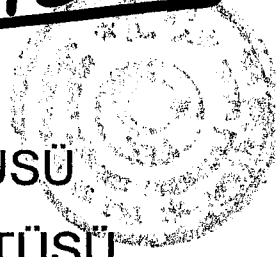


171059



T.C.

GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİNALARDA ISI HESABI VE
ISI TRANSFER KATSAYISININ
BELİRLENMESİNE BİR YAKLAŞIM

Cem KARAHAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI

Yrd.Doç.Dr. İlyas KANDEMİR

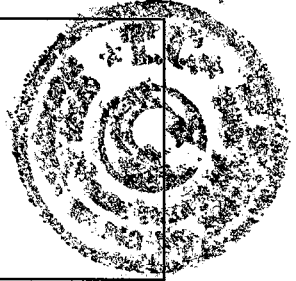
GEBZE

2005



**GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ
ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU



Cem KARAHAN'ın tez çalışması, G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 07.07.2005 Tarih ve 2005/25 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından Enerji Sistem Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Yrd.Doç.Dr.İlyas KANDEMİR

ÜYE

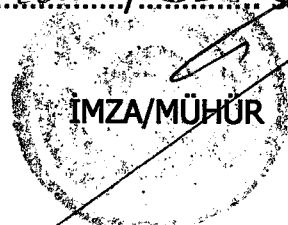
: Doç.Dr.AlpEr KONUKMAN

ÜYE

:Yrd.Doç.Dr.Hasan SADIKOĞLU

ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 08.09.2005 Tarih ve 2005/32 sayılı kararı.



ÖZET

Binalarda ısıtma amacı ile harcanan ısı miktarının batılı ülkelere göre çok daha fazla olması ve bu işin kontrolsüz olarak yapılması ülke ekonomisini olumsuz etkilemektedir. Bu alanda harcanan enerjinin bilinçli bir şekilde kullanılması, enerji tüketiminde önemli ölçüde tasarruf sağlayacaktır. Yapılarda uyulması gereken ısı yalıtım kuralları ile bundan doğrudan etkilenecek olan tesisat hesapları arasında sıkı ilişkiler bulunmaktadır. Diğer yandan, konfor şartlarını oluşturan iklimlendirme hesapları da bilimsel temellere sahip olmalıdır. İnsanların ömürlerinin büyük bölümünü geçirdiği konut, işyeri, okul, sağlık kurumları, hizmet, eğlence ve dinlence yapılarının ekonomik sınırlarda konfor koşullarını sağlaması gerekmektedir. Buradan hareketle yapılan çalışmada, binalardaki ısıl konforu sağlamak için gerekli ısı miktarının belirlenmesi ve bunun ekonomik bir şekilde karşılanması için uygun bir hesap yöntemi geliştirilmiştir. Bu çalışmanın bir evresi olarak, ısıtmaya ara verilmesi ve kazanın tekrar devreye alınması sırasında, ısı kaybından dolayı ortam sıcaklığının nasıl değiştiği ve mevcut kaynakla bunun nasıl karşılandığı hesaplanarak gösterilmiştir.

Ayrıca, değişik akış rejimlerindeki ısı transfer katsayısının yüzey boyunca değişimini dikkate alan bir denklem sistemi kurularak, geliştirilen bir iterasyon yöntemi ile çözümü elde edilmiştir. Böylece, ısı taşınım katsayısı mevcut yapılmış uygulamalara nazaran, daha hassas hesaplanmış ve yapı için ısı kaybı hesabında kullanılmıştır.

Binalarda ısı kaybına neden olan etkenler incelenip, durum çalışması olarak, örnek bir binanın ısı kaybı hesaplanarak ve bu ısıyı karşılayacak olan ısı kaynağının doğru olarak seçilmesi sağlanarak enerji maliyetinin azaltıldığı gösterilmiştir.

SUMMARY

Controlless and unnecessary heating expenses of buildings in the country badly affect the economy. Wise energy consumption would yield considerable savings in this area. There are solid relations between the heat insulation regulations of the buildings and the installation calculations they directly affect. Air conditioning for comfort conditions, on the other hand, should be based on scientific basis. Houses, offices, schools, medical and recreational facilities, etc. where people spend most of their time should provide comfort conditions within economical limits. Therefore, in this study, the heat needed to provide the thermal comfort in buildings and the parameters to economically answer to that need are calculated using a newly developed method. Using this method, heat transfer coefficient calculations performed for existing structural applications was achieved with better accuracy.

Based on the examinations of the factors affecting the heat loss in buildings, the loss in a sample building was calculated and initial cost was reduced by selecting the right heat source.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın oluşturulmasında emeği ve katkısı geçenlere teşekkür etmeyi bir borç biliyorum; hazırlık aşamasında değerli önerileri ve katkıları bulunan hocam Sayın Yrd.Doç.İlyas KANDEMİR'e, her zaman yanımda olan okul arkadaşlarıma, MA-TES LTD. ŞİT. ve PİMAK AŞ.'ne, yardımları için ofis arkadaşlarıma, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen babam Kemalettin, annem Mervin ve kardeşim Cihan KARAHAN'a teşekkürlerimi sunuyorum.



İÇİNDEKİLER DİZİNİ

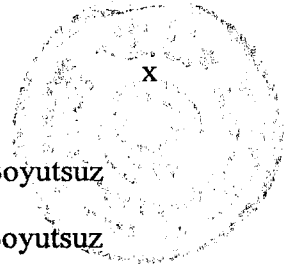
Sayfa

ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
SİGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xiv
1.GİRİŞ	1
2.TANIMLAR	4
2.1.Çeşitli Isı Taşınım Katsayıları Hesaplama Yöntemleri	7
3.LEVHA ÜZERİNDEKİ AKIŞTA ISI TAŞINIMI	9
3.1.Zorlanmış Taşınım	9
3.1.1.Levha Üzerinde Sınır Tabaka	9
3.1.2.Süreklilik ve Momentum Denklemleri	11
3.1.3.Sınır Tabaka Kalınlıkları	13
3.1.4.Laminer Akış durumunda Sınır Tabaka	16
3.1.5.Türbülanslı Akışta Sınır Tabaka	16
3.1.6.Isıl Sınır Tabaka	16
3.1.7.Isıl Sınır Tabaka Kalınlığı	18
3.1.8.Boyutsuzlaştırma	19
3.1.9.Sınır Tabaka Denklemlerinin Çözüm Fonksiyonları	20
3.1.10.Duvar Üzerinde Laminer Akışta Isı Taşınımı	21
3.1.11.Levha Üzerindeki Türbülanslı Akışta Isı Taşınımı	24
3.1.12.Sayısal Örnek	27
3.2.Doğal Isı Taşınımı	28
3.2.1.Düşey Bir Yüzeyde Doğal Isı Taşınımı	28
3.2.2.Düşey Levhada Laminer Doğal Isı Taşınımı	31
3.2.3.Düşey Levhada Türbülanslı Doğal Isı Taşınımı	32
3.2.4.Düşey Levhada Deneysel Bağıntılar	32
3.2.5.Yatay Levhada Doğal Isı Taşınımı	33
3.2.6. Sayısal Örnek	36

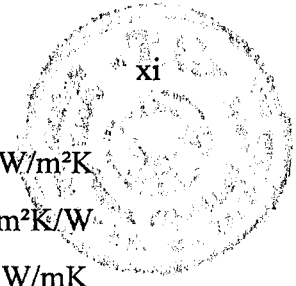
3.3.Oda Yüzeyinde Karma Isı Taşınımı	37
3.3.1.Karma Konveksiyon	38
3.3.2.Sonuç	39
4.ISI TAŞINIM KATSAYILARININ TAYİNİ	42
4.1.Dış Duvar İçin $h_{dış}$ 'in Bulunması	43
4.2.Dış Duvar İçin $h_{iç}$ 'in Bulunması	44
4.3.Yatay Yüzey İçin $h_{iç}$ 'in Bulunması	45
5.ÖRNEK BİR BİNADA TOPLAM YILLIK ISI KAYBI HESABI	47
5.1.Amaç	47
5.2.Örnek Bina	47
5.3.Yerleşim Planı	49
5.4.Yapı Elemanlarının Isı İletim Katsayıları Hesabı	51
5.4.1.Dış Duvar	51
5.4.2.İç Duvar	54
5.4.3.Beton Kiriş	57
5.4.4.Zemine Oturan Döşeme	59
5.4.5.Döşeme-Tavan	62
5.4.6.Üstü Çatılı Tavan	64
5.4.7.Pencere ve Kapılar	66
5.5.Odaların Isı Kaybının Hesaplanması	66
5.5.1.Isı kaybı Cetvelinin Doldurulması	66
5.5.2.Hava Sızıntı Isı Kaybı (Q_s)	68
5.5.3.Binanın Isı Kapasiteleri	70
5.5.4.Bina İçin Isı Kapasitesi Hesabı	71
5.5.5.Binada Isıtmaya Ara Verilmesi Durumu	76
5.5.6.Kazan Seçimi	77
6.SONUÇ	78
KAYNAKLAR	79
ÖZGEÇMİŞ	81
EKLER	92
Ek1:Isı Kaybı Hesap Tabloları	
Ek2:Boyutsuz Sayılar	

SİMGELER DİZİNİ

SEMBOL	AÇIKLAMA	BRİM
A	A Yüzey alanı	m ²
a,b,c	Sabitler	Boyutsuz
C _p	Özgül ısı	Wh/kgK
C _{pd}	Duvarın ortalama özgül ısısı	Wh/kgK
Ç	Duvarın Çevresi	m
F	Kuvvet	N
Gr	Grashof Sayısı	Boyutsuz
g	Yerçekimi İvmesi	kg/m ³
H	Isı taşınım katsayısı	W/m ² K
h _c	Karma konveksiyon ısı taşınım katsayısı	W/m ² K
h _{cn}	Doğal konveksiyonda ısı taşınım katsayısı	W/m ² K
$\bar{h}$	Ortalama ısı iletim katsayısı	W/m ² K
h _{cf}	Zorlanmış konveksiyonda ısı taşınım katsayısı	W/m ² K
L	Duvar uzunluğu	m
L	Duvar Alanının çevresine oranı	m
k	Isı iletim katsayısı	W/mK
P	Basınç	kg/m ²
δ	Sınır tabaka kalınlığı	mm
u _∞	Ortalama hız	m/s
T _y	Yüzey sıcaklığı	K
t	Zaman	s
Re	Reynol sayısı	Boyutsuz
q	Isı kaybı	W
$\dot{q}$	Cisimde birim zamanda üretilen enerji	W
Pr	Prandtl Sayısı	Boyutsuz
α	Isı yayılma oranı	m ² /s



x	Boyutsuz uzunluk	Boyutsuz
y	Boyutsuz uzunluk	Boyutsuz
u	Boyutsuz hız	Boyutsuz
v	Boyutsuz hız	Boyutsuz
T	Boyutsuz sıcaklık	Boyutsuz
Nu	Nusselt Sayısı	Boyutsuz
x	Karakteristik uzunluk	m
μ	Dinamik viskozite	Pa.s
ν	Kinematik viskozite	m ² /s
$\bar{Nu}$	Ortalama Nusselt Sayısı	Boyutsuz
St	Stanton Sayısı	Boyutsuz
T_{∞}	Ortam sıcaklığı	K
Q	Isı kaybı (kcal/h)	W
β	Hacimsel genişleme katsayısı	1/K
Ra	Rayleigh Sayısı	Boyutsuz
T	Sıcaklık	K
ρ	Yoğunluk	kg/m ³
v	Y yönündeki hız	m/s
$Q_{dış}$	Dış ortama kaybedilen ısı	W
$Q_{iç}$	İç ortamdan gelen ısı	W
Q_{duvar}	Duvardan geçen ısı miktarı	W
U	Bursa için ortalama rüzgar hızı	m/s
$T_{iç}$	Bina için ortalama sıcaklık	K
$T_{dış}$	Bursa için kışın ortalama sıcaklık	K
L	Duvarın uzunluğu	m
T_{fd}	Dış yüzeyin film sıcaklığı	K
$T_{dışy}$	Dış yüzey sıcaklığı	K
k_{hava}	Havanın ısı iletim katsayısı	W/mK
T_{fd}	Dış yüzey film sıcaklığı	K
$T_{fiç}$	İç yüzey film sıcaklığı	K
$h_{dış}$	Dış yüzey ısı taşınım katsayısı	W/m ² K



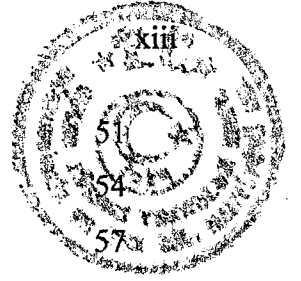
$h_{iç}$	İç yüzey ısı taşınım katsayısı	W/m^2K
λ	Isıl Direnç	m^2K/W
K	Duvarın Isı iletim katsayısı	W/mK
$\bar{K}$	Duvarın Isı geçirme katsayısı	W/mK
z_o	İşletme zammı	Boyutsuz
z_w	Yukseklik zammı	Boyutsuz
z_h	Yön zammı	Boyutsuz
Z	Toplam zamlar	Boyutsuz
Q_s	Sızıntı ısı kaybı	W
a_h	Hava sızdırma katsayısı.	m^3/mh
l	Pencere veya kapılarının açılan kısımlarının uzunluğu	m
R	Oda durum katsayısı	Boyutsuz
H	Bina durum katsayısı	Boyutsuz
ΔT	İç dış sıcaklık farkı	K
Z_e	Pencerelerin katsayısı	Boyutsuz
m	Duvarın kütlesi	kg
σ	Stefan-Boltzman	W/m^2K^4
T_i	Duvarın ilk sıcaklığı	K
V_{hava}	Binadaki hava hacmi	m^3
$m_{dışduvar}$	Dış duvarın kütlesi	kg
$m_{içduvar}$	İç duvarların kütlesi	kg
m_{hava}	Odadaki havanın kütlesi	kg
m_t	Toplam hava kütlesi	kg
$C_{pdış}$	Dış duvarın ortalama özgül ısısı	Wh/kgK
$C_{piç}$	İç duvarın ortalama özgül ısısı	Wh/kgK
C_{phava}	Havanın ortalama özgül ısısı	Wh/kgK
C_{pbina}	Binanın ortalama özgül ısısı	Wh/kgK
T_s	Belli bir saat sonraki duvar sıcaklığı	K
	Sistemi istenen sıcaklıkta tutmak için gerekli 1 saat deki	W
$Q_{kayıp}$	ısı kaybı	
$\bar{Q}_{kap}$	Sistemi bekletme esnasında binanın soğuması ile 1 saate kaybolan ısı	W
Q_t	Isıtma sistemi kapalı iken kaybedilen toplam ısı miktarı	W

ŞEKİLLER DİZİNİ



Sekil

2.1. Laminer Akış	6
2.2. Türbülanslı Akış	6
3.1. Levha Üzerindeki Hava Akımı	9
3.2. Levha Üzerindeki Akış Çizgileri	10
3.3. Levha Üzerinde Zorlanmış Akışta Sınır Tabakalar ve Hız Profilleri	10
3.4. İki Boyutlu Akışta Diferansiyel Kontrol Hacminde Kütleli Korunumu	12
3.5. İki boyutlu Akışta Diferansiyel Kontrol Hacminde Momentum Korunumu	13
3.6. Sınır Tabaka	13
3.7. Isıl Sınır Tabaka	16
3.8. Levha Üzerinde Akışta Hız ve Sınır Tabakalar	17
3.9. İki Boyutlu Akışta Diferansiyel Kontrol Hacminde Enerjinin Korunumu	18
3.10. Duvar Üzerindeki Akışta Isıl Sınır Tabaka	19
3.11. Levha Üzerinde Türbülanslı Akışta Sınır Tabakalar	24
3.12. Nu Sayısının L (Levha Boyu) İle Değişimi	27
3.13. h (Isı Taşınım Katsayısı)'nın L Boyuna Bağlı Olarak Değişimi	28
3.14. Düşey Levhadaki Doğal Taşınım'daki Sınır Tabakalar ($T_f > T_\infty$)	29
3.15. Yatay Levhada Çeşitli Doğal Taşınım Hareketleri	34
3.16. Yatay levhada Çeşitli Doğal Taşınım Hareketleri	34
3.17. Yatay levhada Çeşitli Doğal Taşınım Hareketleri	34
3.18. Yatay levhada Çeşitli Doğal Taşınım Hareketleri	35
3.19. Nu Sayısının L (Levha Boyu) İle Değişimi	37
3.20. h (Isı Taşınım Katsayısı)'nın L Boyuna Bağlı Olarak Değişimi	37
4.1. Dış Duvar	42
5.1 Vaziyet Planı	47
5.2. Bloğun Önden Görünümü	48
5.3. Zemin Kat	49
5.4. 1. Kat	50



5.5. Dış Duvar	
5.6. İç Duvar	
5.7. Beton Kiriş	
5.8. Zemine Oturan Döşeme	59
5.9. Döşeme – Tavan	62
5.10. Üstü Çatılı Tavan	64
5.11. Dış Duvar	72
5.12 İç Duvar	73
5.13. Binanın Üsten Görünümü	74



TABLolar DİZİNİ



Tablo

3.1. Zorlanmış Taşınım İçin Atmosfer Basıncındaki Havanın Sıcaklığı Bağlı Termofiziksel Özellikleri	27
3.2. Doğal Taşınım İçin Atmosfer Basıncındaki Havanın Sıcaklığı Bağlı Termofiziksel Özellikleri	36
5.1. Mahal Sıcaklıkları	50
5.2. Dış Duvar Elemanları	51
5.3. Dış Duvar Özellikleri	52
5.4. İç Duvar Elemanları	54
5.5. İç Duvarın Özellikleri	55
5.6. Beton Kiriş Elemanları	57
5.7. Beton Kirişin Özellikleri	58
5.8. Zemine Oturan Döşeme Elemanları	60
5.9. Zemine Oturan Döşemenin Özellikleri	61
5.10. Döşeme-Tavan Elemanları	62
5.11. Döşeme-Tavanın Özellikleri	63
5.12. Üstü Çatılı Tavan Elemanları	64
5.13. Üstü Çatılı Tavanın Özellikleri	65
5.14. Isı Kaybı Cetveli	66
5.15. Yapı Elemanlarının Isı İletim Katsayıları	69
5.16. Blokların Isı Kayıpları	70
5.17. Dış Duvar İçin Yapı Elemanlarının Özellikleri	72
5.18. İç Duvar Elemanlarının Özellikleri	73

1. GİRİŞ

Binalar dünyadaki enerji kaynaklarının tüketiminde büyük pay sahibidir. Dünyada binalardaki enerji tüketimi 30 yıl içinde (1960 ile 1990) üç kat artmıştır. Önümüzdeki 10 yılda enerji tüketiminin Avrupa'da %20 ila %40 artması beklenmektedir. Ayrıca bu artan enerji tüketimi, ülkelerin ekonomisini etkilemekte, ortaya çıkan gazlar sera etkisi yapmakta ve dünyanın ikliminde önemli bozukluklara sebep olmaktadır[1].

Ülkemizdeki enerji israfı, özellikle ısınma amaçlı enerji tüketiminde ciddi boyutlardadır. Türkiye'de tüketilen enerjinin önemli bir bölümü konutlarda ısıtma amacı ile kullanılmaktadır. Ülkemizde, batılı ülkelerle karşılaştırıldığında, kişi başına enerji tüketimi daha az olmasına karşın, ısınma amaçlı enerji tüketimi gerek kişi, gerek konut bazında bu ülkelerin çok üstündedir. Sadece ısınmadan oluşan kayıplar Türkiye bütçesinin %10'luk bir bölümüne sahiptir[23].

Isıtma alanında öngörülen teknik düzenler, çoğu zaman, insanların dış hava şartlarına karşı korunmasını sağlayan konut ya da iş mahallerinde, sağlıklı bir insan vücudunun fizyolojik ısı ihtiyaçlarına büyük ölçüde cevap veren bir iklim yaratma gayesini güder[14]. Bir konuttaki insan, sıcaklığı beden sıcaklığından ya da daha doğru ifade ile elbise yüzeyi sıcaklığından daha düşük olan bütün çevre yüzeylerine (pencere ve dış duvara doğru) zorunlu olarak ısıtım yolu ile ısı kaybederken, bir yandan da, daha yüksek sıcaklıktaki yüzeylerden (ısıtma yüzeyleri, ısıtıcılar) ısı alır[14]. Isıtıcılar ve doğrudan güneş ışığı haricindeki etkilerle söz konusu ısıtım etkileşimi ihmal edilebilecek düzeydedir. Öte yandan, ısıtma yüzeyleri, taşınım yolu ile yani mahal içindeki hava kitlesinin harekete geçmesi sureti ile gerçekleşen ısıtma etkisi ile civarlarındaki akışkana ısı aktarımında bulunur. Söz konusu bu taşınım etkisi, canlıların vücudunun ısı kaynağı gibi çalışması ile soğuk havalarda üşümeye neden olur[13].

İnsan vücudundaki ısı kayıpları

- a) Cilt yüzeyinden ve giysilerden mahal yüzey ve eşyalarının daha soğuk olan satırlarına doğru olan radyasyon (ışınım) etkisi ile[14],
- b) Cilt yüzeyinden ve giysilerden mahal havasına doğru oluşan kondüksiyon (iletim) ve konveksiyon (taşınım) etkisi ile[14],
- c) Cilt yüzeyi ve giysilerden duyulur ve gizli su buharı çıkışı (buharlaşıma) etkisi ile[14],
- d) Solunum yolu ile dışarı verilen sıcak ve hemen hemen neme doymuş durumda bulunan hava etkisi ile[14]

gerçekleşir.

Isıl konfor, insanın ortam içinde ürettiği ısı ile kaybettiği ısıнын dengesi sağlandığında gerçekleşmektedir. Konfor şartlarının en önemli parametresi olan konfor sıcaklığında insan kendini rahat hisseder. Bu sebeple bu sıcaklığın ortamda sağlanması gerekmektedir[2].

İç ortam ile dış ortam arasında sıcaklık farkı olması ısı transferinin binadan dışarıya ısı kaybı suretiyle gerçekleşmesine sebep olmaktadır[8]. Kış aylarında dış havanın içerdekinden soğuk olması oda yüzeyinden olan ısı kaybını artırmaktadır. Bu sebeple konforun sağlanabilmesi için, kaybolan ısıнын, sürekli olarak odaya verilmesi gerekmektedir[2].

Yüzey ısı aktarım katsayıları, her bina termal modelinin önemli bir parçasıdır. Ancak, yaygın olarak kullanılan termal modellerin hepsi, belirli yüzeyler için sabit ve belirli ısı taşınım katsayısını kullanmaktadır. Oysa dış ortam şartlarına ve geometri, sıcaklık dağılımı, hava akımı, yüzey pürüzlülüğü gibi diğer birçok etkiye bağlı olarak değişen bu katsayıların böylesine kaba bir yaklaşımla ele alınması bazı tasarımdan kaynaklanan verimsizliklere neden olmaktadır[4].

Odalarda hava akımlarının oluşması ısı transferini artırır. Pencereleden enfiltrasyon (sızıntı) odadan dışarıya olan ısı kaybının önemli sebeplerindendir. Ayrıca odanın kullanımına bağlı faktörler de (insanların odadaki pencereleri kullanma durumları, fan çalıştırmaları gibi) odadaki hava akımını etkileyerek ısı taşınım katsayısının doğrudan değişimine sebep olur[10].

Türkiye'deki binalarda ısı kaybının azaltılması, ısıtmaya ayrılan enerjiden tasarruf ve Avrupa standartlarına uyum amacı ile hazırlanmış olan Türk Standardı TS825 kullanılmaktadır. Binalarımızın da bu standarda uyması gerekmektedir[18,19,21]. Ancak bu standart en alt gerekliliği ortaya koyan ve kaba hesaplara ve kabullere dayalı bir yaklaşımla sağlanabilmektedir. Daha verimli konut ısıtması sistemleri tasarlamak için kapsamlı bir çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma, bu ihtiyaç üzerine yapılmıştır.

Bu çalışmada, binalardaki temel ısı kaybı faktörlerden biri olan ısı taşınım katsayısının, değişik rejimlerdeki akışkan davranışı göz önünde tutularak ve geliştirilen Gauss-Seidel iterasyonu yöntemi kullanılarak hesabı ele alınmıştır. Böylece bu katsayı her yapı elemanına ve dış akışa göre ayrıca hesaplanıp, yapının ısı kaybı hesaplanmasında kullanılmıştır. Sonuç olarak, ısı konforu sağlamak için gerekli enerji ihtiyacının daha doğru belirlenebilir olduğu da yapılan hesaplarla gösterilmiştir.

2.TANIMLAR

Oda yüzeyinden olan ısı kaybı üç şekilde olmaktadır.

1.İletim $Q=k.A.\Delta T$

2.Taşınım $Q=h.A.\Delta T$

3.Işınım $Q=6.A.(T_1^4-T_2^4)$

k = ısı iletim katsayısı (W/mK)

h = ısı taşınım katsayısı (W/m²K)

A = yüzey alanı (m²)

σ = Stefan-Boltzmann (W/m²K⁴)

İletim, bir maddenin enerjisi daha fazla olan moleküllerden yakındaki diğer moleküllere, moleküller arasındaki etkileşim sonucunda enerji geçişidir. İletim katı, sıvı veya gaz ortamlarda gerçekleşir[7]. Sıvılarda ve gazlarda iletim, moleküllerin rastgele hareketleri sırasında birbirleri ile çarpışmaları sonucunda oluşur. Katılarda ise moleküllerin sabit düzen içindeki titreşimleri ve serbest elektronların hareketleri sonucunda gerçekleşir[11]. Isı iletkenlik katsayısı duruma göre değişebilir örneğin, nem oranı ile arttığı deneysel çalışmalardan gözlenmiştir[22].

Taşınım, katı bir yüzeyde onun temas ettiği akışkan bir ortam arasında gerçekleşen ısı geçişidir.İletim ve akışkan hareketinin ortak sonucu olarak gerçekleşir. Akışkan hareketi daha hızlı olduğu zaman taşınım ısı geçişi de daha çoktur[11]. Akışkan eğer hareketsiz ise, bu durumda katı yüzeyle temas ettiği akışkan arasında sadece iletimle ısı geçişi olur. Akışkan hareketinin varlığı ısı geçişini arttıran bir etkidir. Aynı zamanda ısı geçişini zorlaştırır[5].

Taşınımın neden olan akış eğer pompa, fan, rüzgar veya benzeri bir zorlayıcı etkene bağlı ise taşınım zorlanmış taşınım diye adlandırılır. Taşınımın neden olan akış kaldırma kuvvetlerinin etkisiyle olmuşa, taşınım *doğal taşınım* diye adlandırılır[11].

Işınım, maddenin atom veya moleküllerinin elektron düzeninde olan değişimler sonucunda yayılan elektromanyetik dalgalar veya fotonlar aracılığı ile gerçekleşen enerji aktarımıdır. İletim ve taşınım dan farklı olarak, ışınlımla ısı geişı cisimler arasında boşluk olması durumunda da vardır. Işınım la ısı geişı ışık hızında gerçekleşir ve vakumda ışınlım akısında hiçbir azalma olmaz[11].

Isı geçici uygulamalarında söz konusu da olan, bir cismin belli bir sıcaklıkta olmasından dolayı yaydığı ısı ışınlımdır[7]. Işınım bir hacim olgusudur. Tüm katı sıvı ve gazlar ışınlımı belirli ölçülerde yayarlar[11].

Bugün pek çok binada ısıtma sistemlerinde ısıtılmış hava üflenmesi ile veya kalorifer petekleri ile ısıtılmaktadır[3]. Isıtma elemanlarının seçimi yerleştirilmesi odadaki hava hareketlerini etkileyecektir[13]. Odaya üflen en sıcak hava odada hava akımı oluşturmakta bu da duvar yüzeyinde olan ısı taşınım katsayısını etkilemektedir. Bu şekilde odada hava akımı oluşması ısı kaybını artıracaktır[12].

Kalorifer ile olan doğal ısıtmada oda içindeki hava akımı az olduğundan ısı taşınım katsayısı farklı etkilenecek ve ısı transferi daha az çıkacaktır[2].

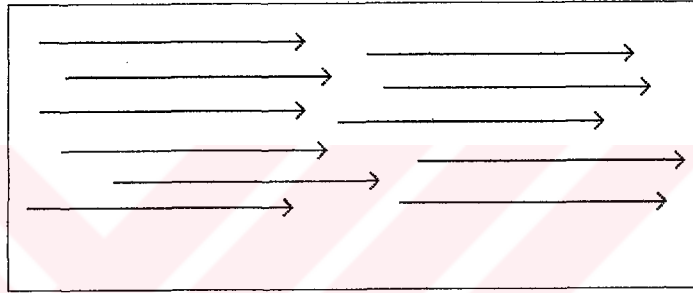
Odaya üflen en hava ile odada zorlanmış taşınım oluşmakta ve kalorifer ile yapılan ısıtmada oluşan ısı taşınım katsayısının zorlanmış taşınım da kullanılması büyük hatalara sebep olacaktır[9].

Isı taşınımı konusu, Newton soğuma kanunundaki ısı taşınım katsayısının belirlenmesini içerir [4].

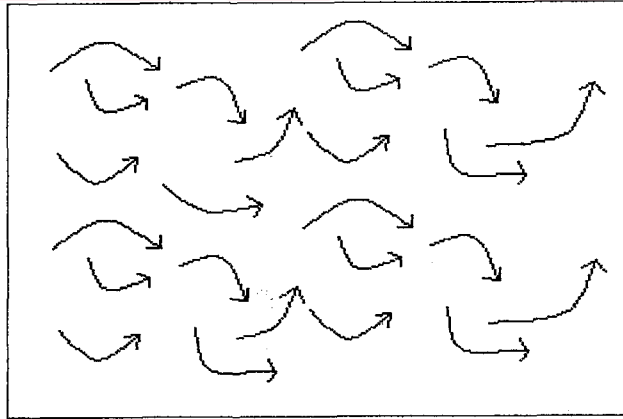
$$Q=hA(T_y-T_{\infty}) \quad (2.1)$$

Burada ısı taşınım katsayısı (h), akışkanın cinsine ,akış hareketinin türbölanslı veya laminer oluşuna, akışkanın hareketli olup olmadığına, yüzey ve akışkanın geometrik ilişkisine, ortamın termofiziksel ve ısı özelliklerine ve benzeri birçok etkene bağlıdır. Bu yüzden,ısı taşınım katsayısı bazı temel geometriler dışında deneysel olarak tespit edilir. Yüzey ile akışkan arasında meydana gelen ısı taşınım katsayısı, bazı geometrik durumlarda yüzeyin her noktasında aynı olamaya bilir. Isı geişı hesaplarında, tüm yüzey için geçerli olan ortalama ısı taşınım katsayısı

kullanılır. Isı taşınım katsayısına en büyük etkiyi akışkanın hareketi yapmaktadır. Sıcak bir levhanın üzerine soğuk hava üflendiğinde, levhanın daha çabuk soğuyacağı herkesçe bilinir. Levhaya çarpan hava molekülleri ısıyı alarak uzaklaştırmaktadır. Havanın üflenmesi ısı taşınım katsayısını arttırmıştır. Dolayısı ile hava hızlı aktıkça levhanın soğuması daha hızlı olmaktadır. Akış hareketi **laminer** ve **türbülanslı** olabilir. Laminer akışta (Şekil1.2) akış çizgileri hem düzgün hem de birbirine paraleldir. Bu tür akışa paralel akış denir. Türbülanslı akışta (Şekilde2.2 Görüldüğü Gibi) akış çizgileri paralel olmayıp sağa sola ilerlerken aşağı yukarıda hareket etmektedir. Bu tür akış karmaşık bir yapıya sahiptir ve akış çizgileri düzgün değildir[5,15,16].

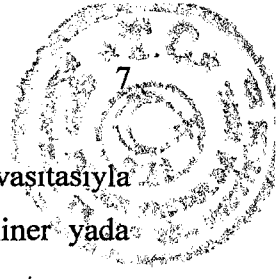


Şekil .2.1 Laminer Akış



Şekil.2.2 Türbülanslı Akış

Akış hareketi, akışa neden olan etkenlerden dolayı **zorlanmış taşınım** ve **doğal taşınım** olarak ikiye ayrılır.



a. Zorlanmış taşınım: Basınç farkından yada vantilatör veya pompa vasıtasıyla meydana gelen akışa zorlanmış taşınım. Zorlanmış taşınım laminar yada türbülanslı olabilir. Bu akıştaki ısı taşınımına da zorlanmış ısı taşınımı denir[5,15,16].

b. Doğal Taşınım: Akışkan içindeki sıcaklık farkının meydana getirdiği, yoğunluk farkından dolayı oluşan akışa doğal taşınım denir. Doğal taşınım da laminar yada türbülanslı olabilir. Bu akıştaki ısı taşınımına doğal ısı taşınımı denir[5,15,16].

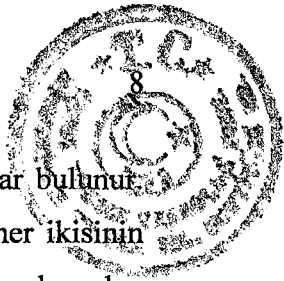
2.1.Çeşitli Isı Taşınım Katsayıları Hesaplama Yöntemleri

Isı taşınım katsayısının hesaplama yöntemleri genel olarak aşağıdaki gibidir.

1. Analitik Çözüm
2. Sayısal Çözüm
3. Grafik Çözüm
4. Benzeşim Yöntemi
5. Deneysel Çözüm
6. Boyut Analizi

Analitik çözümde süreklilik, momentum ve enerji sınır tabaka denklemleri matematiksel yollarla çözülerek sonuca gidilir. Fakat bu sınır tabaka denklemleri belirli geometriler için geçerlidir. Karmaşık geometriler için bu çözüm kolay değildir. Analitik çözümde elde edilen ifadeler bilinmeyen katsayılar ilave edilerek boyutsuz sayı gurupları elde edilir. Bilinmeyen katsayılarda deneylerle tespit edilerek bulunur[1,5].

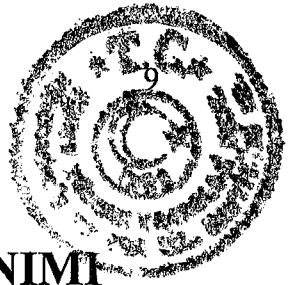
Benzeşim yada andırım metodunda ise, ısı geçişi olayı kütle, hidrolik veya elektrik olaylarının hangisine benziyorsa, o yolla çözüm benzerliği kurularak çözüme gidilir[1,5].



Deneysel çözümde baştan itibaren deney yapılarak gerekli katsayılar bulunur. Deney parçası gerçek boyutlarda yada model boyutlarda olabilir. Ama her ikisinin sonuçlarını genelleştirmek gerekir. Bunun içinde boyutsuz sayı guruplarından yararlanılır.

Grafik metodu basit algoritmalarla ve hesap makinesi ile yapılabilir. Bu metot sayısal ve deneysel metotlardan türemiştir[1].





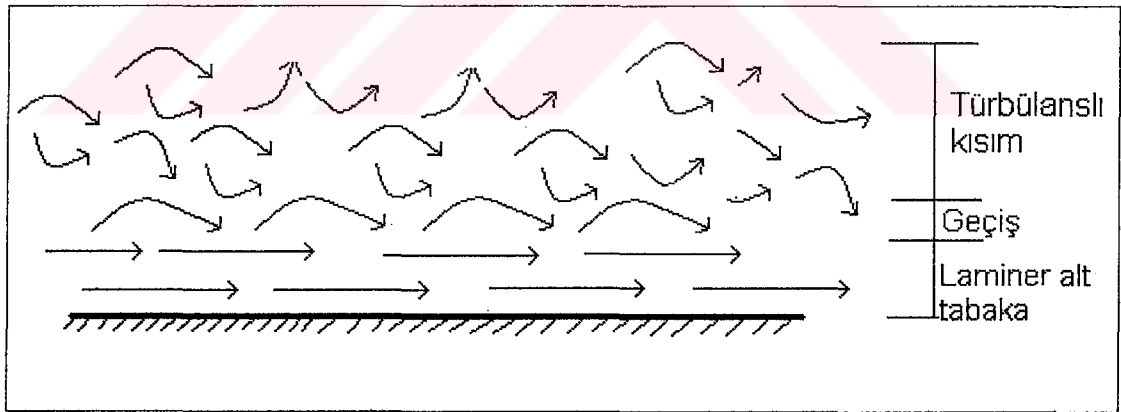
3.LEVHA ÜZERİNDEKİ AKIŞTA ISI TAŞINIMI

3.1.Zorlanmış Taşınım

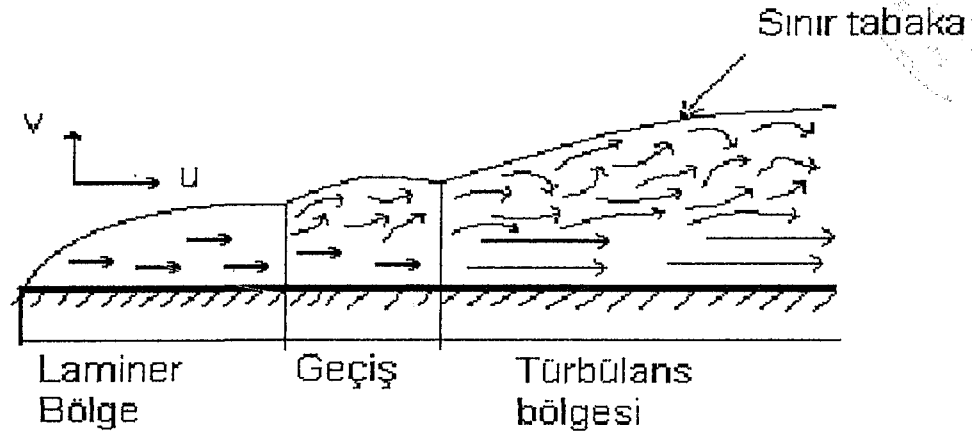
Basınç farkından meydana gelen akış zorlanmış taşınım diye adlandırılır[6,15].

3.1.1.Levha Üzerinde Sınır Tabaka

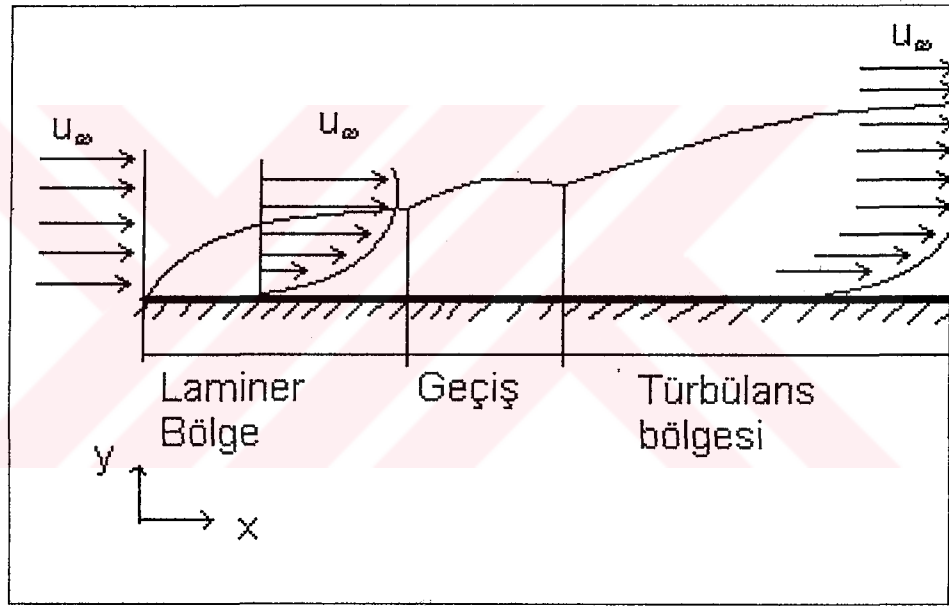
Zorlanmış akışta, levha üzerinde akışkan akarken yüzeye bitişik olan akışkan zerrelere, sürtünme kuvvetleri tarafından yavaşlatılır. Bu yüzden levha yüzeyindeki hızın sıfır olduğu kabul edilir. Duvar yüzeyindeki sıfır hızdan itibaren, akışa dik doğrultuda hızın sabit kaldığı yere kadar olan uzaklığa hız (hidrodinamik) sınır tabakası denir. Sınır tabaka içinde sürtünme kuvvetlerinin etkisi fazla, dışında azdır. Bu tabaka da Navier-Stokes denklemleri basitleşir ve çözüme elverişli hale gelir. Aşağıdaki şekilde levha üzerindeki akışta sınır tabakaların ne şekilde olacağı gösterilmiştir[6,15].



Şekil.3.1 Levha Üzerindeki Hava Akımı



Şekil .3.2 Levha Üzerindeki Akış Çizgileri



Şekil.3.3 Levha Üzerinde Zorlanmış Akışta Sınır Tabakalar ve Hız Profilleri

Şekil.3.1’de gösterilen, levha yüzeyine yakın olan akışkan zerrelerine, sürtünme kuvvetleri daha etkili olduğundan, akış çizgilerinin paralel olduğu laminer alt tabaka meydana gelir. Bunun üzerinde akış çizgilerinin yavaş yavaş paralellliğini kaybetmeye başladığı bir geçiş bölgesi oluşur. Bunun da üzerinde akış çizgilerinin gelişi güzel hareket ettiği türbülanslı akış meydana gelir. Şekil.3.2’de levhanın başlangıcından itibaren akış çizgileri verilmiştir. Başlangıçta akış laminerdir. Belirli bir x mesafesinden sonra, akış çizgileri paralellliğini kaybetmeye başlar. Bu bölgeye geçiş bölgesi denir ve kararsız bir bölgedir. Daha sonra türbülanslı bölge meydana

gelir. Laminer, geçiş ve türbülanslı bölgelerde yüzeyden itibaren akışa dik doğrultuda hızın sabit kaldığı noktalar birleştirildiğinde hız sınır tabaka eğrileri elde edilir. Bu eğrinin altındaki kalınlığa sınır tabaka kalınlığı denir. şekil.3.2’de laminer ve türbülanslı bölgelerde, hız profillerinin laminer alt sınır tabaka, geçiş bölgesinde ve türbülanslı bölgelerde ne şekilde değiştiği gösterilmiştir[5,16].

Duvar zerindeki akışta yerel **Reynolds** sayısı,

$$Re_x = \frac{u_x \cdot x}{\nu} = \frac{\rho u_x \cdot x}{\mu} \quad (3.1)$$

şeklinde hesaplanır. Burada; ρ yoğunluk, u_∞ ortalama hız, x karakteristik uzunluk μ dinamik viskozite ve ν kinematik viskozitedir. Karakteristik uzunluk, x , levhanın başlangıcından itibaren hangi uzaklıktaki Reynolds sayısı hesaplanmak isteniyor ise o uzaklıktır. Buna yerel Reynolds sayısı da denir ve levhanın başlangıcından sonuna kadar farklı değerlerdedir. Duvarın bitimindeki Reynolds sayısı (Re_L) $x=L$ konularak hesaplanır. Reynolds sayısı akışkanın laminer mi yoksa türbülanslı mı olduğunu belirtir. Laminerden türbülansa geçiş bölgesindeki Reynolds sayısına **Kritik Reynolds sayısı** denir. Duvar zerindeki akışta kritik Reynolds sayısı yüzey przlğne bağlı olarak $5 \cdot 10^5$ ile $3 \cdot 10^6$ aralığında değişir[5].

Genel olarak

$$Re_{kr} < 5 \cdot 10^5$$

İse akış laminer alınır.

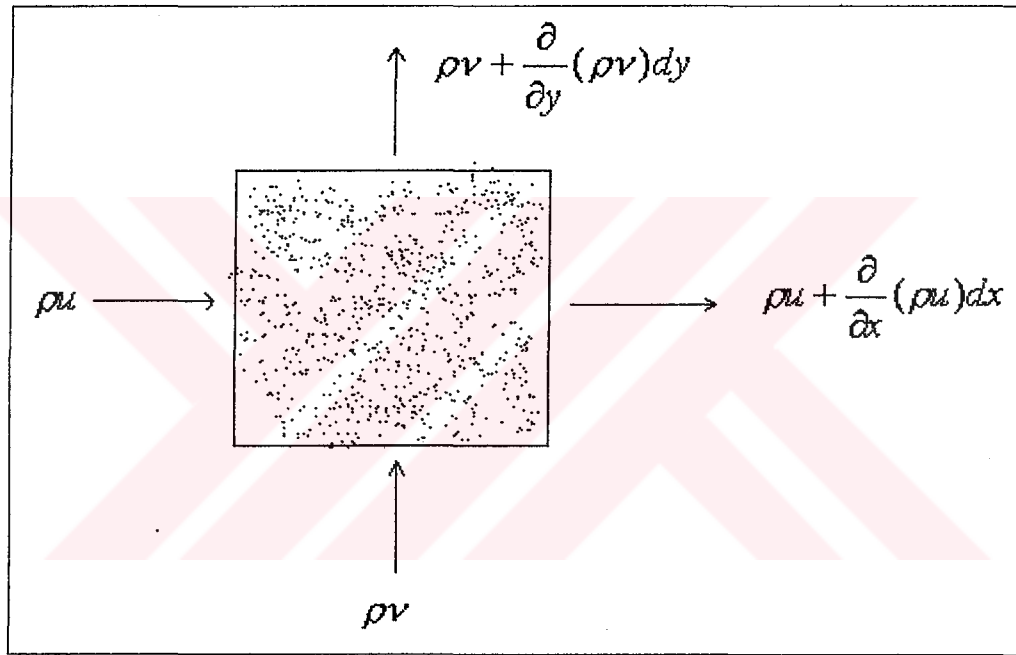
3.1.2.Süreklilik ve Momentum Denklemleri

şekil 3.4’de düz levha yüzeyinde laminer akış halinde alınan diferansiyel kontrol hacme, iki boyutlu olarak (pu) x yönünde, (pv) de y yönünde giren kütleler

ve çıkan kütleler verilmiştir. Yoğunluğun sabit olduğu sıkıştırılamayan akışkanlarda, kontrol hacim için süreklilik denklemi yada kütlenin korunumu denklemi[3]:

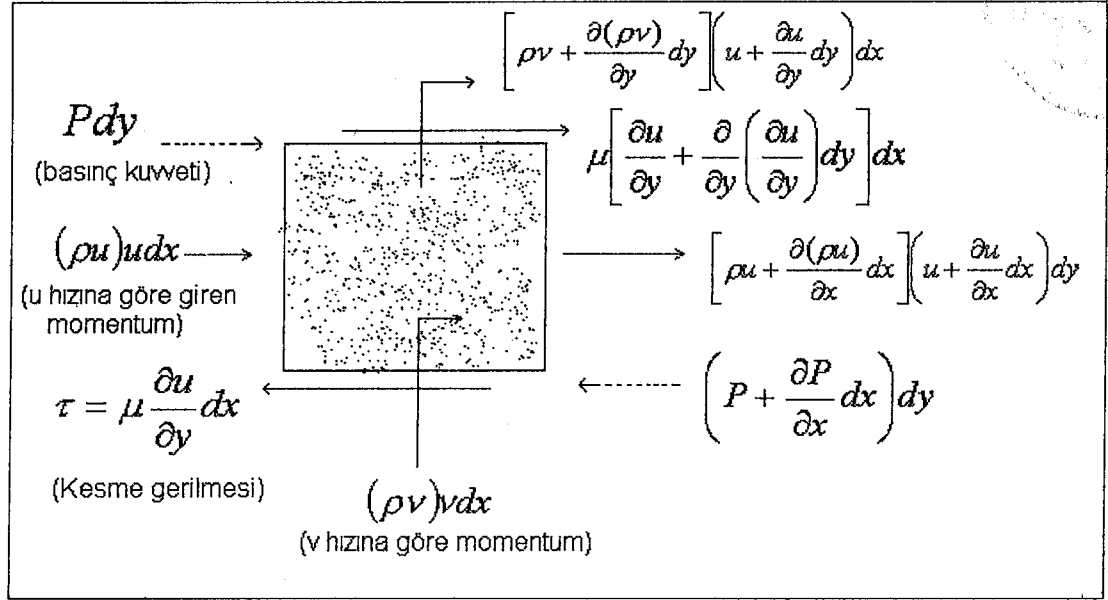
$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (3.2.)$$

şeklinde elde edilir.



Şekil.3.4 İki Boyutlu Akışta Diferansiyel Kontrol Hacminde Kütlenin Konumu

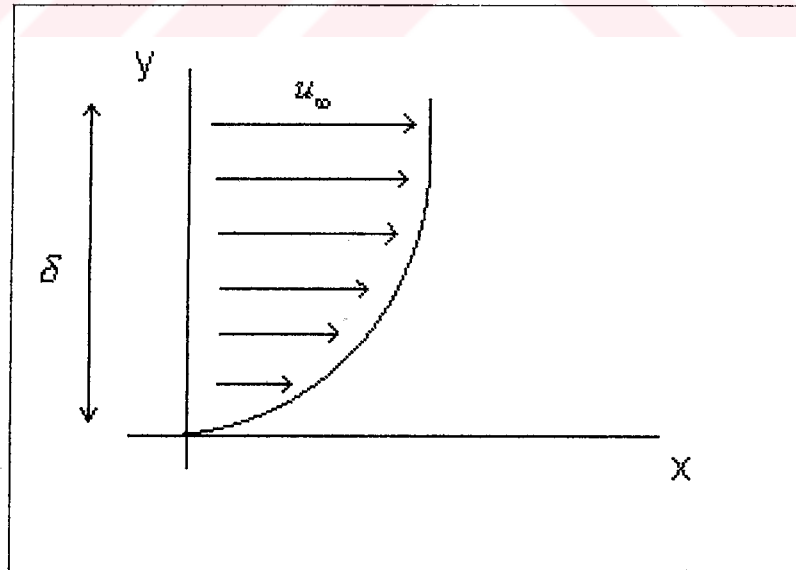
Şekil.3.5’de düz yüzeyde laminar akış halinde diferansiyel kontrol hacmi için iki boyutlu olarak giren ve çıkan momentumlar, basınç ve sürtünme kuvvetleri gösterilmiştir. Momentum değişimi dış kuvvetlerin toplamına eşit olacağından, u hızın x yönünde değişmediği, ρ ’nun sabit kaldığı (sıkıştırılamayan akışkan) ve rejim kabul edilirse, gerekli kısıtlamalar yapılarak momentum denklemi[3,5]:



Şekil.3.5 İki Boyutlu Akışta Diferansiyel Kontrol Hacminde Momentum Korunumu

3.1.3.Sınır Tabaka Kalınlıkları

Sınır tabaka kalınlığının görünümü. (Şekil 3.6)



Şekil.3.6 Sınır tabaka

Hız profilinin analitik ifadesi

$$U(y) = ay + by^2 + cy^3$$

(3.3.)

Şeklinde belirli olsun . a, b, c sabitlerinin tayini için bazı verilere ihtiyacımız vardır. Bu nedenle

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = F_x - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \nabla^2 u \quad (3.4)$$

Navier Stokes ifadesi hatırlanırsa yalnız düşey doğrultudaki ağırlık olduğundan $F_x=0$, stasyonier akım olduğundan $\frac{\partial u}{\partial t} = 0$ alınabilir. Hızın z bileşeni olmadığından $w = 0$, $\frac{\partial u}{\partial z} = 0$ alınabilir. u hızı sınır tabaka haricinde ve levha boyunca sabit olup $\frac{\partial p}{\partial x}$ sınır tabaka içinde çok küçük olup sıfıra eşit kabul edilebilir. Son durumda denklem

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\mu}{\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \quad (3.5.)$$

Şeklinde yazılabilir.

Yüzeyde $y = 0$, $v = 0$ olduğundan $\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$ çıkar. Bu duruma göre,

$$y = 0 \text{ için } u = 0$$

$$y = \delta \text{ için } u = u$$

$$x = 0 \text{ için } \delta = 0$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0 \quad \frac{\partial u}{\partial t} = 0$$

oldukları göz önüne alınırsa işlemlerin sonunda

$$b = 0, \quad a = \frac{3}{2} \frac{u_{\infty}}{\delta}, \quad c = -\frac{1}{2} \frac{u_{\infty}}{\delta^3}$$

$$\frac{u}{u_{\infty}} = \frac{3}{2} \frac{y}{\delta} - \frac{1}{2} \left(\frac{y}{\delta} \right)^3 \quad (3.6)$$

$$\left. \frac{du}{dy} \right|_{y=0} = \frac{3}{2} \frac{u_{\infty}}{\delta} \quad (3.7)$$

$$\begin{aligned} \rho u_{\infty}^2 \int_0^{\delta} \left(1 - \frac{u}{u_{\infty}} \right) \frac{u}{u_{\infty}} dy &= \rho u_{\infty}^2 \int_0^{\delta} \left[1 - \frac{3}{2} \frac{y}{\delta} + \frac{1}{2} \left(\frac{y}{\delta} \right)^3 \right] \left[\frac{3}{2} \frac{y}{\delta} - \frac{1}{2} \left(\frac{y}{\delta} \right)^3 \right] dy \\ &= \frac{39}{280} \rho u_{\infty}^2 \delta \end{aligned} \quad (3.8)$$

$$\frac{39}{280} \rho u_{\infty}^2 \frac{d\delta}{dx} = \frac{3}{2} \mu \frac{u_{\infty}}{\delta} \quad (3.9)$$

$$\delta d\delta = \frac{140}{13} \frac{\nu}{u_{\infty}} dx \quad (3.10)$$

$$\frac{\delta^2}{2} = \frac{140}{13} \frac{\nu}{u_{\infty}} x + A \quad (3.11)$$

İfadesi ile $x = 0$ için $\delta = 0$ olduğunda $A=0$ ve

3.1.4.Laminer Akış Durumunda Sınır Tabaka

Laminer akışta sınır tabaka denklemi,

$$\frac{\delta_l}{x} \approx \frac{5.x}{\sqrt{Re_x}} \quad (3.12)$$

Elde edilir.

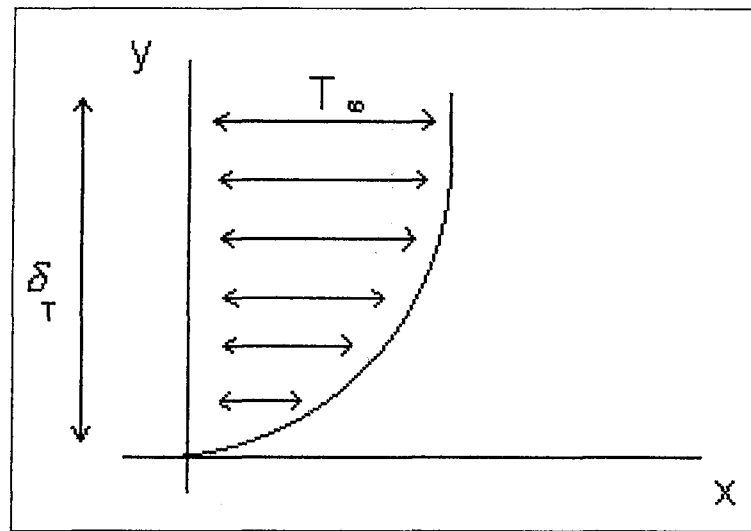
3.1.5.Türbülanslı Akışta Sınır Tabaka

$$\frac{\delta_t}{x} = \frac{0,384}{Re^{1/5}} \quad (3.13)$$

Elde edilir[5,7,16].

3.1.6.Isıl Sınır Tabaka

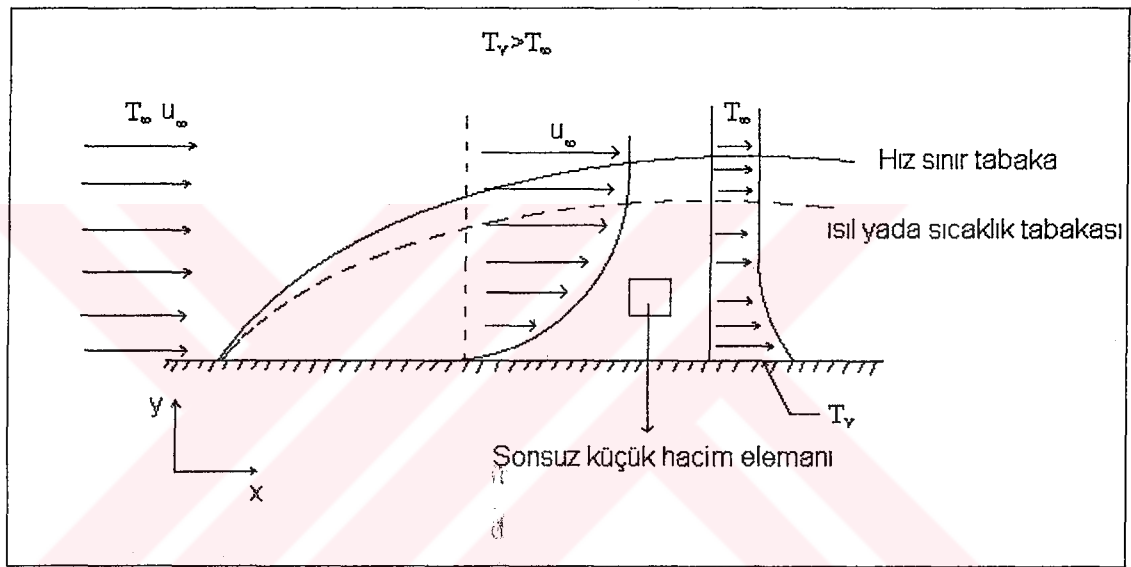
Isıl sınır tabaka kalınlığı Şekil.3.7’de gösterilmektedir.



Şekil.3.7 Isıl Sınır Tabaka

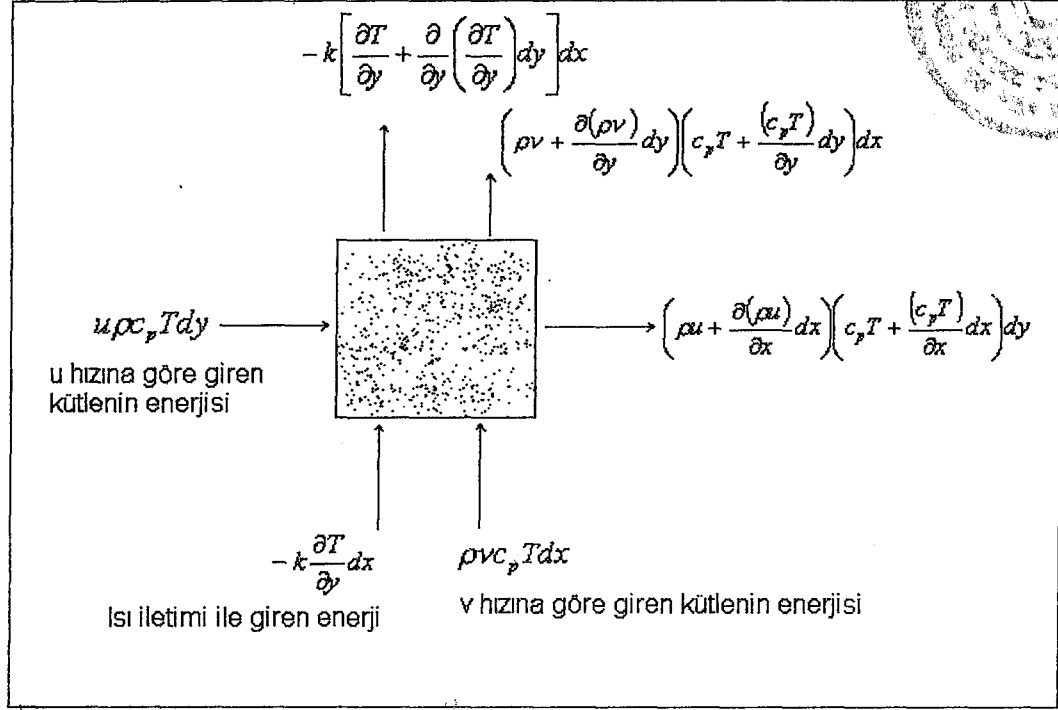


Yüzey sıcaklığı T_y olan levha üzerinden T_∞ sıcaklığında bir akışkanın akması $T_y > T_\infty$ olması halinde, akışkan içinde yüzeyden itibaren y yönünde, sıcaklığı T_y sıcaklığından T_∞ kadar değişen bir akışkan bölgesi oluşur. Bu bölgeye ısıl sınır tabaka denir. Isıl sınır tabakanın dışındaki akışkan sıcaklığı T_∞ değerinde sabittir. Isıl sınır tabaka içindeki akışkan sıcaklığı (T), $T_y > T > T_\infty$ aralığında değişir. Isı geçişi, sıcaklığın değiştiği ısıl sınır tabaka içinde gerçekleşmektedir. Bu yüzden ısıl sınır tabakanın bilinmesi, ısı taşınımı için önemlidir. Duvar üzerindeki akışta hız ve sınır tabakaların ($T_y > T_\infty$) ne şekilde olacağı gösterilmektedir[7,15].



Şekil 3.8 Levha Üzerinde Akışta Hız ve Sınır Tabakalar

Şekil.3.9'da iki boyutlu ısıl sınır tabaka içersinde ele alınan diferansiyel elemanda ,giren,çıkan ve üretilen enerjiler gösterilmiştir.



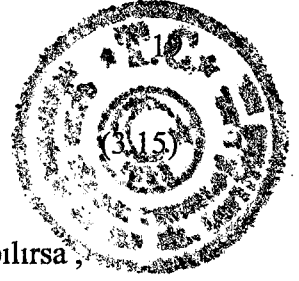
Şekil.3.9 İki Boyutlu Akışta Diferansiyel Kontrol Hacminde Enerjinin Korunumu

Termodinamiğin 1. kanununa göre enerji dengesi yazılırsa ve gerekli kısaltmalar yapılırsa ve gerekli kısaltmalar yapılırsa genel enerji denklemi, biçiminde elde edilir. Burada q herhangi bir şekilde cisim içinde üretilen enerjidir. Çözüm kolaylığı açısından ikinci mertebeden terimler ihmal edilirse ve ısı üretimi olmaması halinde, enerji denklemi aşağıdaki hale gelir[5,7].

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{k}{\rho c_p} \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \quad (3.14)$$

3.1.7. Isıl Sınır Tabaka Kalınlığı

Akışkan sıcaklığının yüzey sıcaklığından büyük olması durumunda levha üzerindeki akış için sıcaklık dağılımı ve ısı (sıcaklık) sınır tabaka kalınlığı şekil 3.10 de gösterilmiştir. Isıl sınır tabaka kalınlığı δ_T , sıcaklık fonksiyonu 3. dereceden[7],



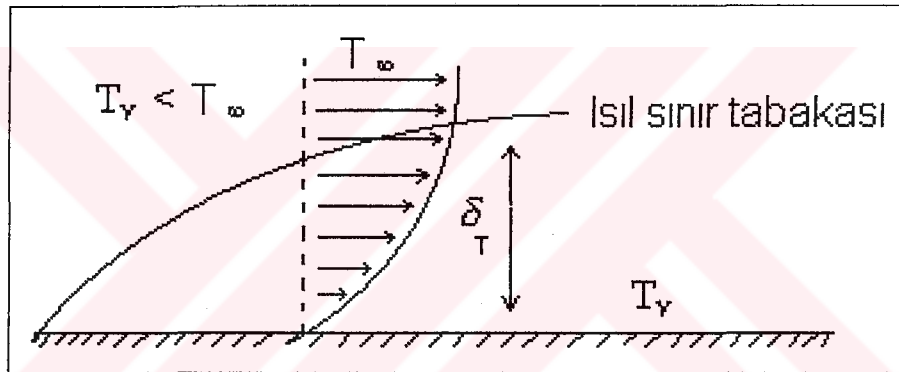
$$T = a + by + cy^2 + dy^3$$

şeklinde seçilirse ve sınır tabaka denklemlerine uygulanarak çözüm yapılırsa ,

$$Pr = \frac{\gamma}{\alpha} \quad (3.16)$$

$$\frac{\delta_T}{\delta} = \frac{0,977}{Pr^{1/3}} \quad (3.17)$$

bulunur. Bu bağıntıda δ_T ısı sınır tabaka kalınlığı, δ hız (hidrodinamik) sınır tabaka kalınlığı ve Pr Prandtl sayısıdır. Prandtl sayısı, kinematik viskozitenin ısı yalıtım oranıdır[5].



Şekil.3.10 Duvar Üzerindeki Akışta Isıl Sınır Tabaka

3.1.8.Boyutsuzlaştırma

Sınır tabaka denklemlerinde boyutsuz sayı grupları kullanılarak çözüme gidilmesi ve sonuçta boyutlu hale dönüştürülmesi, problemlerin çözümünde kolaylık sağlamaktadır. Bu yüzden sınır tabaka denklemleri önce boyutsuzlaştırılır daha sonra çözüm yoluna gidilir. Boyutsuzlaştırmak için aşağıdaki gibi boyutsuz değişkenler kullanılır[7].

$$x^* \equiv \frac{x}{L} \quad y^* \equiv \frac{y}{L} \quad u^* \equiv \frac{u}{u_\infty} \quad v^* \equiv \frac{v}{u_\infty} \quad T^* \equiv \frac{T - T_y}{T_\infty - T_y}$$

Bu değişkenler sınır tabaka denklemlerinde değişken dönüşümü yapılarak aşağıdaki;

boyutsuz süreklilik denklemi $\frac{\partial u^*}{\partial x^*} + \frac{\partial v^*}{\partial y^*} = 0$ (3.18)

Boyutsuz Momentum denklemi $u^* \frac{\partial u^*}{\partial x^*} + v^* \frac{\partial u^*}{\partial y^*} = \frac{1}{Re_L} \frac{\partial^2 u^*}{\partial y^{*2}}$ (3.19)

Boyutsuz enerji denklemi $u^* \frac{\partial T^*}{\partial x^*} + v^* \frac{\partial T^*}{\partial y^*} = \frac{1}{Re_L Pr} \frac{\partial^2 T^*}{\partial x^{*2}}$ (3.20)

$$Re = \frac{u_\infty L}{\gamma} \quad Pr = \frac{\gamma}{\alpha}$$

γ = Kinematik viskozite

α = Isı yayılma oranı

3.1.9.Sınır Tabaka Denklemlerinin Çözüm Fonksiyonları

Burada sınır tabaka denklemlerinin detaylı çözümlerinin verilmesine gerek görülmemiştir. Sadece çözüm sonuçları üzerinde duruldu[1].

$$u^* = f_1(x^*, y^*, Re_L)$$

Şeklinde bir fonksiyonu $y^* = 0$ için

$$\left. \frac{\partial u^*}{\partial y^*} \right|_{y^*=0} = f_2(x^*, Re_L) \quad (3.21)$$

fonskiyonu elde edilir. Boyutsuz sıcaklığın,

$$T^* = f_3(x^*, y^*, Re_L, Pr)$$

Şeklinde bir boyutsuz bir sayı grubu olduğu bulunur.

3.1.10.Duvar Üzerinde Laminer Akışta Isı Taşınımı

Isı geçişi için boyutsuz sınır tabaka denklemlerinin $y^*=0$ için çözümü yapılırsa,

$$\left. \frac{\partial T^*}{\partial y^*} \right|_{y^*=0} = \frac{L}{T_\infty - T_y} \left. \frac{\partial T}{\partial y} \right|_{y=0} \quad (3.22)$$

elde edilir. Diğer taraftan yüzeyde akışkanın yüzeyden iletim ile aldığı ısı miktarı, taşınım yolu ile olan ısı geçişine eşit olacağından,

$$q_{y=0} = -k \left. \frac{\partial T}{\partial y} \right|_{y=0} = h(T_y - T_\infty) \quad (3.23.)$$

bağıntısı yazılabilir. Bu denklemlerden

$$\left. \frac{\partial T^*}{\partial y^*} \right|_{y^*=0} = \frac{L}{T_\infty - T_y} \frac{h(T_\infty - T_y)}{k} = \frac{hL}{k} \quad (3.24)$$

biçiminde bir bağıntı elde edilir. Bu bağıntıdaki son terim boyutsuz bir sayı gurubudur. Bu boyutsuz sayıya **Nusselt Sayısı** denir. Nu olarak gösterilir[6,5].

$$Nu = \frac{hL}{k} \quad (3.25)$$

Bu bağıntıda, h ısı taşınım katsayısı, L karakteristik uzunluk ve k akışkanın ısı iletim katsayısıdır. Nusselt sayısı Reynolds ve Prandtl sayılarının bir fonksiyonudur[6].

$$Nu = f(Re_L, Pr)$$

Enerji denkleminin çözümüne devam edilirse, sabit yüzey sıcaklığı için, levhanın başlangıcından itibaren x uzaklığındaki Nusselt sayısı için,

$$Nu_x = 0,332 Re_x^{1/2} Pr^{1/3} \quad (3.26)$$

bağıntısı bulunur. Bu bağıntıda Nu_x yerel Nusselt sayısı, Re_x yerel Reynolds sayısı adını alır. Çünkü sadece x uzaklığındaki noktada geçerlidir, x uzaklığı değiştikçe bu sayılar değişir.

Nu_x ve Re_x sayıları da,

$$Nu_x = \frac{h_x x}{k} \quad (3.27)$$

$$Re_x = \frac{u_\infty x}{\nu} \quad (3.28)$$

bağıntılarına eşittir. Isı taşınım katsayısı h_{cnx} , x uzaklığındaki ısı taşınım katsayısı olup yerel ısı taşınım katsayısı adını alır. Isı geçişi problemlerinde genelde yerel ısı taşınım katsayısı yerine, tüm yüzey için geçerli olabilen ortalama ısı taşınım katsayısı kullanılır. Ortalama ısı taşınım katsayısı için[6].

$$h_{cn} = \bar{h} = \frac{\int_0^L h_x dx}{\int_0^L dx} \quad (3.29)$$

$$Nu_x = \frac{h_x x}{k} = 0,332 Re_x^{1/2} Pr^{1/3} = 0,332 \sqrt{x} \sqrt{\frac{u}{\nu}} Pr^{1/3} \quad (3.30)$$

$$h_{cnx} = \frac{k \cdot 0,332 \sqrt{\frac{u}{\nu}} \text{Pr}^{1/3}}{\sqrt{x}} = \frac{A}{\sqrt{x}} \quad (3.31)$$

$$h_{cn} = \frac{\int \frac{A}{\sqrt{x}} dx}{\int dx} = \frac{2A\sqrt{x}}{x} = 2 \frac{A}{\sqrt{x}} = 2h_x \quad (3.32)$$

$$h_{cn} = \bar{h} = 2h_x \quad (3.33)$$

bulunur. Denklem (3.26) iki ile çarpılırsa ortalama Nusselt sayısı ve oradan da ısı taşınım katsayısı bulunur. Sabit yüzey sıcaklığı için geçerli ortalama Nusselt sayısı,

$$\bar{Nu} = 0,664 \text{Re}^{1/2} \text{Pr}^{1/3} \quad (3.34)$$

olur. Burada $\text{Re} = u L / \gamma$ şeklinde hesaplanmalıdır. Bu bağıntıdaki fiziksel özellikler film (T_f) sıcaklığına göre alınmalıdır. Film sıcaklığı,

$$Nu_x = 0,453 \text{Re}_x^{1/2} \text{Pr}^{1/3} \quad (3.35)$$

bağıntısı bulunur. Ortalama Nusselt sayısı da,

$$\bar{Nu}_L = \frac{hL}{k} = 0,906 \text{Re}_L^{1/2} \text{Pr}^{1/3} \quad (3.36)$$

olur. Teorik analiz sonucu bulunan denklem (3.34), Prandtl sayısının $0,6 < \text{Pr} < 50$ değerleri arasında deneysel sonuçlarla uyum içindedir. Bunun dışındaki Prandtl sayılarında bu bağıntı geçerli değildir. Duvar üzerindeki laminar akışta Re_L , $\text{Pr} > 100$ değeri ve sabit yüzey sıcaklığı için,

$$\overline{Nu}_L = \frac{0,677 Re_L^{1/2} Pr^{1/3}}{\left[1 + (0,0468/Pr)^{2/3}\right]^{1/4}} \quad (3.37)$$

bağıntısını vermişlerdir. Aynı şekilde levha üzerinde laminar akışta Prandtl sayısının geniş aralığında sabit ısı akısı içinde,

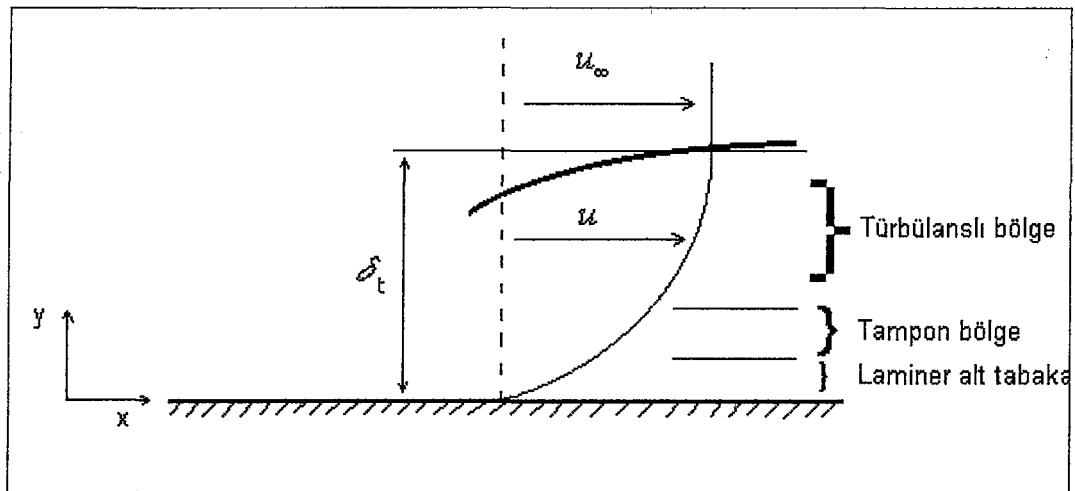
$$\overline{Nu}_L = \frac{0,677 Re_L^{1/2} Pr^{1/3}}{\left[1 + (0,02052/Pr)^{2/3}\right]^{1/4}} \quad (3.38)$$

bağıntısını vermiştir[5].

3.1.11. Levha Üzerindeki Türbülanslı Akışta Isı Taşınımı

Türbülans bölgesi laminar alt tabaka, tampon bölge ve türbülanslı kısımdan oluşmaktadır. Şekil 3.11 laminar alt tabakada hız dağılımı doğrusal kabul edilebilir. Bunun üzerindeki hız dağılımı için Prandtl,

$$\frac{u}{u_\infty} = \left(\frac{y}{\delta}\right)^{1/7} \quad (3.39)$$



Şekil 3.11 Levha Üzerinde Türbülanslı Akışta Sınır Tabakalar

bağıntısını vermiştir. Entegral momentum denkleminde hareket edilerek türbülanslı akış halinde hız sınır tabaka kalınlığı (δ_t),

$$\frac{\delta_t}{x} = \frac{0,376}{\text{Re}_x^{1/5}} \quad (3.40)$$

ve laminar alt tabaka kalınlığı (δ_0),

$$\delta_0 = 194 \frac{\delta_t}{\text{Re}_x^{0,7}} \quad (3.41)$$

şeklinde bulunur. Hız ve sınır tabaka kalınlıklarını kullanarak ısı taşınımı için,

$$St_x = \frac{0,0296 \cdot \text{Re}_x^{-1/5}}{1 + 1,3 \text{Pr}^{-1/6} \text{Re}_x^{-1/10} (\text{Pr} - 1)} \quad (3.42)$$

bağıntısı bulunmuştur. Bu bağıntıda St_x , yerel **Stanton Sayısı** olup,

$$St_x = \frac{Nu_x}{\text{Re}_x \text{Pr}} = \frac{h_{cnx}}{\rho u_\infty c_p} \quad (3.43)$$

ifadesinden hesaplanır[7]. Levha girişinden itibaren sistemin türbülanslı olduğu kabul edilirse ve levha boyunca entegrali alınarak ortalama Nusselt sayısı,

$$\overline{Nu}_L = 0,037 Re_L^{0,8} Pr^{1/3} \quad (3.44)$$

ve yerel Nusselt sayısı için,

$$Nu_x = 0,0296 Re_x^{4/5} Pr^{1/3} \quad (3.45)$$

bağıntıları bulunur. Levha girişinden belirli bir mesafeye kadar laminar daha sonra türbülanslı akışta Reynolds sayısının $5 \cdot 10^5 < Re_L \leq 10^8$ değerlerinde, $0,6 < Pr < 60$ aralığında ve $Re_{kr} = 5 \cdot 10^5$ için ortalama Nusselt sayısı için,

$$\overline{Nu}_L = (0,037 Re_L^{4/5} - 871) Pr^{1/3} \quad (3.46)$$

bağıntısı geçerlidir. Levha üzerinde türbülanslı akışta sabit ısı akısı halinde ortalama Nusselt sayısı için,

$$\overline{Nu}_L = 0,0616 Re_L^{0,8} Pr^{1/3} \quad (3.47)$$

bağıntısı verilmiştir[5].

Aşağıda 20°C sıcaklıkta atmosferik basınçta düzlem bir levhada u_∞ hızında, hava akması halinde basitleştirilmiş bağıntılar verilmiştir.

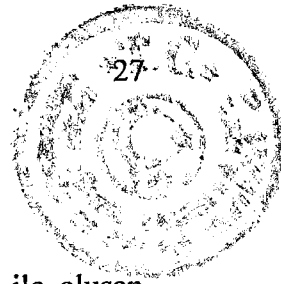
$$u_\infty \leq 5 \text{ m/s} \rightarrow \text{Pürüzsüz yüzeyde} \quad h_{cn} = 5,58 + 3,95 u_\infty \quad (3.48)$$

$$\text{Pürüzlü yüzeyde} \quad h_{cn} = 1,16 + 4,19 u_\infty \quad (3.49)$$

$$u_\infty > 5 \text{ m/s} \rightarrow \text{Pürüzsüz yüzeyde} \quad h_{cn} = 7,21 u_\infty \quad (3.50)$$

$$\text{Pürüzlü yüzeyde} \quad h_{cn} = 7,52 u_\infty \quad (3.51)$$

Bu bağıntılarda h (W/m²K) ve u_∞ (m/s) birimlerindedir[5,7,15,16].

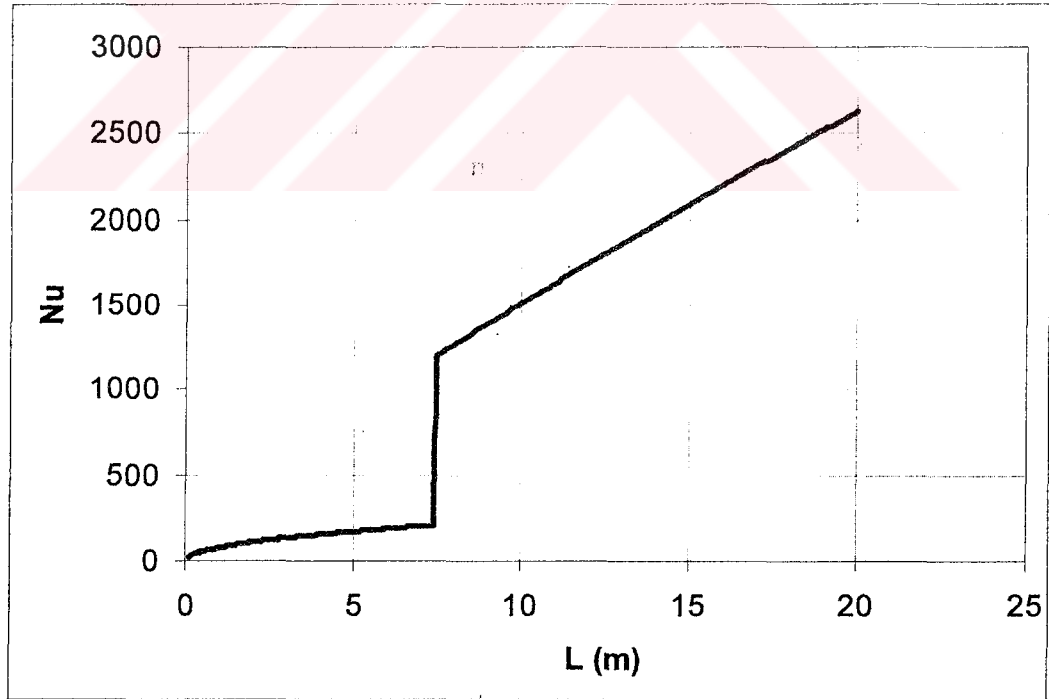


3.1.12.Sayısal Örnek

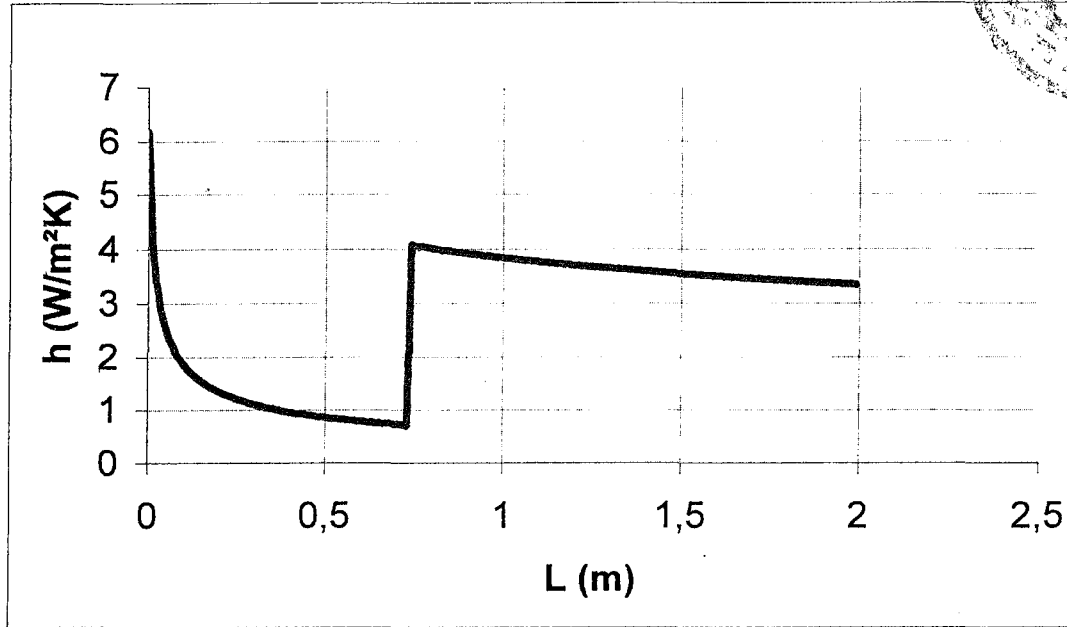
Aşağıda belli bir hızdaki havanın yatay levha üzerinden geçmesi ile oluşan zorlanmış taşınımında Nu ve h (W/m^2K) L (levha boyu) ile değişimi gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Zorlanmış Taşınım için atmosfer basıncındaki havanın sıcaklığa bağlı termofiziksel özellikleri

HAVA		LEVHA		FİLM SICAKLIĞI İÇİN	
d (Kg/m^3)	1,180064	T ($^{\circ}C$)	10	T_f ($^{\circ}C$)	16,5
γ (m^2/s)	0,000015534	En (m)	1	ρ (Kg/m^3)	1,210393
K (W/mK)	0,02598	Boy (m)	20	γ (m^2/s)	1,4955E-05
C_p (Wh/KgK)	0,2797			C_p (Wh/KgK)	0,2796
u (m/s)	1			K (W/mK)	0,02546
T ($^{\circ}C$)	23				



Şekil 3.12 Nu Sayısının L (Levha Boyu) İle Değişimi



Şekil .3.13 h (Isı Taşınım Katsayısı)'ın L Boyuna Bağlı Olarak Değişimi

3.2.Doğal Isı Taşınımı

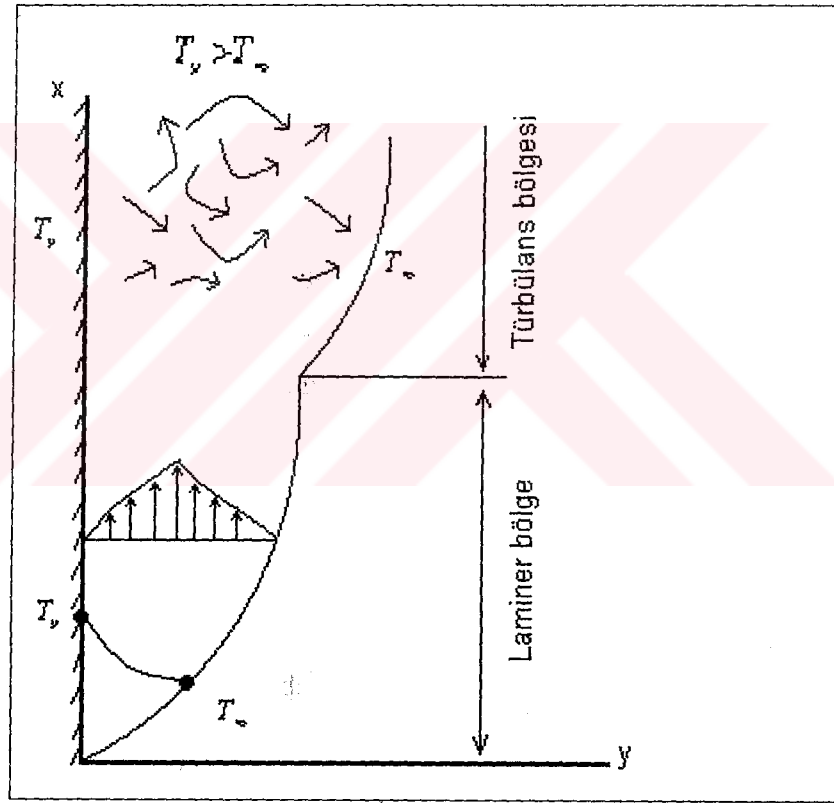
Bir akışkan, farklı sıcaklıktaki bir yüzey ile temasa geçtiğinde, akışkan içinde sıcaklık farkları meydana gelir[15]. Sıcaklığı fazla olan akışkan zerreleri, yoğunluğu azaldığından yukarıya doğru, sıcaklıkları az olan akışkan zerreleri ise yoğunluğu arttığından, aşağıya doğru hareket etmeye başlar. Akışkan içindeki sıcaklık farklarının sonucu olarak, akışkanın yoğunluğundaki değişimin meydana getirdiği bu harekete **Doğal Taşınım** denir. Doğal taşınım sonucu meydana gelen ısı taşınımına da **Doğal Isı Taşınımı** denir[5]. Doğal ısı taşınımına en güzel örnek, konutların ısıtılmasında kullanılan radyatörlerdir. Yukarıya yükselen hava moleküllerinin yerine daha soğuk hava molekülleri gelerek, oda içinde doğal taşınım hareketi oluşur. Radyatörler, doğal ısı taşınımının yanında, ışınlama da ısıtma yapar[4].

3.2.1.Düşey Bir Yüzeyde Doğal Isı Taşınımı

Bir levha, sıcaklığı kendi sıcaklığından farklı bir akışkan içinde bulunuyorsa, ısı geçişinden dolayı levhaya dik doğrultuda sıcaklık basamağı oluşur. Bu sıcaklık basamağı yoğunluk farkına, buda doğal taşınımına neden olur[16]. Doğal taşınım da

zorlanmış taşınımında olduğu gibi, yüzeyle akışkan arasında sınır tabakalar oluşur. Sınır tabakalar, yüzey sıcaklığının akışkan sıcaklığından büyük olması halinde şekil (3.14)'de gösterildiği gibi gerçekleşir. Eğer düşey bir levhada yüzey sıcaklığı akışkan sıcaklığından büyük ise ($T_y > T_\infty$) taşınım hareketi yukarıya doğru, eğer yüzey sıcaklığı akışkan sıcaklığından küçük ise ($T_y < T_\infty$) taşınım hareketi aşağıya doğru olur. Doğal taşınım hareketi de zorlanmış hareket gibi laminer ve türbülanslı olabilir[6]. Sabit yüzey sıcaklığında, akışkanın sıkıştırılmaz olması halinde, doğal ısı taşınımı için boyut analizi yapılır ise,

$$Nu = A(Gr Pr)^B \quad (3.52)$$



Şekil.3.14 Düşey Levhadaki Doğal Taşınımındaki Sınır Tabakalar ($T_y > T_\infty$)

Şeklinde bağıntı elde edilir. Bu bağıntıda zorlanmış ısı taşınımındaki Reynolds sayısı yerine Grashof Sayısı (Gr) gelmiştir. Grashof Sayısı akışkandaki doğal kaldırma kuvvetinin viskoz kuvvete oranı olarak tanımlanır[15]. Düşey levhada Grashof Sayısı Gr_L ,

$$Gr_L = \frac{g\beta(T_y - T_\infty)L^3}{\gamma^2} \quad (3.53)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Burada; Gr_L Grashof Sayısı, T_y yüzey sıcaklığı, T_∞ akışkan ortalama sıcaklığı, γ kinematik viskozite, g yer çekimi ivmesi, β hacimsel genişleme katsayısı ve L levhanın yüksekliğidir. Hacimsel genişleme katsayısı,

$$\beta = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial T} \right)_p \quad (3.54)$$

şeklinde hesaplanabileceği gibi bazı akışkanlar için termodinamik tablolarında verilmiştir.

İdeal gazlar için $\rho = P / RT$ olduğundan hacimsel genişleme katsayısı,

$$\beta = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial T} \right) = \frac{1}{\rho} \frac{P}{RT^2} = \frac{1}{T} \quad (3.55)$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} \quad (3.56)$$

$$T_f = \frac{T_y + T_\infty}{2} \quad (3.57)$$

şeklinde hesaplanır, birimi K^{-1} dir. Burada T_f film sıcaklığı olup Kelvin (K) cinsinden alınmalıdır. Yerel Grashof sayısı için, L yerine istenilen yükseklikteki uzunluk (x) konularak aşağıdaki gibi hesaplanır[5].

$$Gr_x = \frac{g\beta(T_y - T_\infty)x^3}{\gamma^2} \quad (3.58)$$

Burada karakteristik uzunluk x başlangıçtan olan uzaklıktır. Doğal ısı taşınımının da ortalama ısı taşınım katsayısı (h_c);

$$\bar{h}_c = \frac{1}{L} \int_0^L h_x dx \quad (3.59)$$

entegrali ile bulunabilir. Matematiksel işlemler yapıldığında ortalama Nusselt Sayısı,

$$\bar{Nu}_L = \frac{\bar{h}_c L}{k} = \frac{4}{3} Nu_L \quad (3.60)$$

şeklinde bulunur[4,5,7].

3.2.2. Düşey Levhada Laminer Doğal Isı Taşınımı

Doğal taşınım da laminardan türbülansa geçiş $10^8 < Gr_L < 10^9$ aralığındadır. $Gr < 10^8$ ise laminar doğal taşınım, $Gr > 10^9$ ise türbülanslı doğal taşınım olur[5]. Doğal taşınım için sınır tabaka denklemleri çözülerek sabit yüzey sıcaklığında, düşey levha boyunca sıkıştırılamayan akışkanlarda, ortalama Nusselt Sayısı için,

$$\bar{Nu}_L = 0,677 Pr^{1/2} (0,952 + Pr)^{-1/4} Gr_L^{1/4} \quad (3.61)$$

bağıntısı bulunur. Gr_L levhaların boyuna göre hesaplanan Grashof sayısıdır. Akışkanın hava olması halinde $Pr=0,714$ konularak aşağıdaki bağıntı bulunur[5].

$$\bar{Nu}_L = 0,504 Gr_L^{1/4} \quad (3.62)$$

3.2.3.Düşey Levhada Türbülanslı Doğal Isı Taşınımı

Sabit yüzey sıcaklığında türbülanslı doğal ısı taşınımı için entegral denklemi kullanılarak, levha ucundan itibaren türbülansın başladığı kabul edilerek çözüm yapıldığında, ortalama Nusselt sayısı aşağıdaki gibi elde edilir[15].

$$\bar{Nu}_L = 0,0264Gr^{2/5} Pr^{7/15} [1 + 0,494 Pr^{2/3}]^{-2/5} \quad (3.63)$$

3.2.4.Düşey Levhada Deneysel Bağlantılar

Doğal taşınım da laminlerden türbülanslı akışa geçiş için diğer bir kıstasta

$$Ra_L = Gr_L Pr = \frac{g\beta(T_y - T_\infty)L^3}{\gamma\alpha} \quad (3.64)$$

şeklinde tanımlanan Rayleigh Sayısıdır[16]. Buna göre laminler akıştan türbülanslı akışa geçiş bölgesi $4 \cdot 10^8 < Ra_{kr} < 6 \cdot 10^{10}$ aralığındadır. Düşey levhada doğal ısı taşınımı için sabit yüzey sıcaklığında hata payı daha az olan bir bağlantı Churchill ve Chu tarafından.

$10^{-1} < Ra_L < 10^{12}$ aralığı için;

$$\bar{Nu}_L = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 Ra_L^{1/6}}{[1 + (0,492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2 \quad (3.65)$$

şeklinde verilmiştir[5]. Sadece laminler bölge için ise $0 < Ra_L < 10^9$ aralığında;

$$\bar{Nu}_L = 0,68 + \frac{0,670 Ra_L^{1/6}}{[1 + (0,492/Pr)^{9/16}]^{4/9}} \quad (3.66)$$

bağlantısı verilmiştirlerdir. Denklem (3.66) sabit ısı akısı için de kullanılabilir. Bu bağlantıdaki fiziksel özelliklerin hapsi film sıcaklığında alınmalıdır[7,15].

Düşey levha için verilen bağıntılar;

$$\frac{D}{L} \geq \frac{35}{Gr_L^{1/4}} \quad (3.67)$$

olması halinde düşey silindir için de kullanılabilir[5]. Sabit ısı akısı halinde düşey levha ve silindir için, Vliet'in deneysel olarak bulduğu bağıntılar aşağıda verilmiştir[5,7].

$$10^5 < Gr_x < 10^{11} \quad \text{için} \quad Nu_x = 0,6(Gr_x Pr)^{1/5} \quad (3.68)$$

$$2 \cdot 10^{13} < Gr_x Pr < 10^{16} \quad \text{için} \quad Nu_x = 0,7(Gr_x Pr)^{1/4} \quad (3.69)$$

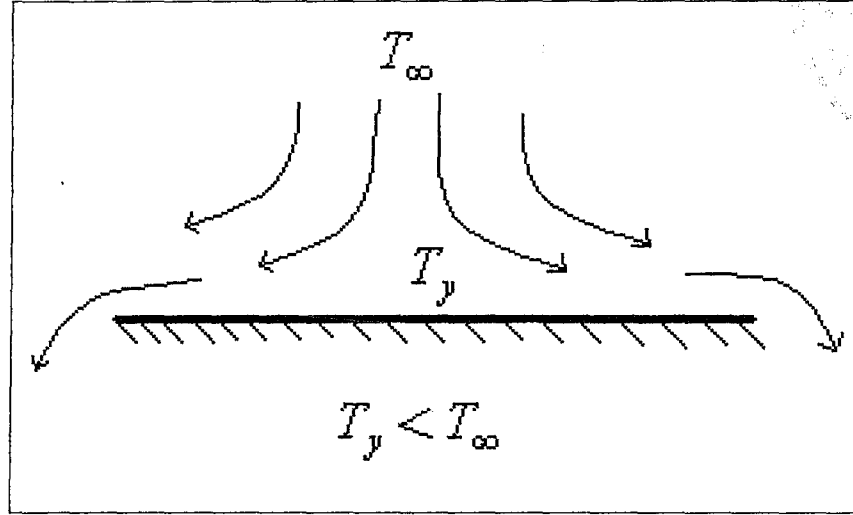
Bu bağıntılardaki fiziksel özellikler film sıcaklığındadır. Burada Gr_x değiştirilmiş Grashof sayısı olup,

$$Gr_x = \frac{g\beta qx^4}{k\gamma^2} \quad (3.70)$$

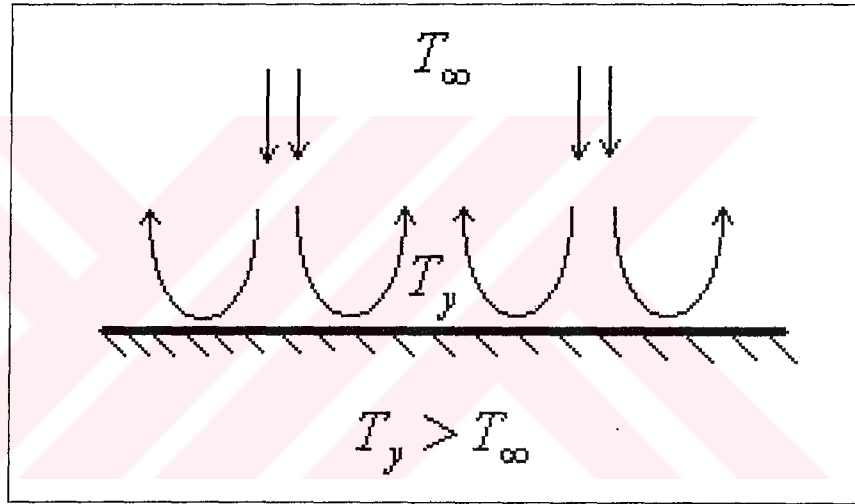
şeklinde hesaplanır. Burada q ısı akısıdır[4].

3.2.5. Yatay Levhada Doğal Isı Taşınımı

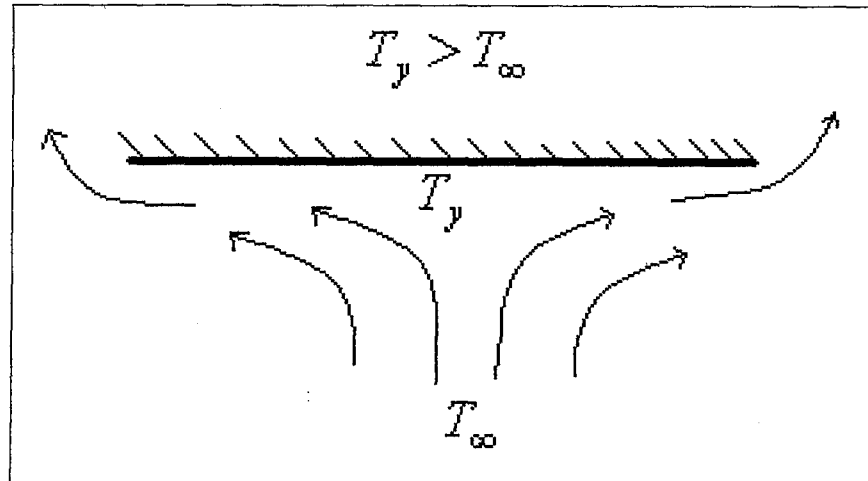
Yatay levhalardaki doğal taşınım da akışkan hareketleri şekil.3.11'de gösterildiği gibi gerçekleşir. Şekil.3.15'de yatay levhanın üst yüzey sıcaklığı akışkan sıcaklığından daha küçük olduğundan, soğuyan akışkanın yoğunluğu arttığı için, taşınım hareketi aşağıya doğru gerçekleşir[16].



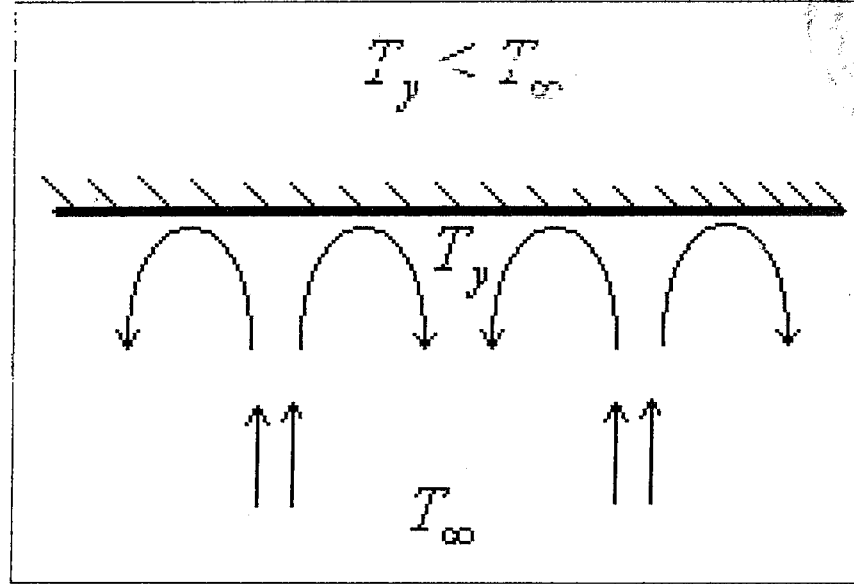
Şekil.3.15 Yatay Levhada Çeşitli Doğal Taşınım Hareketleri



Şekil .3.16 Yatay Levhada Çeşitli Doğal Taşınım Hareketleri



Şekil.3.17 Yatay Levhada Çeşitli Doğal Taşınım Hareketleri



Şekil.3.18 Yatay Levhada Çeşitli Doğal Taşınım Hareketleri

Şekil.3.16'da yatay levhanın üst yüzey sıcaklığı akışkan sıcaklığından daha büyük olduğundan, levha üzerinde ısınan akışkan zerrelerinin genleşmesinden dolayı yoğunluğu azalan akışkan, yukarıya doğru hareket eder. Bunun yerine, yoğunluğu daha fazla olan akışkan zerreleri gelerek doğal taşınım hareketi meydana gelir[16]. Şekil.3.17'de, yatay levhanın alt yüzey sıcaklığı akışkan sıcaklığından büyük olduğu için, ısınan akışkan zerreleri levhanın yanlarından yukarıya doğru, doğal taşınım hareketi meydana getirir. Şekil.3.18'de yatay levhanın alt yüzey sıcaklığı akışkan sıcaklığından küçük olduğu için, soğuyarak yoğunluğu artan akışkan zerreleri şekildeki gibi aşağıya doğru hareket eder[5].

Yatay levhadaki doğal taşınım da karakteristik uzunluk, levha alanının (A) levhanın çevresine (Ç) oranı şeklinde tanımlanır[16].

$$L \equiv \frac{A}{\chi} \quad (3.71)$$

Üst yüzeyi akışkan sıcaklığından daha sıcak ve alt yüzeyi akışkan sıcaklığından daha soğuk olan yatay levhalardaki doğal ısı taşınımı için;

$$10^4 \leq Ra_L \leq 10^7 \text{ için}$$

$$\bar{Nu}_L = 0,54 Ra_L^{1/4}$$

(3.72)

$$10^7 \leq Ra_L \leq 10^{11} \text{ için}$$

$$\bar{Nu}_L = 0,15 Ra_L^{1/3}$$

(3.73)

bağıntıları verilmiştir[5]. Alt yüzeyi sıcak ve üst yüzeyi soğuk yatay levhalar için ise,

$$10^5 \leq Ra_L \leq 10^{10} \text{ için}$$

$$\bar{Nu}_L = 0,27 Ra_L^{1/4}$$

(3.74)

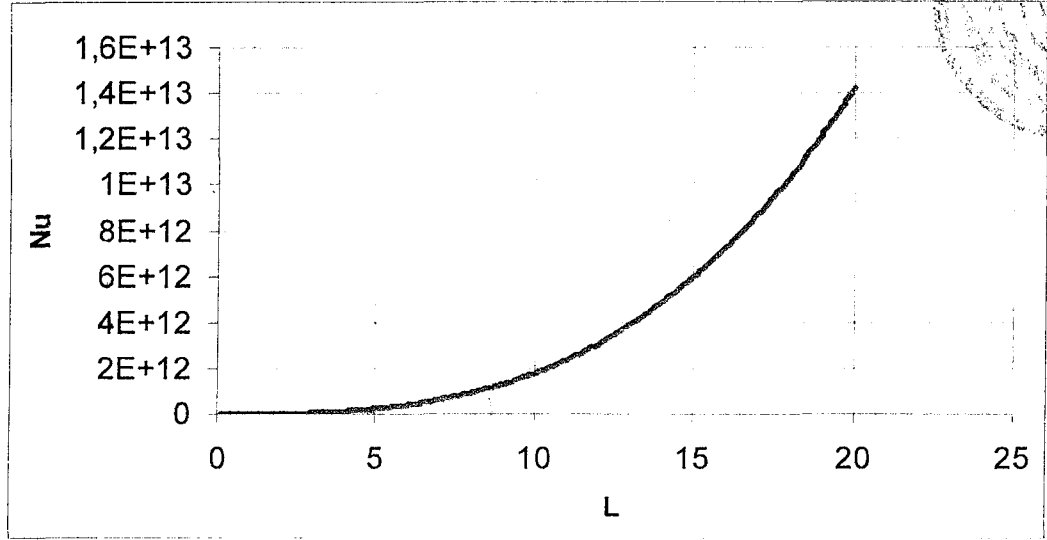
bağıntısı geçerlidir. Bu bağıntılarda fiziksel özellikler film sıcaklığında alınmalıdır.[7]

3.2.6.Sayısal Örnek

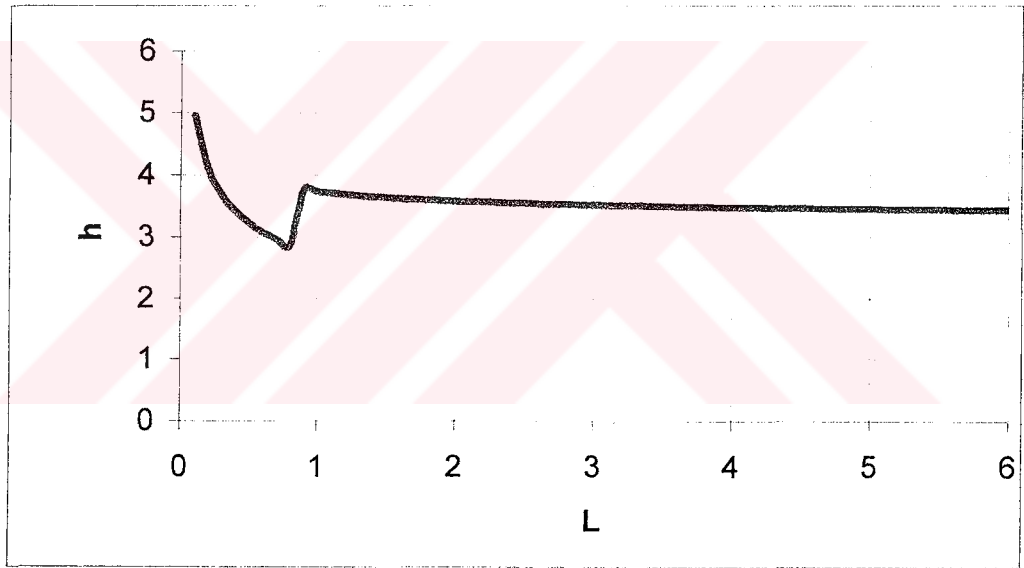
Aşağıda belli bir hızdaki havanın dik levha üzerinden geçmesi ile oluşan doğal taşınım da Nu ve h (W/m²K) L (levha boyu) ile değişimi gösterilmiştir.

Tablo.3.2 Doğal Taşınım İçin atmosfer basıncındaki havanın sıcaklığa bağlı termofiziksel özellikleri;

HAVA		LEVHA		FİLM SICAKLIĞI İÇİN	
ρ (kg/m ³)	1,180064	T (°C)	10	T_f (°C)	16,5
γ (m ² /s)	1,55E-05	En (m)	1	ρ (kg/m ³)	1,210393
K (W/mK)	0,02598	Boy (m)	20	γ (m ² /s)	1,496E-05
C_p (J/kgK)	0,2797			C_p (W/kgK)	0,2796
T (°C)	23			K (W/mK)	0,02546
				γ (m ² /s)	0,0000211
				Pr	0,70973
				β (K ⁻¹)	0,0034542
				g (m/s ²)	9,8



Şekil .3.19 Nu Sayısının L (Levha Boyu) İle Değişimi



Şekil .3.20 h (Isı Taşınım Katsayısı)'ın L Boyuna Bağlı Olarak Değişimi

3.3.Oda Yüzeylerinde Karma Isı Taşınımı

Bina ısı yük hesaplamalarının çoğunda, oda yüzeylerinin iç kısımları için, doğal ısı taşınımı kullanılır. Mekanik havalandırma kullanıldığı zaman doğal ısı taşınım katsayısı (h_c)'nın kullanılması yanlış sonuçlar doğurmaktadır[6]. Çoğu modern binada, oda yükünden kurtulma ve iyi bir oda içi hava kalitesi için, mekanik havalandırma sağlanmıştır[9]. Bir odayı havalandırmanın iki yolu, türbülans hava



püskürtmeleri yoluyla havanın istenilen noktaya getirilmesi, ve zaten dolu bir bölgeye düşük hızda hava sağlanmasıdır; bu ikisine karma hava akışı yayılımı denir. Bu iki yol sırayla karıştırma (damıtma) havalandırması ve yerdeğiştirme (deplasman) havalandırması olarak adlandırılırlar[8].

Havalandırılmamış bir odanın ısıtılmış bir yüzeyindeki konvektif çıkışı hesaplarken, doğal ısı konveksiyonu için ısı aktarım katsayıları (h_c 'ler) kullanılabilir[6]. Ancak, mekanik olarak havalandırılmış bir odada hava hareketi gayet fazladır ve büyük bir konvektif kayıp gözlemlenebilir[8]. Bundan dolayı bu tip bir durumda doğal h_c 'lerin kullanılması hatalı olur. Ancak yine de bu yöntem, çoğu binanın termal modellerinde konvektif çıkışın hesaplanmasında kullanılır[6].

3.3.1.Karma Konveksiyon

Bu belgeler, ısıtılmış bir yüzey üzerindeki levha püskürtmesi (jeti) için ısı aktarımı katsayılarının değişmesi ile ilgilenmektedir[9]. Fan ağızlığındaki püskürtme hızı çok küçükken ($U \rightarrow 0$):

$$h_c \sim h_{cn} \quad (3.75)$$

Diğer yönden, ısı akısı çok düşükken ve püskürtme hızı yüksekken, akışın zorlanmış konveksiyon tarafından yapılması beklenir ki:

$$h_c \sim h_{cn} \quad (3.76)$$

Dikdörtgensel bir kapalı alanda doğal ve zorlanmış konveksiyonların birleşimini incelerken bu analojiyi göz önüne almıştır[9].

Eşitlik (3.77) ile verilen karma konveksiyon ifadesini geliştirmişlerdir[6].

$$h_c = \left(h_{cn}^{3,2} + h_{cf}^{3,2} \right)^{1/3,2} \quad (3.77)$$



3.3.2. Sonuç

Aşağıda duvar, tavan ve zemin gibi oda yüzeylerinin, karma konveksiyonu temsil edecek şekilde her yüzeyi kısmen kaplayan üflenlen havaya maruz kaldığı durumlarda oluşan konvektif ısı aktarımı sonuçları sunulmuştur. Bu ısıtılmış yüzeylerden her birine hava püskürtmek için bir fan kullanılmıştır. Bu çalışmadan aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir.

1. Duvardaki hava üfleme etkisi altındaki ısıtılmış bir yüzey için karma konveksiyon h_c 'si, aşağıdaki ifadelerle ifade edilebilir[6]:

Isıtılmış Levha

$$\left(\frac{h_c}{h_{cn}} \right)^{3,2} = 1 + \left[2,32(W)^{0,074} \frac{U^{0,772}}{\Delta T^{0,133}} \right]^{3,2} \quad (3.78)$$

bu da şu şekilde sadeleştirilebilir:

$$h_c^{3,2} = h_{cn}^{3,2} + h_{cf}^{3,2} \quad (3.79)$$

burada $h_{cf} = 3,79(W)^{1,536} U^{0,873}$ tür.

Isıtılmış Zemin

$$\left(\frac{h_c}{h_{cn}} \right)^{3,2} = 1 + \left[2,06(W)^{0,595} \frac{U^{0,557}}{\Delta T^{0,308}} \right]^{3,2} \quad (3.80)$$

bu da şu şekilde sadeleştirilebilir:

$$h_c^{3,2} = h_{cn}^{3,2} + h_{cf}^{3,2} \quad (3.81)$$

burada $h_{cf} = 4,25(W)^{0,575} U^{0,557}$ olmaktadır..

Isıtılmış Tavan

$$\left(\frac{h_c}{h_{cn}} \right)^{3,2} = 1 + \left[3,45(W)^{0,074} \frac{U^{0,772}}{\Delta T^{0,133}} \right]^{3,2} \quad (3.81)$$

bu da şu şekilde sadeleştirilebilir:

$$h_c^{3,2} = h_{cn}^{3,2} + h_{cf}^{3,2} \quad (3.81)$$

burada $h_{cf} = 1,35(W)^{0,074} U^{0,772}$ olmaktadır[6,16].

2. h_c üzerinde püskürtme hızının etkisi, her durumda gayet önemlidir, ancak bu önem, püskürtmenin ısıtılmış tavana etkidiği durumlarda artar[6].

3. Ağızlık genişliğinin h_c üzerinde ufak bir etkisi vardır, ağızlık genişliğinin artması, bilhassa bir duvar için, h_c 'nin artmasına neden olur[6].

4. Çarpma etkisi gösteren püskürtülmüş hava da, ısıtılmış yüzeyin h_c 'sini artırır. Dolayısıyla, eğer duvara etkiyen püskürtülmüş havanın yeterince büyük bir hızı varsa, yani ısıtılmış bir tavana çarpıyorsa, tavan için h_c önemli oranda artar[6].

5. Doğal konveksiyon için h_c 'leri baz alan oda yükü hesaplamaları, bilhassa sıcak bir tavana etkiyen soğuk hava ya da soğuk zemine etkiyen sıcak hava durumlarında indirgenmiş bir yük vermektedirler. Yükteki bu indirgeme, püskürtme hızı ve alanı arttıkça artar[6].

Örnek bir odada yapılan deneyler sonucunda, doğal konveksiyon altında oda yüzeylerinde ısı taşınım katsayısının formülsel bağıntılarla karşılaştırılması sonucunda[4];

1. Zemin sonuçlarının kıyaslamaya en uygun olduğu gözlenmiştir[4].
2. Test odasında tavan için elde edilen ısı taşınım katsayılarının, formülisel olarak hesaplanandan farklılıklar gösterdiği ortaya çıkmıştır[4].
3. Duvarla için bulunmuş formülisel bağıntıların kullanabilir olduğu söylenebilmektedir[4].
4. Duvardan aşağıya inen soğuk havanın ısıtılmış zeminde ısı aktarımı üzerinde etkili olduğu söylene bilir. Buda ısı taşınım katsayısında değişiklikler gösterse de ortalama olarak formülisel bağıntının kullanılabilir olduğunu göstermektedir[4].



4. ISI TAŞINIM KATSAYILARININ TAYİNİ

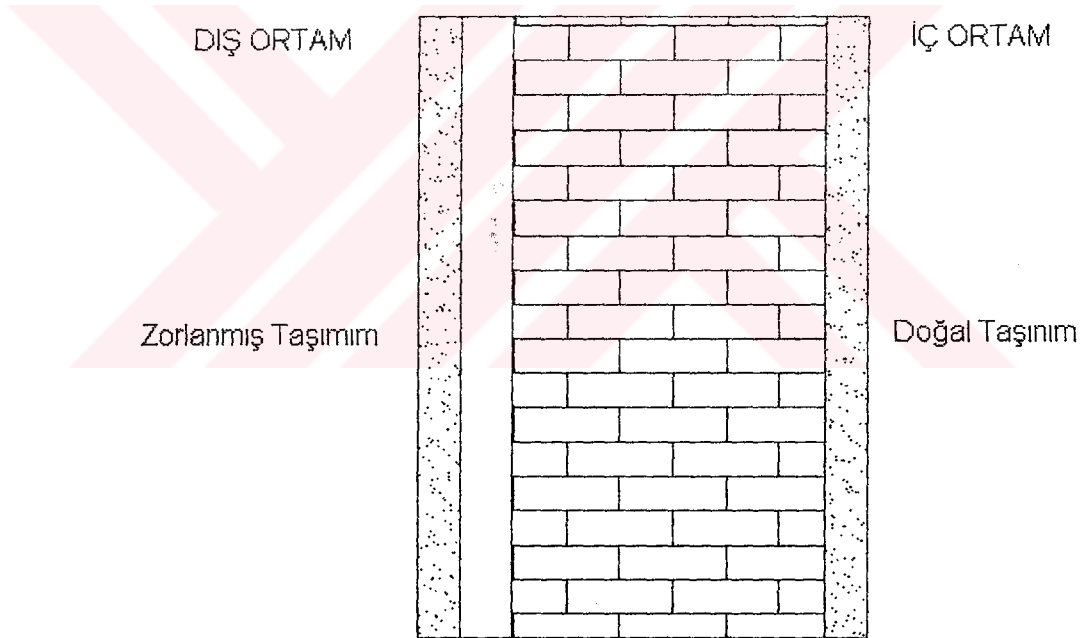
Duvardan dışarıya geçen ısı kaybının bulunması için aşağıdaki temel formüller kullanılır;

$$Q_{dış} = h_{dış} A (T_{dışy} - T_{dış}) \quad (4.1)$$

$$Q_{iç} = h_{iç} A (T_{iç} - T_{içy}) \quad (4.2)$$

$$Q_{duv} = K A (T_{içy} - T_{dışy}) \quad (4.3.)$$

$$Q_{dış} = Q_{iç} = Q_{duv}$$



Şekil 4.1. Dış Duvar

Kabuller :

1. Sabit ısı akısı halinde
2. Sürekli rejim durumu
3. Işınım ihmal
4. Özellikler sabit

5. İç ortam ve dış ortam sıcaklıkları sabit
6. Isı üretimi yok
7. Bir boyutlu

4.1.Zorlanmış Taşınım için $h_{dış}$ 'in Bulunması

$$k_{hava} = 0,345 T_{fdış}^{0,76} \text{ (W/mK)}$$

$$\gamma = 6,95 \cdot 10^{-10} \cdot T_{fdış}^{1,76} \text{ (m}^2\text{/sn)}$$

$$C_p \approx (1007 \text{ J/kg K})$$

$$Pr = 0,70$$

$$u = \text{Bursa için ortalama rüzgar hızı (m/s)}$$

$$T_{dış} = \text{Bursa için kışın ortalama sıcaklık (K)}$$

$$L = \text{Duvarın uzunluğu (m)}$$

$$T_{fd} = \text{Dış yüzeyin film sıcaklığı (K)}$$

$$T_{disy} = \text{Dış yüzey sıcaklığı (K)}$$

$$T_{fdış} = \frac{T_{dis} + T_{disy}}{2} \quad (4.4.)$$

Denklem no (3.28) dan,

$$Re_x = \frac{u_\infty L}{\gamma} \quad (3.28.)$$

$$Re = \frac{u \cdot L}{6,95 \cdot 10^{-10} \cdot T_{fdış}^{1,76}} \quad (4.5.)$$

Levha girişinden belirli bir mesafeye kadar laminar daha sonra türbülanslı akışta Reynolds sayısının $5 \cdot 10^5 < Re_L \leq 10^8$ değerlerinde, $0,6 < Pr < 60$ aralığında ve $Re_{kr} = 5 \cdot 10^5$ için ortalama Nusselt sayısı için; Denklem no (3.46) de Re yerine konulursa[5].

$$\bar{Nu}_L = ((784537,81 \cdot u^{0,8} \cdot L^{0,8} \cdot T_{fdid}^{-0,96}) - 773,45) \quad (4.6.)$$

Denklem (3.27)' de $\bar{Nu}_L$ 'yi yerine yazıp $h_{dış}$ çekersek,

$$h_{du} = \frac{(784537,81 \cdot u^{0,8} \cdot x^{0,8} \cdot T_{fdid}^{-0,96}) - 773,45}{L} \cdot 0,345 \cdot T_{fdid}^{0,76} \quad (4.7.)$$

$T_{Fdiş}$ bağlı $h_{dış}$ 'ı elde ettik.

4.2.Dış Duvar için $h_{iç}$ 'in Bulunması

Kabul :

- Düşey duvar için doğal ısı taşınımı

$$k_{hava} = 0,345 T_{fiç}^{0,76} \text{ (W/mK)}$$

$$\alpha = 4,422 \cdot 10^{-10} \cdot T_{fiç}^{1,9} \text{ (m}^2\text{/sn)}$$

$$\gamma = 6,95 \cdot 10^{-10} \cdot T_{fdış}^{1,76} \text{ (m}^2\text{/sn)}$$

$$g = 9,81 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$T_{fiç} = \text{İç Yüzeyin Film sıcaklığı (K)}$$

$$\beta = \frac{1}{T_{fiç}} \text{ (1/K)}$$

$$T_{içy} = \text{İç yüzey sıcaklığı (K)}$$

$$T_{iç} = \text{İç tarafın Ortam sıcaklığı (K)}$$

$$L = \text{Duvarın uzunluğu (m)}$$

$$T_{fiç} = \frac{T_{içy} + T_{iç}}{2} \quad (4.8)$$

Denklem no (3.64) de değerler yerine yazılırsa;

$$Ra_L = \frac{9,81 \frac{1}{T_{fiç}} (T_{içy} - T_{iç}) L^3}{4,422.10^{-10} T_{fiç}^{1,9} \cdot 6,95.10^{-10} T_{fiç}^{1,76}} \quad (4.9)$$

$10^{-1} < Ra_L < 10^{12}$ aralığı için denklem no (3.65) den

$$\bar{Nu}_L = (0,825 + 689,199 \cdot (T_{fiç}^{-4,66} \cdot (2T_{iç} - 2T_{fiç}) L^3)^{1/6})^2 \quad (4.10)$$

Denklem (3.27)'de $\bar{Nu}_L$ 'yi yerine yazıp $h_{iç}$ 'i çekersek,

$$h_{iç} = \frac{0,825 + 577,16 (T_{fiç}^{-4,66} (2T_{iç} - 2T_{fiç}) L^3)^{1/6})^2 \cdot 0,345 \cdot T_{fiç}^{0,76}}{L} \quad (4.11)$$

$T_{fiç}$ bağlı $h_{iç}$ 'i elde ettik.

4.3.Yatay Yüzey İçin $h_{iç}$ 'in Bulunması

Kabul :

- Yatay yüzey için doğal ısı taşınımı

$$k_{hava} = 0,345 T_{fiç}^{0,76} \text{ (W/mK)}$$

$$\alpha = 4,422.10^{-10} \cdot T_{fiç}^{1,9} \text{ (m}^2\text{/sn)}$$

$$\gamma = 6,95.10^{-10} \cdot T_{fiç}^{1,76} \text{ (m}^2\text{/sn)}$$

$$g = 9,81 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$T_{fiç} = \text{İç Yüzeyin Film sıcaklığı (K)}$$

Denklem no (3.71) den H bulunur.

Denklem no (4.9) de $L=H$ kullanılır.

$$Ra_L = \frac{9,81 \frac{1}{T_{fi\zeta}} (T_{i\zeta y} - T_{i\zeta}) H^3}{4,422 \cdot 10^{-10} T_{fi\zeta}^{1,9} \cdot 6,95 \cdot 10^{-10} \cdot T_{fi\zeta}^{1,76}} \quad (4.12)$$

$10^4 \leq Ra_L \leq 10^7$ için

$$\bar{Nu}_L = 0,54 \cdot \left(\frac{9,81 \frac{1}{T_{fi\zeta}} (T_{i\zeta y} - T_{i\zeta}) H^3}{4,22 \cdot 10^{-10} T_{fi\zeta}^{1,9} \cdot 9,95 \cdot 10^{-10} \cdot T_{fi\zeta}^{1,76}} \right)^{1/4} \quad (4.13)$$

$10^7 \leq Ra_L \leq 10^{11}$ için

$$\bar{Nu}_L = 0,15 \cdot \left(\frac{9,81 \frac{1}{T_{fi\zeta}} (T_{i\zeta y} - T_{i\zeta}) H^3}{4,22 \cdot 10^{-10} T_{fi\zeta}^{1,9} \cdot 9,95 \cdot 10^{-10} \cdot T_{fi\zeta}^{1,76}} \right)^{1/3} \quad (4.14)$$

ve Denklem (3.27)'de $\bar{Nu}_L$ 'yi yerine yazıp $h_{i\zeta}$ 'i çekersek,

$$h_{i\zeta} = \frac{0,15 \cdot \left(\frac{9,81 \frac{1}{T_{fi\zeta}} (T_{i\zeta y} - T_{i\zeta}) H^3}{4,22 \cdot 10^{-10} T_{fi\zeta}^{1,9} \cdot 9,95 \cdot 10^{-10} \cdot T_{fi\zeta}^{1,76}} \right)^{1/3}}{H} \cdot 0,345 \cdot T_{fi\zeta}^{0,76} \quad (4.15)$$

$T_{fi\zeta}$ bağlı $h_{i\zeta}$ 'i elde ettik.

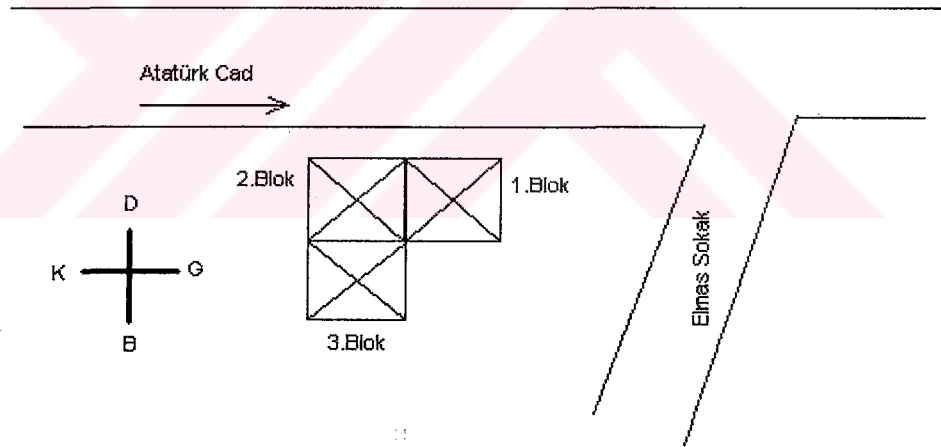
5.ÖRNEK BİR BİNADA TOPLAM YILLIK ISI KAYBI HESABI

5.1.Giriş

Mimari planı verilen bir binanın yıllık ısı kaybını hesaplamak bu ısı kaybını karşılamak için gerekli kazanı seçmek, kazanın ısı kaybını karşılama durumu incelenecektir.

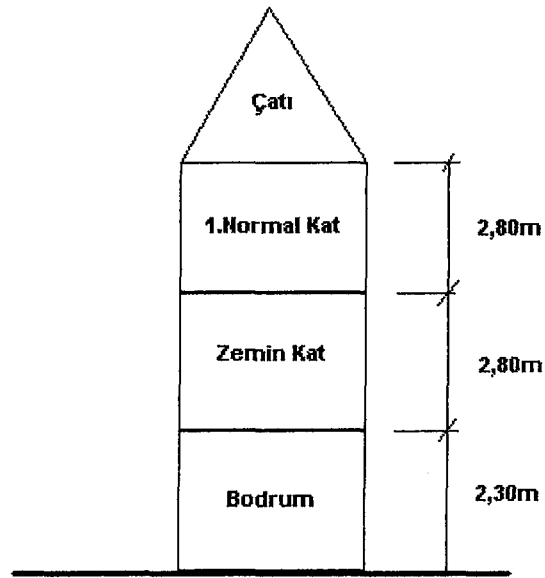
5.2.Örnek Bina

Örnek bina için vaziyet planı Şekil 5.1’de görülmektedir.



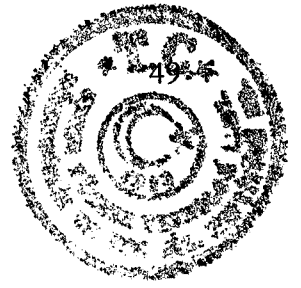
Şekil.5.1 Vaziyet Planı

Binanın yola göre durumu Vaziyet Planında görülmektedir[17]. Yapı 3 bloktan oluşmakta, her blok da bodrum, zemin ve 1 adet normal kat bulunmaktadır. Bloklar mimari açıdan birbirine benzemektedir. Binada; 1. ve 2. blok kapıları Doğuya bakmakta, 3. bloğun kapısı kuzeye bakmaktadır[17].

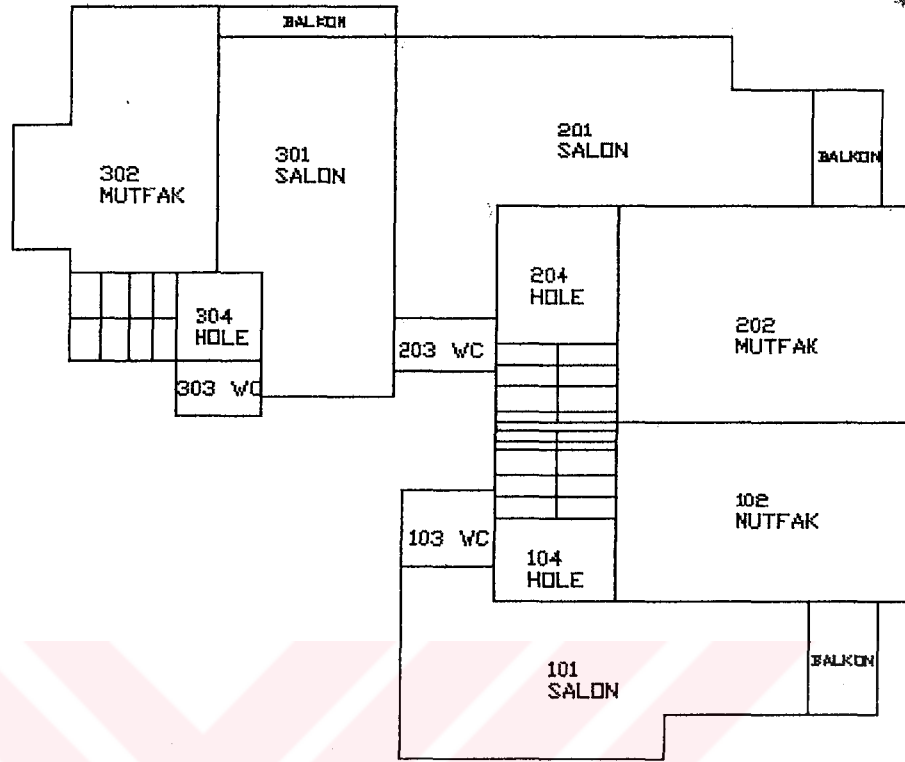


Şekil.5.2.Bloğun Önden Görünümü

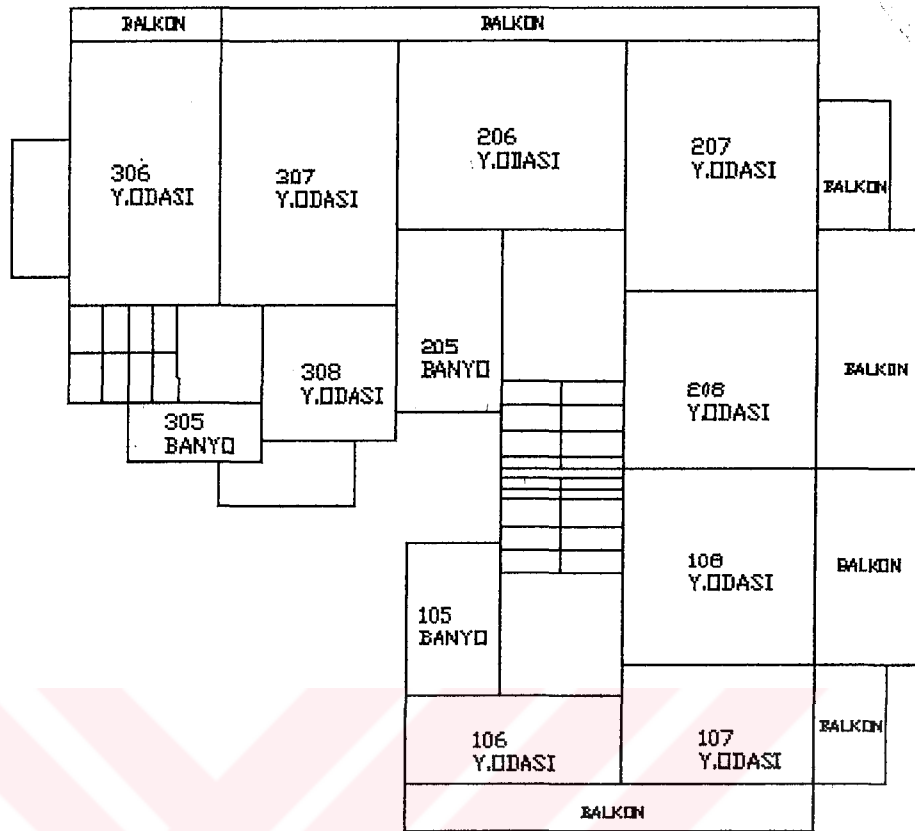
Bursa için kışın ortalama sıcaklık değeri $T_{dış} = -6^{\circ}\text{C}$ ve rüzgarlı iklim bölgesidir. Rüzgar hızı ise ortalama $U=5,7\text{m/s}$ dir.



5.3.Yerleşim Planı



Şekil .5.3. Zemin Kat



Şekil 5.4. 1. Kat

Tablo5.1. Mahal Sıcaklıkları

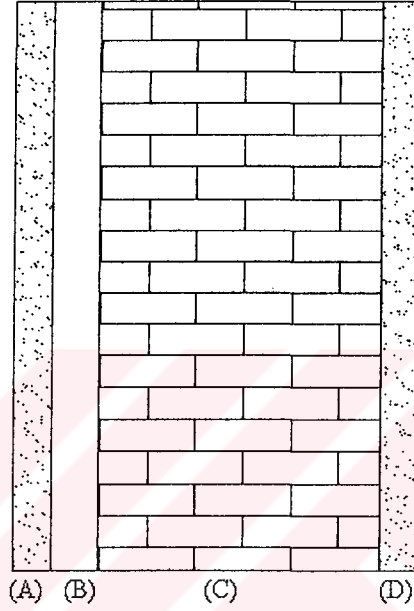
MAHAL	SICAKLIK
Oturma odaları	295 K
Yatak odaları	293 K
Banyolar	299 K
Mutfak	291 K
Hole	288 K

Kabul:Ortalama $T_{iç} \approx 293$ K

5.4.Yapı Elemanlarının Isı İletim Katsayıları Hesabı

Isı kaybının hesaplanması için yapı elemanlarının iletim katsayılarının bulunması.

5.4.1.Dış Duvar



Şekil .5.5. Dış Duvar

Tablo .5.2. Dış duvar elemanları

		L (m)	λ (m ² K / W)	L / λ
(A)	Kireç - Çimento Harcı	0,02	0,87	0,023
(B)	Cam Yünü Levhaları (TS 305)	0,03	0,052	0,57
(C)	Normal Harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvar TS 704 – TS 705	0,19	0,81	0,23
(D)	Kireç - Çimento Harcı	0,02	0,87	0,023

$$\sum \frac{L}{\lambda} = 0,023 + 0,57 + 0,23 + 0,023$$

$$\sum \frac{L}{\lambda} = \text{Toplam Duvar Direnci} = 0,846 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$$

$$\sum \frac{L}{\lambda}|_{\text{yön}} = 0,7 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$$

$$\sum \frac{L}{\lambda}|_{\text{yön}} < \sum \frac{L}{\lambda}$$

Bu durumda duvarın ısıl direnci TS 825 (Isı Yalıtım Yönetmeliği) yönetmeliğe göre uygundur[18].

$$\frac{1}{K} = \sum \frac{L}{\lambda}$$

$$K = 1,182 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$$

Sistemin modellenmesi :

Kabuller:

- Dış tarafta zorlanmış taşınım iç tarafta doğal taşınım oluşmaktadır.
- Ortalama $T_{iç} \approx 273 \text{ K}$

Denklem no (4.1), (4.2), (4.3) den

$$Q = \frac{A.(T_{iç} - T_{du})}{(K + \frac{1}{h_{du}} + \frac{1}{h_{iç}})} \quad (5.1)$$

Denklemlerde kullanılan veriler;

Tablo 5.3. Dış duvar özellikleri

u (m ² /h)	5,66
L (m)	37
A (m ²)	111
T _{iç ort} (K)	293
T _{dış} (K)	267
K (W / m ² K)	1,182

1. GAUSS SEIDEL METODU

Gauss Seidel Metodunu kullanarak Q , $h_{iç}$, $h_{dış}$, $T_{içy}$, $T_{dışy}$ bulunması;

1. T_{iy} ve $T_{dışy}$ referans değerlerinin denkleme verilmesi (273 K),
2. Denklem (4.4 ve 4.8)'den T_{iy} ve $T_{dışy}$ yerine koyularak T_{fi} ve $T_{fdış}$ değerleri bulunur,
3. Denklem (4.5 ve 4.6)'den $T_{fdış}$ yerine koyularak dış ortam için Re ve $Nu_{dış}$ bulunur,
4. Denklem (4.9 ve 4.10)'den T_{fi} yerine koyularak iç ortam için Ra ve $Nu_{iç}$ bulunur,
5. Denklem (3.27)'de $Nu_{dış}$ yerine yazarak $h_{dış}$ bulunur,
6. Denklem (3.27)'de $Nu_{iç}$ yerine yazarak $h_{iç}$ bulunur,
7. Denklem (5.1)'de $h_{iç}$ ve $h_{dış}$ kullanarak Q bulunur,
8. Bulunan yeni Q ile denklem (4.1)'den yeni T_{iy} bulunur,
9. Bulunan yeni Q ile denklem (4.2)'den yeni $T_{dışy}$ bulunur,
10. Buradan 2. adıma geri dönülür,
11. Yeni T_{iy} ve $T_{dışy}$ değerleri ile eski T_{iy} ve $T_{dışy}$ değerleri aynı olduğunda gerçek değerlere yakınsanılmıştır,
12. Bu sıcaklık değerlerini sağlayan $h_{dış}$ ve $h_{iç}$ değerleri işlemlerde kullanılmak üzere okunur.

Isı yalıtımı yapılmış duvar için Tablo 5.3'de verilen değerlere göre;

$$T_{dışy} = 273,4 \text{ K}$$

$$T_{içy} = 286,7 \text{ K}$$

$$h_{iç} = 2,42 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$h_{dış} = 12,01 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$K = 1,182 \text{ W/m}^2\text{K}$$

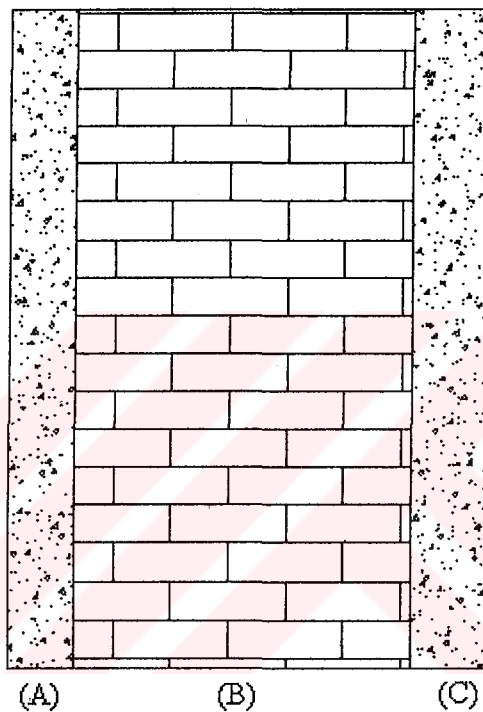
Duvarın Toplam ısı geçiş katsayısı dış duvar için;

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_{iç}} + \frac{1}{K} + \frac{1}{h_{dış}} \quad (5.2)$$

$$\frac{1}{\bar{K}} = \frac{1}{2,42} + \frac{1}{1,182} + \frac{1}{12,01}$$

$$\bar{K} = 0,74 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

5.4.2. İç Duvar



Şekil.5..6. İç Duvar

Tablo.5.4. İç Duvar Elemanları

		L (m)	Λ m ² K /W	L/ λ
(A)	İç Sıva	0,02	0,87	0,023
(B)	Düşey Delikli Hafif Tuğla Duvar TS4377	0,29	0,42	0,69
(C)	Dış Sıva	0,02	0,87	0,023

$$\sum \frac{L}{\lambda} = 0,023 + 0,69 + 0,023$$

$$\sum \frac{L}{\lambda} = \text{Toplam Duvar Direnci} = 0,736 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$$

$$\sum \frac{L}{\lambda} |_{\text{yön}} = 0,7 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$$

$$\sum \frac{L}{\lambda} |_{\text{yön}} < \sum \frac{L}{\lambda}$$

Bu durumda duvarın ısı direnci TS 825 (Isı Yalıtım Yönetmeliği) yönetmeliğe göre uygundur[18].

$$\frac{1}{K} = \sum \frac{L}{\lambda}$$

$$K = 1,36 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$$

Sistemin modellenmesi :

Kabuller:

-İç duvar binanın içinde olduğundan duvarın iki tarafında doğal taşınım olmaktadır.

- Dış ortam için en soğuk ortam olan holün sıcaklığı seçildi $T_{\text{dış}} = 288 \text{ K}$

Bu duruma göre iç duvar için ısı taşınım ve iletim katsayılarının bulunması;

Denklemlerde kullanılan veriler;

Tablo.5.5. İç Duvarın Özellikleri

L (m)	17
A (m ²)	51
T _{iç ort} (K)	293
T _{dış} (K)	288
K (W / m ² K)	1,36

2.GAUSS SEIDEL METODU

Gauss Seidel metodunu kullanarak Q , $h_{iç}$, $h_{dış}$, $T_{içy}$, $T_{dışy}$ bulunması;

İki yüzeyde doğal taşınım var.

1. T_{iy} ve $T_{dışy}$ referans değerlerinin denkleme verilmesi (273 K),
2. Denklem (4.4 ve 4.8)'den T_{iy} ve $T_{dışy}$ yerine koyularak T_{fi} ve $T_{fdış}$ değerlerinin bulunur,
3. Denklem (4.9 ve 4.10)'den $T_{fdış}$ yerine koyularak diğer iç ortam için Ra ve $Nu_{dış}$ bulunur,
4. Denklem (4.9 ve 4.10)'den T_{fi} yerine koyularak iç ortam için Ra ve $Nu_{iç}$ bulunur,
5. Denklem (3.27)'de $Nu_{dış}$ yerine yazarak $h_{dış}$ bulunur,
6. Denklem (3.27)'de $Nu_{iç}$ yerine yazarak $h_{iç}$ bulunur,
7. Denklem (5.1)'de $h_{iç}$ ve $h_{iç}$ kullanarak Q bulunur,
8. Bulunan yeni Q ile denklem (4.1) den yeni T_{iy} bulunur,
9. Bulunan yeni Q ile denklem (4.2) den yeni $T_{dışy}$ bulunur,
10. Buradan 2. adıma geri dönülür,
11. Yeni T_{iy} ve $T_{dışy}$ değerleri ile eski T_{iy} ve $T_{dışy}$ değerleri aynı olduğunda gerçek değerlere yakınsanılmıştır,
12. Bu sıcaklık değerlerini sağlayan $h_{dış}$ ve $h_{iç}$ değerleri işlemlerde kullanılmak üzere okunur.

Isı yalıtımı yapılmış duvar için Tablo 5.5'de verilen değerlere göre;

$$T_{dışy} = 289,7 \text{ K}$$

$$T_{içy} = 291,6 \text{ K}$$

$$h_{dış} = 1,22 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$h_{iç} = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$K = 1,36 \text{ W/m}^2\text{K}$$

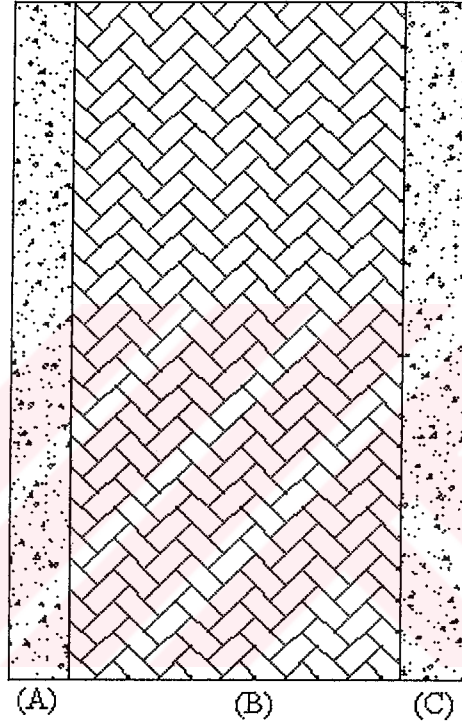
Duvarın Toplam ısı geçiş katsayısı iç duvar için denklem (4.13) den;



$$\frac{1}{\bar{K}} = \frac{1}{0,9} + \frac{1}{1,36} + \frac{1}{1,22}$$

$$\bar{K} = 0,37 W / m^2 K$$

5.4.3.Beton Kiriş



Şekil.5.7. Beton Kiriş

Tablo.5.6. Beton Kiriş elemanları

		L (m)	λ m ² K /W	L/ λ
(A)	İç Sıva Perlitli	0,02	0,87	0,023
(B)	Beton Kiriş TS 1114	0,29	0,39	0,74
(C)	Dış Sıva	0,02	0,87	0,023



$$\sum \frac{L}{\lambda} = 0,023 + 0,74 + 0,023$$

$$\sum \frac{L}{\lambda} = \text{Toplam Duvar Direnci} = 0,783 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$$

$$\sum \frac{L}{\lambda}|_{\text{yön}} = 0,7 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$$

$$\sum \frac{L}{\lambda}|_{\text{yön}} < \sum \frac{L}{\lambda}$$

Bu durumda duvarın ısı direnci TS 825 (Isı Yalıtım Yönetmeliği) yönetmeliğe göre uygundur [18].

$$\frac{1}{K} = \sum \frac{L}{\lambda}$$

$$K = 1,27 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$$

Kabuller:

- Dış tarafta zorlanmış taşınım iç tarafta doğal taşınım oluşmaktadır.
- Ortalama $T_{iç} \approx 293 \text{ K}$

Denklemlerde kullanılan veriler;

Tablo.5.7 Beton Kirişin Özellikleri

L (m)	2
A (m ²)	16
$T_{iç \text{ ort}}$ (K)	293
$T_{dış}$ (K)	267
K (W / m ² K)	1,27

1. Gauss Seidel Metodunu kullanarak Q, $h_{iç}$, $h_{dış}$, $T_{içy}$, $T_{dışy}$ bulunur;

$$T_{dışy} = 275,3 \text{ K}$$

Tablo.5.8 Zemin Oturan Döşeme Elemanları

	L (m)	Λ m ² K /W	L / λ
Ahşap Pake	0,02	0,18	0,111
Şap	0,03	1,2	0,025
Cürüf	0,17	0,16	1,062
Su Yalıtımı	0,002	0,18	0,011
Grobeton	0,1	1,5	0,066
Taş	0,15	1,5	0,06

$$\sum \frac{L}{\lambda} = 0,111 + 0,025 + 1,062 + 0,011 + 0,066 + 0,06$$

$$\sum \frac{L}{\lambda} = \text{Toplam Duvar Direnci} = 1,335 \text{ m}^2\text{K/ W}$$

$$\sum \frac{L}{\lambda}|_{\text{yön}} = 0,7 \text{ m}^2\text{K/ W}$$

$$\sum \frac{L}{\lambda}|_{\text{yön}} < \sum \frac{L}{\lambda}$$

Bu durumda duvarın ısı direnci TS 825 (Isı Yalıtım Yönetmeliği) yönetmeliğe göre uygundur[18].

$$\frac{1}{K} = \sum \frac{L}{\lambda}$$

$$K = 0,75 \text{ W / m}^2\text{K}$$

Kabuller:

- İç ve dış tarafda da yatay yüzeyde doğal taşınım olmaktadır.
- Ortalama $T_{\text{dış}} \approx 278 \text{ K}$ (Toprak sıcaklığı)

Denklemlerde kullanılan veriler;

Tablo.5.9 Zemine Oturan Döşemenin Özellikleri

H (m)	0,5
A (m ²)	64
T _{iç ort} (K)	293
T _{dış} (K)	278
K (W /m ² K)	0,75

3.Gauss Seidel Uygulaması

Gauss Seidel Metodunu kullanarak Q, h_{iç}, h_{dış}, T_{içy}, T_{dışy} bulunur;

İki yüzeyde doğal taşınım var.

- 1.T_{iy} ve T_{dışy} referans değerlerinin denkleme verilmesi (273 K),
- 2.Denklem (4.4 ve 4.8)'den T_{iy} ve T_{dışy} yerine koyularak T_{fi} ve T_{fdış} değerlerinin bulunur,
- 3.Denklem (4.12 ve 4.14)'den T_{fdış} yerine koyularak diğer iç ortam için Ra ve Nu_{dış} bulunur,
- 4.Denklem (4.12 ve 4.14)'den T_{fi} yerine koyarak iç ortam için Ra ve Nu_{iç} bulunur,
- 5.Denklem (3.27)'de Nu_{dış} yerine yazarak h_{dış} bulunur,
- 6.Denklem (3.27)'de Nu_{iç} yerine yazarak h_{iç} bulunur,
- 7.Denklem (5.1)'de h_{iç} ve h_{iç} kullanarak Q bulunur,
- 8.Bulunan yeni Q ile denklem (4.1)'den yeni T_{iy} bulunur,
- 9.Bulunan yeni Q ile denklem (4.2)'den yeni T_{dışy} bulunur,
- 10.Buradan 2. adıma geri dönülür,
11. Yeni T_{iy} ve T_{dışy} değerleri ile eski T_{iy} ve T_{dışy} değerleri aynı olduğunda gerçek değerlere yakınsanılmıştır,
- 12.Bu sıcaklık değerlerini sağlayan h_{dış} ve h_{iç} değerleri işlemlerde kullanılmak üzere okunur.

$$T_{dışy} = 291 \text{ K}$$

$$T_{içy} = 278 \text{ K (sabit)}$$

$$h_{dış} = \infty \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$h_{iç} = 0,72 \text{ W/m}^2\text{K}$$

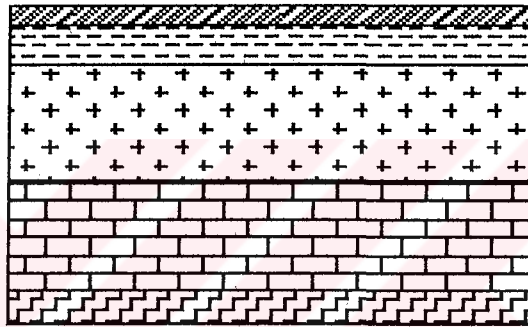
$$K = 0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Duvarın Toplam ısı geçiş katsayısı giriş için denklem (5.2)'den ;

$$\frac{1}{\bar{K}} = \frac{1}{0,72} + \frac{1}{0,75} + \frac{1}{\infty}$$

$$\bar{K} = 0,38 W / m^2 K$$

5.4.5.Döşeme - Tavan



Şekil.5.9. Döşeme - Tavan

Yukardan Aşağıya Doğru Malzeme Sırası :

Tablo.5.10 Döşeme-Tavan Elemanları

	L (m)	λ m ² K /W	L / λ
Ahşap Pake	0,02	0,18	0,111
Şap	0,03	1,2	0,025
Cüruf	0,14	0,16	1,062
Betonarme	0,1	1,5	0,066
Sıva	0,02	0,75	0,026

$$\sum \frac{L}{\lambda} = 0,111 + 0,025 + 1,062 + 0,066 + 0,026$$

$$\sum \frac{L}{\lambda} = \text{Toplam Duvar Direnci} = 1,085 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$$

$$\sum \frac{L}{\lambda}|_{\text{yön}} = 0,7 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$$

$$\sum \frac{L}{\lambda}|_{\text{yön}} < \sum \frac{L}{\lambda}$$

Bu durumda duvarın ısı direnci TS 825 (Isı Yalıtım Yönetmeliği) yönetmeliğe göre uygundur[18].

$$\frac{1}{K} = \sum \frac{L}{\lambda}$$

$$K = 0,93 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$$

Kabuller:

- İç ve dış tarafta da yatay duvarda doğal taşınım olmaktadır.
- Ortalama $T_{\text{dış}} \approx 288 \text{ K}$

Denklemlerde kullanılan veriler;

Tablo.5.11 Döşeme-Tavanın Özellikleri

H (m)	0,5
A (m ²)	64
T _{iç ort} (K)	293
T _{dış} (K)	288
K (W / m ² K)	0,93

3.Gauss Seidel Uygulaması

Gauss Seidel Metodunu kullanarak Q, h_{iç}, h_{dış}, T_{içy}, T_{dışy} bulunur;

$$T_{dış} = 291,1 \text{ K}$$

$$T_{iç} = 288,5 \text{ K (sabit)}$$

$$h_{iç} = 1,42 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$h_{dış} = 1,92 \text{ W/m}^2\text{K}$$

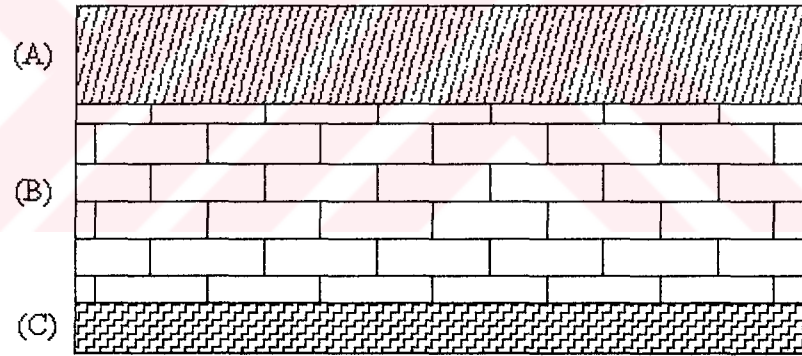
$$K = 0,92 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Duvarın toplam ısı geçiş katsayısı giriş için denklem (5.2)'den ;

$$\frac{1}{\bar{K}} = \frac{1}{1,92} + \frac{1}{0,92} + \frac{1}{1,42}$$

$$\bar{K} = 0,45 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

5.4.6.Üstü Çatılı Tavan



Şekil.5.10. Üstü Çatılı Tavan

Tablo.5.12. Üstü Çatılı Tavan Elemanları

		L (m)	Λ m ² K /W	L / λ
(A)	Poliüretan sert köpük levha	0,03	0,052	0,57
(B)	Betonarme (TS 2823)	0,1	1,29	0,345
(C)	Kireç-Çimento harcı	0,02	0,87	0,023

$$\sum \frac{L}{\lambda} = 0,57 + 0,345 + 0,023$$

$$\sum \frac{L}{\lambda} = \text{Toplam Duvar Direnci} = 1,05 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$$

$$\sum \frac{L}{\lambda}|_{\text{yön}} = 0,7 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$$

$$\sum \frac{L}{\lambda}|_{\text{yön}} < \sum \frac{L}{\lambda}$$

Bu durumda duvarın ısı direnci TS 825 (Isı Yalıtım Yönetmeliği) yönetmeliğe göre uygundur[18].

$$\frac{1}{K} = \sum \frac{L}{\lambda}$$

$$K = 1,067 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$$

Kabuller:

- İç ve dış tarafta da yatay duvarda doğal taşınım olmaktadır.
- Ortalama $T_{\text{dış}} \approx 288 \text{ K}$ (çatı sıcaklığı)

Denklemlerde kullanılan veriler;

Tablo .5.13 Üstü Çatılı Tavanın Özellikleri

H (m)	0,5
A (m ²)	64
T _{iç ort} (K)	293
T _{dış} (K)	288
K (W/ m ² K)	1,067

3.Gauss Seidel Uygulaması

Gauss Seidel Metodunu kullanarak Q, h_{iç}, h_{dış}, T_{içy}, T_{dışy} bulunur;

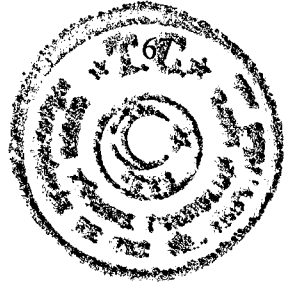
$$T_{\text{dışy}} = 289,1 \text{ K}$$

$$T_{\text{içy}} = 291,5 \text{ K (sabit)}$$

$$K = 1,067 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\bar{K} = 0,5 W / m^2 K$$

İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik - Gen.	Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Giren	Isı İletim Kat.	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	İşletme	Zamlar	Yön	Toplam	Toplam Isı İhtiyacı
		cm	m	m	m ²	Ad.	m ²	m ²	W/m ² K	°C	W	%	%	%	l+%	W



İşaret

Yapı elemanlarının kıssaca Adlandırılması :

DD=Dış duvar

İD=İç duvar

ÇCP=Çift camlı pencere

İK=Kapı

DÖ =Döşeme

TA=Tavan

KOL=Kiriş

Yön

Duvarların ve pencerelerin baktığı yönler gösterilir.

K=Kuzey

G=Güney

D=Doğu

B=Batı

Kalınlık

Yapı elemanlarının kalınlıklarını gösterir.

Uzunluk

Yapı elemanının uzunluğunu gösterir.

Yükseklik

Yapı elemanlarının genişliğini gösterir.

Alan

Yükseklik ve genişlikten yapı elemanının alanı hesaplanır.

Miktar

Yapı elemanından kaç adet olduğunu gösterir.



Çıkarılacak Alan

Birbiri içindeki yapı elemanlarının alanlarını birbirinden ayırmak için kullanılır.

Hesaba Giren Alan

Net kalan alan.

Isı İletim Katsayısı

Yapı elemanlarının ısı iletim katsayısını gösterir.

Sıcaklık Farkı

İki ortam arasındaki sıcaklık farkı yazılır.

Zamsız Isı Kaybı Hesabı

$Q=k.A.(\Delta T)$ den Q hesaplanır.

Zamlar

Binanın kullanım durumuna göre, yapı elemanlarının baktığı yöne göre ve bina yüksekliğine göre hesaplanan Q'ya zamlar eklenir.

Toplam Q

Zamlar eklendikten sonra yapı elemanlarının toplam ısı kayıpları gösterir.

5.5.2.Hava Sızıntı Isı Kaybı (Q_s)

Kapatılmış durumda olan pencere ve kapıların açılan kanatları ile tam çalışmamakta ve arada bir boşluk kalmaktadır. Dış hava ile hacmin iç havası arasındaki basınç farkı nedeni ile bu aralıktan içeriye soğuk olan dış hava sızmaktadır[10]. Odaya sızan dış hava aynı miktarda ve sıcak olan iç havanın dışarı sızmasına neden olmaktadır. Bu durumda, odaya sızan soğuk dış havanın oda

sıcaklığına kadar ısıtılması gerekmektedir[2]. Bu soğuk sızıntı havasını ısıtmak için gereken ısı miktarına hava sızıntı (enfiltrasyon) ısı kaybı denir.

Hava Sızıntı Isı Kaybı :

$$Q_s = \sum a_h \cdot l \cdot R \cdot H \cdot \Delta T \cdot Z_e \text{ (W)}$$

a_h =Hava sızdırma katsayısı.(m³/mh) çift camlı pencere için 2 olarak tablodan okunur[2].

l =Pencere veya kapıların açılan kısımlarının uzunluğu (m)

R =Oda durum katsayısı (odanın hava akımına karşı direncine bağlıdır) Normal amaçlı odalarda 0,9 olarak tablodan olunur[2].

H =Bina durum katsayısı (Binanın bulunduğu bölgenin rüzgar durumuna bağlıdır. Bursa için tablodan 0,6 olarak okunur[2].

ΔT =İç dış sıcaklık farkı (°C)

Z_e =Pencerelerin köşeli olup olmaması ne göre değişir. Mevcut binada köşeli bir pencere olmadığı için 1 olarak alınır[2].

Tablo.5.15 Yapı Elemanlarının Isı İletim Katsayıları

Yapı Elemanları	Isı İletim Katsayıları W/m ² K
Dış Duvar	0,74
İç Duvar	0,37
Çift Camlı Pencere	2,8
Kapı	2,8
Zemin	0,38
Döşeme	0,45
Tavan	0,5
Kiriş	0,8

1.Blok için ısı kaybı hesabı (Ek1)

2.Blok için ısı kaybı hesabı (Ek1)

3.Blok için ısı kaybı hesabı (Ek1)

Tablo.5.16. Blokların Isı Kayıpları

Yapı Birimleri	Isı Kayıpları $Q_{kayıp}$ W
1.Blok	8964
2.Blok	7822
3.Blok	9771
Toplam	26557

Yapıyı 20°C de tutmak için gerekli ısı miktarı 26514 W dır. Ancak ısıtmaya ara verilmiş sistemlerde sistemin sıcaklığını yeniden 20°C'ye getirebilmek için duvarların ısı kapasitelerini bilmek gerekmektedir.

5.5.3.Binanın Isı Kapasiteleri

Amaç duvarın başlangıçtan itibaren herhangi bir zamandaki sıcaklığının ve ısı miktarındaki değişiminin hesaplanabilmesidir.

Kabuller:

- 1.Herhangi bir anda sıcaklık dağılımı üniform
- 2.Işınım ihmal
- 3.Özellikler sabit
- 4.Cisim içindeki sıcaklık basamağı ihmal

A: Duvar yüzey alanı

m:Duvarın kütlesi

C_{pd} :Duvarın ortalama özgül ısısı

T_i :Duvarın ilk sıcaklığı

$T_{dış}$:Dış ortam sıcaklığı

$h_{dış}$:Isı taşınım katsayısı

Termodinamiğin 1. kanununa göre cisme dt zamanında taşınım ile geçen ısı, duvarda depo edilen ısıya eşit olacaktır. Bu durumda duvarın herhangi bir t anındaki sıcaklığı T olmak üzere, dt zamanında taşınım ile olan ısı geçişi, dt zamanında duvarda depo edilen ısının değişim miktarına eşit olacaktır.

$$Q=h.A.(T-T_{dış}).dt = m.C_{pd} \frac{dT}{dt} .dt \quad (5.3)$$

Buradan,

$$\int_{T_i}^T \frac{dT}{T_{\infty} - T} = \int_0^t \frac{h.A}{mc_{pd}} dt \quad (5.4.)$$

sınır şartları için;

$$t = 0 \quad \Rightarrow \quad T=T_i$$

$$t = t \quad \Rightarrow \quad T=T$$

$$\ln \frac{T - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}} = - \frac{h.A}{m.c_{pd}} t \quad (5.5.)$$

bulunur ve

$$\frac{T - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}} = \exp\left(-\frac{h.A}{mc_{pd}} t\right) \quad (5.6.)$$

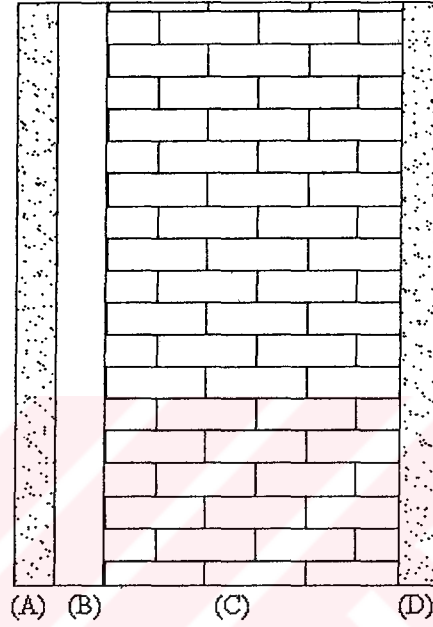
şeklinde hesaplanır[5, 7, 11].

5.5.4.Bina İçin Isı Kapasitesi Hesabı

Yapı oluşturan elemanların malzemelerin C_p 'leri ve ρ 'larının tablolardan okunması;

Kabul:

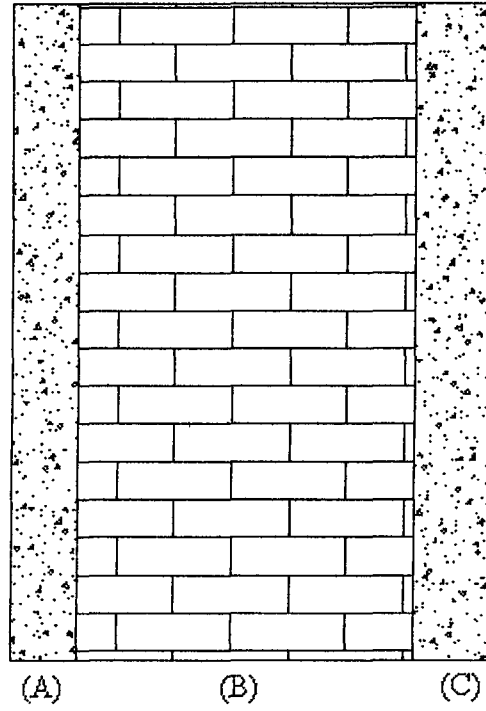
- Dış duvar
- İç duvar
- Ortam havası 20°C



Şekil .5.11. Dış Duvar

Tablo .5.17. Dış duvar İçin Yapı Elemanlarının Özellikleri

		L (m)	ρ kg / m^3	C_{pd} kJ / kgK
(A)	Kireç - Çimento Harcı	0,02	1440	0,84
(B)	Cam Yünü Levhaları (TS 305)	0,03	24	0,7
(C)	Normal Harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvar TS 704 – TS 705	0,19	1600	0,84
(D)	Kireç - Çimento Harcı	0,02	1440	0,84

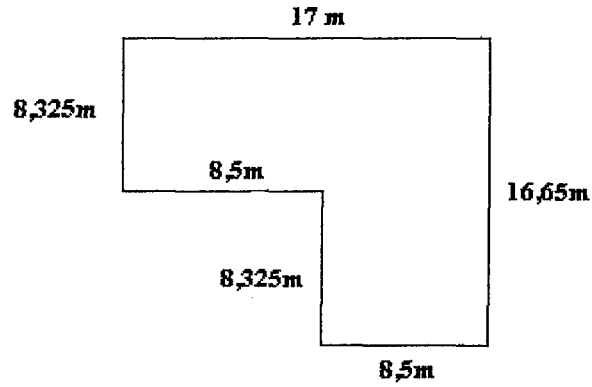


Şekil .5.12. İç Duvar

Tablo.5.18. İç Duvar Elemanlarının Özellikleri

		L (m)	ρ kg / m^3	$C_{p\dot{ı}ç}$ kJ / kgK
(A)	İç Sıva	0,02	1440	0,84
(B)	Düşey Delikli Hafif Tuğla Duvar TS4377	0,29	1600	0,84
(C)	Dış Sıva	0,02	1440	0,84

Duvar ölçüleri :



Şekil.5.13. Binanın Üsten Görünümü

1 kat için kat yüksekliği $h=2,8\text{m}$

1 kat için toplam duvar alanı : $2.(17.2,8)+2.(16,65.2,8)=188,44\text{ m}^2$

Bina toplam dış yüzeyi 2 kat için $A_{\text{dış}}=188,44.2=376,88\text{ m}^2$

Binanın iç duvar alanı dış yüzeyinin ortalama iki katı olarak düşünülürse;

$$A_{\text{iç}}=376,88.2=753,76\text{ m}^2$$

İç ortam havası 20°C 'de havanın;

$$C_{\text{phava}}=1007\text{ J/kg K}$$

$$\rho_{\text{hava}}=1,19\text{ kg/m}^3$$

$$V_{\text{hava}}=1055,26\text{ m}^3$$

Binanın toplam kütesinin bulunması;

$$m_{\text{dışduvar}}=A_{\text{Dışduvar}} \cdot (2 \cdot (L_{\text{siv}} \cdot \rho_{\text{siv}}) + (L_{\text{camy}} \cdot \rho_{\text{camy}}) + (L_{\text{Duştugl}} \cdot \rho_{\text{tuğuş}})) \quad (5.7.)$$

$$m_{\text{dışduvar}}=376,88 \cdot (2 \cdot (0,02.1440) + (0,03.24) + (1600.0,19))=273102,32\text{ kg}$$

$$m_{\text{içduvar}}=A_{\text{içduvar}} \cdot (2 \cdot (L_{\text{siv}} \cdot \rho_{\text{siv}}) + (L_{\text{Duştugl}} \cdot \rho_{\text{tuğuş}})) \quad (5.8.)$$

$$m_{\text{içduvar}} = 753,76 \cdot (2 \cdot (0,02 \cdot 1440) + (1600 \cdot 0,29)) = 393161,22 \text{ kg}$$

$$m_{\text{hava}} = V_{\text{hava}} \cdot \rho_{\text{hava}}$$

$$m_{\text{hava}} = 1055,26 \cdot 1,19 = 1255,76 \text{ kg}$$

$$m_t = 273102,32 + 393161,22 + 1255,76 = 667519,3 \text{ kg}$$

Bina için ortalama C_p 'nin hesaplanması;

Dış duvar için $C_{p\text{dış}}$;

$$C_{p\text{dış}} = \frac{A_{\text{disdu var}} \cdot (2 \cdot (L_{\text{siva}} \cdot \rho_{\text{siva}} \cdot C_{\text{psiva}}) + (L_{\text{camy}} \cdot \rho_{\text{camy}} \cdot C_{\text{pcamy}}) + (L_{\text{duştuğl}} \cdot \rho_{\text{tuğuğ}} \cdot C_{\text{ptuğuğ}}))}{m_{\text{disdu var}}} \quad (5.9.)$$

$$C_{p\text{dış}} = \frac{376,88 \cdot (2 \cdot (0,02 \cdot 1440 \cdot 0,84) + (0,03 \cdot 24 \cdot 0,7) + (0,19 \cdot 1600 \cdot 0,84))}{273102,32} = 0,839 \text{ Wh/kgK}$$

İç duvar için $C_{p\text{iç}}$;

$$C_{p\text{iç}} = \frac{A_{\text{içdu var}} \cdot (2 \cdot (L_{\text{siv}} \cdot \rho_{\text{siv}} \cdot C_{\text{psiv}}) + (L_{\text{içtuğçl}} \cdot \rho_{\text{tuğuğ}} \cdot C_{\text{ptuğuğ}}))}{m_{\text{içdu var}}} \quad (5.10)$$

İç duvarın yapı elemanlarının C_p 'sinin aynı olmasından dolayı;

$$C_{p\text{iç}} = 0,84 \text{ kJ / kgK}$$

Bina için $C_{p\text{bina}}$;

$$C_{p\text{bina}} = \frac{(m_{\text{disdu var}} \cdot C_{p\text{dış}}) + (m_{\text{içdu var}} \cdot C_{p\text{iç}}) + (m_{\text{hava}} \cdot C_{p\text{hava}})}{m_t} \quad (5.11)$$

$$C_{p\text{bina}} = \frac{(273102,32 \cdot 0,839) + (393161,22 \cdot 0,84) + (1055,26 \cdot 1,007)}{667519,3}$$

$$C_{p\text{bina}} = 0,8396 \text{ kJ / kgK} = 0,233 \text{ Wh/kgK}$$

5.5.5. Binada Isıtmaya Ara Verilmesi Durumu

Sistemin çalıştırılmasına ara verilmesi ile son ortam sıcaklığının bulunması;

$$T_{dış} = 267 \text{ °K} = -6^{\circ}\text{C}$$

$$T_{iç} = 293 \text{ K} = 20^{\circ}\text{C}$$

$$h_{dış} = 12,01 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Binadaki kazanın gece 23.00'da kapatıldığı sabah 06.00'da devreye sokulduğu kabul edilirse ısıtmaya 7 saat ara verilmiş olacaktır. Bu durumda bina ısı kaybetmiş olacak eski sıcaklığına getirebilmek için sisteme fazladan ısı verilmesi gerekecektir. Denklem (5.6)'da bu veriler yerine konarak 7 saat sonra binanın son sıcaklığı bulunur.

$$\frac{(T_s - (-6))}{(20 - (-6))} = \exp\left(-\frac{12,01 \cdot 376,88}{667519,3 \cdot 0,233} \cdot 7\right)$$

$$T_s = 15,3 \text{ °C} = 288,3 \text{ K}$$

Kabul:

- Isı kaybının sıcaklıkla lineer olduğu;
- Isıtma sisteminin kapatılmadan önceki dış ortamla ortalama ΔT 'si 299K
- 7 saat sonra binanın dış ortamla olan ΔT 'si 288,3 K

$$\bar{Q}_{kap} = \frac{288,3}{299} \cdot Q_{kayn} = 0,964 \cdot 26557 = 25606,63 \text{ W}$$

$Q_{kayıp}$ = Sistemi 20°C sıcaklıkta tutmak için gerekli 1 saat deki ısı kaybı

$\bar{Q}_{kap}$ = Sistemi bekletme esnasında binanın soğuması ile 1 saate kaybolan ısı

5.5.6.Kazan Seçimi

$$\bar{Q}_{kap}=24166,87 \text{ W}$$

$Q_t=7.25606,63=179246,42 \text{ W}$, 7 saate binanın kaybettiği ısı miktarı.

7 saate kaybolan ısı miktarını 90.000 W'lık bir kazan ile karşılanması durumunda

$$Q'_{kazan}=90000 \text{ W}$$

$$t_1=\frac{\bar{Q}_t}{Q'_t}=\frac{179246,42}{90000} \approx 2h$$

Binanın 20°C'ye yeniden gelebilmesi için 2 saat beklenmesi gerekmektedir.

6. SONUÇ

Binalarımızı ısıtmak amacı ile harcadığımız ısı miktarının fazla olması, bu işin kontrolsüz yapılması ülke ekonomisini olumsuz etkilemektedir. Bu sebeple, ısı kaybını kontrol altına alabilmek için örnek bir binada muhtemel olan ısı kayıpları hesaplanarak belirlenmiştir. Dış duvarlardan ve pencerelerden olan ısı kaybının diğer yapı elemanlarına göre fazla olması, bu elemanların seçiminde daha dikkatli olunmasının gerektiğini göstermektedir. Dış duvarlar için ısı yalıtımının günümüzde gerekli olduğu ve camların çift cam seçilmesinin ısı kaybını önemli ölçüde önlediği bir gerçektir. Ayrıca binalarımızdaki ısı kaynağının doğru seçilememesi durumunda seçilen kaynağın sistemin ısı kaybını karşılayamayacağı gibi, istenen ısıl konforu da sağlayamayacağı açıktır. Bu gibi durumlarda konforun sağlanabilmesi için yüksek işletme maliyetlerine gerek duyulmaktadır.

Bu çalışmanın bir evresi olarak ısıtmaya ara verilmesi ve kazanın tekrar devreye alınması sırasında, ısı kaybından dolayı ortam sıcaklığının nasıl değiştiği ve mevcut kaynakla bunun nasıl karşılandığı hesaplanarak gösterilmiştir.

Mevcut yönetmelikte ısı kaybı hesabı yapılırken yapı elemanları için kullanılan ısı taşınım katsayıları standart olarak alınır. Bu çalışmada, ısı taşınım katsayısını etkileyen faktörler belirlenmiş ve farklı durumlar için bu katsayının nasıl değiştiği hesabı yapılarak gösterilmiştir. Burada, değişik akış rejimlerindeki ısı transfer katsayısının yüzey boyunca değişimini dikkate alan bir denklem sistemi kurularak, geliştirilen bir iterasyon yöntemi ile çözümü elde edilmiştir. Bu şekilde ısı kaybının hesabı daha yaklaşık olarak yapılmaktadır.

Bu yöntem, binalar için uygun ısıtma sistemi elemanlarının, yapı geometrisinin ve malzemenin seçiminde faydalı olacaktır.

Bu çalışmayla, binalardaki ısı hesabını daha hassas yapabilmek için iki ve üç boyutluluk etkilerini ve toprak-bina etkileşimini modelleyen kapsamlı yaklaşımlara ihtiyaç olduğu da anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Energy and Buildings (2000) M.H.Adjali BSc(Eng.) MSc PhD^a,M.Davies BSc PhD^b,C.Ni Riain BSc^a,J.G. Littler MA PhD^a * Reserch in Building Group, Universty of Westminster, 35 Marylebone Road, London NW1 5LS, UK * Department of Mechanical Engineering,Brunel Universty, Uxbridge,Middlesex UB8 3PH,UK -In situ measurements and numerical simulation of heat transfer beneath a heated gound flor slab Received 10 Septenber 1999 ; accepted 14 May 2000
- [2] TMMOB Makine Mühendisleri odası, Yayın No:84 (İstanbul 1999) -Kalorifer tesisatı Proje hazırlama Teknik Esasları
- [3] Energy and Buildings (1998) Hazim B. Awbi ,Department of Construction Manegement and Engeneering ,The Universty of Reading ,Reading UK Received 3 July 1997; accepted 12 March 1998 – Calculation of convective heat transfer coefficients of room surfaces for natural convection
- [4] Energy and Buildings (1999)H.B.Awbi,A.Hatton ,Department of Construction Manegement and Engeneering ,The Universty of Reading ,Reading UK Accepted 6 January 1999 -Natural convection from heated room surfaces
- [5] Sakarya Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Doç.Dr.Fethi HALICI – Örneklerle Isı Geçişi Sakarya 2001
- [6] Energy and Buildings (2000) H.B.Awbi,A.Hatton, Department of Construction Manegement and Engeneering ,The Universty of Reading,P.O.Box 219 ,Whiteknight,Reading RG6 6AW,UK Received 23 March 1999;Accepted 1December1999 –Mixed convection from heated room surfaces
- [7] İTÜ Makine Fakültesi;Prof.Dr.Alpin Kemal DAĞSÖZ İstanbul 1995 – Isı Transferi Isıtma,Soğutma,Kurutma Teknikleri
- [8] Building and Environment (2002) M.bojic,F.Yik,K.Wan,J.Burnett, Department of Building Services Engineering.The Hon Kong Polytehnuc Universty,Hung Hom Kownloon Hon Kong SAR.China Received 25 May 2000,Accepted 17 April 2001 – İnfluence of envelope and partition characteristics on the space cooling of high-rise residential buildings in Hon Kong
- [9] ISISAN BUDERUS (2000) Prof.Dr.Ahmet Arısoy ,Isısan Çalışmalayı Yayın No:265 –Isıtma Tesisatı



- [10] Building Physics (2002) 6th Nordic Symposium Tim Weber, Civ.İng.Dipl-İng
,Gudni Johannesson ,Prof.* -The İnfluence of infiltration Heat Loss on the
Purchased Heating Energy Use in Low-Energy Houses
- [11] Mühendislik yaklaşımı ile TERMODİNAMİK (Ekim 2000),Dr.Yunus
Çengel,Dr.Michael A.Boles,Prof.Dr.Taner Derbentli
- [12] TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayın No:MMO/2002/296-2 , - Klima
Tesisatı
- [13] Arı Kitabevi İstanbul (1968),Dr.İng.W.Raiss,Prof.Dr.İng.F.Roedler Çeviri
Uğur Köktürk-Isıtma ve Havalandırma Tekniği Birinci Cilt.
- [14] Arı Kitabevi İstanbul (1969),Dr.İng.W.Raiss,Prof.Dr.İng.F.Roedler Çeviri
Uğur Köktürk-Isıtma ve Havalandırma Tekniği İkinci Cilt.
- [15] 8th Edition (Copyright 1997), Professor of Mechanical Engineering
J.P.Holman - Heat Transfer
- [16] 4th Edition (Copyright 1996) ,Frank P.Incropera David P.Dewitt, School of
Mechanical Engineering-Fundamentals of Heat and Mass Transfer
- [17] T.C.Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Bölümü Lisans Tezi
Haziran (2003) Danış.Prof.Dr.İsmail Ekmekçi Hazırlayan Cem Karahan , -
Kalorifer Tesisatı ve Yardımcı Yabancı Kaynaklar
- [18] Türk Standartları Enstitüsü (TSE) Yayın No : TS 825 Binalarda ısı Yalıtım
Yönetmeliği (1999)
- [19] Anadolu Üniversitesi (2001) Prof.Dr.T.Hikmet Karakoç – Uygulamalı TS825
ve Kalorifer Tesisatı Hesabı
- [20] Isısan Çalışmaları Ekim (2003) Mak.Y.Müh.Rüknettin Küçükyalı –Doğalgaz
Lpg Tesisatı ve Bacalar
- [21] Resmi gazete (08.05.2000) Resmi gazete sayısı 24043 –Binalarda Isı Yalıtım
Yönetmeliği
- [22] N.B., Hutcheon “Influence of moisture on thermal properties of materials,
building products and building elements”, Rilem-Bulletin New series, no. 34, pp
41-47, 1967.
- [23] Enerji ve Çevre Sempozyumu (13-15 Nisan 1994 , Mersin) Ebru Yılmaz,Jülide
Dernek,Tunç Gökçe -Konutlarda Yenilenebilir Enerji Kullanımı Yüksek proje
Uluslararası A.Ş. Araştırma-Geliştirme Grubu



ÖZGEÇMİŞ

14.03.1981'de İstanbul'da dünyaya gelen Cem KARAHAN ; İlkokulu Kazım Karabekir ilkokulunda, orta okulu Şener Birsöz Orta okulunda, liseyi Fenerbahçe Lisesi Yabancı dil ağırlıklı bölümünde bitirdi. 1999'da Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine bölümünde tamamlayarak 2003'de mezun oldu. Aynı sene Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsünde Enerji Sistemleri Mühendisliğinde Yüksek Lisansa başladı. Aynı zamanda bir mekanik tesisat ve taahhüt firmasında mühendis olarak çalışmaktadır.



ISI KAYBI HESABI

İŞİN ADI, YERİ, MAL SAHİBİ : BURSA -6R 1. BLOK

Hesabı Yapan :

Yapı Bileşeni				Alan Hesabı				Isı Kaybı Hesabı				Zamlar				
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik - Ger	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Giren	Isı İletim Kat.	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	İşletme	Kat Yükseklik	Yön	Toplam	Toplam Isı İhtiyacı
		cm	m	m	m²	Ad	m²	m²	Kcal/m²h°C	°C	W	%	%	%	1+%	Kcal/h
106 YATAK ODASI - 1 (20 C)																
ID		33	3,4	2,4	8,16	1	1,89	6,27	0,37	2	5	0,15	0,00	0,00	1,15	5
İK			0,9	2,1	1,89	1		1,89	2,8	10	53	0,15	0,00	0,00	1,15	61
DD	B	27	3,4	2,4	8,16	1	2,10	6,06	0,74	26	117	0,15	0,00	0,00	1,15	134
ÇCP	B		1,5	1,4	2,10	1		2,10	2,8	26	153	0,15	0,00	0,00	1,15	176
DD	K	27	3,4	2,4	8,16	1	3,78	4,38	0,74	26	84	0,15	0,00	0,05	1,20	101
İK	K		0,8	2,1	1,68	1		1,68	2,8	26	122	0,15	0,00	0,05	1,20	147
ÇCP	K		1,5	1,4	2,10	1		2,10	2,8	26	153	0,15	0,00	0,05	1,20	183
ID		33	3,4	2,4	8,16	1		8,16	0,37	10	30	0,15	0,00	0,00	1,15	35
DÖ		43	3,4	3,4	11,56	1		11,56	0,45	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0
TA		17	3,4	3,4	11,56	1		11,56	0,5	23	133	0,15	0,00	0,00	1,15	163
																995
								$Q_s = (2 \times 7,77 \times 0,9 \times 0,6 \times 26 \times 1) + (2 \times 12,86 \times 0,9 \times 0,6 \times 26 \times 1)$								579
								$Q_s = 579,28$	=	579	Kcal/h					$Q_t = 1574$
107 YATAK ODASI - 2 (20 C)																
ID		33	4,7	2,4	11,28	1	1,89	9,39	0,37	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0
İK			0,9	2,1	1,89	1		1,89	2,8	10	53	0,15	0,00	0,00	1,15	61
ID		33	3,65	2,4	8,76	1		8,76	0,37	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0
DD	K	27	4,6	2,4	11,04	1	2,10	8,94	0,74	26	172	0,15	0,00	0,05	1,20	206
ÇCP	K		1,5	1,4	2,10	1		2,10	2,8	26	153	0,15	0,00	0,05	1,20	183
ID-2		33	3,65	2,4	8,76	1		8,76	0,37	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0
DÖ		43	4,7	3,65	17,16	1		17,16	0,45	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0
TA		17	4,7	3,65	17,16	1		17,16	0,5	23	197	0,15	0,00	0,00	1,15	227
																678
								$Q_s = 2 \times 7,77 \times 0,9 \times 0,6 \times 26 \times 1$								218,18
								$Q_s = 201,3 \times 1$	=	201	Kcal/h					$Q_t = 896$
108 YATAK ODASI - 3 (20 C)																
DD	G	27	3,65	2,4	8,76	1	3,08	5,68	0,74	26	109	0,15	0,00	-0,05	1,10	120
ÇCP	G		1	1,4	1,40	1		1,40	2,8	26	102	0,15	0,00	-0,05	1,10	112
BK	G		0,8	2,1	1,68	1		1,68	2,8	26	122	0,15	0,00	-0,05	1,10	135
ID		33	3,45	2,4	8,28	1	1,89	6,39	0,37	10	24	0,15	0,00	0,00	1,15	27
İK			0,9	2,1	1,89	1		1,89	2,8	10	53	0,15	0,00	0,00	1,15	61
ID		33	3,65	2,4	8,76	1		8,76	0,37	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0
ID-2		33	3,45	2,4	8,28	1		8,28	0,37	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0
DÖ		43	3,65	2,25	8,21	1		8,21	0,45	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0
DÖ		43	3,45	1,2	4,14	1		4,14	0,45	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0
TA		17	7,1	3,45	24,50	1		24,50	0,5	23	282	0,15	0,00	0,00	1,15	324
																779
								$Q_s = (2 \times 7,77 \times 0,9 \times 0,6 \times 26 \times 1) + (2 \times 12,86 \times 0,9 \times 0,6 \times 26 \times 1)$								579
								$Q_s = 579,28$	=	579	Kcal/h					$Q_t = 1358$

Hesabı Yapan :

Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı			Zamirler									
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik - Geni	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Giren	Isı İletim Kat.	Sıcaklık Farkı	Zamir Isı Kaybı	İşletme	Kat Yükseklik	Yön	Toplam	Toplam Isı İhtiyacı				
		cm	m	m	Ao	Ad.	m²	A	K	Δt	Qo	Zo	Zw	Zh	Z	Qh=Qt+QE				
								m²	Kcal/m²h°C	°C	W	%	%	%	1+%	Kcal/h				
103 WC - LAVABO																				
KOL	K	20	0,3	2,4	0,72	1		0,72	0,8	16	9	0,15	0,00	0,05	1,20	11				
DD-2	K	27	1,75	2,4	4,20	1		4,20	0,74	16	50	0,15	0,00	0,05	1,20	60				
DD-2	B	27	1,85	2,4	4,44	1	0,49	3,95	0,74	16	47	0,15	0,00	0,00	1,15	54				
ÇCP	B		0,7	0,7	0,49	1		0,49	2,8	16	22	0,15	0,00	0,00	1,15	26				
İD		33	2	2,4	4,80	1	1,68	3,12	0,37	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0				
İK			0,8	2,1	1,68	1		1,68	2,8	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0				
DD-2	D	27	0,45	2,4	1,08	1		1,08	0,74	16	13	0,15	0,00	0,00	1,15	16				
İD		33	1,45	2,4	3,48	1		3,48	0,37	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0				
DÖ		43	2	1,9	3,80	1	0,00	3,80	0,45	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0				
TA			2	1,9	3,80	1		3,80	0,500	16	30	0,15	0,00	0,00	1,15	36				
								Qs =2×2,59×0,9×0,6×16×1										199		
								Qs =44,87×1								=	45	Kcal/h	Qt =	244
104 MERDİVEN - HOL																				
DD-2	G	27	0,9	2,4	2,16	1		2,16	0,74	16	26	0,15	0,00	-0,05	1,10	28				
KOL		20	1,15	2,4	2,76	1		2,76	0,8	16	35	0,15	0,00	0,00	1,15	41				
DD-2	B	27	2,15	2,4	5,16	1	0,49	4,67	0,74	16	55	0,15	0,00	0,00	1,15	64				
ÇCP	B		0,7	0,7	0,49	1		0,49	2,8	16	22	0,15	0,00	0,00	1,15	26				
İD		33	4,3	2,4	10,32	1	1,89	8,43	0,37	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0				
İK			0,9	2,1	1,89	1		1,89	2,8	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0				
İD		33	2,15	2,4	5,16	1	3,36	1,80	0,37	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0				
İK			0,8	2,1	1,68	2		3,36	2,8	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0				
DÖ		43	2,1	2,4	5,04	1		5,04	0,45	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0				
DÖ		43	0,2	1	0,20	1		0,20	0,45	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0				
TA			4	2,1	8,40	1		8,40	0,500	13	55	0,15	0,00	0,00	1,15	63				
								Qs =2×2,59×0,9×0,6×16×1										220		
								Qs =44,87×1								=	45	Kcal/h	Qt =	265
1 NCI KAT																				
105 BANYO (26 C)																				
DD	G	27	2,7	2,4	6,48	1		6,48	0,74	32	153	0,15	0,00	-0,05	1,10	169				
KOL		20	0,5	2,4	1,20	1		1,20	0,8	32	31	0,15	0,00	0,00	1,15	36				
DD	B	27	1,95	2,4	4,68	1	0,49	4,19	0,74	32	99	0,15	0,00	0,00	1,15	114				
ÇCP	B		0,7	0,7	0,49	1		0,49	2,8	32	44	0,15	0,00	0,00	1,15	60				
İD		33	3,2	2,4	7,68	1	1,68	6,00	0,37	16	36	0,15	0,00	0,00	1,15	41				
İK			0,8	2,1	1,68	1		1,68	2,8	16	75	0,15	0,00	0,00	1,15	87				
İD-2		33	1,45	2,4	3,48	1		3,48	0,37	6	8	0,15	0,00	0,00	1,15	9				
DD	D	27	0,5	2,4	1,20	1		1,20	0,74	32	28	0,15	0,00	0,00	1,15	33				
DÖ		43	3,2	1,95	6,24	1		6,24	0,45	16	45	0,15	0,00	0,00	1,15	52				
TA		17	3,2	1,95	6,24	1		6,24	0,5	26	81	0,15	0,00	0,00	1,15	93				
								Qs =2×2,59×0,9×0,6×16×1										883		
								Qs =44,87×1								=	45	Kcal/h	Qt =	728

ISI KAYBI HESABI

İŞİN ADI, YERİ, MAL SAHİBİ : BURSA -6R 1. BLOK

Hesabi Yapan :

Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zamılar						
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik - Geni	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Girilen	Isı İletim Kat.	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	İşletme	Kat Yükseklik	Yön	Toplam	Toplam Isı İhtiyacı			
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	Kcal/m²h°C	°C	W	%	%	%	1+%	Kcal/h			
ZEMİN KAT																			
101 SALON (22 C)																			
DD	G	27	3,6	2,4	8,64	1	2,10	6,54	0,74	28	136	0,15	0,00	-0,05	1,10	149			
ÇCP	G		1,5	1,4	2,10	1		2,10	2,8	28	165	0,15	0,00	-0,05	1,10	181			
İD		33	1,35	2,4	3,24	1		3,24	0,37	4	5	0,15	0,00	0,00	1,15	6			
İD		33	2,2	2,4	5,28	1	3,36	1,92	0,37	12	9	0,15	0,00	0,00	1,15	10			
İK			0,8	2,1	1,68	2		3,36	2,8	12	113	0,15	0,00	0,00	1,15	130			
İD		33	0,8	2,4	1,92	1		1,92	0,37	12	9	0,15	0,00	0,00	1,15	10			
KOL		20	0,6	2,4	1,44	1		1,44	0,8	4	5	0,15	0,00	0,00	1,15	5			
İD		33	2,65	2,4	6,36	1		6,36	0,37	4	9	0,15	0,00	0,00	1,15	11			
DD	K	27	4,7	2,4	11,28	1	2,10	9,18	0,74	28	190	0,15	0,00	0,05	1,20	228			
ÇCP	K		1,5	1,4	2,10	1		2,10	2,8	28	165	0,15	0,00	0,05	1,20	198			
KOL		20	1,4	2,4	3,36	1		3,36	0,8	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0			
DD-2		27	4,4	2,4	10,56	1		10,56	0,74	28	219	0,15	0,00	0,00	1,15	262			
KOL	D	20	0,6	2,4	1,44	1		1,44	0,8	28	32	0,15	0,00	0,00	1,15	37			
DD	D	27	0,4	2,4	0,96	1		0,96	0,74	28	20	0,15	0,00	0,00	1,15	23			
DÖ		43	3,25	4,7	15,28	1		15,28	0,45	12	82	0,15	0,00	0,00	1,15	95			
DÖ		43	3,55	3,6	12,78	1		12,78	0,45	12	69	0,15	0,00	0,00	1,15	79			
TA		17	6,8	8,3	56,44	1		56,44	0,5	2	56	0,15	0,00	0,00	1,15	66			
																1478			
								Qs =2x7.77x0,9x0,6x28x1									470		
								Qs =234,9x2					=	470	Kcal/h	Qt =	1948		
102 MUTFAK (18 C)																			
İD		33	3,3	2,4	7,92	1	1,89	6,03	0,37	8	18	0,15	0,00	0,00	1,15	21			
İK			0,9	2,1	1,89	1		1,89	2,8	8	42	0,15	0,00	0,00	1,15	49			
DD	B	27	4,1	2,4	9,84	1	1,40	8,44	0,74	24	150	0,15	0,00	0,00	1,15	172			
ÇCP	B		1	1,4	1,40	1		1,40	2,8	24	94	0,15	0,00	0,00	1,15	108			
KOL		20	0,7	2,4	1,68	1		1,68	0,8	24	32	0,15	0,00	0,00	1,15	37			
DD	G	27	0,6	2,4	1,44	1		1,44	0,74	24	26	0,15	0,00	-0,05	1,10	28			
DD	K	27	4,2	2,4	10,08	1	2,10	7,98	0,74	24	142	0,15	0,00	0,05	1,20	170			
ÇCP	K		1,5	1,4	2,10	1		2,10	2,8	24	141	0,15	0,00	0,05	1,20	169			
DD	D	27	1,55	2,4	3,72	1	1,68	2,04	0,74	24	36	0,15	0,00	0,00	1,15	42			
BK	D		0,8	2,1	1,68	1		1,68	2,8	24	113	0,15	0,00	0,00	1,15	130			
KOL		20	0,6	2,4	1,44	1		1,44	0,8	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0			
İD		33	2,65	2,4	6,36	1		6,36	0,37	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0			
KOL		20	0,6	2,4	1,44	1		1,44	0,8	24	28	0,15	0,00	0,00	1,15	32			
DÖ		43	3,25	0,9	2,93	1		2,93	0,45	24	32	0,15	0,00	0,00	1,15	36			
DÖ		43	4,8	3,3	15,84	1		15,84	0,45	8	57	0,15	0,00	0,00	1,15	66			
TA		17	8,05	4,2	33,81	1		33,81	0,5	2	34	0,15	0,00	0,00	1,15	39			
																1099			
								Qs =(2x7.77x0,9x0,6x24x1)+(2x12,86x0,9x0,6x24x1)									551,5		
								Qs =551,5					=	552	Kcal/h	Qt =	1952		

ISI KAYBI HESABI

İŞİN ADI, YERİ, MAL SAHİBİ : BURSA -6R 1. BLOK
Hesabı Yapan :

Yapı Bileşeni			Alan Hesabı				Isı Kaybı Hesabı				Zamlar						
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik - Ger	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Girilen	Isı İletim Kat.	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	İşletme	Kat Yükseklik	Yön	Toplam	Toplam Isı İhtiyacı	
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	Kcal/m²h°C	°C	W	%	%	%	1+%	Kcal/h	
ZEMİN KAT																	
101 SALON (22 C)																	
DD	G	27	3,6	2,4	8,64	1	2,10	6,54	0,74	28	136	0,15	0,00	-0,05	1,10	149	
ÇCP	G		1,5	1,4	2,10	1		2,10	2,8	28	165	0,15	0,00	-0,05	1,10	181	
ID		33	1,35	2,4	3,24	1		3,24	0,37	4	5	0,15	0,00	0,00	1,15	6	
ID		33	2,2	2,4	5,28	1	3,36	1,92	0,37	12	9	0,15	0,00	0,00	1,15	10	
İK			0,8	2,1	1,68	2		3,36	2,8	12	113	0,15	0,00	0,00	1,15	130	
ID		33	0,8	2,4	1,92	1		1,92	0,37	12	9	0,15	0,00	0,00	1,15	10	
KOL		20	0,6	2,4	1,44	1		1,44	0,8	4	5	0,15	0,00	0,00	1,15	5	
ID		33	2,65	2,4	6,36	1		6,36	0,37	4	9	0,15	0,00	0,00	1,15	11	
DD	K	27	4,7	2,4	11,28	1	2,10	9,18	0,74	28	190	0,15	0,00	0,05	1,20	228	
ÇCP	K		1,5	1,4	2,10	1		2,10	2,8	28	165	0,15	0,00	0,05	1,20	198	
KOL		20	1,4	2,4	3,36	1		3,36	0,8	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0	
DD-2		27	4,4	2,4	10,56	1		10,56	0,74	28	219	0,15	0,00	0,00	1,15	262	
KOL	D	20	0,6	2,4	1,44	1		1,44	0,8	28	32	0,15	0,00	0,00	1,15	37	
DD	D	27	0,4	2,4	0,96	1		0,96	0,74	28	20	0,15	0,00	0,00	1,15	23	
DÖ		43	3,25	4,7	15,28	1		15,28	0,45	12	82	0,15	0,00	0,00	1,15	96	
DÖ		43	3,55	3,6	12,78	1		12,78	0,45	12	69	0,15	0,00	0,00	1,15	79	
TA		17	6,8	8,3	56,44	1		56,44	0,5	2	56	0,15	0,00	0,00	1,15	66	
																1478	
								Qs =2×7.77×0,9×0,6×28×1								470	
								Qs =234,9×2				=	470	Kcal/h		Qt =	1948
102 MUTFAK (18 C)																	
ID		33	3,3	2,4	7,92	1	1,89	6,03	0,37	8	18	0,15	0,00	0,00	1,15	21	
İK			0,9	2,1	1,89	1		1,89	2,8	8	42	0,15	0,00	0,00	1,15	49	
DD	B	27	4,1	2,4	9,84	1	1,40	8,44	0,74	24	150	0,15	0,00	0,00	1,15	172	
ÇCP	B		1	1,4	1,40	1		1,40	2,8	24	94	0,15	0,00	0,00	1,15	108	
KOL		20	0,7	2,4	1,68	1		1,68	0,8	24	32	0,15	0,00	0,00	1,15	37	
DD	G	27	0,6	2,4	1,44	1		1,44	0,74	24	26	0,15	0,00	-0,05	1,10	28	
DD	K	27	4,2	2,4	10,08	1	2,10	7,98	0,74	24	142	0,15	0,00	0,05	1,20	170	
ÇCP	K		1,5	1,4	2,10	1		2,10	2,8	24	141	0,15	0,00	0,05	1,20	169	
DD	D	27	1,55	2,4	3,72	1	1,68	2,04	0,74	24	36	0,15	0,00	0,00	1,15	42	
BK	D		0,8	2,1	1,68	1		1,68	2,8	24	113	0,15	0,00	0,00	1,15	130	
KOL		20	0,6	2,4	1,44	1		1,44	0,8	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0	
ID		33	2,65	2,4	6,36	1		6,36	0,37	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0	
KOL		20	0,6	2,4	1,44	1		1,44	0,8	24	28	0,15	0,00	0,00	1,15	32	
DÖ		43	3,25	0,9	2,93	1		2,93	0,45	24	32	0,15	0,00	0,00	1,15	36	
DÖ		43	4,8	3,3	15,84	1		15,84	0,45	8	57	0,15	0,00	0,00	1,15	66	
TA		17	8,05	4,2	33,81	1		33,81	0,5	2	34	0,15	0,00	0,00	1,15	39	
																1099	
								Qs =(2×7.77×0,9×0,6×24×1)+(2×12,86×0,9×0,6×24×1)								551,5	
								Qs =551,5				=	552	Kcal/h		Qt =	1962

ISI KAYBI HESABI

İŞİN ADI, YERİ, MAL SAHİBİ : 2.BLOK
Hesabı Yapan :

Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zarflar					Toplam Isı İhtiyacı
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik - Geni	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Girilen	Isı İletim Kat.	Sıcaklık Farkı	Zamansız Isı Kaybı	Isıletme	Kat Yükseklik	Yön	Toplam			
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	W/m²°C	°C	W	%	%	%	1+%	W		
ZEMİN KAT																		
HOLL 10 C																		
DD	B	27	1,95	2,4	4,68	1	0,49	4,19	0,74	16	50	0,15	0,00	0,00	1,15	57		
ID			4	2,4	9,60	1	1,68	7,92	0,37	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0		
ÇCP	B		0,7	0,7	0,49	1		0,49	2,8	16	22	0,15	0,00	0,00	1,15	26		
ID			2,8	2,4	6,72	1	3,78	2,94	0,37	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0		
KOL			0,45	2,4	1,08	1		1,08	0,8	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0		
DÖ	43		4	2,1	8,40	1		8,40	0,45	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0		
TA			4	2,1	8,40	1		8,40	0,500	13	54,60	0,15	0,00	0,00	1,15	63		
																145		
								Qs = 2×2,59×0,9×0,6×16×1									44,87	
								Qs = 44,87×1					=	45	Kcal/h	Qt =	190	
1NCİ KAT																		
BANYO 26 C																		
DD	G	27	3,2	2,4	7,68	1		7,68	0,74	32	182	0,15	0,00	-0,05	1,10	200		
ÇCP	G		0,7	0,7	0,49	1		0,49	2,8	32	44	0,15	0,00	-0,05	1,10	48		
ID			3,2	2,4	7,68	1	1,68	6,00	0,37	16	36	0,15	0,00	0,00	1,15	41		
İK			0,8	2,1	1,68	1		1,68	2,1	16	56	0,15	0,00	0,00	1,15	65		
ID			1,5	2,4	3,60	1	1,68	1,92	0,37	6	4	0,15	0,00	0,00	1,15	5		
DÖ	43		3,2	1,95	6,24	1		6,24	0,45	16	45	0,15	0,00	0,00	1,15	52		
TA			1	1,5	1,50	1		1,50	0,5	26	20	0,15	0,00	0,00	1,15	22		
																433		
								Qs = 2×2,59×0,9×0,6×16×1									44,87	
								Qs = 44,87×1					=	45	Kcal/h	Qt =	478	
YATAK ODASI - 1 (20 C)																		
DD	K	27	4	2,4	9,60	1	3,78	5,82	0,74	26	112	0,15	0,00	0,05	1,20	134		
ÇCP	K		1,4	1,5	2,10	1		2,10	2,8	26	153	0,15	0,00	0,05	1,20	183		
BK	K		0,8	2,1	1,68	1		1,68	2,8	26	122	0,15	0,00	0,05	1,20	147		
ID			2,1	2,4	5,04	1	1,89	3,15	0,37	10	12	0,15	0,00	0,00	1,15	13		
İK			0,9	2,1	1,89	1		1,89	2,1	10	40	0,15	0,00	0,00	1,15	46		
KOL			0,2	2,4	0,48	1		0,48	0,8	26	10	0,15	0,00	0,00	1,15	11		
DÖ	43		4,2	2,6	10,92	1		10,92	0,45	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0		
TA			4,2	2,6	10,92	1		10,92	0,5	23	126	0,15	0,00	0,00	1,15	144		
																680		
								Qs = (2×7,77×0,9×0,6×26×1)+(2×12,86×0,9×0,6×26×1)									579	
								Qs = 579,28					=	579	Kcal/h	Qt =	1259	

ISI KAYBI HESABI

İŞİN ADI, YERİ, MAL SAHİBİ : 2.BLOK
Hesabı Yapan :

Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı				Zamlar				Toplam Isı İhtiyacı	
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik - Ger	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Giren	Isı İletim Kat.	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	İsletme	Kat Yükseklik	Yön	Toplam	Qh=Qt+QE	
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	W/m²°C	°C	W	%	%	%	1+%	W	
YATAK ODASI - 2 (20 C)																	
DD	K		2,9	2,4	6,96	1		6,96	0,74	26	134	0,15	0,00	0,05	1,20	161	
DD	D		3,5	2,4	8,40	1	2,10	6,30	0,74	26	121	0,15	0,00	0,00	1,15	139	
ÇCP	D		1,5	1,4	2,10	1		2,10	2,8	26	153	0,15	0,00	0,00	1,15	176	
İK			0,9	2,1	1,89	1		1,89	2,1	10	40	0,15	0,00	0,00	1,15	46	
DÖ		43	2,9	3,5	10,15	1		10,15	0,45	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0	
TA			2,9	3,5	10,15	1		10,15	0,5	23	117	0,15	0,00	0,00	1,15	134	
																1261	
								Qs =2x7,77x0,9x0,6x26x1								218,18	
								Qs =201,3x1		=	201	Kcal/h			Qt =	1479	
YATAK ODASI - 3 (20 C)																	
DD	D	27	4	2,4	9,60	1	3,78	5,82	0,74	26	112	0,15	0,00	0,00	1,15	129	
ÇCP	D		1,5	1,4	2,10	1		2,10	2,8	26	153	0,15	0,00	0,00	1,15	176	
BK	D		0,8	2,1	1,68	1		1,68	2,8	26	122	0,15	0,00	0,00	1,15	141	
İD			3,5	2,4	8,40	1	1,68	6,72	2,1	10	141	0,15	0,00	0,00	1,15	162	
İK			0,8	2,1	1,68	1		1,68	2,1	10	35	0,15	0,00	0,00	1,15	41	
İD			3,65	2,4	8,76	1		8,76	0,37	10	32	0,15	0,00	0,00	1,15	37	
KOL			0,5	2,4	1,20	1		1,20	0,8	10	10	0,15	0,00	0,00	1,15	11	
DÖ		43	4	2,9	11,60	1		11,60	0,45	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0	
TA			4	2,9	11,60	1		11,60	0,5	23	133	0,15	0,00	0,00	1,15	163	
																860	
								Qs =(2x7,77x0,9x0,6x26x1)+(2x12,86x0,9x0,6x26x1)								579	
								Qs =579,28		=	579	Kcal/h			Qt =	1429	

İŞİN ADI, YERİ, MAL SAHİBİ : 3. BLOK

Hesabi Yapan :

Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı				Zamılar					Toplam Isı İhtiyacı Qh=Qt+QE
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik - Geni	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Giren	Isı İletim Kat.	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	İşletme	Kat Yükseklik	Yön	Toplam		
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	W/m²°C	°C	W	%	%	%	1+%		
ZEMİN KAT																	
SALON (22 C)																	
ÇCP	G		1,5	1,4	2,10	1		2,10	2,8	28	165	0,15	0,00	-0,05	1,10	181	
DD-1	G	27	7,65	2,4	18,36	1	2,10	16,26	0,74	28	337	0,15	0,00	-0,05	1,10	371	
DD-2	D	27	4,7	2,4	11,28	1	2,10	9,18	0,74	28	190	0,15	0,00	0,00	1,15	219	
DD-3	B	27	4,6	2,4	11,04	1	2,10	8,94	0,74	28	185	0,15	0,00	0,00	1,15	213	
ÇCP	B		1,5	1,4	2,10	1		2,10	2,8	28	165	0,15	0,00	0,00	1,15	189	
ÇCP	D		1,5	1,4	2,10	1		2,10	2,8	28	165	0,15	0,00	0,00	1,15	189	
ID-1		33	2,35	2,4	5,64	1		5,64	0,37	4	8	0,15	0,00	0,00	1,15	10	
ID-2		33	3	2,4	7,20	1	3,78	3,42	0,37	12	15	0,15	0,00	0,00	1,15	17	
İK			0,9	2,1	1,89	2		3,78	2,8	12	127	0,15	0,00	0,00	1,15	146	
ID-3		33	2	2,4	4,80	1		4,80	1,058	12	61	0,15	0,00	0,00	1,15	70	
KOL		20	0,5	2,4	1,20	1		1,20	2,07	28	70	0,15	0,00	0,00	1,15	80	
DÖ-1		43	3,6	6,8	24,48	1		24,48	0,45	12	132	0,15	0,00	0,00	1,15	152	
DÖ-2		43	0,8	4,25	3,40	1		3,40	0,45	28	43	0,15	0,00	0,00	1,15	49	
DÖ-3		43	0,7	1,95	1,37	1		1,37	0,45	12	7	0,15	0,00	0,00	1,15	8	
TA		17	5,1	13	66,30	1		66,30	0,5	2	66	0,15	0,00	0,00	1,15	76	
1971																	
Qs =2×7.77×0,9×0,6×28×1									705								
Qs =234,9×3									=	705	Kcal/h	Qt =			2676		
MUTFAK (18 C)																	
ID		33	4,1	2,4	9,84	1	1,68	8,16	0,37	8	24	0,15	0,00	0,00	1,15	28	
İK			0,8	2,1	1,68	1		1,68	2,8	8	38	0,15	0,00	0,00	1,15	43	
DD	G	27	1,93	2,4	4,63	1	1,68	2,95	0,74	24	52	0,15	0,00	-0,05	1,10	58	
BK	G		0,8	2,1	1,68	1		1,68	2,8	24	113	0,15	0,00	-0,05	1,10	124	
DD	D	27	3,9	2,4	9,36	1	2,10	7,26	0,74	24	129	0,15	0,00	0,00	1,15	148	
ÇCP	D		1,4	1,5	2,10	1		2,10	2,8	24	141	0,15	0,00	0,00	1,15	162	
KOL		20	0,5	2,4	1,20	1		1,20	2,07	24	60	0,15	0,00	0,00	1,15	69	
KOL2		20	0,9	2,4	2,16	1		2,16	2,07	8	36	0,15	0,00	0,00	1,15	41	
DÖ		43	4,4	4,2	18,48	1		18,48	0,45	8	67	0,15	0,00	0,00	1,15	77	
DÖ		43	0,5	4,2	2,10	1		2,10	0,45	24	23	0,15	0,00	0,00	1,15	26	
TA		17	4,9	8,4	41,16	1,00		41,16	0,5	2	41	0,15	0,00	0,00	1,15	47	
1971																	
Qs =(2×7.77×0,9×0,6×24×1)+(2×12,86×0,9×0,6×24×1)									551,5								
Qs =551,5									=	552	Kcal/h	Qt =			2523		

ISI KAYBI HESABI

İŞİN ADI, YERİ, MAL SAHİBİ : 3. BLOK
Hesabı Yapan :

Yapı Bileşeni				Alan Hesabı				Isı Kaybı Hesabı				Zamlar				Toplam Isı İhtiyacı
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik - Geni	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Giren	Isı İletim Kat.	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	İsletme	Kat Yükseklik	Yön	Toplam	
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	W/m²°C	°C	W	%	%	%	1+%	W
													</			

ISI KAYBI HESABI

İŞİN ADI, YERİ, MAL SAHİBİ : 3. BLOK
Hesabı Yapan :

Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı				Zamlar				Toplam Isı İhtiyacı Qh=Qt+QE		
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik - Geni	Toplam Alan Ao	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Giran A	Isı İletim Kat. K	Sıcaklık Farkı Δt	Zamansız Isı Kaybı Qo	İşletme Zo	Kat Yükseklik Zw	Yön Zh	Toplam Z			
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	W/m²°C	°C	W	%	%	%	1+%	W		
YATAK ODASI - 1 (20 C)																		
DD	B	27	1,9	2,4	4,56	1		4,56	0,74	26	88	0,15	0,00	0,00	1,15	101		
DD	G	27	4,2	2,4	10,08	1	3,78	6,30	0,74	26	121	0,15	0,00	-0,05	1,10	133		
ÇÇP	K		1,4	1,5	2,10	1		2,10	2,8	26	153	0,15	0,00	0,05	1,20	183		
BK	K		0,8	2,1	1,68	1		1,68	2,8	26	122	0,15	0,00	0,05	1,20	147		
İD		33	2,1	2,4	5,04	1	1,89	3,15	0,37	10	12	0,15	0,00	0,00	1,15	13		
İK			0,9	2,1	1,89	1		1,89	2,8	10	53	0,15	0,00	0,00	1,15	61		
KOL		20	0,4	2,4	0,96	1		0,96	2,07	26	52	0,15	0,00	0,00	1,15	59		
DÖ		43	4,2	2,3	10,92	1		10,92	0,45	2	10	0,15	0,00	0,00	1,15	11		
TA		17	4,2	2,3	10,92	1		10,92	0,5	23	126	0,15	0,00	0,00	1,15	144		
																854		
								Qs =(2×7,77×0,9×0,6×26×1)+(2×12,86×0,9×0,6×26×1)										579
								Qs =579,28		=	579	Kcal/h				Qt =	1433	
YATAK ODASI - 2 (20 C)																		
DD	G	27	2,4	2,4	5,76	1		5,76	0,74	26	111	0,15	0,00	-0,05	1,10	122		
DD	D	27	3,55	2,4	8,52	1	2,10	6,42	0,74	26	124	0,15	0,00	0,00	1,15	142		
ÇÇP	D		1,5	1,4	2,10	1		2,10	2,8	26	153	0,15	0,00	0,00	1,15	176		
İK			0,9	2,1	1,89	1		1,89	0,82	10	15	0,15	0,00	0,00	1,15	18		
KOL		20	0,5	2,4	1,20	1		1,20	2,07	26	65	0,15	0,00	0,00	1,15	74		
DÖ		43	3,55	2,9	10,30	1		10,30	0,45	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0		
TA		17	3,55	2,9	10,30	1		10,30	0,5	23	118	0,15	0,00	0,00	1,15	0		
																532		
								Qs =2×7.77×0,9×0,6×26×1										218,18
								Qs =201,3×1		=	201	Kcal/h				Qt =	750	
YATAK ODASI - 3 (20 C)																		
DD	D	27	4	2,4	9,60	1	3,78	5,82	0,74	26	112	0,15	0,00	0,00	1,15	129		
ÇÇP	D		1,5	1,4	2,10	1		2,10	2,8	26	153	0,15	0,00	0,00	1,15	176		
BK	D		0,8	2,1	1,68	1		1,68	2,8	26	122	0,15	0,00	0,00	1,15	141		
İD		33	3,7	2,4	8,88	1	1,88	7,20	0,37	10	27	0,15	0,00	0,00	1,15	31		
İK			0,8	2,1	1,68	1		1,68	2,8	10	47	0,15	0,00	0,00	1,15	54		
ID		33	3,95	2,4	9,48	1		9,48	0,37	10	35	0,15	0,00	0,00	1,15	40		
KOL		20	0,3	2,4	0,72	1		0,72	2,07	10	15	0,15	0,00	0,00	1,15	17		
DÖ		43	3,95	2,9	11,46	1		11,46	0,45	0	0	0,15	0,00	0,00	1,15	0		
TA		17	3,95	2,9	11,46	1		11,46	0,5	23	132	0,15	0,00	0,00	1,15	151		
																739		
								Qs =(2×7,77×0,9×0,6×26×1)+(2×12,86×0,9×0,6×26×1)										579
								Qs =579,28		=	579	Kcal/h				Qt =	1318	



EK 2

BOYUTSUZ SAYILARIN FİZİKSEL ANLAMLARI

Reynolds Sayısı (Re) :

$$Re = \frac{u L}{\gamma} = \frac{\rho u L}{\mu}$$

Burada; ρ akışkanın yoğunluğunu, u ortalama hız, L karakteristik uzunluk, μ akışkanın dinamik viskozitesini, γ kinematik viskozite olmaktadır. Reynolds sayısı atalet kuvvetlerinin viskoz kuvvetlere oranıdır. Duvar üzerindeki akışta kritik Reynolds sayısının yüzey pürüzlülüğüne bağlı olarak 5×10^5 ile 3×10^6 arasında değiştiği görülmüştür. Bu limitler arası geçiş bölgesi olarak tanımlanmıştır.

Prandtl Sayısı (Pr) :

$$Pr = \frac{c_p \mu}{k}$$

Burada c_p sabit basınçtaki özgül ısı, μ dinamik viskozite ve k ısı iletim katsayısıdır. Prandtl Sayısı kinematik viskozitenin ısı yayınmaya oranı olarak tanımlanabilir.

Nusselt Sayısı (Nu) :

$$Nu = \frac{hL}{k}$$

Bu bağıntıda, h ısı taşınım katsayısı, L karakteristik uzunluk ve k akışkanın ısı iletim katsayısıdır. Nusselt sayısı, taşınım ile olan ısı transferinin iletimle olan ısı transferine oranını gösterir.

Stanton Sayısı (St) :

$$St = \frac{Nu}{Re Pr} = \frac{h}{\rho u c_p}$$

Bu bağıntıda, h ısı taşınım katsayısı, ρ yoğunluk, μ dinamik viskozite, c_p sabit basınçtaki özgül ısıdır. Stanton sayısı, transfer edilen ısının, akışkanın ısı kapasitesine bölümü ile orantılı boyutsuz bir büyüklüktür. Isı transferi ve zorlanmış taşınım problemlerinde kullanılır.