimleri ısıtır.
- Düşük çevre hava sıcaklıkları hava infiltrasyon miktarını azaltır.
- Radyant ısıtmada hava tabakası oluşumu daha az olur.
- Düşük çevre hava sıcaklığı nedeniyle , duvarlar ve çatıdan iletimle olan ısı kaybı azalır.
- Yükseltilecek döşeme sıcaklıkları , ısı bir rezerv kapasitesi sağlar.
- Artırılan ortalama radyant sıcaklığı , azaltılmış hava sıcaklığına rağmen mahalde bulunan insanların konforu hissetmesine olanak verir.

Bu radyant etkilerin her biri , radyant ısıtma sisteminin tesis kapasitesinin kullanımı lehinde çok önemli avantajlardır. Bu gerçek özellikle konvensiyonel sıcak hava sistemleri için geliştirilmiş olan ASHRAE ısı kaybı metodları (özellikle ısı iletim katsayıları) ile birlikte , ısı kaybı düzeltme faktörünün kullanımı için olan ihtiyacı ispat eder.

4.3 - RADYANT YÜKSEKLİK DÜZELTME FAKTÖRÜ

Bölüm-4.2 'de görüldüğü gibi, radyant ısıtma sistemlerinin tesis kapasitesi belli bir miktar azaltılır. Uygun bir şekilde dizayn edilen radyant ısıtma sistemindeki radyant etkilerden dolayı hesaplanan ısı kaybında yapılan azaltma neticesinde tesis kapasitesi normal olarak küçülmüş olur. Bu radyant etkilerin avantajlarını kullanmak için radyant bir sistemin yete-

neği, genellikle bu sistemin döşemede rezerv bir ısı kapasitesi meydana getirmesine bağlıdır. Bu rezerv kapasite olmaksızın radyant konfor sağlanamaz. (Isıtıcıdan yüksek seviyede direkt radyasyonun alındığı yerlerde, örneğin spot ısıtma bölgesi için rezerv kapasite sağlanmaksızın konfor sağlanabilir. Yükseklik düzeltme faktörü döşemede ısı deposu oluşturmak için yeterli radyant şiddeti garanti etmede bir vasıtaadır. Tablo -8.A ve 8.B ile Şekil 11.A ve 11.B ,yüksek bir donanım verimiyle çalışan tek ve çoklu yakıcı işletmeleri için yüksekliğe göre döşeme seviyesi şiddetinin değışimini göstermektedir.

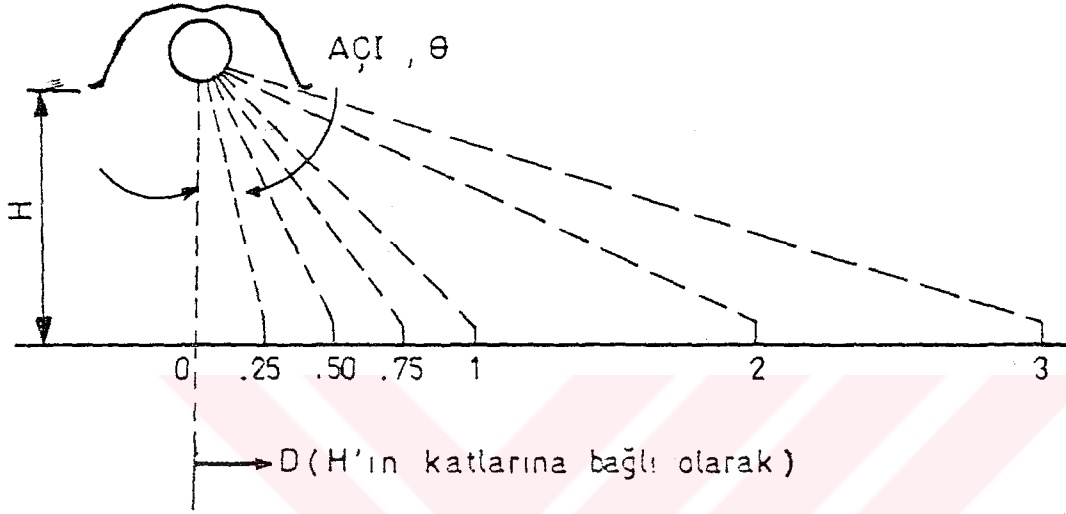


TABLO - 8.A ⁽¹⁾
YOĞUNLUK ÇİZELGESİ
ÇTEK YAKICI, YÜKSEK DONANIM VERİMLİ CİHAZLAR İÇİN

TESİS	YOĞUNLUĞU (I ile çarpılacak)						
Yüksekliği H (m)	$\theta=0^\circ$	D=.25H $\theta=14$	D=.50H $\theta=26,7$	D=.75H $\theta=36,9$	D=1.0H $\theta=45,0$	D=2.0H $\theta=63,4$	D=3.0H $\theta=71,6$
2,5	2	2	1,6	1,4	1,2	0,3	0,1
3,7	1,33	1,33	1,064	0,93	0,798	0,20	0,067
4,9	I	I	0,8	0,7	0,6	0,15	0,05
6,1	0,8	0,8	0,64	0,56	0,48	0,12	0,04
9,2	0,533	0,533	0,426	0,373	0,32	0,08	0,027
12,2	0,4	0,4	0,32	0,28	0,24	0,06	0,02
15,3	0,32	0,32	0,256	0,224	0,192	0,048	0,016
22,9	0,213	0,213	0,171	0,15	0,128	0,032	0,011
30,5	0,16	0,16	0,12	0,108	0,096	0,024	0,008

I = 4,9 m yüksekliğinde tesis edilen yakıcının tam altında döşeme üzerindeki yoğunluk değeri

Not : Tablodaki değerler I ile çarpılacaktır. Örneğin 4,9 m yüksekliğe asılan bir radyant tüp , 2,5 m yüksekliğe asılırsa $\theta = 0^\circ$ değerinde (tüpün tam altında) I, 4,9 m yükseklikteki yoğunluğun 2 misli olur.



H = Tesis yüksekliği

D = Yakıcının yayma merkezinden olan yatay uzaklık.

ŞEKİL _11.A⁽¹⁾
YAKICI DÜZENİ
(Tekli Yakıcı Sistemleri İçin)

TABLO - 8.B

YOĞUNLUK ÇİZELGESİ ⁽¹⁾

(ÇOKLU YAKICI, YÜKSEK DONANIM VERİMLİ CİHAZLAR İÇİN)

TESİS	YOĞUNLUĞU (I ile çarpılacak)					
Yüksekliği H (m)	D=.25H e=14°	D=.50H e=26,7	D=.75H e=36,9	D=1.0H e=45,0	D=2.0H e=63,4	D=3.0H e=71,6
2,5	19,8	9,934	6,534	5,0	2,6	2,1
3,7	13,17	6,61	4,344	3,326	1,730	1,397
4,9	9,62	4,74	3,24	2,50	1,30	1,05
6,1	7,92	3,974	2,614	2,0	1,04	0,84
9,2	5,109	2,511	1,711	1,333	0,693	0,560
12,2	3,96	1,986	1,306	1,0	0,52	0,42
15,3	3,232	1,59	1,11	0,80	0,416	0,336
22,9	2,111	1,059	0,695	0,533	0,277	0,224
30,5	1,584	0,762	0,554	0,4	0,208	0,168

I = 4,9 m yüksekliğinde tesis edilen yakıcının tam altında, döşeme üzerindeki yoğunluk değeri

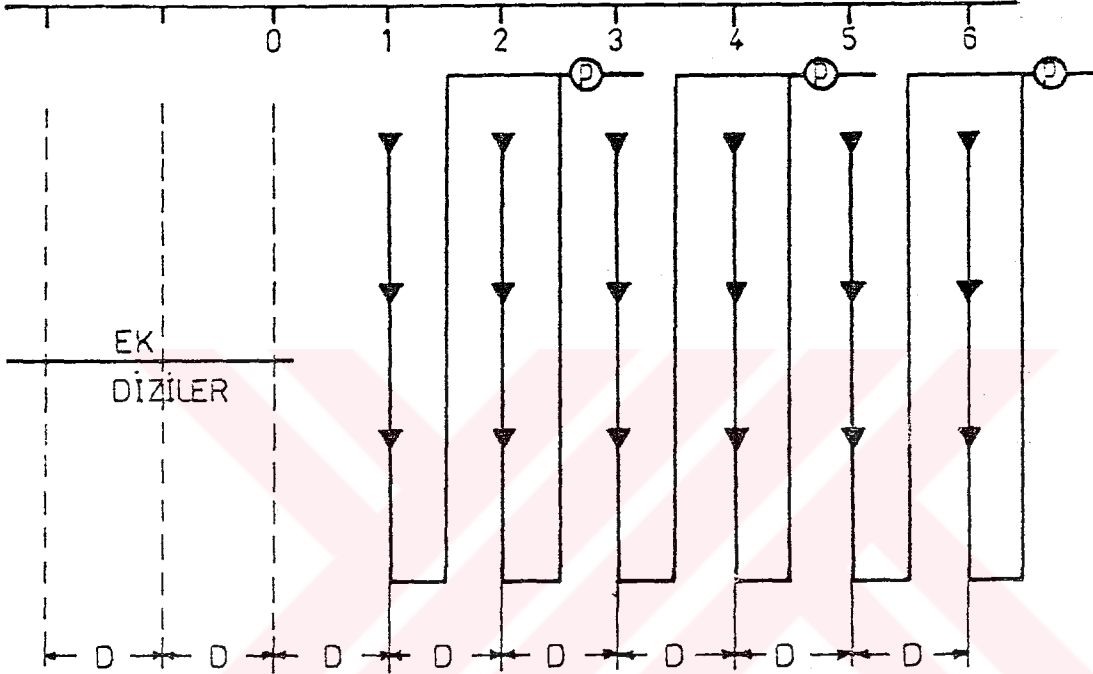
• Bu tablo, radyant çıkışın % 100 'ünün 120° 'lik model genişliği ile tanımlanan döşeme yüzeyine tahsis edileceği kabul edilerek hazırlanmıştır.

• Verilen değerler, ısınlrın girişimini de kapsar.

• Diziler arasında 3,0 H 'lık boşluk bırakılmasıyla birlikte, yakıcıya yakın dizilerden kazanılacak ek yoğunluk değeri % 5 'den daha az olmaktadır.

ÖRNEK : 4,9 m yükseklikte yoğunluk değeri I olduğu halde, yakıcılar arası mesafe D = 0,25 H (yaklaşık 1,23 m) ise tablodan da görüldüğü gibi yoğunluk değeri 9,62.I olmaktadır.

YAKICI DİZİLERİ



D = Yakıcılar arasındaki yatay uzaklık

P = Vakum pompası

ŞEKİL -11.B⁽¹⁾
YAKICI DÜZENİ
(Çoklu Yakıcı Sistemleri İçin)

Radyant ısıtma uygulamaları için daha yüksek tesis yükseklikleri, daha uzun duvar yüzeyleri meydana geldiğinden dolayı, direkt radyant enerji kaybı olasılığını artırır. Aynı şekilde daha yüksek duvar yüzeyleri, enerjinin döşemeden daha büyük bir açıyla uzaklaşmasına ve döşeme ısı rezervinin azalmasına neden olur.

Yükseklik düzeltme faktörü vasıtasıyla artırılmış ısı giriş kapasitesi radyant konfor için gereklidir. Döşemede bir miktar ısı rezervinin korunması, mahalın konforunun sağlanması için zorunludur. Tesis yüksekliği arttıkça bu ısı rezervi azalır, çünkü döşemeye ulaşan radyant enerji şiddeti yükseklik arttıkça daha düşük değerler alır. Bu nedenle yükseklik düzeltme faktörü kullanılır.

6 m 'nin üzerindeki montaj yükseklikleri için (15-18 metreye kadar) her metre için % 3,5 'luk bir ısı kaybı düzeltme faktörünün ilave edilmesi tavsiye edilir. Bu yüksekliğin üzerindeki yükseklikler için yapılan artırım , ısı kaybının mübalağalı bir şekilde artmasına yol açar. Bunun için 15 - 18 m üzerindeki yükseklikler için ek bir artırım yapılmaz.

Aşağıda yükseklik düzeltme faktörünün nasıl kullanıldığına dair iki örnek verilmiştir.

ÖRNEK-1:

- Tesis yüksekliği = $h = 9,15$ metre
- Isıl verim $= \zeta_t = \% 80$
- $\zeta_t = \% 80$ için 0,85 radyant ısı kaybı düzeltme faktörü kullanıldı.

R. A. F = Radyant düzeltme faktörü = 0,85

- Hesaplanan ısı kaybı = $Q_h = 88200$ Kcal/h

$$Q' = Q_h * R. A. F$$

$$Q' = 88200 * 0,85 = 75000 \text{ Kcal/h}$$

- Yükseklik düzeltme faktörü = H. A. F

$$9,15 \text{ m} - 6 \text{ m} = 3,15 \text{ m}$$

$$\% 3,5 * 3,15 \text{ m} = \% 11 \text{ artırım} = H. A. F$$

- Gerekli tesis kapasitesi = Q_T

$$Q_T = Q' * H.A.F = 75000 * 1,11 = 83270 \text{ Kcal/h}$$

ÖRNEK-2:

- $h = 18,3$ metre
- $\zeta_t = \% 90$
- $R.A.F = 0,80$
- $Q_h = 126000 \text{ Kcal/h}$
- $Q' = Q_h * R.A.F = 126000 * 0,80 = 100800 \text{ Kcal/h}$
- $H.A.F = (18,3 \text{ m} - 6 \text{ m}) * \% 3,5 = \% 43$
- $Q_T = Q' * H.A.F = 100800 * 1,43 = 144144 \text{ Kcal/h}$

NOT :Örnek-2 'ye dikkat ediniz.Eğer cihaz sadece ısı kay-bına dayandırılarak klasik olarak boyutlandırılmış olsaydı, hemen hemen aynı tesis kapasitesi gereksinimi ile sonuçlanacaktı.Görüldüğü gibi 15 - 18 metreden daha fazla olan yüksekliklerde ayrıyeten bir düzeltme faktörü genellikle gerekmez.

Özel uygulamalarda daha fazla bilgi için üretici firmalara danışılmalıdır.

5.0 - RADYANT ISITMA UYGULAMA KRITERLERİ

Başarılı bir radyant ısıtma için dizayn kriterlerinin bir kısmı daha önce 4.Bölüm 'de anlatılmıştı. Radyant ısıtma sisteminin işleyişi ile ilgili olan uygulama kriterlerinin (konularının) bir kısmı radyant bir ısıtma sisteminin başarısı için aynı derecede etkilidir.Tesis kurulduktan sonra bir radyant sisteme etki edebilecek bir takım kriterler (ki bunlar tesis sırasında gözönünde bulundurulmalıdır.) aşağıda sıralanmıştır.

- Konfor parametreleri
- Dizayn ısı giriş seviyesi ve konforla olan ilgisi
- Radyant ısıtmada kontrol mekanizması
- Tesisat kurulurken gözönünde bulundurulması gereken özel durumlar
- Yer kaplama

5.1 - KONFOR PARAMETRELERİ

Konfor, tecrübeyle kolayca tanımlanabilen (varlığı hissedilen) çevresel bir özelliktir. Bununla birlikte, endüstride veya ticari uygulamada ısı çevreyi (şartları) kontrol için kullanılan konforun tanımlanabilmesi zordur. İnsan vücudunda bulunan doğal ısı duyarlılıkla ilgili olan konfor, minimum bir fiziksel eforla onun iç sıcaklığını düzenler. Radyant ısıtma endüstrisiyle ilgili olan konfor, sıcaklık ve ısı kapasitenin hissedilmesi; bir şahsın metabolik ısı üretimi, onun çevreye transferi ve fizyolojik düzenlemenin sonuçlarına bağlıdır. Isı transferi aşağıdaki çevresel faktörlerden etkilenir.

- Hava sıcaklığı
- Isıl radyasyon
- Hava hareketi
- Nem

Isı transferi aynı zamanda kişisel bazı faktörlerden de etkilenir.

- Aktivite (çalışma seviyesi)
- Giyinme durumu

ASHRAE Standardı ANSI (ASHRAE 55-1981) konforla ilgili bu faktörlere ait kapsamlı bir teknik açıklama içermektedir.

Daha kısa teknik bir açıklama aşağıda sunulmuştur. Konfor için radyant sistem uygulamaları dizayn edildiği zaman gözönünde bulundurulması gereken bazı konular şunlardır :

- Mahali işgal edenler tarafından, ısıtma uygulamasından radyasyon olarak alınan enerji
- Mahali işgal edenler tarafından, döşemeden ve diğer yüzeylerden reradyasyon nedeniyle yayılan enerjinin alınması
- Çevre hava sıcaklığı

Bir oda içindeki yüzeylerin (duvar ve tavan gibi), mahali işgal edenlerden radyant enerjiyi uzaklaştırmak vasıtasıyla konforu önemli ölçüde azaltabileceğine dikkat edilmelidir.

Ortalama radyant sıcaklığı (MRT), istenen konforu sağlamak için radyant enerjinin net miktarını tanımlamada kullanılan

bir kavramdır. Kaba olarak MRT ; döşeme, tavan ve duvarların ısı yalıtım özelliklerinin ortalaması olarak tanımlanabilir. Bu sebepten dolayı, radyant ısıtma uygulamasında konfor şartlarının gerçekleşmesi isteniyorsa, rezerv ısıtma kapasitesi olan, yeterince ısıtılmış döşeme yüzeyi gereklidir.

Aşağıda MRT ile ilgili daha geniş bir açıklama bulunmaktadır.

5.1.1 - ORTALAMA RADYANT SICAKLIĞI

Ortalama radyant sıcaklığı ; bir mahal içindeki çeşitli radyant sıcaklıkların ortalamasıdır. M.R.T aşağıdaki formülle bulunabilir.

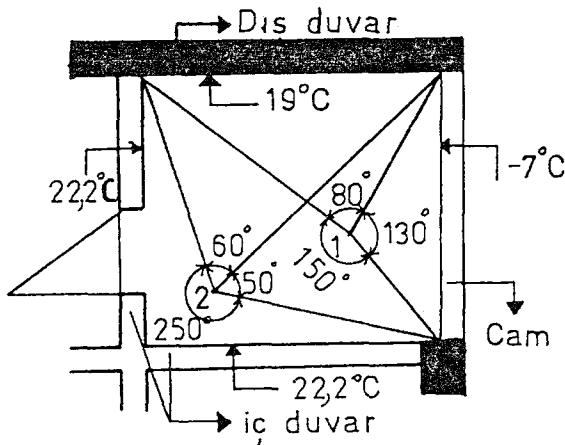
$$M.R.T = \frac{\sum t \cdot \epsilon}{360} = \frac{t_1 \cdot \epsilon_1 + t_2 \cdot \epsilon_2 + \dots + t_n \cdot \epsilon_n}{360}$$

t = Yüzey sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$]

ϵ = Yüzey görme açısı (mahali işgal edenlerle ilgili) [$^{\circ}$]

Örnek : Bir ofis; yüzey sıcaklıkları sırasıyla 19°C ve -7°C olan dış beton duvar ve dış cam duvara sahiptir. İç bölümler ise $22,2^{\circ}\text{C}$ yüzey sıcaklığına sahiptir.

Not: İnsan vücudu bir silindir olarak kabul edildi ve döşemeyle tavandan olan radyasyon etkileri ihmal edildi.



1- 1 nolu pozisyonda cam yüzeyinin yanındaki insan için M.R.T nedir ?

2- 2 nolu pozisyon için M.R.T nedir ?

3- Eğer çift cam kullanılırsa, çift camın yüzey sıcaklığı $7,2^{\circ}\text{C}$ olacaktı. Bu yeni durumda 2 nolu pozisyon için M.R.T ne olacaktır ?

$$1- M.R.T = \frac{\sum t.e}{360} = \frac{(-7.130)+(19.80)+(22,2.150)}{360} = 11,1^{\circ}\text{C}$$

$$2- M.R.T = \frac{\sum t.e}{360} = \frac{(-7.50)+(19.60)+(22,2.250)}{360} = 17,7^{\circ}\text{C}$$

Not: Ofisler için , ortalama radyant sıcaklığı, giyinme ve aktivite (dinlenme, oturma, yazı yazma) durumuna bağlı olarak 18 °C-27°C aralığında olmalıdır.

$$3- M.R.T = \frac{\sum t.e}{360} = \frac{(7,2.50)+(19.60)+(22,2.250)}{360} = 20^{\circ}\text{C}$$

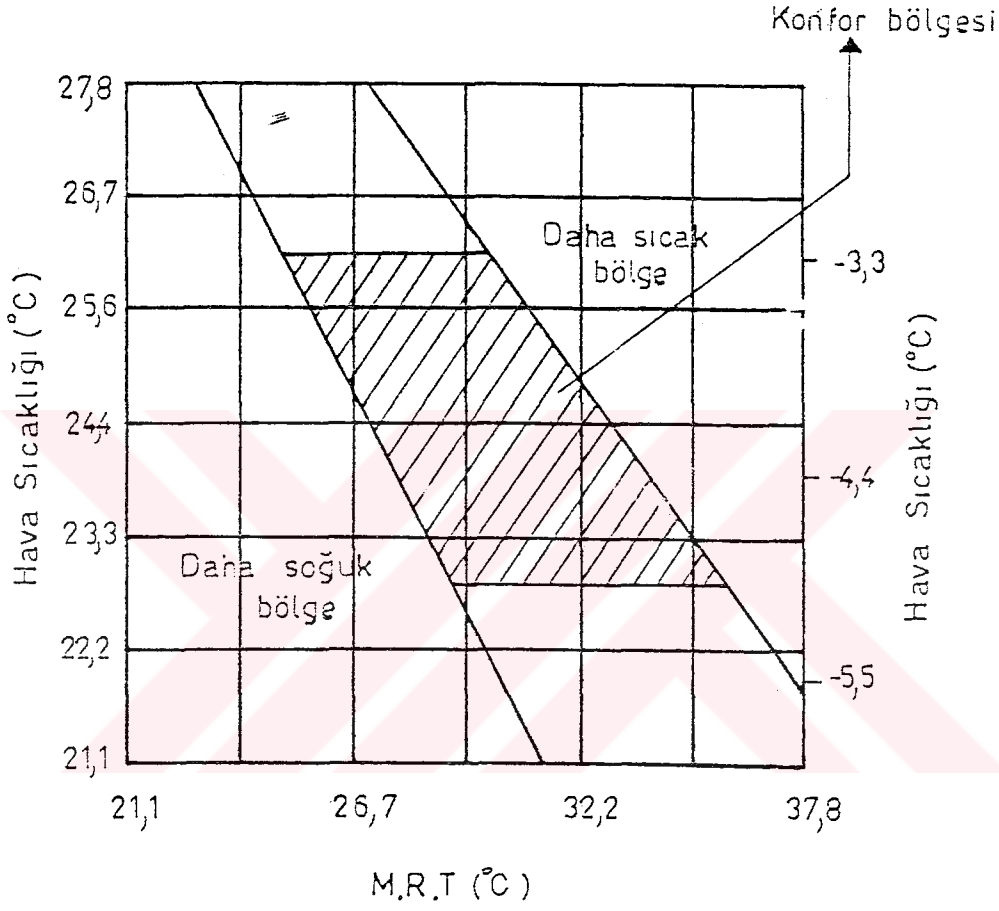
Bu, kışın, içerideki hava sıcaklığından 2,78°C 'dan daha aşağı düşmeyen iç yüzey sıcaklığına sahip olan dış yüzeylerin saptanması açısından iyi bir dizayn uygulamasıdır. Bu şart, birçok durumlar için tatmin edici bir M.R.T olarak sonuçlanacaktır. 3. şıkta ısı akışı ve yüzey sıcaklıklarını kontrol etmek için izolasyon uygulaması yapılmıştır.

5.1.2 - ODALAR İÇİN - M.R.T - KRITERİ ⁽⁹⁾

M.R.T ve hava sıcaklığı arasındaki ilgi Grafik 1 'de gösterilmiştir. Taralı bölge ısı konforu için ortalama bir bölgedir.

Grafik 1; oturarak çalışan, az giyinmiş, insanlar için test verilerine dayanır. Verilen veriler için bağıl nem % 50 ve hava hızı 4,5-18,3 $\frac{\text{m}}{\text{dak.}}$ dolayındadır.

Not: Daha yüksek M.R.T, meyilli olarak gösterilen konfor bölgesindeki konfor şartlarını sağlamak için daha düşük hava sıcaklığı demektir. Radyant sistem daha düşük hava sıcaklıklarında yeterli konforu sağlayabilir.



GRAFİK _ 1⁽⁹⁾
M.R.T - HAVA SICAKLIĞI - KONFOR
İLİŞKİSİ

ANSI / ASHRAE Standardı 55-1981, konforu tanımlamak için işletme sıcaklığının farklı değerlerini tanımlar. Düşük hava hızları için (24,5 m/dakika 'nın altında) işletme sıcaklığı ; hava sıcaklığı t_a ve M.R.T 'nin ortalaması olarak aşağıdaki gibi tarif edilir. ⁽¹⁰⁾

$$t_o = \frac{t_a + M.R.T}{2}$$

t_o = İşletme sıcaklığı

t_a = Hava sıcaklığı

M.R.T = Ortalama radyant sıcaklığı

Konfor çizelgesi ,(Referans ANSI Standardı 55-1981, Şekil 2) işletme sıcaklıkları için konfor aralıklarına işaret etmektedir. ⁽¹⁰⁾

- Yaz mevsiminde :23°C - 28°C
- Kış mevsiminde :20°C - 22°C

Not:Değişik nem şartları için bu aralıkların değişebileceğine dikkat edilmelidir.

Genel kullanım,ısıtma sezonu esnasında takriben 21°C 'lık bir işletme sıcaklığının gözönünde bulundurulmasıdır.Giysi ve aktiviteye (çalışma seviyesine) bağlı olarak bu sıcaklık değerinde değişiklik meydana gelebilir.

Uygun bir şekilde tatbik edilmiş radyant ısıtma ile birlikte, konvensiyonel hava ısıtmasındaki döşeme sıcaklıklarına kıyasla döşeme sıcaklıkları 5,5-8,5°C kadar artırılabilir.Döşemeden reradyasyon vasıtasıyla enerjinin yeniden yayılması , karşı gelen duvar yüzey sıcaklıkları ve oda içindeki yüzey sıcaklıklarını da artırır.

Bu düşünceyle,radyant ısıtmada daha düşük bir hava sıcaklığına rağmen radyant ısıtmayla elde edilen yapı yüzeylerinin iç tarafındaki daha yüksek sıcaklıkların, konfor seviyesini nasıl koruduğunu açık bir şekilde görebiliriz.

21°C 'lık t_o sıcaklığında konforu sağlayabilmek için konvensiyonel sisteme kıyasla gerekli t_a hava sıcaklığını gösteren değerler Tablo - 9 'dadır.

TABLO - 9 ⁽¹⁾

KONVENSİYONEL VE RADYANT SİSTEMLERDE HAVA SICAKLIĞI

Isıtma Metodu	M.R.T	t_a	t_o
Konvektif Hava Isıtma	18,3°C	24°C	21°C
Radyant Isıtma	24°C	18,3°C	21°C

Bölüm 5.2'de çeşitli uygulamalarda konfor elde etmek için tipik tesis kapasiteleri incelenecektir.

5.2 - DIZAYN İÇİN GEREKLİ ISI GİRİŞ SEVİYESİ

Gerekli dizayn ısı giriş seviyeleri ısıtma tipine göre değişir. Kullanılan temel ısıtma tipleri ;

- Genel mahal ısıtması
- Alan ısıtma
- Spot ısıtma
- Proses ısıtma

Isıtma uygulamasından direkt radyant çıkışına bağlı olarak artma eğilimi gösteren konforu sağlamak için, tesis kapasitesi genel mahal ısıtmasından proses ısıtmasına doğru olan yönde artma eğilimi gösterir.

Tablo -10, çeşitli kullanma kategorileri için tipik tesis kapasitelerinin bir listesini vermektedir. Bunlar değişik iklim bölgelerinde tipik değerler için listelenmiştir. Örneğin ; 3330 derece-gün değerine ve tipik bir dizayn sıcaklık artışı-na (bu örnek için 27°C) sahip olan bir alanda, 80-160 W /m² değerindeki bir tesis kapasitesi genel mahal ısıtma için yeterli konforu sağlayacaktır.

Grafik - 2, spot veya alan ısıtması için, verilen bir aralıkta gerekli konfor sıcaklık artışının bir fonksiyonu olarak gereken KW çıkış seviyelerini göstermektedir. Gerekli giriş seviyesi aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\frac{\text{Çıkış Seviyesi}}{\text{Radyant Verim}} = \text{Giriş Seviyesi}$$

Tablo 11.A,11.B ve 11.C, çalışma seviyesi, hava hızı ve hava sıcaklığının bir fonksiyonu olarak alan veya spot ısıtma için giriş seviyelerini göstermektedir.

5.3 - KONTROL MEKANİZMASI

Gece ayarlaması, ısıtma endüstrisinde yakıt tasarrufunun kabul edilmiş metodu olarak bilinir.Çünkü radyant ısıtma, bir mahal içinde konfor sağlamak için konvektif hava ısıtmasında kullanılan mekanizmaları kullanmaz.Gece radyant sistemin tamamen kapatılması, döşemedeki ısı rezervinin kaybolmasına yol açar. Yapılan araştırmalar, radyant uygulamalarda en ekonomik olan kullanımın, gece ayarlamasının yapıldığı kullanım olduğunu ispat etmiştir.

Radyant ısıtmayla konfor sağlamak için döşeme ısı rezervinin korunmasındaki öneminden dolayı,radyant sistemlerde gece ayarlaması, döşeme ısı yükünde mümkün olduğunca az bir ısı kaybına yol açacak şekilde yapılmalıdır.

Ayarlama parametreleri saptandığı zaman,mahalin konforunu sağlayan radyant ısıtma uygulamasından direkt radyant çıkışı mertebesi gözönünde bulundurulmalıdır. Spot ısıtmada olduğu gibi, konfor sağlanması için direkt radyant çıkışının artırılması gerekiyorsa, gece ayarlaması artırılabilir. Bu gibi yerlerde radyant sistemin geceleyin çok düşük şiddetde çalışması yeterli olabilir.Çok yüksek tavanlı yapılarda olduğu gibi, döşeme şiddetinin büyük değerlere sahip olmadığı binalarda, gece ayarlaması küçültülmelidir.

Aşağıda çeşitli uygulamalar için ayarlama parametrelerine kılavuz olacak özet değerler verilmiştir.

UYGULAMA	Tavsiye Edilen Ayarlama (°C)
• Yüksek tavanlı yapılar	Çok az veya hiç
• Vasat konstrüksiyonlu ticari yapılar	3°C - 4°C
• Yeni konstrüksiyonlu ticari yapılar	4,5°C - 5,5°C

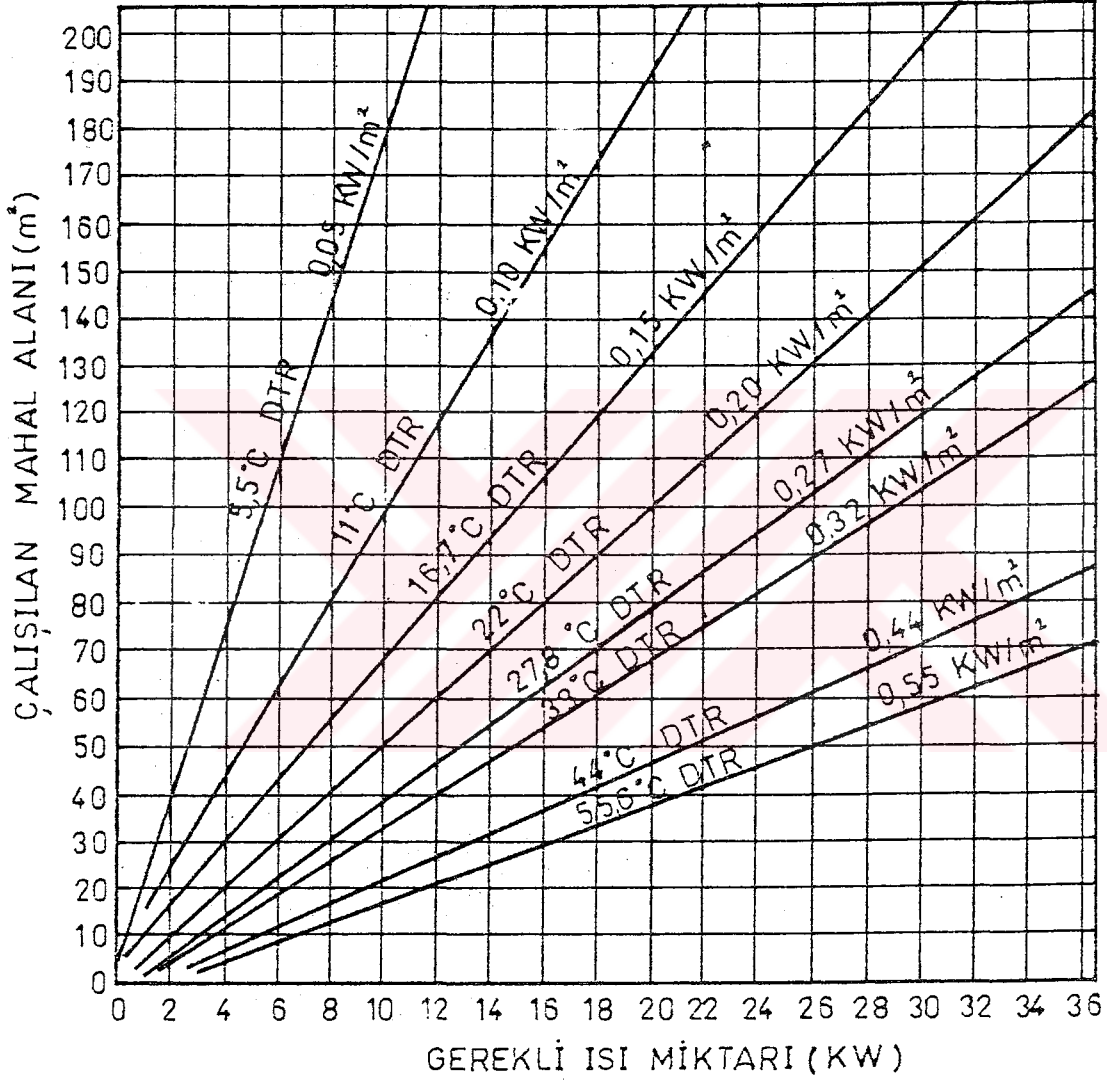
TABLO - 10 ⁽¹⁰⁾

DEĞİŞİK UYGULAMA TIPLERİ İÇİN TESİS KAPASİTESİ
GEREKİSİNİMLERİNİN (W /M ²) TİPİK ARALIKLARI

UYGULAMA TİPİ	DERECE - GÜN SEVİYESİ (Ref.sıcaklığı 12°C			
	1110	2220	3330	4440
Konfor Mahal Isıtması	15 - 80	30 - 110	80 - 160	95 - 190
Alan Isıtması	95 - 160	125- 250	170- 315	205- 380
Spot Isıtma	140- 205	250- 470	315 - 550	380 - 630
Proses Isıtma	630 +	630 +	630 +	710 +

Kabuller :

- Her bir derece-gün seviyesi için tipik dizayn sıcaklık artışı
- % 35 - 60 radyant verim aralığı



GRAFİK - 2⁽¹⁾

Spot veya Alan Isıtmada Konfor İçin

Gerekli Çıkış Seviyeleri

DTR = SICAKLIK FARKI

TABLO - 11
Spot veya Alan Isıtması İçin Hava Sıcaklığı, Hava Hızı ve Çalışma Seviyesine Bağlı Olarak Gerekli Isı Giriş Seviyeleri (W / m²)

TABLO 11.A
Normal Olarak Giyinmiş, Oturarak Hafif İş Yapan Fertler İçin

Hava Sıcaklığı (C)	Hava Hızı (m /dak.)											
	15,25	18,30	21,35	24,40	26,82	53,64	80,47	107,3	134,1	268,2	402,3	
-17.8	750,79	788,65	826,50	854,89	886,44	1119,9	1318,6	1492,1	1665,6	2589,9	3422,7	
-15.0	697,16	719,25	772,87	801,27	826,50	1053,6	1233,4	1400,6	1567,8	2429,0	3217,7	
-12.2	656,15	681,39	719,25	750,80	772,90	984,20	1157,7	1309,2	1533,1	2277,6	3012,6	
-9.40	599,37	611,99	659,31	681,40	703,50	902,20	1066,3	1205,1	1347,0	2113,6	2794,9	
-6.70	536,28	567,83	599,37	621,50	643,50	826,50	977,90	1104,1	1242,9	1946,4	2580,5	
-3.90	498,43	514,20	536,28	567,80	583,60	750,80	892,70	1015,8	1135,7	1848,6	2378,6	
-1.10	438,49	466,88	485,81	507,90	523,70	681,40	810,70	892,70	1037,9	1627,8	2170,4	
1.70	384,86	410,10	422,72	447,90	460,60	605,70	719,20	813,90	924,30	1470,0	1952,7	
4.40	324,92	347,00	362,78	384,90	400,60	529,90	618,30	719,20	810,70	1302,8	1741,3	
7.20	277,60	296,53	309,15	324,90	340,70	454,30	545,70	627,80	712,90	1141,9	1536,3	
10,0	227,13	242,90	258,68	271,30	287,10	384,90	460,60	536,30	605,70	984,20	1331,2	
12.8	173,50	189,28	195,60	211,40	220,80	302,80	372,20	432,20	498,40	826,50	1119,9	
15.6	113,57	129,34	135,60	145,10	157,70	227,10	280,80	340,70	384,90	656,20	902,20	
18.3	69,40	75,71	82,02	91,50	97,80	151,40	195,60	242,90	287,10	498,40	697,20	

TABLO 11.B
Normal Olarak Giyinmiş, Ayakta Hafif Çalışan Fertler İçin

Hava Sıcaklığı (C)	Hava Hızı (m /dak.)										
	15,25	16,30	21,35	24,40	26,82	53,64	80,47	107,3	134,1	268,2	402,3
-17,8	574,10	612,00	630,90	687,70	712,90	964,40	1145,1	1318,6	1492,1	2416,4	3154,6
-15,0	523,70	545,70	567,80	627,80	649,80	876,90	1059,9	1227,1	1394,3	2255,5	3044,2
-12,2	476,30	507,90	545,70	574,10	599,40	810,70	984,20	1135,7	1293,4	2104,1	2839,1
-9,40	422,70	435,30	485,80	507,90	530,00	725,60	892,70	1028,4	1173,5	1936,9	2618,3
-6,70	362,80	394,30	422,70	447,90	470,00	656,20	801,30	930,60	1066,3	1772,9	2407,0
-3,90	318,60	340,70	362,80	394,30	410,10	574,10	719,20	839,10	962,10	1611,9	2189,3
-1,10	264,90	287,10	302,80	315,50	347,00	507,90	637,20	750,80	864,40	1454,3	2000,0
1,70	211,40	233,40	249,20	268,10	287,10	432,20	545,70	643,50	750,80	1293,4	1769,7
4,40	151,40	173,50	189,30	211,40	227,10	347,00	454,30	545,70	637,20	1129,3	1441,6
7,20	107,30	119,90	135,60	151,40	167,20	280,80	372,20	454,30	536,30	968,50	1362,8
10,0	53,60	69,40	88,33	97,80	119,90	211,40	302,80	362,80	432,20	810,70	1157,7
12,8	0	15,77	22,10	37,90	44,20	129,30	195,60	258,70	324,90	649,80	946,40
15,6		0	0	0	0	53,60	107,30	157,70	211,40	485,80	725,60
18,3						0	22,10	69,40	113,60	324,90	523,70

5.4 - TESİSAT ESNASINDA GÖZÖNÜNDE BULUNDURULMASI GEREKEN KRİTERLER

Dizayndan önce, radyant sistemin kullanımında ortaya çıkabilecek olağan durumlar için bir takım kriterler gözönünde bulundurulmalıdır. Tehlikeli (insanlara zarar verici) veya koroziye etkiye sahip buharların meydana gelmesi söz konusu mudur ? Çatıda veya yakınlarında depo edilmiş yanıcı mallar varmı ? Daha estetik bir görünüm için radyant ısıtma sisteminin dekoratif ızgara şeklinde tesis edilmesi uygun mudur ? Yüksek hacimli havalandırma ihtiyacı gereken yerlerde (örneğin umumi yerler, tiyatro, forum alanları gibi) radyant ısıtıcıların tesis edilmeleri pratik midir ? Bu gibi soruların cevapları dizayndan önce verilmelidir.

5.4.1- TEHLİKELİ ÇEVRE

Nadiren buharlaşmanın olabildiği binalarda, bağımsız, kapalı bir sistem meydana getirmek için, taze hava kaynağı olasılığı düşünülebilir. Bu ihtiyatlı bir davranış olacaktır. Bu gibi kapalı bir sistemde radyant ısıtıcılar için gerekli olan yanma havası bina havasından alınmaz. Soğutucu dış havanın kullanımı, ısı verimi çok açık bir şekilde düşürebilir. Dolayısıyla bu seçenek sadece gerekli olduğu zaman düşünülebilir.

5.4.2- KOROZİF ÇEVRE

Radyant sistemin koroziye etkilerden korunması gerekir. Bina atmosferindeki floro-kloro-hidrokarbon parçacıkları, ısı değiştirgeci yüzeyinde korozyon oranını fevkalade hızlandırabilir. Taze hava kaynağı, bu gibi koroziye maddelere karşı sistemi korumak için tavsiye edilebilir.

5.4.3- EMNİYET

Radyant tüpler için gerekli olan ısı, [Doğal gaz (veya L.P.G) + Hava] karışımının yakıcılar tarafından ateşlenerek yakılmasıyla elde edilir.Yüksek seviyede bir emniyet sağlamak için, ateşleme olmadığı zamanlarda, yakıcılardan gaz akışına engel olunmalıdır.Ayrıca binanın içine sızabilecek herhangi bir gaz kaçağına imkan vermeyecek şekilde, tüm sistem daima negatif basınç altında bulundurulmalıdır.

5.4.4- ESTETİK

Radyant ısıtıcıların tavanda tesis edilmeleri görünüm açısından estetik değildir. Konser salonları, sinema,tiyatro, gösteri merkezleri gibi geniş alanlı,estetik görünümün tercih edildiği umumi yerlerde,radyant sistem dekoratif ızgaraların üzerinde tesis edilebilir.

5.5 - BAZI RADYANT ISITMA UYGULAMALARI



RESİM -1

Resimdeki uçak hangarında radyant ısıtma sistemi uygulanmıştır. Bu sayede yakıttan çok büyük bir tasarruf sağlandığı, hangar içinde üniform ve konforlu bir ısı temin edildiği ve ayrıca büyük, geniş kapıların açılıp kapanmasından sonra hangarın çok kısa bir sürede rejim sıcaklığına dönebildiği saptanmıştır.



RESİM -2

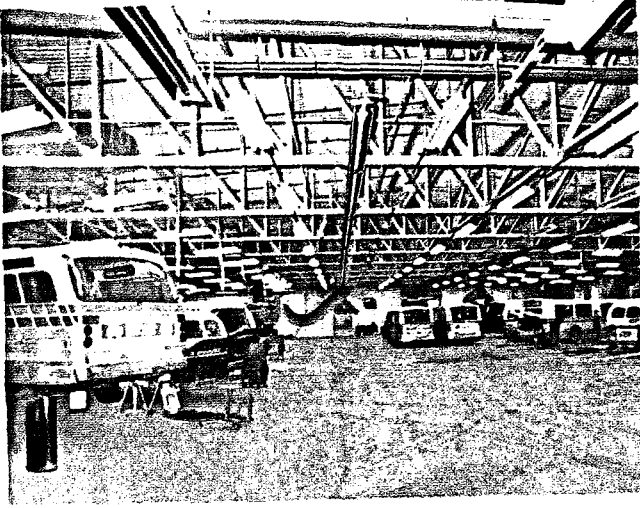
Bu tiyatro salonunda müstakil klima sistemleri olmasına rağmen firmanın sahibi yine de radyant sistem uygulaması yaptırmıştır. Burada uygulanan radyant sistem göze hoş gelecek şekilde tasarlanmış olan dekoratif ızgaraların üstüne yerleştirilmiştir.



RESİM -3

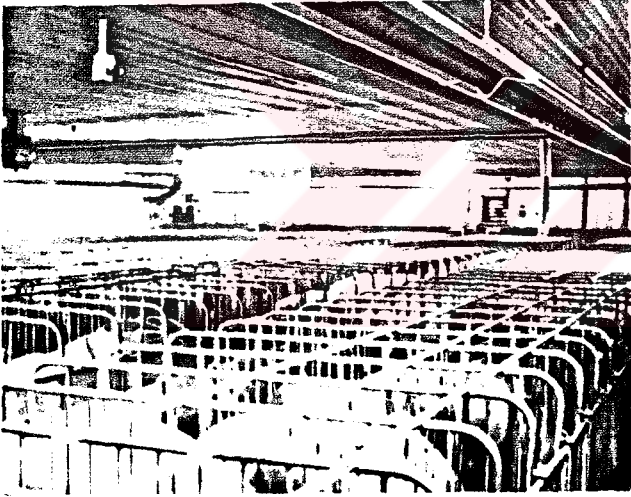
Bu bitki ve çiçek serasında radyant sistem uygulaması sayesinde, konvansiyonel uygulamalardaki yakıt sarfiyatına nazaran % 65 yakıt tasarrufu sağlandığı tespit edilmiştir.

RESİM -4



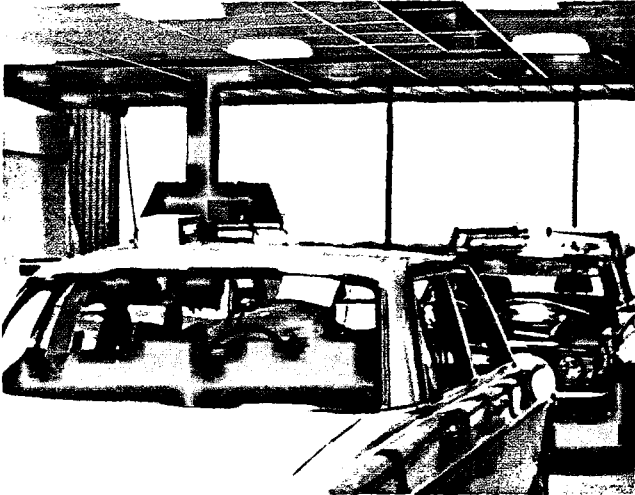
16188 m² 'lik bu otobüs garajında, en şiddetli kış aylarında bile radyant sistem sayesinde konforlu ısıtma sağlanmıştır. Radyant sistemin bu garajdaki fonksiyonu sadece alan ısıtmak değil, ayrıca otobüslerin istenen herhangi bir anda sefere çıkabilmesini sağlamak için araçların üzerindeki karları, buzları eritip onları devamlı hazır halde rejimde tutmaktır.

RESİM -5



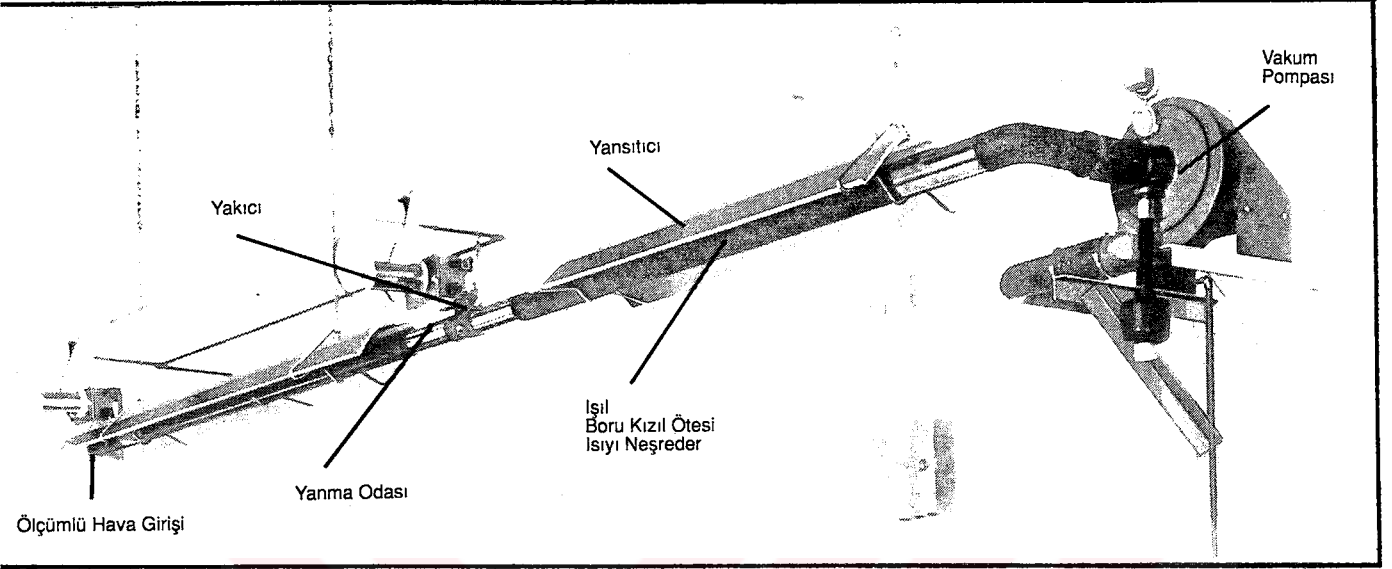
Modern hayvan besiciliğinde en önemli unsurlardan biri hayvanları en rahat ve sağlıklı bir ortamda yetiştirmektir. Bir çok çiftlik sahibi ekonomik, homojen bir ısı sağladığı için radyant ısıtma sistemlerini tercih etmektedir.

RESİM -6



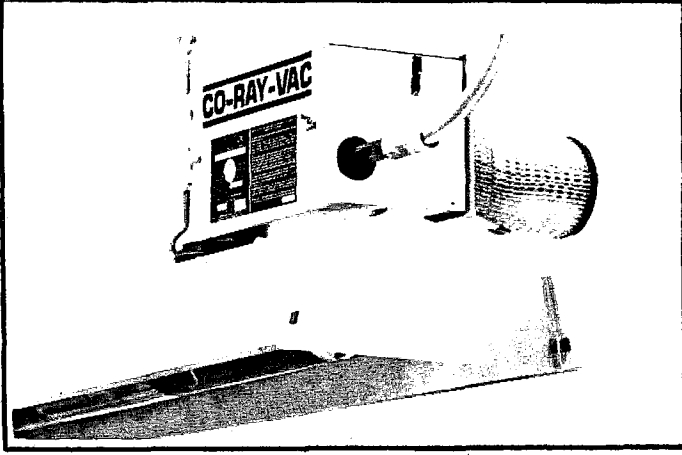
Son model otomobilleri satan bu galeri, radyant ısıtma sistemiyle ısıtılmaktadır. Burada sistem dekoratif ızgaralarla gizlenmiştir. En soğuk kış mevsimlerinde bile büyük, geniş camlar temiz ve buğusuz kalabilmektedir.

5.6 - BİR RADYANT ISITICI SİSTEMİN SEMATİK GÖRÜŞÜ



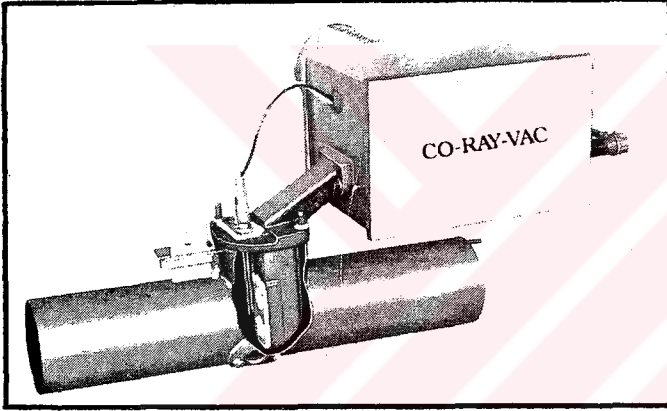
RESİM -7

Radyant sistem, eşit dağılımlı ısı üretebilen birden fazla yakıcının, ısıtılacak mekanın tavana yerleştirilmiş borular sistemi üzerine, başından itibaren belirli aralıklarla seri halinde bağlanmasıyla oluşan, gaz ateşlemeli, vakum kontrollü, düşük şiddetli kızıl ötesi ısı ısıtma sistemidir. İletimsel kayıpların olmaması ve egzoz gazlarının $60 - 90^{\circ}\text{C}$ 'lara kadar düşürülebilmesi nedeniyle radyant sistemlerde % 90 'lar mertebesinde verim elde edilebilmektedir. Buna karşılık $250 - 300^{\circ}\text{C}$ 'larda egzoz atan diğer birim ısıtıcı sistemlerde veya merkezi ısıtma sistemlerinde elde edilen verim % 60 -75 mertebelerindedir. Radyant sistem, ısıyı, aşağıya doğru, döşemelere, cisimlere ve insanlara yöneltir. Isı deposu haline gelen insanlar, cisimler ve döşeme belirli bir zaman sonra depoladıkları ısıyı ortama vermeye başlarlar. Bu şekilde ortamda daha homojen bir ısı sağlanır. Ayrıca ısıtılan mekandaki kapıların açılıp kapanmasıyla oluşacak ısı kaybı oldukça azdır ve ortamın normal rejime dönmesi çok kısa bir sürede gerçekleşir. Halbuki direk olarak ortamdaki havanın ısıtıldığı sistemlerde, ısınan hava yukarı doğru yükselmekte ve tabanda nispeten soğuk hava tabakası yer almaktadır. Böylece tabandan tavana kadar değişik sıcaklıklarda ısı katmanları oluşmaktadır. Radyant sistemlerde ise ısı katmanlarının bu şekilde oluşması önlenip homojen bir ısı dağılımı sağlanabilmektedir. Sistem belirli bir sıcaklığına geldikten sonra duraklamadayken, vakum pompası sistemi kapalı halde tutar. Bu nedenle sistem duraklama halinde ısıyı dışarı atmadığından egzost kanallarından bir ısı kaybı oluşmaz. Ayrıca standart direkt ateşlemeli sistemi, devamlı olarak boşuna bir pilot alevin yanmasını ve böylece yakıtın israf edilmesini önler.



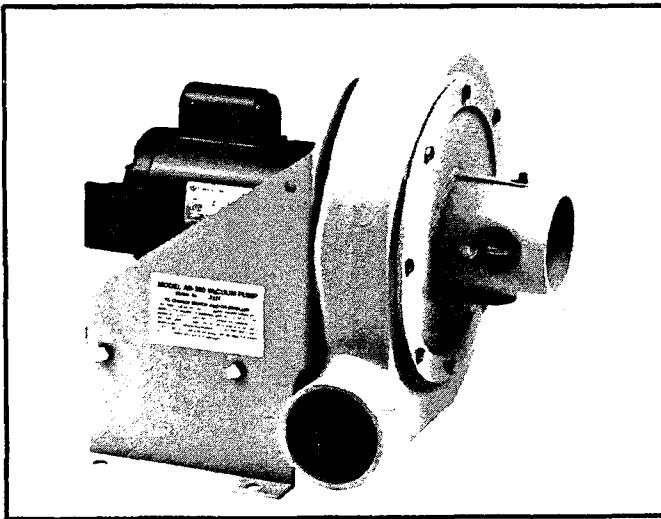
RESİM.8 - IŞIL BORU VE REFLEKTÖRLER

Yakıcılar, ısıtım yoluyla ısı neşreden birbirine bağlı borular üzerine aralarında en fazla 6 m olacak şekilde yerleştirilirler. Yakıcılar tarafından oluşturulan ısı, bu borular boyunca yayılarak çekilirler. Dışarı neşredilen bu ısı metal yansıtıcılarla % 99,5 mertebelerinde aşağı doğru yönlendirilirler.



RESİM.9 - YAKICILAR

Yakıcılar, en temiz ve etkin yanmayı sağlayacak şekilde hava_gaz karışımını devamlı olarak ayarlarlar. Aynı hat üzerinde arka arkaya ateşleme yapabilen bu yakıcılar sayesinde radyant sistemler yüksek düzeyde rahatlık, homojen ısı dağılımı ve istenen konfor düzeyini sağlarlar.



RESİM.10 - VAKUM POMPASI

Sistemin sonunda, yanan gazları baştan itibaren çeken ve egzoz olarak genellikle 90 °C 'ın altında dışarı atan pik dökümden yapılmış güçlü bir vakum pompası bulunmaktadır.

6.0 - UYGULAMA KARŞILAŞTIRMASI

Bölüm 6.1 'de Ankara 'daki Sincan Camisi'nin döşemeden ve radyant sistemle ısıtılması projeleri yapıp maliyet karşılaştırması yapılmıştır.

Bölüm 6.2 'de radyant sistem uygulanmış bir fabrikanın projesi yapılmıştır.

6.1 - UYGULAMA PROJESİ-1

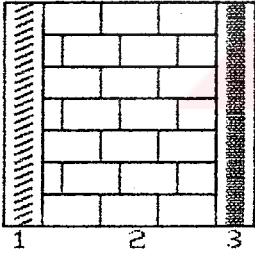
Isıtılacak cami Sincan Camisi'dir ve ANKARA 'dadır. Ankara III. Bölgededir. $t_{dış} = -12^{\circ}\text{C}$ Rüzgarlı.

Cami iç sıcaklığı 18°C olarak kabul edilmiştir.

Kapılar: Basit, ahşap ve $k=4,5 \text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$

6.1.1- ISI TRANSFER KATSAYILARI

1-DİŞ DUVAR

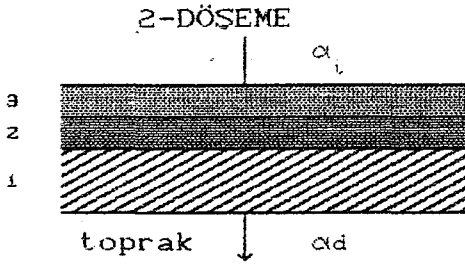


		$\lambda \text{ (kcal/mh}^{\circ}\text{C)}$
1-Çimento harçlı	(3 mm)	1,20
dış sıva		
2-Taş duvar	(50 cm)	2,50
3-Çimento harçlı	(2 mm)	1,20
iç sıva		
4-Fayans	(5 mm)	0,85

$$\alpha_i = 7 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C} \quad \alpha_d = 20 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$\frac{1}{\Omega} = \frac{0,03}{1,20} + \frac{0,50}{2,50} + \frac{0,03}{1,20} + \frac{0,05}{0,85} = 0,309 \frac{\text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}}{\text{Kcal}}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{7} + 0,309 + \frac{1}{20}} = 2,0 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$$



$$\alpha_t = 5 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\alpha_d = \infty$$

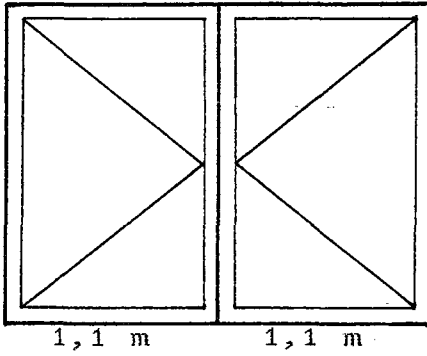
	$\lambda(\text{kcal/mh}^\circ\text{C})$
1-10 cm taş duvar	2,50
2-2 cm şap	1,20
3-2 cm styropor	0,035

$$\frac{1}{\Omega} = \frac{0,10}{2,50} + \frac{0,02}{1,20} + \frac{0,02}{0,035} = 0,628 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{5} + 0,628 + \frac{1}{\infty}} = 1,208 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

6.1.2- İNFİLTRASYON ISISI HESABI

Z01



$$L = 4 \cdot (1,1 + 2,0)$$

$$L = 12,4 \text{ m}$$

$$H = 1,13 \quad R = 0,9$$

$$a = 2 \quad z_{\varnothing} = 1,2$$

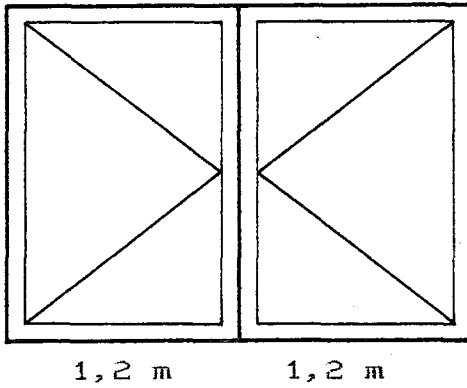
$$L_{\text{top}} = 12,4 \cdot 22 = 272,8 \text{ m}$$

$$Q_L = a \cdot L_{\text{top}} \cdot R \cdot H \cdot \Delta T \cdot z_{\varnothing}$$

$$Q_L = 2 \cdot 272,8 \cdot 0,9 \cdot 1,13 \cdot 30 \cdot 1,2 = 19976 \text{ Kcal/h}$$

Z02

D.K 1



$$L = 4 \cdot (1,2 + 2,5) = 14,8 \text{ m}$$

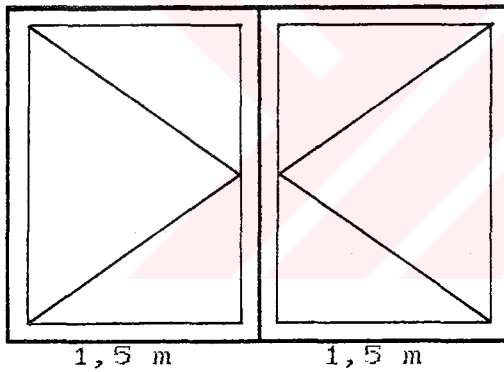
$$R = 0,9 \quad H = 1,13$$

$$a = 2 \quad z_e = 1,2$$

$$Q_{L_1} = 2 \cdot 14,8 \cdot 0,9 \cdot 1,13 \cdot 30 \cdot 1,2$$

$$Q_{L_1} = 1084 \text{ Kcal/h}$$

D.K 2



$$L = 4 \cdot (1,5 + 2,5) = 16 \text{ m}$$

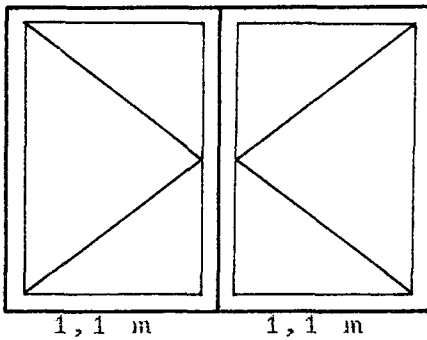
$$R = 0,9 \quad H = 1,13$$

$$a = 2 \quad z_e = 1,2$$

$$Q_{L_2} = 2 \cdot 16 \cdot 0,9 \cdot 1,13 \cdot 30 \cdot 1,2$$

$$Q_{L_2} = 1172 \text{ Kcal/h}$$

Pencere



$$L = 4 \cdot (1,1 + 2,0) \cdot 2$$

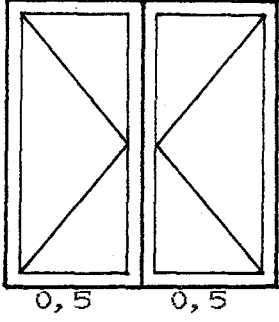
$$L = 12,4 \text{ m} \cdot 2 = 24,8 \text{ m}$$

$$R = 0,9 \quad H = 1,13$$

$$a = 2 \quad z_e = 1,2$$

$$Q_{L_3} = 2 \cdot 24,8 \cdot 0,9 \cdot 1,13 \cdot 30 \cdot 1,2 = 1816 \text{ Kcal/h}$$

D.K 3



$$L = 4 \cdot (0,5 + 2,5) \cdot 2 = 24 \text{ m}$$

$$R = 0,9 \quad H = 1,13$$

$$a = 2 \quad z_e = 1,2$$

$$Q_{L_4} = 2 \cdot 24 \cdot 0,9 \cdot 1,13 \cdot 30 \cdot 1,2 = 1757 \text{ KCal/h}$$

$$Q_{L_{top}} = 5829 \text{ KCal/h}$$

				BORU HESABI CETVELİ												Sahife: 79	
				SİNCAN CAMİSİ												Kat: ZEMİN	
				Binası													
a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n	o	p	q	r	s
Parçalar	Isı Miktarı	Sıcaklık farkı ...10...°C olduğuna göre ısı miktarı	Boru parçası uzunluğu	Takribi Boru Çapına Göre						Değiştirilmiş Boru Çapına Göre						Fark	
				d	W	R	LR	Σ	Z	d	W	R	LR	Σ	Z	LR	Z
No	Kcal/h	Kcal/h	m		m/s	$\frac{mmss}{m}$	mmss		mmss		m/s	$\frac{mmss}{m}$	mmss		mmss	mmss	mmss
KRİTİK DEVRE VI No'lu KOLON																	
1_8	72633	9079	2,8	2"	0,12	0,44	1,2	7,5	7,6								
2_7	36316	4540	27,5	1"	0,24	3,30	90,8	3,6	9,95								
3_6	24003	3001	22,2	3/4"	0,24	4,95	109,9	1,5	4,3								
4_5	11690	1461	10,5	1/2"	0,22	6,0	63,0	13,5	32,8								
							265	+	355	=			620	mm SS			
							%43		%57				UYGUNDUR.				
KOLON I																	
1_8	72633	9079	2,8	2"	0,12	0,44	1,2	7,5	7,6								
9_14	36317	4540	5,7	1"	0,24	3,30	18,8	3,6	9,95								
10_13	24004	3001	22,2	3/4"	0,24	4,95	109,9	1,5	4,3								
11_12	11691	1461	10,5	1/2"	0,22	6,0	63	13,5	32,8								
							193	+	355	=			548	mm SS			
							%35		%65				UYGUNDUR.				
KOLON II																	
1_8	72633	9079	2,8	2"	0,12	0,44	1,2	7,5	7,6								
9_14	36317	4540	5,7	1"	0,24	3,30	18,8	3,6	9,95								
10_13	24004	3001	22,2	3/4"	0,24	4,95	109,9	1,5	4,3								
15_16	12313	1539	2,0	1/2"	0,24	6,6	13,2	13,5	38,8								
							143	+	361	=			504	mm SS			
							%28		%72				UYGUNDUR.				

				BORU HESABI CETVELİ												Sahife:	80
				SİNCAN CAMİSİ												Kat:	ZEMİN
a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n	o	p	q	r	s
Parçalar	Isı Miktarı	Sıcaklık farkı10...°C olduğuna göre ısı miktarı	Boru parçası uzunluğu	Takribi Boru Çapına Göre						Değiştirilmiş Boru Çapına Göre						Fark .	
				d	W	R	LR	ΣΔ	Z	d	W	R	LR	ΣΔ	Z	LR	Z
No	Kcal/h	Kcal/h	m		m/s	mmss m	mmss		mmss		m/s	mmss m	mmss		mmss	mmss	mmss
KOLON III																	
1-8	72633	9079	2,8	2"	0,12	0,44	1,2	7,5	7,6								
1-14	36317	4540	5,7	1"	0,24	3,30	18,8	3,6	9,95								
7-18	12313	1539	2,0	1/2"	0,24	6,6	13,2	13,5	38,8								
							33	+	356	=		389	mm SS				
							% 8		% 92			UYGUNDUR.					
KOLON IV																	
1-8	72633	9079	2,8	2"	0,12	0,44	1,2	7,5	7,6								
2-7	36316	4540	27,5	1"	0,24	3,30	90,8	3,6	9,95								
3-20	12313	1539	2,0	1/2"	0,24	6,6	13,2	13,5	38,8								
							105	+	356	=		461	mm SS				
							% 23		% 77			UYGUNDUR.					
KOLON V																	
1-8	72633	9079	2,8	2"	0,12	0,44	1,2	7,5	7,6								
2-7	36316	4540	27,5	1"	0,24	3,30	90,8	3,6	9,95								
3-6	24003	3001	22,2	3/4"	0,24	4,95	109,9	1,5	4,3								
1-22	12312	1539	2,0	1/2"	0,24	6,6	13,2	13,5	38,8								
							215	+	360	=		575	mm SS				
							% 37		% 63			UYGUNDUR.					

Ç DEĞERLERİ HESABI

SİNCAN CAMİSİ

Binası

Sahife:

81

Kat:

ZEMİN

Boru çapı	Kazan veya Radyatör	Kollektör giriş veya çıkış	Panozon parçası	S parçası	Çift dirsek (Geniş)	Çift dirsek (dar)	T-Birleşme	T-Ayrılma	T-Karşıt akım	T-Geçiş (ayrılma)	T-Giriş (birleşme)	Boru Çapları	Deve boynu 90°	Dirsek	Şiber vana	Kolon vanası (düz)	Kolon vanası (Eğik)	Radyatör ventili (düz)	Radyatör ventili (Köşe)	TOPLAM
												1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"			
3.0	0.5	1.5	0.5	1.0	2.0	1.0	1.5	3.0	0.5	1.0		1.5	1.1	2.0	1.1	17.0	3.0	8.5	5.0	
												1.1	0.9	1.7	0.6	13.0	3.0	6.0	3.0	
												0.9	0.5	1.3	0.5	12.0	3.0	6.0	2.0	
												0.5	0.4	1.1	0.4	10.0	2.5	5.0	2.0	
												0.4	0.3	1.0	0.3	8.0	2.5	—	—	
												0.5	0.6	0.6	0.3	7.0	2.0	—	—	
KOLON VI																				
2"	3.0													4.2	0.3					7.5
1"														2.6	1.0					3.6
3/4"										0.5	1.0									1.5
1 1/2"	2.0									0.5	1.0			4.0			6.0			13.5
KOLON I																				
1"														2.6	1.0					3.6
3/4"										0.5	1.0									1.5
1 1/2"	2.0									0.5	1.0			4.0			6.0			13.5
KOLON II																				
1 1/2"	2.0									0.5	1.0			4.0			6.0			13.5
KOLON III																				
1 1/2"	2.0									0.5	1.0			4.0			6.0			13.5
KOLON IV																				
1 1/2"	2.0									0.5	1.0			4.0			6.0			13.5
KOLON V																				
1 1/2"	2.0									0.5	1.0			4.0			6.0			13.5

6.1.3- KAZAN SEÇİMİ

$$Q_h = 72633 \text{ KCal/h}$$

$$Q_k = 1,10 \cdot 72633 = 79896 \text{ KCal/h}$$

Universal 'den SK Tipi 80000 KCal/h 'lik kazan seçildi.

6.1.4- YILLIK YAKIT TÜKETİMİ

$$B_y = \frac{Q_k \cdot Z_g \cdot Z_s}{2 \cdot H_u \cdot \zeta_k}$$

$$Z_s = 16 \text{ h /gün} \quad z_g = 120 \text{ gün /yıl}$$

$$H_u = 10000 \text{ KCal/kg.yıl (Fuel-oil için)}$$

$$\zeta_k = 0,80$$

$$B_y = \frac{80000 \cdot 16 \cdot 120}{2 \cdot 10000 \cdot 0,80} = 9600 \text{ kg /yıl} = 9,6 \text{ ton /yıl}$$

6.1.5- DEPOLANACAK YAKIT MİKTARI

$$B_d = \frac{Q_k \cdot 20 \cdot 20}{H_u \cdot \zeta_k} = \frac{80000 \cdot 20 \cdot 20}{10000 \cdot 0,80} = 4000 \text{ kg} = 4 \text{ ton}$$

6.1.6- DUMAN BACASI KESİTİ HESABI

$$F_B = n \cdot \frac{Q}{H}$$

$$n = 0,02 \text{ (sıvı yakıt için)}$$

$$H = \text{Baca yüksekliği} = 2,5 \text{ m}$$

$$F_B = 0,02 \cdot \frac{80000}{2,5} = 1012 \text{ cm}^2 > 400 \text{ cm}^2 \text{ UYGUNDUR.}$$

$$F_B = 40 \text{ cm} \cdot 30 \text{ cm} = 1200 \text{ cm}^2 \text{ seçildi.}$$

6.1.7- FUEL-OİL 'İN ISITILMASI

$$Q_y = C \cdot G \cdot (t_2 - t_1)$$

$$t_1 = \text{Ortam sıcaklığı} = 10^\circ \text{C}$$

$$t_2 = \text{Fuel-oil 'in ısıtılacağı sıcaklık} = 90^\circ \text{C}$$

$$c = \text{Fuel-oil 'in özgül ısısı} = 0,50 \text{ kcal / kg}^\circ \text{C}$$

$$G = \text{Saatte ısıtılması gereken fuel-oil miktarı (kg/h)}$$

$$G = \frac{Q_K}{H_U \cdot \zeta_{BR}} = \frac{80000}{10000 \cdot 0,80} = 10 \text{ kg /h}$$

$$\zeta_{BR} = 0,80 \text{ alındı.}$$

$$Q_Y = 0,50 \cdot 10 \cdot (90 - 10) = 400 \text{ kcal /h}$$

6.1.8- BASINÇ KAYBI HESABI

1- Düz boru ve fittings + kazan = 620 mmss

2- Kollektör gidiş ve dönüş + 3/8 vana + adaptör = 500 mmss

3-90 m borudaki kayıp

$$V = 131 \text{ lt /h}$$

$$\Delta P = 11 \text{ mmss (tablodan)}^{(11)}$$

$$\Delta_{\text{boru}} = 11 \cdot 90 = 990 \text{ mmss}$$

$$\Delta_{\text{top}} = 2110 \text{ mmss} \cdot \% 10 \text{ zam} = 2321 \text{ mmss}$$

6.1.9- POMPA SEÇİMİ

$$V = \frac{80000}{10000} = 8 \text{ t /h} = 8 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$Q_p = 8 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Simtel / den P 50 'lik pompa seçildi. $H_m = 2,3 \text{ mss}$

6.1.10-DÖŞEMEDEN ISITMADAKİ İLK YATIRIM MALİYETİNİN BULUNMASI

A- DÖŞEMEDEN ISITMA MALİYET HESABI

BORU	=	6240 m. 5250 TL/m	=	32760000 TL
STYROPOR	=	18 m ³ . 475000 TL/m ³	=	8550000 TL
NAYLON	=	900 m ² . 3500 TL /m ²	=	3150000 TL
LAMA VE KLİPS	=	1254 m . 6000 TL/m	=	7524000 TL
KOLLEKTÖR AĞZI	=	140 adet. 50000 TL/adet	=	7000000 TL
3/8'' Vana	=	70 adet . 30000 TL/adet	=	2100000 TL
3/8'' Adaptör	=	70 adet . 16000 TL/adet	=	1120000 TL
1'' Ek Vana	=	24 adet . 80000 TL/adet	=	1920000 TL
1'' Düz Rakor	=	24 adet . 40000 TL/adet	=	960000 TL
1/2'' Pürjör	=	24 adet . 50000 TL/adet	=	1200000 TL
İşçilik ve nakliye	=	900 m ² . 12000 TL/m ²	=	<u>10800000 TL</u>
TOPLAM			=	77084000 TL
M ₁ = Döşemeden Isıtma Yaklaşık Maliyeti			≅	80000000 TL

B- Kalorifer Tesisatı Maliyet Hesabı

Kazan		=25000000 TL
4 Yollu Vana		= 800000 TL
2" siyah boru	= 17600 TL/m . 2,8m	= 49280 TL
1" siyah boru	= 8000 TL/m . 33,2m	= 265600 TL
3/4 " siyah boru	= 5750 TL/m . 44,4m	= 255300 TL
1/2 " siyah boru	= 4550 TL/m . 29 m	= 131950 TL
2 " dirsek	= 32610 TL/adet . 7	= 228270 TL
1 " dirsek	= 8310 TL/adet . 4	= 33240 TL
1/2 " dirsek	= 3600 TL/adet . 12	= 43200 TL
2" şiber vana	= 90000 TL/adet . 1	= 90000 TL
1" şiber vana	= 75200 TL/adet . 4	= 300800 TL
12 adet 1/2" kolon vanası	= 50000 TL/adet . 12	= 600000 TL
Sirkülasyon Pompası (NW 50)		= 1845000 TL
İşçilik		=10000000 TL
TOPLAM		=39642640 TL
M ₂ = Kalorifer Tesisatı Yaklaşık Maliyeti		≅40000000 TL
TOPLAM MALİYET = (80 +40).10 ⁶ TL		=120000000 TL

6.1.11- SINCAN CAMİSİ'NİN RADYANT SİSTEME GÖRE PROJELENDİRİLMESİ VE MALİYETİNİN BULUNMASI

A- İLETİM ISI KAYIPLARININ BULUNMASI

Z01 NO'LU BÖLÜM

- Çift Pencere (Güney): $2,2 \times 2,0\text{m} = 4,4 \text{ m}^2 \times 8 \text{ adet} = 35,2 \text{ m}^2$
 $k = 2,55 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ $\Delta T = 30^\circ\text{C}$
 $Q_1 = 35,2 \times 2,55 \times 30 = 2693 \text{ Kcal/h}$
 - Dış Duvar (Güney): $24,7 \times 10 = 247 \text{ m}^2$
 Çıkarılan Alan : $35,2 \text{ m}^2$
 Hesaba Giren Alan = $211,8 \text{ m}^2$
 $k = 2,0 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ $\Delta T = 30^\circ\text{C}$
 $Q_2 = 211,8 \times 2,0 \times 30 = 12708 \text{ Kcal/h}$
 - Çift Pencere (Doğu) : $2,2 \times 2,0\text{m} = 4,4 \text{ m}^2 \times 8 \text{ adet} = 35,2 \text{ m}^2$
 $Q_3 = 35,2 \times 2,55 \times 30 = 2693 \text{ Kcal/h}$
 - Dış Duvar (Doğu) : $24,2 \times 10 \text{ m} = 242 \text{ m}^2$
 Çıkarılan Alan : $35,2 \text{ m}^2$
 Hesaba Giren Alan = $242 - 35,2 = 206,8 \text{ m}^2$
 $Q_4 = 206,8 \times 2,0 \times 30 = 12408 \text{ Kcal/h}$
 - Çift Pencere (Batı): $2,2 \times 2,0 \text{ m} = 4,4 \text{ m}^2 \times 6 \text{ adet} = 26,4 \text{ m}^2$
 $Q_5 = 26,4 \times 2,55 \times 30 = 2020 \text{ Kcal/h}$
 - Dış Duvar (Batı) : $24,2 \times 10 \text{ m} = 242 \text{ m}^2$
 Çıkarılan Alan = $26,4 \text{ m}^2$
 Hesaba Giren Alan = $215,6 \text{ m}^2$
 $Q_6 = 215,6 \times 2,0 \times 30 = 12936 \text{ Kcal/h}$
 - Döşeme : $24,2 \text{ m} \times 24,7 \text{ m} = 597,7 \text{ m}^2$
 $k = 1,208 \text{ kcal/m}^2\text{.h}^\circ\text{C}$ $t_{\text{toprak}} = 6^\circ\text{C}$ $\Delta T = 12^\circ\text{C}$
 $Q_7 = 597,7 \times 1,208 \times 12 = 8664 \text{ Kcal/h}$
 - Tavan : $24,2 \text{ m} \times 24,7 \text{ m} = 597,7 \text{ m}^2$
 $k = 2,0 \text{ kcal /m}^2\text{.h}^\circ\text{C}$ $\Delta T = 30^\circ\text{C}$
 $Q_8 = 597,7 \times 2,0 \times 30 = 35862 \text{ Kcal /h}$
- Z01 Toplamı = $Q_{T_1} = 89984 \text{ Kcal /h}$

Z02 NO 'LU BÖLÜM

- Çift Pencere (Doğu): $2,2 \times 2,0\text{m} = 4,4 \text{ m}^2 \times 2 \text{ adet} = 8,8 \text{ m}^2$
 $k = 2,55 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ $\Delta T = 30^\circ\text{C}$
 $Q_1 = 8,8 \times 2,55 \times 30 = 673 \text{ Kcal/h}$
 - Dış Duvar (Doğu): $12,4 \times 5 = 62 \text{ m}^2$
Çıkarılan Alan : $8,8 \text{ m}^2$
Hesaba Giren Alan = $53,2 \text{ m}^2$
 $k = 2,0 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ $\Delta T = 30^\circ\text{C}$
 $Q_2 = 53,2 \times 2,0 \times 30 = 3192 \text{ Kcal/h}$
 - Dış Kapı (Batı) : $2,4 \times 2,5\text{m} = 6,0 \text{ m}^2 \times 1 \text{ adet} = 6,0 \text{ m}^2$
 $k_{\text{kapı}} = 4,5 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$
 $Q_3 = 6,0 \times 4,5 \times 30 = 810 \text{ Kcal/h}$
 - Dış Duvar (Batı) : $12,4 \times 5 \text{ m} = 62 \text{ m}^2$
Çıkarılan Alan : $6,0 \text{ m}^2$
Hesaba Giren Alan = $62 - 6,0 = 56 \text{ m}^2$
 $Q_4 = 56 \times 2,0 \times 30 = 3360 \text{ Kcal/h}$
 - Dış Kapı (Kuzey): $3,0 \times 2,5 \text{ m} = 7,5 \text{ m}^2 \times 1 \text{ adet} = 7,5 \text{ m}^2$
 $Q_5 = 7,5 \times 4,5 \times 30 = 1013 \text{ Kcal/h}$
 - Dış Kapı (Kuzey): $1,0 \times 2,5 \text{ m} = 2,5 \text{ m}^2 \times 2 \text{ adet} = 5,0 \text{ m}^2$
 $Q_6 = 5,0 \times 4,5 \times 30 = 675 \text{ Kcal/h}$
 - Dış Duvar (Kuzey) : $22,9 \times 5 \text{ m} = 114,5 \text{ m}^2$
Çıkarılan Alan = $12,5 \text{ m}^2$
Hesaba Giren Alan = 102 m^2
 $Q_7 = 102 \times 2,0 \times 30 = 6120 \text{ Kcal/h}$
 - Döşeme : $24,0 \text{ m} \times 12,4 \text{ m} = 297,6 \text{ m}^2$
 $k = 1,208 \text{ kcal/m}^2\text{.h}^\circ\text{C}$ $t_{\text{toprak}} = 6^\circ\text{C}$ $\Delta T = 12^\circ\text{C}$
 $Q_8 = 297,6 \times 1,208 \times 12 = 4314 \text{ Kcal/h}$
 - Tavan : $24,0 \text{ m} \times 12,4 \text{ m} = 297,6 \text{ m}^2$
 $k = 2,0 \text{ kcal /m}^2\text{.h}^\circ\text{C}$ $\Delta T = 30^\circ\text{C}$
 $Q_9 = 297,6 \times 2,0 \times 30 = 17856 \text{ Kcal /h}$
- Z02 Toplamı = $Q_{T_2} = 38013 \text{ Kcal /h}$

İLETİM ISI KAYBI TOPLAMI = $Q_{\text{tl.}}$

$$Q_{\text{tl.}} = 89984 + 38013 = 128000 \text{ Kcal / h}$$

B- HAVA SIZINTISI ISI KAYBI HESABI

$$V = \text{Toplam hacim} = 597,7 \times 10 + 297,6 \times 5 = 7465 \text{ m}^3$$

A.C.H = Hava değişim katsayısı = 0,5 olarak kabul edildi.

$$\Delta T = 30^\circ\text{C} \quad \rho_{\text{hava}} \times C_{p_{\text{hava}}} = 0,31 \text{ kcal /m}^3\text{h}^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{inf}} = 0,31 \times 7465 \times 0,5 \times 30 = 34712 \text{ Kcal /h}$$

$$\text{TOPLAM ISI KAYBI} = Q_{\text{top}}$$

$$Q_{\text{top}} = 128000 + 34712 = 162712 \text{ Kcal /h}$$

$$\text{R.A.F (Radyant düzeltme faktörü)} = 0,85$$

$$Q' = 0,85 \times 162712 = 138305 \text{ Kcal /h}$$

H.A.F :Yükseklik düzeltme faktörü

$$\text{H.A.F} = (\% 3,5) \times (h - 6 \text{ m})$$

$$h = \text{Tesis yüksekliği} = 10 \text{ m}$$

$$\text{H.A.F} = \% 3,5 \times (10 - 6) = \% 11,4$$

$$Q'' = 1,14 \times 138305 = 157670 \text{ Kcal /h} = 157670 / 860 = 183 \text{ KW}$$

Z01 No'lu bölüm için 2 adet ERT 40 ve 1 adet ERT 50, Z02 No'lu bölüm için ise 2 adet VRT 30 kullanıldı. Kurulu tesis gücü ise

$$Q_{\text{tesis}} = 40 \times 2 + 50 + 30 \times 2 = 190 \text{ KW olur.}$$

ERT 40 ve VRT 30 'ların her biri 3000 \$ 'dır.

ERT 50 ise 3500 \$ 'dır.

$$\text{Toplam Maliyet} = 15500 \times 8700 \text{ TL} = 134.850.000 \text{ TL}$$

6.1.12 - İLK YATIRIM MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Döşemeden ısıtmada kazan kapasitesi 80000 Kcal/h bulunmuştur. Çünkü tavandan olan ısı kaybı ihmal edilmiştir. Halbuki en büyük ısı kaybının buradan olacağı açıktır. Döşemeden ısıtmada m^2 'ye düşen ısı kaybının 150 Kcal / m^2h değerini aşması durumunda, pratik olarak döşemeden ısıtmanın uygulanması mümkün değildir. Çünkü boruların arasındaki mesafe en fazla 5 cm olabilir. Bundan daha sık döşenmesi mümkün değildir. Bu nedenle piyasadaki uygulamalar dikkate alınarak tavandan olan ısı kaybı ihmal edilmiştir. Radyant ısıtmada ise gerçek ısı kaybı yapılmış ve toplam ısı kaybı 157670 Kcal /h bulunmuştur.

Döşemeden ısıtmada toplam maliyet 120.000.000 TL , radyant ısıtmada ise 134.850.000 TL bulunmuştur. Ancak eğer radyant sistem döşemeden ısıtmada bulunan ısı kaybına göre tesis edilseydi ilk yatırım maliyetinin çok daha düşük olacağı açıktır. Bunun sonucu olarak ısıtılan camide radyant ısıtmayla tam konfor sağlanırken, döşemeden ısıtma uygulanması durumunda ise insanların sadece ayakları ısınacak, hiç bir zaman radyant ısıtmadaki konfora ulaşamayacaktır. Üstelik döşemeden ısıtma diğer konvansiyonel sistemlere göre daha avantajlıdır. Döşemeden ısıtmada sıcaklık dağılımı daha homojendir. Eğer örnek proje radyatörlü sisteme göre dizayn edilseydi radyant sistem çok daha avantajlı olacaktı.

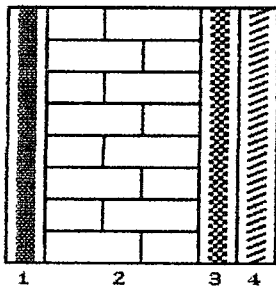
6.2 - UYGULAMA PROJESİ - 2

Bu bölümde İzmit 'teki bir fabrikanın radyant sisteme göre projesi yapılmıştır. Fabrika 2 bölümden oluşmaktadır.

6.2.1 - 1 NO 'LU BÖLÜM İÇİN ISI KAYBI HESABI

6.2.1.1 - KONDÜKSİYON ISI İLETİM KATSAYILARININ BULUNMASI

1- DIŞ DUVAR



1- Kireç harçlı

iç siva (2 cm)

0,75

2- YTONG G 15 (20 cm)

0,10

3- Styropor (5 cm)

0,035

4- Çimento harçlı

dış siva (3 cm)

1,20

λ (kcal / m h °C)

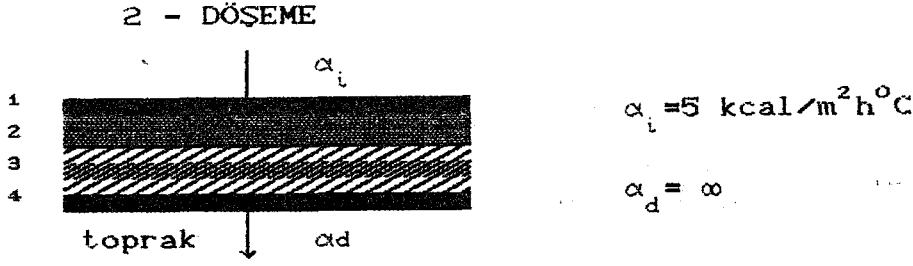
$$\frac{1}{\alpha_i} = \frac{1}{7}$$

$$\frac{1}{\alpha_d} = \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{\Omega} = \frac{0,020}{0,75} + \frac{0,20}{0,10} + \frac{0,05}{0,035} + \frac{0,03}{1,20}$$

$$\frac{1}{\Omega} = 3,48 \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C} / \text{Kcal}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{7} + 3,48 + \frac{1}{20}} = 0,27 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h}^\circ \text{C}$$

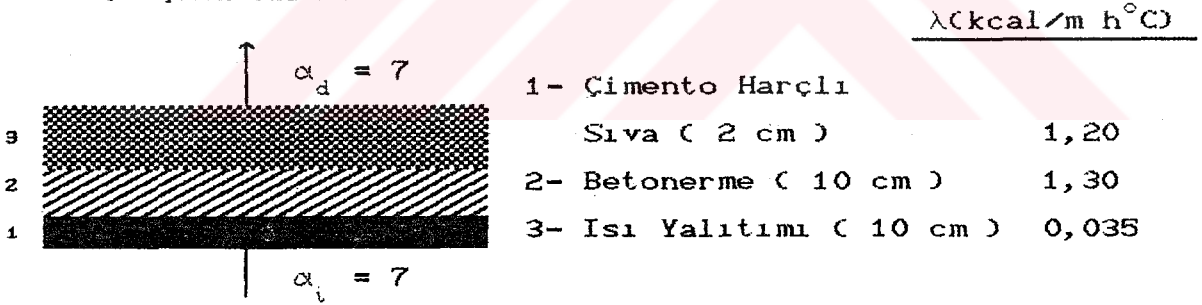


	$\lambda (\text{kcal/m h}^\circ \text{C})$
1- Şap (2 cm)	1,20
2- Betonarme (10 cm)	1,30
3- Isı Yalıtımı (10 cm)	0,07
4- Çimento Harçlı sıva (2 cm)	1,20

$$\frac{1}{\Omega} = \frac{0,02}{1,20} + \frac{0,10}{1,30} + \frac{0,10}{0,07} + \frac{0,02}{1,20} = 1,538 \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/kcal}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{5} + 1,538 + \frac{1}{\infty}} = 0,58 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ \text{C}$$

3- ÇATI ARASINI AYIRAN TAVAN



$$\frac{1}{\Omega} = \frac{0,02}{1,20} + \frac{0,10}{1,30} + \frac{0,100}{0,035} = 2,951 \text{ m}^2 \cdot \text{h}^\circ \text{C} / \text{Kcal}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{7} + 2,951 + \frac{1}{7}} = 0,31 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ \text{C}$$

4- KAPI VE PENCERELER

Kapı ve pencereler, basit, tek camlı, metal doğrama ve

$k_{\text{kapı}} \text{ ve } k_{\text{pen.}} = 5,00 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h}^\circ \text{C}$

5- TOPRAK SICAKLIĞI

$$t_d = - 3^{\circ}\text{C} \quad \text{için} \quad t_{\text{toprak}} = 9^{\circ}\text{C}$$

6.2.1.2 - HAVA SIZINTISI ISI KAYBI HESABI

- DIŞ SICAKLIK : $- 3^{\circ}\text{C}$
- İÇ SICAKLIK : 18°C
- SICAKLIK FARKI : 21°C

• BİNANIN

- UZUNLUĞU : 64 m
- GENİŞLİĞİ : 48 m
- ALANI : 3072 m^2

• SİSTEMİN MONTE

- EDİLECEĞİ YÜKSEKLİK : 6 m
- TAVAN TEPE YÜKSEKLİĞİ : 8 m
- TAVAN KİRİŞ YÜKSEKLİĞİ : 7 m
- BİNANIN HACMI : 23040 m^3
- HAVA DEĞİŞİM SAYISI : 2

$$\text{HAVA SIZINTISI ISI KAYBI} = Q_{\text{inf.}} = 0,29 \times 23040 \times 2 \times 21$$

$$Q_{\text{inf.}} = 279178 \text{ Kcal /h}$$

6.2.1.3 - İLETİMSSEL ISI KAYBININ BULUNMASI

- TAVAN : $Q_1 = (64 \times 48) \times 21 \times 0,31 = 20000 \text{ Kcal /h}$
- DÖŞEME : $Q_2 = 3072 \times 0,58 \times (18 - 9) = 16036 \text{ Kcal /h}$
- TOPLAM KAPI ALANI : $A_{\text{kapt}} = 2 \times (4,5 \times 4) = 36 \text{ m}^2$
- PENCERE ALANI : $A_{\text{pen.}} = 15 \times (1,4 \times 4,5) = 94,5 \text{ m}^2$
- DUVAR ALANI : $(64 \times 2 + 48) \times 7,5 = 1320 \text{ m}^2$
- NET DUVAR ALANI : $(1320 - 94,5 - 36) = 1189,5 \text{ m}^2$
- DUVAR : $Q_3 = 1189,5 \times 21 \times 0,27 = 6745 \text{ Kcal /h}$
- PENCERE : $Q_4 = 94,5 \times 5 \times 21 = 9923 \text{ Kcal /h}$
- KAPI : $Q_5 = 36 \times 5 \times 21 = 3780 \text{ Kcal /h}$
- TOPLAM İLETİMSSEL ISI KAYBI = $Q_{\text{tl.}}$

$$Q_{ul.} = 56500 \text{ Kcal /h}$$

6.2.1.4 - TESİS KAPASİTESİNİN BULUNMASI

$$Q_{TOP} = \text{TOPLAM ISI KASYBI} = Q_{ul.} + Q_{inf.} = 335.678 \text{ Kcal /h}$$

R.A.F (Radyant Düzeltme Faktörü) = 0,85 alındı.

$$Q' = 335.678 \times 0,85 = 285.326 \text{ Kcal /h}$$

Yükseklik Düzeltme Faktörü = 0 (Bu faktör tesis yüksekliğinin 6 m 'nin üzerinde olduğu durumlarda kullanılır.)

$$Q_{SON_1} = \text{KULLANILACAK GERÇEK ISI DEĞERİ} = 285.326 \text{ Kcal /h}$$

6.2.2 - 2 NO 'LU BÖLÜM İÇİN ISI KAYBI HESABI

6.2.2.1 - HAVA SIZINTISI ISI KAYBI HESABI

- DIŞ SICAKLIK : $- 3^{\circ}\text{C}$
- İÇ SICAKLIK : 18°C
- SICAKLIK FARKI : 21°C
- BİNANIN
 - UZUNLUĞU : 120 m
 - GENİŞLİĞİ : 64 m
 - ALANI : 7680 m^2
- SİSTEMİN MONTE
 - EDİLECEĞİ YÜKSEKLİK : 6 m
- TAVAN TEPE YÜKSEKLİĞİ : 9 m
- TAVAN KIRIŞ YÜKSEKLİĞİ : 7 m
- BİNANIN HACMİ : 61440 m^3
- HAVA DEĞİŞİM SAYISI : 3

$$\text{HAVA SIZINTISI ISI KAYBI} = Q_{inf.} = 0,29 \times 61440 \times 3 \times 21$$

$$Q_{inf.} = 1.114.203 \text{ Kcal /h}$$

6.2.2.2 - İLETİMSSEL ISI KAYBININ BULUNMASI

- TAVAN : $Q_1 = (64 \times 120) \times 21 \times 0,31 = 50000 \text{ Kcal /h}$
- DÖŞEME : $Q_2 = (64 \times 120) \times 0,58 \times 21 = 93542 \text{ Kcal /h}$
- TOPLAM KAPI ALANI : $A_{kapt} = 2 \times (6 \times 5) = 60 \text{ m}^2$
- PENCERE ALANI : $A_{pen.} = 50 \times (1,4 \times 4,5) = 315 \text{ m}^2$

- DUVAR ALANI : $(120 \times 2 + 64 + 16) \times 8 = 2560 \text{ m}^2$
- NET DUVAR ALANI : $(2560 - 60 - 315) = 2185 \text{ m}^2$
- DUVAR : $Q_3 = 2185 \times 21 \times 0,27 = 12400 \text{ Kcal /h}$
- PENCERE : $Q_4 = 315 \times 5 \times 21 = 33075 \text{ Kcal /h}$
- KAPI : $Q_5 = 60 \times 5 \times 21 = 6300 \text{ Kcal /h}$
- TOPLAM İLETİMSSEL ISI KAYBI = $Q_{il.}$

$$Q_{il.} = 196.525 \text{ Kcal /h}$$

6.2.2.3 - TESİS KAPASİTESİNİN BULUNMASI

$$Q_{TOP} = \text{TOPLAM ISI KASYBI} = Q_{il.} + Q_{inf.} = 1.310.728 \text{ Kcal /h}$$

R.A.F (Radyant Düzeltme Faktörü) = 0,85 alındı.

$$Q' = 1.310.728 \times 0,85 = 1.114.119 \text{ Kcal /h}$$

Yükseklik Düzeltme Faktörü = 0 (Bu faktör tesis yüksekliğinin 6 m 'nin üzerinde olduğu durumlarda kullanılır.)

$$Q_{SON_2} = \text{KULLANILACAK GERÇEK ISI DEĞERİ} = 1.114.119 \text{ Kcal /h}$$

$$Q_{TOP} = 1.114.119 + 285326 = 1.399.445 \text{ kW} = 1630 \text{ kW}$$

1 no 'lu bölümde 16 adet CRT 30 kullanıldı. Toplam kapasitesi $16 \times 30 = 480 \text{ kW}$

2 no lu bölümde

$$36 \text{ adet CRT } 30 = 1080 \text{ kW}$$

$$12 \text{ adet ERT } 60 = 720 \text{ kW}$$

$$\text{TOPLAM TESİS GÜCÜ} = 480 + 1080 + 720 = 2280 \text{ kW}$$

6.2.3 - YAKIT MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Doğal gaz alt ısı değeri	: 9,59	kW / Nm ³
Doğal gaz fiyatı	: 697	TL / Nm ³
1 kW için gerekli doğal gaz	: 0,104	Nm ³ /kW
GEBZE için derece - gün	: 1650	(Tablo - 13 'den)
Mesai müddeti	: 16	saat
Sıcaklık değişimi	: 21°C	
Yıllık çalışma saati	: $\frac{16 \times 1650}{21}$	= 1257 h /yıl

6.2.3.1 - RADYANT SİSTEM İÇİN YAKIT MALİYETİ HESABI

Kurulu Güç	:	2280 kW
Saatlik Kapasite	:	$2280 \times 0,104 = 237,12 \text{ Nm}^3/\text{h}$
Yıllık Gaz Sarfıyatı	:	$237,12 \times 1257 = 298094 \text{ Nm}^3/\text{yıl}$
Yıllık Yakıt Maliyeti	:	$298094 \times 697 = 207.771.320 \text{ TL}$

6.2.3.2 - KONVANSİYONEL SİSTEM İÇİN YAKIT MALİYETİ HESABI

Isı Kaybı ;

1 no'lu bölüm için	:	335.678 kcal /h
2 no'lu bölüm için	:	1.310.728 kcal /h
TOPLAM	:	1.646.406 kcal /h

Düz boru, özel direnç (vana, dirsek vb.), pompa kayıpları vb. kayıplar için ısı kaybı min. % 10 arttırılırsa bu değer :
 $1.646.406 \times 1,1 = 1.811.046 \text{ kcal /h}$ olur.

Kazan kapasitesi % 15 arttırılırsa ;

Tesis Gücü =	$1.811.046 \times 1,15$	= 2.082.703 kcal /h
Tesis Gücü =	$2.082.703 / 860$	= 2422 kW
Saatlik Kapasite	:	$2422 \times 0,104 = 251,88 \text{ Nm}^3/\text{h}$
Yıllık Gaz Sarfıyatı	:	$251,88 \times 1257 = 316.623 \text{ Nm}^3/\text{yıl}$
Yıllık Yakıt Maliyeti	:	$316.623 \times 697 = 220.686.382 \text{ TL /yıl}$

6.2.4 - PERSONEL GİDERLERİ

A - KONVANSİYONEL SİSTEM

Her vardiya için en az 2 kaloriferci gereklidir.

2 vardiya için 4 kaloriferci gereklidir.

1 elemanın aylık maliyeti = 3.000.000 TL /ay

$12 \times 4 \times 3.000.000 = 144.000.000 \text{ TL /yıl}$

B - RADYANT SİSTEM

Sistemin genel kontrolü ve ayarından sorumlu bir eleman yeterlidir. İki vardiya çalışması gerekmez.

$1 \times 12 \times 3.000.000 = 36.000.000 \text{ TL /yıl}$

TABLO - 12.A⁽¹²⁾

İSTANBUL (GÖZTEPE) İÇİN 1970_1992 YILLARI ARASINDA
ORTALAMA DIŞ SICAKLIKLAR

YILI : 1970		YILI : 1971		YILI : 1972	
AYLAR	tC°C)	AYLAR	tC°C)	AYLAR :	tC°C)
OCAK	7,2	OCAK	8,7	OCAK	3,8
ŞUBAT	8,0	ŞUBAT	6,1	ŞUBAT	4,7
MART	9,1	MART	7,8	MART	7,1
NİSAN	14,4	NİSAN	11,1	NİSAN	14,2
MAYIS	16,0	MAYIS	17,7	MAYIS	16,8
HAZİRAN	20,6	HAZİRAN	21,5	HAZİRAN	22,0
TEMMUZ	24,1	TEMMUZ	22,3	TEMMUZ	23,7
AGUSTOS	23,5	AGUSTOS	23,4	AGUSTOS	23,5
EYLÜL	18,9	EYLÜL	19,5	EYLÜL	19,4
EKİM	14,3	EKİM	13,3	EKİM	14,5
KASIM	11,8	KASIM	11,2	KASIM	10,7
ARALIK	7,7	ARALIK	7,2	ARALIK	6,3

YILI : 1973		YILI : 1974		YILI : 1975	
AYLAR	tC°C)	AYLAR	tC°C)	AYLAR	tC°C)
OCAK	4,3	OCAK	3,4	OCAK	6,0
ŞUBAT	7,7	ŞUBAT	6,5	ŞUBAT	4,7
MART	6,0	MART	7,0	MART	10,5
NİSAN	11,5	NİSAN	10,4	NİSAN	13,9
MAYIS	16,9	MAYIS	16,1	MAYIS	16,9
HAZİRAN	19,5	HAZİRAN	20,7	HAZİRAN	21,5
TEMMUZ	23,7	TEMMUZ	22,6	TEMMUZ	24,3
AGUSTOS	21,9	AGUSTOS	22,2	AGUSTOS	22,8
EYLÜL	19,8	EYLÜL	19,9	EYLÜL	20,4
EKİM	15,6	EKİM	18,4	EKİM	14,9
KASIM	9,8	KASIM	11,3	KASIM	10,1
ARALIK	7,8	ARALIK	7,4	ARALIK	6,1

YILI : 1976		YILI : 1977		YILI : 1978	
AYLAR	tC°C)	AYLAR	tC°C)	AYLAR	tC°C)
OCAK	5,7	OCAK	6,5	OCAK	5,7
ŞUBAT	3,4	ŞUBAT	9,9	ŞUBAT	7,7
MART	5,6	MART	7,8	MART	8,5
NİSAN	11,8	NİSAN	11,6	NİSAN	12,0
MAYIS	15,7	MAYIS	16,4	MAYIS	16,9
HAZİRAN	19,9	HAZİRAN	21,0	HAZİRAN	21,3
TEMMUZ	23,1	TEMMUZ	23,2	TEMMUZ	23,1
AGUSTOS	20,5	AGUSTOS	23,8	AGUSTOS	21,6
EYLÜL	18,6	EYLÜL	19,1	EYLÜL	18,6
EKİM	15,6	EKİM	12,8	EKİM	15,3
KASIM	12,2	KASIM	13,5	KASIM	10,2
ARALIK	8,1	ARALIK	6,4	ARALIK	8,6

TABLO - 12.B ⁽¹²⁾

YILI : 1979		YILI : 1980		YILI : 1981	
AYLAR	t(°C)	AYLAR	t(°C)	AYLAR	t(°C)
OCAK	6,6	OCAK	4,2	OCAK	5,7
ŞUBAT	6,8	ŞUBAT	4,4	ŞUBAT	5,5
MART	10,1	MART	6,2	MART	8,6
NISAN	12,1	NISAN	11,0	NISAN	11,7
MAYIS	17,0	MAYIS	16,8	MAYIS	14,6
HAZİRAN	22,8	HAZİRAN	20,8	HAZİRAN	22,0
TEMMUZ	22,7	TEMMUZ	23,4	TEMMUZ	22,4
AGUSTOS	23,1	AGUSTOS	23,0	AGUSTOS	22,6
EYLÜL	19,7	EYLÜL	18,2	EYLÜL	19,7
EKİM	14,9	EKİM	17,2	EKİM	17,3
KASIM	12,2	KASIM	12,8	KASIM	9,5
ARALIK	8,9	ARALIK	9,1	ARALIK	10,6

YILI : 1982		YILI : 1983		YILI : 1984	
AYLAR	t(°C)	AYLAR	t(°C)	AYLAR	t(°C)
OCAK	5,8	OCAK	5,4	OCAK	7,8
ŞUBAT	3,8	ŞUBAT	5,4	ŞUBAT	6,7
MART	6,5	MART	8,3	MART	7,3
NISAN	10,6	NISAN	13,5	NISAN	9,7
MAYIS	15,1	MAYIS	18,2	MAYIS	18,5
HAZİRAN	21,6	HAZİRAN	20,1	HAZİRAN	20,7
TEMMUZ	22,0	TEMMUZ	23,8	TEMMUZ	22,4
AGUSTOS	22,6	AGUSTOS	22,1	AGUSTOS	21,7
EYLÜL	21,6	EYLÜL	20,0	EYLÜL	21,3
EKİM	16,3	EKİM	14,2	EKİM	17,1
KASIM	11,0	KASIM	10,1	KASIM	12,1
ARALIK	10,1	ARALIK	8,6	ARALIK	7,3

YILI : 1985		YILI : 1986		YILI : 1987	
AYLAR	t(°C)	AYLAR	t(°C)	AYLAR	t(°C)
OCAK	7,0	OCAK	8,1	OCAK	5,7
ŞUBAT	1,8	ŞUBAT	6,3	ŞUBAT	7,1
MART	6,2	MART	6,5	MART	4,0
NISAN	12,7	NISAN	13,2	NISAN	9,9
MAYIS	18,4	MAYIS	15,3	MAYIS	16,0
HAZİRAN	21,0	HAZİRAN	22,0	HAZİRAN	21,2
TEMMUZ	22,2	TEMMUZ	23,5	TEMMUZ	24,1
AGUSTOS	23,6	AGUSTOS	24,5	AGUSTOS	21,9
EYLÜL	19,0	EYLÜL	20,4	EYLÜL	20,1
EKİM	13,4	EKİM	14,5	EKİM	14,2
KASIM	12,0	KASIM	9,2	KASIM	12,2
ARALIK	9,2	ARALIK	6,8	ARALIK	7,3

TABLO 12.C ⁽¹²⁾

YILI : 1988		YILI : 1989		YILI : 1990	
AYLAR	t(°C)	AYLAR	t(°C)	AYLAR	t(°C)
OCAK	7,2	OCAK	4,7	OCAK	4,9
ŞUBAT	6,5	ŞUBAT	6,6	ŞUBAT	6,6
MART	8,9	MART	9,5	MART	9,2
NISAN	11,1	NISAN	15,5	NISAN	13,5
MAYIS	16,1	MAYIS	16,3	MAYIS	15,7
HAZİRAN	21,8	HAZİRAN	20,9	HAZİRAN	20,9
TEMMUZ	25,1	TEMMUZ	23,2	TEMMUZ	23,7
AGUSTOS	24,2	AGUSTOS	24,1	AGUSTOS	23,3
EYLÜL	19,9	EYLÜL	20,2	EYLÜL	18,9
EKİM	14,3	EKİM	14,6	EKİM	15,7
KASIM	7,7	KASIM	9,7	KASIM	14,0
ARALIK	7,3	ARALIK	7,3	ARALIK	9,5

YILI : 1991		YILI : 1992	
AYLAR	t(°C)	AYLAR	t(°C)
OCAK	5,9	OCAK	5,0
ŞUBAT	5,2	ŞUBAT	3,9
MART	6,5	MART	7,7
NISAN	10,9	NISAN	12,4
MAYIS	15,6	MAYIS	14,5
HAZİRAN	20,8	HAZİRAN	21,5
TEMMUZ	23,7	TEMMUZ	21,9
AGUSTOS	23,9	AGUSTOS	24,8
EYLÜL	19,3	EYLÜL	
EKİM	15,9	EKİM	
KASIM	11,8	KASIM	
ARALIK	4,5	ARALIK	

TABLO - 13 ⁽¹³⁾

TÜRKİYE 'DE DERECE - GÜN SAYILARI

İç ortam sıcaklığı 19°C ,referans sıcaklığı 12°C alınmıştır.

Şehir veya Kasaba	D.G Sayısı	Şehir veya Kasaba	D.G Sayısı	Şehir veya Kasaba	D.G Sayısı
ADANA	800	DÖRTYOL	500	MARAS	1500
ADAPAZARI	1600	EDİRNE	2150	MARDİN	1900
ADIYAMAN	1700	ELAZIĞ	2800	MERSİN	700
AFYON	2700	ERZİNCAN	3100	MERZİFON	2550
AKHİSAR	1450	ERZURUM	4400	MUĞLA	1750
AKŞEHİR	2500	ESKİŞEHİR	2750	MUS	3400
ALANYA	350	FETHİYE	500	NAZİLLİ	1150
AMASYA	1850	GAZİANTEP	2100	NEVŞEHİR	2650
ANAMUR	300	GİRESUN	1650	NİĞDE	2750
ANKARA	2650	GÜMÜŞHANE	3000	ORDU	1600
ANTAKYA	950	HAKKARİ	3250	OSMANİYE	950
ANTALYA	650	IĞDIR	2900	ÖDEMİŞ	1250
ARTVİN	2050	ISPARTA	2400	RİZE	1600
AYDIN	1100	İNEBOLU	1700	SAMSUN	1600
BALIKESİR	1750	İSKENDERUN	250	SİVAS	3400
BANDIRMA	1750	İSLAHİYE	1500	SİİRT	1900
BEYŞEHİR	2700	İSTANBUL	1800	SİLİFKE	650
BİLECİK	2200	İZMİR	1050	ŞİLE	1850
BİNGÖL	2900	İZMİT	1650	TEKİRDAĞ	1950
BİTLİS	3300	KARAKÖSE	4400	TOKAT	2200
BODRUM	450	KARS	4800	TRABZON	1550
BOLU	2850	KASTAMONU	3050	TUNCELİ	2800
BURDUR	2250	KAYSERİ	3050	ULUKIŞLA	3150
BURSA	1700	KIRKLARELİ	2150	URFA	1400
ÇANAKKALE	1650	KIRŞEHİR	2750	UŞAK	2450
ÇANKIRI	2700	KONYA	2650	VAN	3500
ÇORLU	1150	KUŞADASI	950	YALOVA	1650
ÇORUM	2750	KÜTAHYA	2750	YENİŞEHİR	1950
DENİZLİ	1500	LÜLEBURGAZ	2150	YOZGAT	3150
DİKİLİ	1200	MALATYA	2450	ZONGULDAK	1800
DIYARBAKIR	2000	MANİSA	1350	GÖZTEPE	1711

SONUÇ

Elektromanyetik dalgalar yardımıyla iletilen radyant enerji, absorbsiyon ile katı cisimleri ısıtır, aynı cisimlerin yayınımlı sonucu cisimler yeniden soğur. Ayrıca, radyant enerji içinden geçtiği havayı ısıtmaz. Bu, radyant sistem doğru olarak uygulandığı zaman enerji tasarrufu olarak sonuç verir. ⁽¹⁴⁾

Çoğu zaman pek itibar edilmeyen bir başka gerçek, radyant transfer bütün ısıtma sistemlerinde mevcuttur. Mahal içindeki yüzeyler arasındaki sıcaklık farklarına bağlı olarak, sistemin uygulandığı mahal içinde bütün cisimler arasında sürekli radyant enerji değişimi mevcuttur. Bu değişim, mahalde bulunan insanları, döşeme, duvar, pencere ve diğer cisimleri kapsar. ⁽¹⁴⁾

Radyant ısıtma sistemlerinde anahtar kavram, ortalama radyant sıcaklığı ve onun işletme sıcaklığı üzerindeki etkidir. Daha düşük hava sıcaklıklarına rağmen, radyant sistem vasıtasıyla artırılan ortalama radyant sıcaklık, konforun sağlanması için yeterli olmaktadır.

Radyant ısıtma işletmesinin ekonomik olması için ilave katkıda bulunan diğer faktörler, tabaka oluşumu ve infiltrasyon oranlarıdır. Radyant uygulamalarda döşemeden tavana doğru homojen bir ısı dağılımı sağlanır. Konvansiyonel sistemlerde olduğu gibi tavanda yüksek bir ısı artışı meydana gelmez. Bu şekildeki bir tabaka oluşumu ise çatı yakınındaki hava sıcaklığının daha düşük olmasıyla sonuçlanır. Böylece infiltrasyon kayıpları minimuma indirgenir.

Kesintili olarak çalışan, büyük hacimli mahallerin ısıtılmasında, günümüzde artık radyant ısıtma sistemleri tercih edilmektedir. Uçak hangarları, fabrikalar, sinema ve tiyatro salonları, galeriler, seralar, otobüs garajları, çiftlikler radyant ısıtma uygulaması örneklerindendir. Yüksek tavanlı, büyük kapılı mahallerde, kapıların sürekli açılıp kapanması, mahal içindeki havanın sürekli soğumasına neden olur. Radyant sistem sayesinde bu tip mahallerin çok kısa sürede rejime sıcaklığına ulaşması mümkündür. Ayrıca radyant ısıtma sistemleri vasıtasıyla mahalin bölgesel olarak ısıtılması mümkün olmaktadır. Örneğin; büyük bir fabrikada sadece belli bölgelerde iş-

çiler çalışıyorsa o bölgelerin ısıtılması konfor için yeterli olmaktadır.

Radyant sistemin proses amaçlı olarak kullanılması da mümkündür.Örneğin;kurutma amaçlı olarak bir halı yıkama fabrikasında radyant ısıtıcıların kullanımı, oldukça ekonomik olabilir.

Radyant sistemlerin bu avantajları nedeniyle kullanımı her geçen gün yaygınlaşmaktadır.Günümüzde artık radyant ısıtma bir sır olmaktan çıkmıştır.



KAYNAKLAR

KITAPLAR

- 1 - İnfrared Handbook, Roberts - Gordon Inc., Ont., Canada, 1990
- 2 - Fundamentals of Combustion, A.G.A Laboratories, 1973
- 4 - Buhar Kazanlarının Isıl Hesapları, Kemal Onat, İstanbul, 1988
- 6 - Radiative Transfer, Hottel, H.C & A.C Sarofin, Mc Graw Hill, 1967
- 8 - Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers, 8 th edition, 1978
- 9 - Thermal Comfort, Fanger, P.O., New York - Mc Graw Hill, 1972
- 11- Kalorifer Tesisatı Proje Hazırlama Teknik Esasları, 8. Baskı
Yayın No : 84 , İstanbul, 1989
- 13- Yapı Bileşenlerinin Isıtma Giderleri Yönünden Kullanma Maliyetlerine Bağlı Olarak Seçimi ve Boyutlandırılması, Turhan Tüzemen, T.B.T.A.K, Yayın No : a2

MAKALELER

- 14- ASHRAE Journal, September, 1989

DİĞERLERİ

- 3 - American National Standard for Gas Fired Infrared Heaters,
(ANSI Z83.6 , 1987)
- 5 - A.G.A Research Bulletin 83, American Gas Association Laboratories, DeWerth, D.W. 1960
- 7 - National Bureau of Standards (U.S) Circ. 564, 1955
- 10- ANSI Std. -55 , 1981
- 12- Göztepe Meteoroloji İstasyonu, İstanbul, 1993

ÖZGEÇMİŞ

1.6.1969 Yılında İstanbul 'da doğdu.İlk öğrenimini Bernar Nahum İlkokulu 'nda 1980 Yılında tamamladıktan sonra orta öğrenimini İstanbul Etiler Lisesi 'nde bitirdi. 1986 Yılında Yıldız Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümüne girdi ve 1990 Yılında mezun olduktan sonra aynı üniversitenin Makine Mühendisliği Isı Proses Bölümü Yüksek Lisans Programına kayıt oldu.Hala öğrenimine devam etmektedir.