

99305

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DERSLİKLERDE EDİLGEN SİSTEMLE
ISISAL KONFORUN SAĞLANMASINDA
TASAR ÖLÇÜTÜ OLARAK BİR
DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ
OLUŞTURULMASI**

Y.Mimar Gülay ZORER

F.B.E. Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fizigi

Programında hazırlanan

DOKTORA TEZİ

Tez Savunma Tarihi : 20 Ocak 1995

Tez Danışmanı : Prof. Müjgan ŞEREFHANOĞLU (Y.T.Ü.)

Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Zerrin YILMAZ (İ.T.Ü.)

Prof.Dr. Murat ERİÇ (M.S.Ü.)

İSTANBUL-1995



ISBN 975 - 461 - 022 - 3

Doktora Tez Dizisi: 96-B-005

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DERSLİKLERDE EDİLGEN SİSTEMLE
ISISAL KONFORUN SAĞLANMASINDA
TASAR ÖLÇÜTÜ OLARAK BİR
DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ
OLUŞTURULMASI**

Y.Mimar Gülay ZORER

F.B.E. Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği

Programında hazırlanan

DOKTORA TEZİ

Tez Savunma Tarihi : 20 Ocak 1995

Tez Danışmanı : Prof. Müjgan ŞEREFHANOĞLU (Y.T.Ü.)

Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Zerrin YILMAZ (İ.T.Ü.)

Prof.Dr. Murat ERİÇ (M.S.Ü.)

İSTANBUL-1995

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
SEMBOL LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	xi
TABLO LİSTESİ	xiii
TEŞEKKÜR	xiv
TÜRKÇE ÖZET	xv
İNGİLİZCE ÖZET	xx
GİRİŞ : ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI	1
BÖLÜM 1.YAPILARDA ISISAL KONFORUN SAĞLANMASI VE GÜNEŞTEN YARARLANMA	6
1.1.YAPILARDA GÜNEŞ ENERJİSİNDEN YARARLANMA YÖNTEMLERİ	6
1.2. EDİLGEN SİSTEM TASARIM	9
1.2.1. Edilgen Sistem Tasarımın Tanımı ve Kapsamı	9
1.2.2. Edilgen Sistem Tasarım Süreci ve Tasarım Araçları	10
1.3. EDİLGEN ISITMA SİSTEMİ	11
1.3.1. Edilgen Isıtma Sisteminin Tanımı	11
1.3.2. Isısal Konfor ve Edilgen Isıtma Sistemi	13
1.3.2.1. Isısal Konfor	13
1.3.2.2. Isısal Konfor ve Edilgen Isıtma Sistemi İlişkisi	14
1.3.3. Edilgen Isıtma Sisteminde Güneş Enerjisinden Yararlanma Yöntemleri	19
1.3.3.1. Dolaysız Isı Kazancı	20
1.3.3.2. Isı Depolayıcı Duvarlar	24
1.3.3.3. Isı Depolayıcı Çatılar	29
1.3.3.4. Güneş Odası Ekleme	30

1.3.4. Edilgen Isıtma Sisteminde Güneş Enerjisinden Yararlanma Yöntemlerinin Karşılaştırılması	32
BÖLÜM 2. EDİLGEN ISITMA SİSTEMİ ÖLÇÜTLERİNE BAĞLI DERSLİK TASARIMI	35
2.1. DERSLİK TASARIMINDA ISISAL KONFORUN SAĞLANMASI VE EDİLGEN ISITMA SİSTEMİNDEN YARARLANMA GEREĞİ	35
2.2. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN EDİLGEN YOLLA YARARLANMA UYGULAMALARINA YER VERİLMİŞ OKUL YAPISI ÖRNEKLERİ	40
2.3. EDİLGEN ISITMA SİSTEMİ DERSLİK TASARIMININ ÖLÇÜTLERİ	47
2.3.1. Dersliklerin Okul Planlamalarındaki Yeri ve Konumu	47
2.3.2. Dersliklerin Boyutları ve Biçim Faktörü	53
2.3.3. Dersliklerin Yönlendirilmesi	55
2.3.4. Derslikler İçin Yararlanma Yönteminin Seçimi	57
2.3.4.1. Dolaysız Isı Kazancı Yöntemi	57
2.3.4.2. Isı Depolayıcı Duvarlar	59
2.3.4.3. Güneş Odası Ekleme	65
2.3.5. Derslikleri Çevreleyen Yapı Kabuğunun Özellikleri	68
2.3.6. Derslik İçindeki Öğelere ve Yüzeyle İlişkin Özellikler	69
2.4. EDİLGEN ISITMA SİSTEMİNİN DERSLİKLERE UYGULANIŞININ TOPLU İNCELEME SONUÇLARI	70
BÖLÜM 3. GENELDE HACİMLERİN EDİLGEN ISITMA SİSTEMİ OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN YAKLAŞIMLARIN TANITILMASI	72
3.1. DEĞERLENDİRME SÜRECİNİN TANIMI	72

3.2. DEĞERLENDİRMEDE KULLANILAN YAKLAŞIMLARIN 73
TANITILMASI

3.2.1. Doğal İç Hava Sıcaklığının ve İç Yüzey Sıcaklıklarının Belirlenmesine Dayanan Yaklaşımlar	73
3.2.2. Edilgen Sistem Öğelerine İlişkin Optimal Değerler Ölçütüne Dayandırılan Yaklaşımlar	78
3.2.3. Toplam Kaybedilen ve Kazanılan Isı Miktarları Ölçütüne Dayandırılan Yaklaşımlar	80
3.2.4. Birim Alan İçin Harcanan Yapma Isıtma Enerjisi Ölçütüne Dayandırılan Yaklaşımlar	81
3.2.5. Isıtma Enerjisi Tüketimine ve Bunun Maliyetine Dayanan Yaklaşımlar	82
3.2.6. Isıtma Süresi Ölçütüne Dayandırılan Yaklaşımlar.	86
3.2.7. Güneşle Isıtma Oranı Ölçütüne Dayandırılan Yaklaşımlar.	87

3.3. YAKLAŞIMLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ 88

BÖLÜM 4. EDİLGEN ISITMA SİSTEMİ AÇISINDAN 90
DERSLİKLERİN ETKİNLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİNDE
KULLANILABİLECEK BİR YAKLAŞIM

4.1. YAKLAŞIMIN AMACI	91
4.2. YAKLAŞIMIN TANITILMASI	91
4.3. YAKLAŞIMIN ADIMLARI	91
A-1. Dış İklim Koşullarına İlişkin Verilerin Toplanması	92
A-2. Derslik İçİ Isısal Konfor Koşullarına İlişkin Hesap Değerlerinin Belirlenmesi	93
A-3. Derslik Tiplerinin Belirlenmesi	94
A-4. Dersliklerde Doğal İç Hava Sıcaklığının Saatlik Değerlerinin Hesaplanması	100
A-5. Dersliklerin Edilgen Isıtma Sistemi Olarak Etkinliğinin Hesaplanması ve Eğitim Dönemindeki Değişim Grafiğinin Hazırlanması	102

A-6. Edilgen Isıtma Sistemi Açısından En Uygun Derslik Tiplerinin Belirlenmesi	103
B-1. İklimsel Koşullara Göre Güneş Enerjisinden Yararlanma Yöntemlerinden En Uygunun Seçilmesi	104
B-2. Güneş Enerjisinden Edilgen Yolla Yararlanma Yöntemlerinin Dersliklere Uygulanışı ve Doğal İç Hava Sıcaklığının Saatlik Değerlerinin Hesaplanması	105
B-3. Dersliklerin Edilgen Isıtma Sistemi Olarak Etkinliğinin Hesaplanması ve Eğitim Dönemi Değişim Grafiğinin Hazırlanması	111
B-4. Edilgen Isıtma Sistemi Açısından En Uygun Derslik Tiplerinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi	111

BÖLÜM 5. ÖNERİLEN YAKLAŞIMIN UYGULANMASINA İLİŞKİN ÖRNEK

112

5.1. UYGULAMA ÇALIŞMASININ ADIMLARI	113
-------------------------------------	-----

5.2 UYGULAMA ÇALIŞMASININ SONUÇLARI	149
-------------------------------------	-----

SONUÇ	151
--------------	-----

KAYNAKLAR	155
------------------	-----

EKLER

EK 1. Yatay Düzlemdeki Aylık Ortalama Günlük Toplam Işınımlara Bağlı Olarak, Yapı Yüzeylerini Herhangi Bir Anda Etkileyen Aylık Ortalama Dolaysız, Yayımk Ve Yerden Yansısmış Işınım Yeğİnliklerinin Hesaplanması	160
--	-----

EK 2. Tek Boyutlu Zamana Bağlı Isı Geçişi Denkleminin Sonlu Farklar Yaklaşımıyla Çözümü	166
--	-----

EK 3. Güneş Enerjisinden Edilgen Yolla Yararlanma Yöntemlerinin Seçimi İçin Bir Yöntem	170
---	-----

EK 4. Değerlendirme İçin Belirlenen Derslik Tipleri	178
--	-----

EK 5. Yatay Düzleme Gelen Günlük Ortalama Güneş Işınımı Değerlerine Bağlı Olarak Düşey Yüzeyleri Etkileyen Güneş Işınımı Değerlerinin Ve Saydam Alanlardan Herhangi Bir Anda Geçen Isının Hesabı	183
---	-----

EK 6. Belirlenen Derslik Tiplerine Uygulanan Trombe Duvarlarının, Havalandırma Deliklerindeki Hız ve Sıcaklık Hesabı	186
EK 7. Dersliklerde Doğal İç Sıcaklığın Saatlik Değerlerini Gösteren Grafikler	190

ÖZGEÇMİŞ



SEMBOL LİSTESİ

- A** : Hacmin toplam yüzey alanı, (m^2)
- A_A** : A kanalının alanı, (m^2)
- A_g** : Güneş odasının cam alanı, (m^2)
- A_o** : Opak bileşen alanı, (m^2)
- A_p** : Saydam bileşen alanı, (m^2)
- A_w** : Güneş odasının cam alanı, (m^2)
- a** : Güneş ışınımına karşı yutuculuk
- b** : Bileşen iç yüzeyinin saydam yüzeyden geçen güneş ışınımını yutuculuk katsayısı
- BF** : Seçilen yakıt türünün birim hacminden elde edilen ısı enerjisi, (Btu / ft^3)
- b_h** : Havanın saydam bileşenlerden geçen güneş ışınımını yutuculuk katsayısı
- CD** : Açık günlerin yüzdesi
- C_p** : Sabit basınçta havanın özgül ısısı, ($kJ / kg \text{ } ^\circ C$)
- C_v** : Havalandırma ısı iletim katsayısı, ($W / \text{ } ^\circ C$)
- c** : Özgül ısı, ($J / kg \text{ } ^\circ C$)
- C_h** : Havanın özgül ısısı, ($J / kg \text{ } ^\circ C$)
- DG** : Hesaplama yapılan süredeki derece-gün değeri
- d** : Güneşin sapma açısı, derece
- dg** : Derece gün değeri
- E** : Hesaplama yapılan süre boyunca yapının yakıt gereksinimi, (kg)
- e** : Eğitim döneminde dersliklerin edilgen ısıtma sistemi olarak etkinliği, (%)
- e_n** : Katman kalınlıkları, (m)
- F_{na}** : Küçük düzlem ile n yüzey arasındaki açı faktörü
- F_R** : Froude sayısı
- F_s** : Camın engeller tarafından gölgelenmemiş alanının tüm cam alanına oranı
- f** : Genlik küçültme faktörü
- GC** : Seçilen yakıt türünün birim hacminin maliyeti, ($\$/ ft^3$)
- g** : Yerçekimi ivmesi, (kgm / s^2)
- H** : Gün batışı saat açısı, (derece)
- H₁** : Yapının saatlik toplam ısı kaybı, (w)
- HD** : Gün uzunluğu, (saat / gün)
- HL** : Hacmin toplam ısı kaybı, ($Btu / saat$)
- h** : Kanallar arası düşey uzaklık, yükseklik, (m)
- h_c** : Taşınım yoluyla ısı iletim katsayısı, (w / m^2K)

- h_d : Dış yüzeysel ısı geçiriciliği, (kcal / mh°C) ($w / m^2°C$)
- h_e : Isı iletim katsayısı, (w / m^2K)
- h_f : Camın iç yüzeyinde havanın ısı iletim katsayısı, (w / m^2K)
- h_i : İç yüzeysel ısı geçiriciliği, (kcal / m2h °C) (w / m^2K)
- h_0 : Işınım ile ısı yayan duvardan dış ortama ısı iletim katsayısı, (w / m^2K)
- h_{w1} : Sulu sistem duvarın iç ve dış yüzeysel ısı iletim katsayıları, (w / m^2K)
- h_{w2} : Sulu sistem duvarın iç ve dış yüzeysel ısı iletim katsayıları, (w / m^2K)
- I_d : Yatay düzleme gelen anlık dolaysız güneş ışınımı, (w / m^2)
- I_e : Eğik düzleme gelen anlık toplam güneş ışınım, (w / m^2)
- I_{ed} : Eğik düzleme gelen dolaysız güneş ışınımı, (w / m^2)
- I_{ey} : Eğik düzleme gelen yayınık ışınım, (w / m^2)
- I_{sc} : Güneş değışmezi, (4870.8 kJ / m²h)
- I_y : Yatay düzlem üzerinde aylık ortalama saatlik ışınım yeğinliği, (w / m^2)
- I_{ya} : Eğik düzleme yansıyarak gelen ışınım, (w / m^2)
- I_{ys} : Saydam bileşeni ele alınan anda etkileyen yayınık güneş ışınımı yeğinlikleri, (w / m^2)
- K_t : Berraklık indeksi
- K_y : Yayınık ışınım oranı
- k : Duvar gerecinin ısı iletkenliği, (w / mK)
- k_0 : Toplam ısı geçirme katsayısı, ($w / m^2°C$)
- L : Duvarın kalınlığı, (m)
- L_t : Isıtma dönemi toplam ısı yükü, (J)
- m : Duvarla cam arasındaki hava kütesinin akım oranı, (kg / saat)
- m_h : Hacimdeki havanın kütesi, (kg)
- N : Öğrenci sayısı
- n_d : Ele alınan günün yıl içindeki sayısal değeri
- P : Basınç, (kg / m²)
- Q : Yatay düzleme gelen günlük toplam tüm güneş ışınımının aylık ortalaması, (Wh / m^2)
- Q' : İç mekanın toplam ısı kazancı ile ısı kazancı ortalaması arasındaki fark, ısı kazancı salınımı, (W)
- Q_{au} : Konfor sıcaklığına ulaşmak için gereken ısı, (kcal / hm²)
- Q_d : Yatay düzleme gelen aylık ort. dolaysız güneş ışınımı, (MJ / m²gün)(W / m²)
- Q_e : Düşey duvara gelen ortalama günlük tüm güneş ışınımı, (W / m²)
- Q_i : Odaya aktarılan ısı. (kw / m²)

- Q_k : Hacimdeki ısı kaynaklarından (T) zaman aralığında kazanılan ısı, (W).
 Q_0 : Atmosfer dışında yatay düzlem üzerinde günlük güneş ışınımı, ($\text{kJ} / \text{m}^2\text{gün}$)
 Q_t : Toplam ortalama ısı kazancı, (W)
 Q_v : Hacimdeki açıklıklardan hava değişimi ve hava sızıntısı ile (T) zaman aralığında geçen ısı, (W)
 Q_y : Yatay düzleme gelen aylık ortalama yayınık güneş ışınımı, ($\text{MJ} / \text{m}^2\text{gün}$)
R : Eğik düzleme gelen günlük tüm güneş ışınımının, yatay düzleme gelen günlük tüm güneş ışınımına oranı.
 R_d : Eğik düzleme gelen günlük dolaysız güneş ışınımının yatay düzleme gelen anlık dolaysız güneş ışınımına oranı.
r : Güneş ışınımına karşı yansıtıcılık.
 η : Ele alınan gün için güneş değişmezi düzeltme katsayısı.
 r_y : Yayınık ışınımın gün boyunca dağılımını belirleyen katsayı.
S : Düşey duvara gelen ortalama anlık tüm güneş ışınımı, (w / m^2)
SG : Güneş enerjisi kazancı, (Btu / gün)
 S_l : Hacimdeki saydam bileşenlerden geçen güneş ışınımının, ele alınan kabuk elemanının iç yüzeyini etkileyen yeglinliği, w/m^2 .
 S_t : Taban alanı, (m^2)
T : Sıcaklık, ($^{\circ}\text{C}$)
 T_1 : Duvarın dış yüzey sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)
 T_2 : Duvarın iç yüzey sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)
 T_A : Üst kanalda havanın sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)
 T_B : Alt kanalda havanın sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)
 T_a : Dış ortam sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)
 $*t_i$: İç hava sıcaklığının herhangi bir Tanındaki değeri. ($^{\circ}\text{C}$)
 T_f : Boşlukta havanın sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)
 T_R : Ortalama iç mekan sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)
 T_{sa} : Sol - air sıcaklık. ($^{\circ}\text{C}$)
 T_{ss} : Güneş odasının ortalama iç hava sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)
 T_w : Ortalama su sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)
t : Güneş ışınımına karşı geçirgenlik
 t_{so} : Günlük ort dış hava sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)
 t_{ci} : Saydam bileşen iç yüzey sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)
 t_{ei} : Ortalama çevresel iç sıcaklık, ($^{\circ}\text{C}$)
 t_{ei} : Hacim sıcaklığı salınımı, ($^{\circ}\text{C}$)

- $t_{iç}$: İç hava sıcaklığı, (°C)
 t_{kon} : Konfor sıcaklığı, (°C)
 t_0 : Dış hava sıcaklığı, (°C)
 t_m : m noktasında (T+ΔT) anındaki sıcaklık, (°C)
 t_n : Yüzey sıcaklıkları, (°C)
 t_o : Operatif sıcaklık, (°C)
 t_{oi} : (T - ΔT) zamanında opak bileşen iç yüzey sıcaklığı, (°C)
 t_{pr} : Düzlemsel ışınımsal sıcaklık, (°C)
 t_r : Ortalama ışınımsal sıcaklık, (°C)
 UL : Duvarın toplam ısı geçirgenlik katsayısı, (w / m²)
 u : Yatay hız, (m / s)
 V : Hacim, (m³)
 V_1 : Kullanılan yakıtın ısıl değeri, (Wh / kg)
 v : Hız ölçeği, düşey hız
 v_1 : Isıtma sisteminin kullanılan yakıtı yakma verimliliği, (%)
 W : Trombe duvarı genişliği, (m)
 WD : Isıtma Süresi Uzunluğu, (gün)
 WFC : Isıtma dönemi yakıt maliyeti, (\$ / ısıtma süresi)
 WHR : Yıllık ısıtma gereksinimi, (Btu / winter)
 Ws : Güneşin doğuş batış saati açısı, derece
 x : Yatay koordinat
 Y : Admittance değeri
 y : Düşey koordinat

GREK SEMBOLLERİ

- α : Yüzeyin ışık yutma çarpanı
 α_1 : İç yüzeysel ısı iletim katsayısı, (w / m² °C)
 β : Isıl genleşme katsayısı, (1 / K)
 γ : Azimut açısı, derece
 Δt : H hesabında kullanılan hesap sıcaklığı ile iç sıcaklık arasındaki fark
 η : Isısal etkinlik, (%)
 θ : Hesabın yapılacağı saat
 λ : Isı iletkenliği, (kcal / mh°C)
 μ : Dinamik akışkanlık, (kg / ms)

ρ : Havanın yoğunluğu, (kg/m^3)

τ_D : Camın dolaysız güneş ışınımına karşı geçirgenliği

τ_y : Camın yayınlık güneş ışınımına karşı geçirgenliği

ϕ : Zaman geciktirmesi

ϕ_0 : Enlem açısı, derece



ŞEKİL LİSTESİ

- ŞEKİL 1.1.** Konfor Grafiği.
- ŞEKİL 1.2.** Dolaysız Isı Kazancı Yöntemi
- ŞEKİL 1.3.** Isı Depolayıcı Duvarlar Yöntemi
- ŞEKİL 1.4.** Kanallı Isı Depolayıcı Duvar Yönteminde Havalandırma.
- ŞEKİL 1.5.** Sürekli Dolaşım Halkası.
- ŞEKİL 1.6.** Isı Depolayıcı Çatılar Yöntemi.
- ŞEKİL 1.7.** Güneş Odası Ekleme.
- ŞEKİL 2.1 (a)** Dersliklerin Koridor Boyunca Tek Yönlü Dizilişi.
- ŞEKİL 2.1 (b)** Dersliklerin Koridor Boyunca Tek Yönlü Aralıklarla Sıralanması.
- ŞEKİL 2.1 (c)** Dersliklerin Koridor Boyunca İki Yönlü Dizilişi.
- ŞEKİL 2.1 (d)** Dersliklerin Koridor Boyunca İki Yönlü Aralıklarla Dizilişi.
- ŞEKİL 2.1.(e)** Az Sayıda Dersliğin Bağlayıcı Eleman Olan Koridorun Ana Düşey Aksına Bağlanması.
- ŞEKİL 2.1. (f)** Dersliklerin Ana Koridorda İki Yönlü Sıralanması.
- ŞEKİL 2.2.** Dersliklerin Gruplanması.
- ŞEKİL 2.3.** Bir Derslik Tasarımı.
- ŞEKİL 2.4.** Bir Derslik Tasarımı.
- ŞEKİL 2.5.** Toplaç Yönlendirmesinin Enerji Etkinliği Üzerine Etkisi.
- ŞEKİL 2.6.** Dolaysız Isı Kazancı Yönteminde Çatı Pencereleri.
- ŞEKİL 2.7.** Isı Depolayıcı Duvarlar Yönteminde Çatı Pencereleri.
- ŞEKİL 2.8.** Isı Depolayıcı Duvarlar Yönteminde Dersliğe Doğal Işık Alma Olanakları.
- ŞEKİL 2.9.** Isı Depolayıcı Duvarlarla, Dolaysız Isı Kazancı Yöntemlerinin Birlikte Kullanımı.
- ŞEKİL 2.10.** Güneş Odası Ekleme Yönteminde Doğal Işık Alma Çözümü.
- ŞEKİL 2.11.** Güneş Odası Ekleme Yönteminin Dersliklere Uygulanışının Değişik Çözümleri.
- ŞEKİL 4.1.** Konfor Grafiği.
- ŞEKİL 4.2.** Dolu Alanların Toplam Isı geçirme Katsayısının Belirlenmesinde Bir Grafik Yöntem.
- ŞEKİL 4.3.** Dolaylı Isı Kazancı Yöntemlerinin Isısal Etkinliğini Gösteren Grafik.
- ŞEKİL 4.4.** Trombe Duvarı Kesiti.
- ŞEKİL 5.1.** Yapı Kabuğunun Dolu Alanlarının Kesiti.

- ŞEKİL 5.2.** Çatının Katmanlaşma Detayı.
- ŞEKİL 5.3.** Döşemenin Katmanlaşma Detayı.
- ŞEKİL 5.4.** Dersliklerin Edilgen Isıtma Sistemi Olarak Etkinliği.
- ŞEKİL 5.5.** Dış Sıcaklığın 10 °C Olduğu Durumda Dolaylı Isı Kazancı Yöntemlerinin Isısal Etkinliğini Gösteren Grafik.
- ŞEKİL 5.6.** Büyük Cepheli Dersliğe Uygulanan Trombe Duvarı.
- ŞEKİL 5.7.** Küçük Cepheli Dersliğe Uygulanan Trombe Duvarı.
- ŞEKİL 5.8.** Trombe Duvarı Kesiti. (Güney cephesi).
- ŞEKİL 5.9.** Trombe Duvarı Kesiti. (Doğu cephesi).
- ŞEKİL 5.10.** Yapı Kabuğunun Dolu Alanlarına Trombe Duvarı Uygulanan Dersliklerin Edilgen Isıtma Sistemi Olarak Etkinliği.
- ŞEKİL 5.11.** Şekil 5.4 ve Şekil 5.10'nun Karşılaştırılması.
- ŞEKİL E.1.** Tek Boyutlu Zamana Bağlı Isı Geçişinin Sonlu Farklar Yaklaşımıyla Çözümü.
- ŞEKİL E.2.** Güneş Enerjisinden Edilgen Yolla Yararlanma Yöntemleri.
- ŞEKİL E.3.** Doğal İç Sıcaklıkları Gösteren Grafik. (Kasım ayı, A durumu)
- ŞEKİL E.4.** Doğal İç Sıcaklıkları Gösteren Grafik. (Ocak ayı, A durumu)
- ŞEKİL E.5.** Doğal İç Sıcaklıkları Gösteren Grafik. (Kasım ayı, B durumu)
- ŞEKİL E.6.** Doğal İç Sıcaklıkları Gösteren Grafik. (Ocak ayı, B durumu)

TABLO LİSTESİ.

- Tablo 2.1.** Seslendirmesiz dersliklerle ilgili olarak yapılan boyutlar ve yoğunluk taramasından elde edilen sonuçlar.
- Tablo 5.1.** İstanbul iline ilişkin 1980-89 yılları arası 10 yıllık Kasım ayı sıcaklık (°C)ortalamaları.
- Tablo 5.2.** İstanbul iline ilişkin 1980-89 yılları arası 10 yıllık Ocak ayı sıcaklık (°C)ortalamaları.
- Tablo 5.3.** Kullanılan gereçler ve fiziksel özellikleri.
- Tablo 5.4.** Dersliklerin en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip olma ölçütüne göre sıralanışı. (Kasım ayı)
- Tablo 5.5.** Dersliklerin en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip olma ölçütüne göre sıralanışı. (Ocak ayı)
- Tablo 5.6.** Dersliklerin en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip olma ölçütüne göre sıralanışı. (Kasım ayı, Trombe duvarı uygulaması)
- Tablo 5.7.** Dersliklerin en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip olma ölçütüne göre sıralanışı. (Ocak ayı, Trombe duvarı uygulaması)

Bu çalışmamda beni destekleyen, ilgi ve anlayış gösteren, doktora çalışmamın yöneticisi değerli hocam Prof. Mùjgan Şerefhanoglu'na, bilimsel bir tavırla "ısınem" adlı bilgisayar programından yararlanmam için gerekli desteği veren Prof. Dr. Zerrin Yılmaz'a, Yıldız Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Mühendislięi Bölümünden Y. Bilgisayar Müh.Elif Karşığil'e ve de Trombe duvarlarından taşınım yoluyla içeriye aktarılan ısı niceliği hesaplamalarında verdiği destekten ötürü, Dr. Makina Müh. Seyhan Uygur'a teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Okul yapılarında eğitim ve öğrenimin başarısı açısından fiziksel koşulların en etkileyici olduğu mekanlar dersliklerdir. Dersliklerin ana işlevi, öğrencilerin fiziksel ve zihinsel başarılarının istenen düzeyde olması ve sağlıklarının sürekliliği için fizik ortam öğeleri açısından konforlu ortamı sağlamaktır. Dersliklerde kullanıcının konforunu sağlayan en önemli fizik ortam öğelerinden birisi de ısı öğesidir. Dersliklerin ısıtma gereksinimlerinin kendilerinin birer ısıtma sistemi gibi çalışarak, yapma ısıtma sistemlerine en az görev yükleyerek karşılanması (dersliklerin edilgen ısıtma sistemi olarak tasarlanması), dersliklerin enerji ve kullanım süresinde bakım giderlerini ve çevre kirliliğini azaltması açısından önemlidir. Edilgen Isıtma işlevi dikkate alınarak tasarlanan dersliklerde doğal olarak güneş enerjisinden yararlanma uygulamalarına ağırlıklı olarak yer verilecektir.

Bu çalışmada amaç, edilgen ısıtma sistemi derslik tasarımının ölçütlerinin belirlenmesi, güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma yöntemlerinin derslikler açısından değerlendirilmesi ve dersliklerin edilgen ısıtma sistemi açısından gösterdikleri başarıyı ölçecek bir değerlendirme yönteminin, bir yaklaşımın geliştirilmesidir.

Bu çalışma, beş ana bölüm ve ekler bölümlerinden oluşmaktadır.

Bölüm 1

Genelde yapılarda güneş enerjisinden yararlanma sistemleri, Edilgen Sistem Tasarımın tanımı, kapsamı, tasarım süreci ve tasarım araçları kısaca açıklanmıştır. Ayrıca, Edilgen Sistem tasarımın ana konusunu oluşturan Edilgen Isıtma Sisteminin tanımı ve bu sistemi oluşturan hacme ilişkin öğelerin belirlenmesi ele alınmış, ısısal konfor ve edilgen ısıtma sistemi ilişkisi açıklanmıştır. Bunun yanında, Edilgen Isıtma Sisteminde güneş enerjisinden yararlanma yöntemleri incelenmiş ve yöntemlerin karşılaştırılması yapılmıştır.

Bölüm 2

Edilgen Isıtma Sistemi ölçütlerine bağlı derslik tasarımının ayrıntılı olarak incelendiği bu bölümde;

- Derslik tasarımlarında ısısal konforun sağlanmasının önemi ve edilgen ısıtma sisteminden yararlanma gereği ortaya konulmuştur.
- Güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma uygulamalarına yer verilmiş okul yapısı örnekleri tanıtılmıştır.
- Edilgen Isıtma Sistemi derslik tasarımının ölçütleri,

- Dersliklerin okul planlamalarındaki yerinin ve konumunun saptanması,
- Dersliklerin boyut ve biçim faktörlerinin saptanması,
- Dersliklerin yönlendirilmesi,
- Güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma yönteminin seçilmesi,
- Derslikleri çevreleyen yapı kabuğunun özelliklerinin saptanması,
- Derslik içindeki öğeler ve yüzeylere ilişkin özelliklerin saptanması,

olarak ele alınmıştır.

• Edilgen Isıtma Sisteminin dersliklere uygulanışının toplu inceleme sonuçları verilmiştir. Sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Dersliklerin koridor boyunca tek yönlü ve ya aralıklarla dizildiği ve az sayıda dersliğin bağlayıcı eleman olan koridorun ana aksına bağlandığı plan tipleri edilgen sistem açısından uygundur.
- 40 öğrenci için tasarlanacak ilkokul dersliklerinin boyutları planda $6.80 * 8.20$ ve biçim faktörü 1.2 ya da 1.00 olarak belirlenmiştir.
- Dersliklerin ana cepheleri öncelikle güney, güney-doğu ve doğu yönlerine baktırılmalıdır.
- Dersliklerin iç yüzeylerinin açık renkli olması doğrudur.
- Dolaysız Isı Kazancı yöntemi dersliklerin işlevsel gereksinimleriyle uyum sağlamayan bir yöntemdir.
- Derslik işlevine bağlı ısıl konfor gereksinimleriyle en fazla uyum sağlayan yöntemler sırasıyla, Isı Depolayıcı Duvarlar, Sürekli Dolaşım Halkası ve Güneş Odası Ekleme yöntemleridir. Bu yöntemlerden iklim koşullarına göre en uygunu seçilmelidir.
- Dolaysız Isı Kazancı ve Isı Depolayıcı Duvarlar yönteminin birlikte kullanıldığı karma sistemler de gerekli koşulların sağlanmasıyla uygun çözümler ortaya çıkarmaktadır.
- İklim koşullarına göre edilgen sistem derslik tasarımında alınacak kararlarda, tasarımcıya yol gösterecek bir yaklaşımın geliştirilmesi gereği vardır.

Bölüm 3

Genelde hacimlerin edilgen ısıtma sistemi olarak değerlendirilmesinde kullanılan yaklaşımlar dayandırıldıkları ölçütlere bağlı olarak tanıtılmıştır. Bu yaklaşımların birbirleriyle karşılaştırılmaları ve tartışılmaları sonucunda, edilgen ısıtma sisteminde güneş enerjisinden yararlanma oranının ölçüt alındığı ve gerek iklim koşulları gerekse de edilgen sistem derslik tasarımı ölçütlerini içeren bir yaklaşımın geliştirilmesi gerekli görülmüştür.

Bölüm 4

Ayrıntılı olarak derslik tasarımı ölçütlerini içeren ve ilkokul dersliklerinin belirlenen tiplerinin, A adımı enerji korunumu açısından ısı kayıplarının azaltılmasına yönelik olarak tasarlanmış ve de B adımı edilgen yolla güneş enerjisinden yararlanma yöntemlerinin uygulanmasıyla ısı kazançları artırılmış tasarımların edilgen ısıtma sistemi olarak etkinliklerini güneş enerjisinden yararlanma oranına bağlı olarak karşılaştırmalı olarak değerlendiren yeni bir yaklaşım tanıtılmaktadır. A ve B adımlarının gerçekleşmesinde yapılması gerekli işlemler dizisi aşağıdaki gibi özetlenebilir.

A.1. Dış İklim Koşullarına İlişkin Verilerin Toplanması.

Eğitim dönemini temsil edecek belirli aylar için dış hava sıcaklığının günlük değişiminin belirlenmesi yanında, yatay düzlemdeki aylık ortalama günlük toplam ışınlara bağlı olarak, yapı yüzeylerini herhangi bir anda etkileyen aylık ortalama dolaysız yaynık ve yerden yansımış ışınlam yeğinlikleri hesaplanmalıdır.

A.2. Derslik İçi Isısal Konfor Koşullarına İlişkin Hesap Değerlerinin Belirlenmesi.

Bu yaklaşım için yapılması gereken işlemlerden birisi de, derslikler için iç havanın konfor sıcaklığının belirlenmesidir. Bu belirlemede, ısısal konfor koşullarını saptamak için deneysel çalışmalar sonucunda oluşturulan konfor grafiklerinden yararlanılabilir.

A.3. Derslik Tiplerinin Belirlenmesi.

Değerlendirmeye alınacak derslik tipleri, ilkokul planlamalarında dersliklerin düzenleme biçimlerinden seçilmelidir. Bu belirlemede dersliklerin konum, boyut, biçim, yön gibi plan özellikleri göz önüne alınmalı ve iklim koşullarına göre yapı kabuğu ile ilgili özellikleri saptanmalıdır.

A.4. Dersliklerde Doğal İç Hava Sıcaklığının Saatlik Değerlerinin Hesaplanması.

Yaklaşımın amacı, dersliklerin edilgen sistem olarak etkinliğinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi olduğundan, dersliklerde eğitim döneminde ve saatlerinde iç hava sıcaklığının saatlik değişiminin hesaplanması, yapma ısıtma sisteminin devreye girmediği durum için yapılmalıdır.

A.5. Dersliklerin Edilgen Isıtma Sistemi Olarak Etkinliğinin Hesaplanması ve Eğitim Dönemindeki Değişim Grafiğinin Hazırlanması.

Bir önceki adımda belirlenen eğitim dönemindeki iç hava sıcaklıklarının saatlik değişimine ve 2. adımda belirlenen konfor sıcaklığına bağlı olarak dersliklerin edilgen ısıtma sistemi olarak etkinliği hesaplanmalı ve grafik üzerinde gösterilmelidir.

A.6. Edilgen Isıtma Sistemi Açısından En Uygun Derslik Tiplerinin Belirlenmesi.

Enerji korunumu açısından, derslik tipleri içinde kullanım saatlerinde en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip olan derslik tipi Edilgen Isıtma Sistemi açısından en uygun derslik olarak belirlenmelidir. Ancak, öteki derslik tiplerinin de saydam alanların yeri ve dışa bakan cephe

sayısı açısından etkinlik düzeyi sıralaması yapılmalı ve tasarımlar için kullanılacak sonuçlar ortaya konmalıdır.

B.1. İklimsel Koşullara Göre Güneş Enerjisinden Yararlanma Yöntemlerinden En Etkininin Seçilmesi.

İklim koşulları d \ddot{u} ş \ddot{u} nl \ddot{u} lerek dolaylı ısı kazancı sağlayan yöntemlerden en uygunu belirlenmelidir.

B.2. Güneş Enerjisinden Edilgen Yolla Yararlanma Yöntemlerinin Desliklere Uygulanışı ve Doğal İç Hava Sıcaklığının Saatlik Değerlerinin Hesaplanması.

A-3 basamağında belirlenen derslik tiplerinin biçim, boyut ve saydam alan özellikleri aynen korunarak dışa bakan cephelerine bir önceki basamakta seçilen yöntem uygulanmalıdır.

B.3. Dersliklerin Edilgen Isıtma Sistemi Olarak Etkinliğinin Hesaplanması ve Eğitim Dönemi Değişim Grafiğinin Hazırlanması.

Bir önceki adımda belirlenen eğitim dönemindeki iç hava sıcaklıklarının saatlik değişimine ve A-2 adımımda belirlenen konfor sıcaklığına bağlı olarak dersliklerin edilgen ısıtma sistemi olarak etkinliği hesaplanarak grafik üzerinde gösterilmelidir.

B.4. Edilgen Isıtma Sistemi Açısından En Uygun Deslik Tiplerinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi.

Gerek enerji korunumu gerek güneş enerjisinden yararlanma açısından, derslik tipleri içinde kullanım saatlerinde en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip olan derslik tipi en uygun derslik tipi olarak belirlenmelidir. Ayrıca A-6 basamağında belirlenen enerji korunumu açısından sıralanan derslik tipleriyle, güneş enerjisinden yararlanma yöntemleri uygulanmış derslik tiplerinin karşılaştırması yapılarak derslik tasarımlarında kullanılacak sonuçlar ortaya konmalıdır.

Tüm bu hesaplamalar ve değerlendirmeler sonucunda edilgen yolla güneş enerjisinden yararlanma yöntemlerinin dersliklerin edilgen ısıtma sistemi olarak etkinliğine katkısı belirlenebilmekte ve iklim koşullarına göre en etkin derslik tipinin seçimine ve tasarımına olanak sağlanmaktadır.

Bölüm 5

Bu bölümde, İstanbul yöresinde tek katlı ilkök \ddot{u} l derslikleri için yapılan uygulama çalışması ve bu uygulama çalışmasından elde edilen sonuçlar anlatılmıştır. Uygulama çalışmasının sonuçları, Trombe duvarı uygulamasıyla, dersliklerin yönlendirilmesinde çok daha esnek davranılabileceğini göstermektedir. Trombe duvarı uygulamasıyla, dersliklerin etkinlik düzeylerinde önemli derecede artış elde edilirken, kullanım saatlerinde en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip olma açısından sıralanmalarında oldukça önemli değişiklikler görülmektedir.

Sonuç

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

• **Edilgen Isıtma Sistemi derslik tasarımının ölçütleri belirlenmiş ve bu konularla ilgili olarak tasarımda karşılaşılabilecek sorunlar çözülebilir duruma gelmiştir.**

• **Ayrıca geliştirilen yaklaşım, derslik işleviyle uyum sağlayan güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma yöntemlerinden iklim koşullarına göre en etkin (verimli) olanı seçme olanağı vermektedir.**

• **Yaklaşım, ilkökul planlamalarından seçilen ve edilgen sistem açısından uygun konum özellikleri gösteren derslik tipleri içerisinde, iklim koşullarına göre eğitim döneminde en uzun süre en etkin olan derslik tipini seçme olanağı vermektedir. Aynı zamanda ısı kayıplarının azaltılmasına yönelik enerji korunumlu dersliklerle, güneş enerjisinden ısı kazancı artırılmış derslik tiplerinin karşılaştırmasını yaparak mimara iklim koşullarına göre seçim yapma olanağı sağlamaktadır.**

• **Yaklaşım, iç hava sıcaklığının eğitim dönemindeki değişimine bağlı olarak, konfor sıcaklığı ile iç hava sıcaklığı arasındaki farkı, dolayısıyla dersliklerin bu dönemindeki ısısal davranışını izleme olanağı vermektedir. Aynı zamanda dersliklerin ısıtma gereksiniminin hangi dönemlerde edilgen yolla hangi dönemlerde yapma ısıtma sistemleriyle karşılanacağı belirlenebilmektedir.**

• **Yaklaşım aracılığıyla, dersliklerin okul planlamalarındaki yerine bağlı konum, boyut ve biçim faktörü yönlendirilip ve yapı kabuğundan ısı geçişi ile ilgili fiziksel özelliklerin oluşturduğu farklı seçenekler arasında optimal durumu oluşturan dersliği belirlemek olanaklıdır.**

• **Bu yaklaşım gerek tasarım aşamasında gerek yapımı bitmiş kullanılmakta olan okul yapılarının dersliklerinin iyileştirme projeleri için kullanılabilir.**

Ekler

Ek 1'de yatay düzlemdaki aylık ortalama günlük toplam ışınlara bağlı olarak, yapı yüzeylerini herhangi bir anda etkileyen aylık ortalama dolaysız, yayınlık ve yerden yansımış ışınlam yeğniliklerinin hesaplanmasına ilişkin bir yöntem açıklanmıştır.

Ek 2'de tek boyutlu zamana bağlı ısı geçişi denkleminin sonlu farklar yaklaşımıyla çözümüne ilişkin bir yöntem açıklanmıştır.

Ek 3'de güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma yöntemlerinin seçimi için bir yöntem açıklanmıştır.

Ek 4'de değerlendirme için belirlenen derslik tipleri yer almaktadır.

EK5'de yatay düzleme gelen günlük ortalama güneş ışınlamı değerlerine bağlı olarak düşey yüzeyleri etkileyen güneş ışınlamı değerlerinin ve saydam alanlardan herhangi bir anda geçen ışınlam hesabı yer almaktadır.

EK6'da belirlenen derslik tiplerine uygulanan Trombe duvarlarının, havalandırma deliklerindeki hız ve sıcaklık hesabı yer almaktadır.

EK7'de dersliklerde doğal iç hava sıcaklığının saatlik değerlerini gösteren grafikler yer almaktadır.

SUMMARY

In school buildings, classrooms are spaces where physical conditions are most effective on educational activities performance. The main function of a classroom is to provide an environment in which different learning activities can be performed in safety physical and psychological comfort. One of the primary physical environment factors which satisfies users comfort in classrooms is heat. In order to reduce mechanical heating cost and the pollution of the environment, it's important to design classrooms as passive heating systems. Naturally, utilization of passive solar energy systems for heating the interiors take place in the design of classrooms as passive heating systems.

The aim of this study is to determine the design criterions of passive heating system classrooms, and to evaluate the passive solar energy systems, from a classroom design view point, in addition to develop a new approach which can be used for the evaluation of the thermal performance of the classrooms as passive heating systems.

The study consists of five chapters.

Chapter 1

In this chapter, firstly, utilization types of solar energy in buildings are explained in general and secondly definition of the design process and the design tools of the passive system are described briefly. Moreover, definition of the passive heating system which is the main theme of passive system designs is introduced and passive heating system variables are explained. In addition, the relationship of the passive heating system and thermal comfort is explained. In addition, utilization types of solar energy in the passive heating system design are explained in detail.

Chapter 2

This chapter investigates in detail the classroom design in relation to the criterions of passive heating system.

- Firstly, the importance of the thermal comfort conditions that must be created in the classrooms is reviewed and the necessity of using a passive heating system in classroom design is confirmed.
- Secondly, examples of school buildings found in a search of literature on passive solar energy are introduced.
- Moreover, design parameters of passive heating system classrooms are classified as follows:
 - Determination of the classrooms location in the school buildings.
 - Determination of the classroom dimensions and shape factor .
 - Orientation of the classrooms.

- Choosing the type of passive solar energy system for classroom.
 - Determination of physical properties of the classroom envelope.
 - Determination of the features of the interior surfaces and other objects in classrooms.
- In addition, collective results of this chapter are presented. Results may be summarized as follows:
- Plan types which classrooms are arranged in one direction along the corridor and few classrooms are connected to the small corridors which are perpendicular to the main corridor are appropriate from passive heating system view point.
 - Dimensions of the classroom for 40 students was determined to be approximately 6.80m *8.20m. with a shape factor 1.2 and 1.00.
 - Main facades of the classrooms should face firstly south, secondly southeast or east.
 - Interior surfaces of the classrooms should be relatively light in color.
 - Direct gain systems aren't an appropriate choice because of the functional requirements of the classrooms.
 - Solar Walls (Trombe wall), Convective Loop and Attached Sunspaces are most appropriate systems from the standpoint of thermal comfort requirements in relation to classroom function. The most appropriate type of these systems should be chosen according to climatic conditions.
 - A design tool should be developed to determine the design steps which will be followed in passive system classroom design according to climatic conditions.

Chapter 3

In this chapter, the criterions and the approaches which have been used for the evaluation of rooms as passive heating systems in general are introduced and discussed. As the result of discussion on these general approaches a new approach has been proposed because of the shortfalls of these approaches on the specific classroom design field.

Chapter 4

This chapter cover the steps of the new approach that was developed to be used for the evaluation of classroom types in primary schools as passive heating systems.

Symbol A denotes the steps of the approach in the case of it being used to evaluate the classrooms which are mainly designed for the reduction of heat loss from the standpoint of energy saving. Symbol B denotes the steps of the approach in the case of it being used to evaluate the classrooms which are mainly designed to utilize passive solar energy systems.

The main steps of the method are as follows.

A.1. Gathering Regional Climatic Data.

It's necessary to determine the outdoor climatic data such as hourly air temperature values and solar radition intensities, for the calculations included in the approach.

A.2. Determination of The Optimum Values of Thermal Comfort Variables for Classrooms.

The comfort value of indoor air temperature is determined.

A.3. Determination of The Classroom Types.

- 3.1. Assumptions on the location alternatives for the classroom.
- 3.2. Assumptions on the classroom dimensions and shape factor alternatives.
- 3.3. Assumptions on the orientation alternatives for the classroom .
- 3.4. Assumptions on the classroom envelope.

A.4. Calculation of The Hourly Values of The Indoor Air Temperature of The Classrooms.

In this approach, time dependent heat flow calculations to determine hourly indoor air temperature are made by using finite difference method. It is assumed that there is no supplementary heating system in the classrooms. Indoor air temperature at any particular time is calculated by means of the following equation:

$$t_i^* = t_i + \frac{\Delta t}{m \cdot c_h} \left(\sum_1^n A_o \alpha_i (t_{oi} - t_i) + \sum_1^m A_p \alpha_i (t_{ci} - t_i) + b_h \sum_1^m (I_\tau A_p) + Q_v + Q_k \right)$$

t_i^* : Indoor air temperature at any particular time, °C.

t_i : Indoor air temperature before a time increment Δt , °C.

Δt : Time increment, s.

m : Mass of the air in the room, kg.

c_h : Spesific heat of the air, J/kg °C.

A_o : Area of opaque components, m^2 .

α_i : Internal surface heat transfer coefficient, w/m^2 °C.

t_{oi} : Inner surface temperature of the opaque components, °C.

A_p : Area of transparent components, m^2 .

t_{ci} : Inner surface temperature of the transparent components, °C.

b_h : Absorbitivity coefficient of the indoor air which is transmitted through the transparent components.

Q_v : Amount of heat exchange between the indoor environment and outdoor environment by means of ventilation and infiltration within the time increment, Δt , w.

Q_k : Amount of heat gain to the indoor air from the heat sources in the room within the time increment, Δt , w.

A.5. Calculation of The Thermal Efficiency of The Classrooms As Passive Heating Systems and Preparation of The Variation Chart of The Classroom Efficiency.

Thermal efficiency of the classrooms is calculated by the following formula and is shown as efficiency curves for every classroom types which relate the thermal efficiency to education hours.

$$e = \frac{t_i - t_0}{t_{kon} - t_0}$$

t_i : Indoor air temperature, °C.

t_0 : Outdoor air temperature, °C.

t_{kon} : Comfort value of indoor air temperature, °C.

A.6. Determination and Evaluation of The Most Appropriate Classroom Types From The Standpoint of A Passive Heating System.

The most appropriate classroom type is determined from the variation chart of the classroom efficiency which is got at step A-5.

B.1. Determination of the Most Effective Passive Solar Energy System According to Climatic Conditions.

The most effective Indirect Passive Solar Energy System is determined for different values of outdoor temperatures from design curves which have been developed. The design curves which relate the average instantaneous solar radiation incident on the passive element to thermal efficiency for different values of outdoor temperatures for a particular location.

B.2. Application of The Passive-Solar Energy Systems to The Classrooms and Calculation of The Hourly Values of The Indoor Air Temperature of The Classrooms.

The selected Passive Solar Energy System at step B-1 is applied to the classroom types which is determined at step A-3 and the hourly values of the indoor air temperature is calculated.

B.3. Calculation of The Thermal Efficiency of The Classrooms As Passive Heating Systems and Preparation of The Variation Chart of The Classroom.

Thermal efficiency of the classrooms is calculated by the formula which is given at step A-5 and is shown as efficiency curves for every classroom types which relate the thermal efficiency to education hours.

B.4. Determination of The Most Appropriate Classroom Types From The Standpoint of A Passive Heating System.

The most appropriate classroom type is determined from the variation chart of the classroom efficiency which is got at step B-3.

As the result of this approach, the contribution of passive solar energy systems to the efficiency of passive system classrooms and the most efficient classroom type according to the climatic conditions are determined.

Chapter 5

This chapter, covers the application of this approach to the primary classrooms in the İstanbul region and the results of the application.

Conclusion

The results of this study are as follows.

- **Criteria of passive system classroom design are determined.**
- **By means of the approach which has been developed in this study, it is possible to determine the most effective Passive Solar Energy System according to climatic conditions.**
- **Moreover, by means of this approach, it's possible to determine the most efficient classroom type according to climatic conditions.**
- **This approach gives the difference between natural internal temperature and comfort temperature according to variation of internal temperatures during the education term and consequently it's possible to follow thermal behaviour of the classrooms.**
- **Furthermore, by means of this approach, the optimal combinations of the values for the passive heating classroom variables can be determined.**
- **This approach can be applicable to the classrooms in use and it can also be used in the design process of new classrooms.**

GİRİŞ

ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI

Mimarlık, işlevlerin düşünülerek hacimlerin biçimlendirilmesi yanında, bu hacimlerin içinde eylem sürecine uygun ortamların oluşturulmasını yani, insan için türlü yönlerden konfor koşullarının sağlanmasını gerektirir. Bir hacim içerisinde insanın konforunu sağlayan önemli fizik ortam öğelerinden birisi de ısı öğesidir. Yapılarda enerji tüketiminin büyük bir bölümü ısısız konforu sağlamak için hacimlerin yapma enerji ile ısıtılmasına yöneliktir. Oysa, günümüzde kullanımı yaygın olan enerji kaynakları (kömür, petrol, akarsu, doğalgaz v.b.) hızla azalarak tükenmeye doğru giderken teknolojinin gelişmesi ve yaşam düzeylerinin yükselmesi gibi nedenlerle enerji gereksinimi de giderek artmaktadır. Aynı zamanda hava kirliliği ve bunun sonucu ortaya çıkan çevre sorunları yapıları ısıtmak için kullanılan fosil yakıtlarla doğrudan ilgilidir. 1973'de yaşanan yoğun enerji bunalımı ve son yıllarda enerji fiyatlarında görülen artışlar, ülkeleri yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları ve bunlardan yararlanma yollarını araştırmaya yöneltmiştir. Bu kaynaklardan en çok ilgi göreni ve uygulama alanı bulanı, yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisidir.

Güneş enerjisinin alışılmamış başka enerji kaynaklarından üstünlüğü ya da en güncel olan yenilenebilir enerji kaynağı olmasının nedenleri kısaca şöyle sıralanabilir, (Şerefhanoglu 1988, Buldurur 1983)

- Güneş enerjisinin bol ve temiz, çevreyi kirliletmeyen bir enerji türü olması,
- Güneşin güçlü bir enerji kaynağı olarak dünyanın dışında olması ve dünya ülkelerinin büyük çoğunluğunun az ya da çok bu enerjiden yararlanma olanağının bulunması, dolayısıyla ülkelerin enerji açısından birbirine bağımlılığını ortadan kaldırması,
- Güneş enerjisinin çeşitli nedenlerle doğabilecek bunalımların etkisinin dışında olması, (Ulaşım ağlarında doğabilecek bir arıza, ülkelerin savunma stratejilerinde yapacakları bir değişiklik. bu enerji türünü etkilemeyecektir.)
- Yapım, bakım ve onarım harcamaları dışında kaynağa herhangi bir ücret ödemeyi gerektirmeyen işletme giderleri düşük bir enerji türü olması,
- Enerji iletim harcaması gerektirmemesi,
- Bu enerjiden yararlanma sistemlerinin karmaşık teknoloji gerektirmemesi.

Güneş enerjisinin yukarıda sıralanan üstünlüklerine karşılık,

- kesintili ve değişken niteliği yüzünden yedek sistemlere bağımlılığı,
- enerji düzeyinin düşüklüğü ve yararlanmada geniş serbest alanlara gereksinim duyması,

gibi olumsuzlukları nedeniyle günümüzde bu enerjiden yararlanma alanı sınırlı kalmaktadır. (Elagöz, 1989)

Ülkelerin bu enerjiden yararlanma durumları, güneş enerjisinden yararlanma derecelerine, ülkelerin teknolojik düzeylerine, bu alandaki bilgi birikimlerine ve enerji gereksinimelerindeki artışlara bağılı olarak değişmektedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin güneş enerjisinden beklentileri farklı olmaktadır. Özellikle güneş enerjisinin yüksek sıcaklık uygulaması gerektiren endüstri alanında kullanımı, yüksek ve pahalı teknoloji kullanımı nedeniyle bir çok ülkede uygun görülmemektedir. Ancak orta (100-300°C) ve özellikle düşük (20-100°C) sıcaklıkları

ısı enerjisi elde edilmesinin uygulama alanları geniş, teknolojisi kolay, ekonomik ve yüksek verimlidir. Yapıların ısıtılması ve soğutulması, seraların ve yüzme havuzlarının ısıtılması, tarım ürünlerinin kurutulması, arı su eldesi, tuz üretimi, güneş pompaları gibi çok geniş alanlı düşük sıcaklık uygulamalarında güneş enerjisinden dünya üzerinde değişik ülkelerde yararlanılmaktadır. (Elagöz, 1989, Dilmaç, 1989)

Güneş ışınımının yeryüzündeki dağılımı bölgelere göre farklılık gösterdiğinden, yeryüzünde bu enerjiden üç ayrı derecede yararlanılan bölgeler saptanmıştır.

- Birinci derecede yararlanma, $\pm 30^\circ$ enlemleri,
- İkinci derecede yararlanma, $\pm 30^\circ - 45^\circ$ enlemleri,
- Üçüncü derecede yararlanma, $\pm 45^\circ - 55^\circ$ enlemleri,

arasındadır. (Şerefhanoglu, 1987) Türkiye bulunduğu coğrafi konum ($36-42^\circ$ kuzey enlemleri) nedeniyle güneş enerjisinden ikinci derece yararlanma bölgesinde olan bir ülkedir. Bu özellik göz önünde tutularak, ülke çapında doğru bir planlama ve sistemli bir çalışmayla güneş enerjisinden yararlanma konusuna yaklaşmak gerekir. Gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan ülkemizde, güneş enerjisinin düşük enerji düzeyi, kesintili ve değişken olma özellikleri ile doğal olarak uyum sağlayacak uygulamalarına ağırlık vermek gerekir. Bu açıdan konuya yaklaştığımızda ülkemizde yapı ve yerleşme ölçeğinde güneş enerjisinden yararlanmanın büyük önem taşıdığı görülür.

Yapılarda ya da hacimlerde yapma enerji tüketiminin olabildiğince azaltılması, yapıların ya da hacimlerin kendilerinin birer ısıtma sistemi olarak tasarlanmasıyla olanaklıdır. Bu açıdan yapıların tasarımında ilk koşul dış iklim verilerine uygun planlamadır. Bu tür bir planlamada dış iklimsel koşulların denetiminin yanında ana enerji kaynağı olarak güneş enerjisinden özellikle edilgen yolla yararlanma uygulamalarına ağırlık vermek gerekir. Böyle bir tasarımda, ısasal konfor sağlanırken yapıların enerji ve kullanım süresinde bakım giderleri azaltılmış olacaktır. Okul yapıları, özellikle bu yapıların ana hacimleri olan derslikler, işlevlerine bağlı ısıtma gereksinimleri açısından bu tür bir tasarımla en fazla uyum sağlayacak yapılardan birisidir. Türkiye de devletin okul yapılarının giderlerinin

karşılanmasında ki sınırlı desteği göz önüne alınırsa dersliklerde ısısal konforun sağlanarak bu yapıların enerji ve kullanım süresinde bakım giderlerinin azaltılmasının ülke ekonomisine ve eğitimin niteliğinin yükselmesine katkısının önemi açıktır.

Dersliklerin işlevsel gereksinimleriyle uyum sağlayan ısısal tasarım kararlarının alınmasında, tasarımcının ayrıntılı ve kolay uygulanabilecek tasarım araçlarına gereksinimi vardır. Bu çalışmada bu gereksinim çerçevesinde, edilgen ısıtma sistemi derslik tasarımının ölçütlerinin belirlenmesi, güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma yöntemlerinin derslikler açısından değerlendirilmesi ve dersliklerin edilgen ısıtma sistemi açısından gösterdikleri başarıyı ölçecek bir değerlendirme yönteminin, bir yaklaşımın geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sınırlanması gereği ve tasarıma etkisi olacak somut sonuçlara ulaşılabilmesi açısından ilkokul derslikleri konu olarak seçilmiştir. Mimarlık disiplini içinde ilkokul derslik tasarımı ölçütlerini içeren, iklim koşulları ve işlevsel gereksinimlere uyum konusunda ayrıntılı ve karşılaştırmalı bir tasarım aracı olarak gerek enerji korunum ilkelerini gerekse güneş enerjisi kazançlarını arttırmaya yönelik edilgen sistem uygulamalarını değerlendirme kapsamına alan bir yaklaşımın geliştirilmesi gerekli görülmüştür. Bunun yanında, gerek dersliklerin yeni tasarımlarında gerekse var olan dersliklerin iyileştirme projelerinde tasarımcıya yol gösterecek sonuçlara ulaşmak amaçlanmıştır.

Ayrıca önerilen yaklaşımın İstanbul için uygulamasını içeren bu çalışma,

- Yapılarda güneş enerjisinden yararlanma sistemleri,
- Edilgen sistem tasarımın tanımı, kapsamı, tasarım süreci ve tasarım araçları,
- Edilgen ısıtma sisteminin tanımı ve bu sistemi oluşturan öğelerin belirlenmesi,
- Isısal konfor ve edilgen ısıtma sistemi ilişkisi,
- Edilgen ısıtma sisteminde güneş enerjisinden yararlanma yöntemlerinin tanıtılması ve karşılaştırılması,

- Derslik tasarımında Edilgen Isıtma Sisteminin yeri ve ölçütleri!
- Edilgen Isıtma Sisteminde güneş enerjisinden yararlanma yöntemlerinin dersliklere uygulanışı ve yöntemlerin derslikler açısından değerlendirilmesi,
- Genelde hacimlerin edilgen ısıtma sistemi olarak tasarlanmasında kullanılan değerlendirme yöntemleri ve bunların tartışılması,
- Edilgen ısıtma sistemi açısından dersliklerin etkinliğinin değerlendirilmesinde kullanılmak üzere geliştirilen bir yaklaşım,
- Geliştirilen yaklaşımın İstanbul ili için uygulanmasında izlenen yol ve uygulama çalışmasının sonuçları,

konularını kapsamaktadır.

Yukarıda belirtilen konuların açıklanmasına yardımcı olan kimi bilgiler, çalışmada yararlanılan temel hesap yöntemleri, belirlenen derslik tiplerini gösteren çizimler ise EKLER bölümü içinde verilmiştir.

BÖLÜM 1

YAPILARDA ISISAL KONFORUN SAĞLANMASI VE GÜNEŞTEN YARARLANMA

1.1.YAPILARDA GÜNEŞ ENERJİSİNDEN YARARLANMA YÖNTEMLERİ

Gerek yapı gerekse yerleşme ölçeğinde güneş enerjisinden yararlanma konusu,

- yapıların ısıtılması, soğutulması,
- yapılarda sıcak su elde edilmesi,

gibi başlıca iki önemli konuyu kapsar. Bu konularda güneş enerjisinden yararlanmada etken (aktif) ve edilgen (pasif) olmak üzere iki ana yöntem söz konusudur. Yararlanmada duruma göre bu yöntemlerden birinin ya da ikisinin birlikte kullanımı gerekir.

Özellikle edilgen yolla güneş enerjisinden yararlanma uygulamaları, "Edilgen Isıtma Sistemi" olarak bir hacmin ya da yapının tasarımında ağırlıklı olarak yer alır.Edilgen Isıtma Sistemi olarak bir yapının ya da hacmin tasarımı ise, günümüzde bir tasarım biçimi olarak niteleyebileceğimiz Edilgen Sistem Tasarımının önemli alt konularından biridir. Bu tasarım biçiminde güneş enerjisinin ısıtıcı etkisinden yararlanma konusu öteki etkenlerle birlikte ele alınır ve sistemin gereği olarak güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma uygulamalarına yer verilir. Ayrıca, ana

enerji kaynağı olan güneş ve öteki enerji kaynaklarına dayanan etken ısıtmaya minimum düzeyde görev yüklenmesi gerekir.

ETKEN YÖNTEMLE GÜNEŞ ENERJİSİNDEN YARARLANMA: Isı enerjisinin toplamında ve dağıtımında ayrı bir sistemin kullanıldığı yöntemdir. Bu yöntemde güneş enerjisi doğrudan iç mekanları ısıtmak için kullanılmaz. Bu enerjiden faydalanarak önce su v.b. akışkanlar ısıtılır, sonra bu ısıtılmış akışkanda depolanan enerji ile iç mekanlar ısıtılır. Bu süreç,

•güneş enerjisinin yapılarda genellikle düz toplaç adı verilen öğeler aracılığıyla toplanması,
(düz toplaçlar yapıların dışında ya da bünyesinde yer alabilirler. Örn. çatı, duvar, korkuluk v.b.)

•toplanan bu enerjinin yapının bitişiğinde ve ya alt bölümünde yer alan su depolarında ya da çakıllı alanlarda depolanması,

•depolanan enerjinin pompa, boru v.b. gereçlerle dağıtılması.

şeklinde gerçekleşir. (Meltzer, 1985)

EDİLGEN YÖNTEMLE GÜNEŞ ENERJİSİNDEN YARARLANMA: Isı enerjisini toplayıcı ve doğal yollarla dağıtıcı (iletim, doğal taşınım akımları, ışınım) olan yöntemdir. Yapma enerjiye gereksinim göstermeyen yapıyla bütünleşmiş toplama ve depolama söz konusudur. Edilgen yöntemle güneş enerjisinden yararlanmak için tasarlanmış tipik bir yapı;

•başka yapıların ya da ağaçların gölgesinde kalmayacak biçimde dikkatli yer seçimi ve yönlendirmesi yapılmış,

•pencerelerin büyük bir bölümü kış aylarında güneş ışığından max. yararlanmak için güneye yönlendirilmiş,

•döşeme ve duvarları ısı enerjisini yutucu ve toplayıcı kagir, beton v.b. gereçlerden oluşturulmuş,

•yaz aylarında aşırı ısınma sorununu önlemek için yapıdaki çıkıntılar (saçak v.b) cam yüzeyleri gölgede bırakacak biçimde etüd edilmiş,

bir yapıdır. (Meltzer, 1985)

Güneş Enerjisinden yararlanmada etken ve edilgen yöntemlerin her ikisinde olumlu ve olumsuz yanları söz konusudur. Edilgen yöntemin ana öğelerini oluşturan duvarlar, pencereler ve döşemeler zaten tüm yapıların işlevsel gereksinimleri olduğundan, bu yöntem genellikle etken yönteme göre daha ekonomik, uygulaması ve kullanımı daha kolaydır. Edilgen yöntemle güneş enerjisinden yararlanan yapılar, ventilatör, pompa v.b. gereçlerle bunların elektronik denetimine gereksinim duymayan, bakımı daha kolay, daha az elektrik enerjisi tüketen ve daha uzun ömürlü yapılardır.

Etken yöntemin olumlu yanı tasarımda sağladığı esnekliktir. Etken yöntemin başarılı bir biçimde uygulanabilmesi için, yapı ve yakın çevresinin tasarımıda çok dikkatli olunması gerekmez. Güneş toplaçları yapıda ya da yapı yakınında herhangi bir yere yerleştirilebildiğinden yapıların ya da ağaçların gölgeleme sorunundan kaçınmak çok daha kolaydır. Aynı zamanda, etken yöntem çoğu kez kullanılmakta olan herhangi bir yapıya sonradan rahatlıkla uygulanabilirken, edilgen yöntem için bu genellikle olanaksız ya da zordur.

Etken yöntemin uygulandığı bir yapıda, ısı enerjisinin dağılımı termostat kullanımı ile denetlenerek, iç mekan sıcaklığı hemen hemen değişmez düzeyde tutulabilir. Edilgen yöntemin uygulamalarında ise denetim çok iyi yapılmıyorsa ısı yükü oluşabilir. Edilgen yöntem, iç mekan sıcaklıkları daha fazla değişim gösterebilen bir yöntem olmasına karşın yapı kabuğunun yararlanmaya yönelik yüzeyleri aynı zamanda enerji depolama özelliği olan yüzeyler olduğundan, güneşli bir günün sonunda öteki yapı yüzeylerine göre daha yüksek sıcaklığa erişirler ve

ışınım yoluyla tüm yüzeylerden kullanıcıya ısı yayarlar. Dolayısıyla döşeme ile tavan arasındaki ısı farkları azalır. Bu nedenle de edilgen yöntemle güneşten yararlanılan yapı, sağlık ve konfor düzeyi açısından öteki yapılara göre üstünlük sağlar.

Gerek etken gerekse edilgen yöntemlerin uygulanacağı yapının, iyi yalıtılmış ve hava sızdırmazlığı sağlanmış bir yapı olması gerektiği açıktır. Edilgen yöntemde ısıtıcı öğeler, etken sistemin öğelerine göre daha ekonomik olduğundan, yapılar edilgen yolla olanaklı olan her türlü ısı kazancını olabildiğince elde edecek biçimde tasarlanmalıdır.

1.2. EDİLGİN SİSTEM TASARIM

1.2.1. Edilgen Sistem Tasarımın Tanımı ve Kapsamı

Edilgen Sistem Tasarım, günümüzde ısıtma, havalandırma, soğutma (yazın aşırı ısınma sorunu) ve gün ışığı konularının birlikte ele alınıp dengelendiği bir tasarım biçimi olarak tanımlanmaktadır. Ana ilkesi, öncelikle ekonomik ve işlevsel yapılar oluşturmaktadır.

Edilgen Sistemlerle ilgili olarak günümüzde geçerli olan kavramlar, Olgay ve Olgay (1963) ve Anderson (1977) öncülüğünde sunulmuş ve pek çok araştırmacı tarafından devam ettirilmiştir. İlk modern edilgen tasarımın Şikago'lu mimar George Keck tarafından 1940 yılında yapıldığı bildirilmektedir. (Anon,1983)

Edilgen Sistemin ana ilkesini kışın güneş enerjisinden ısıtma ağırlıklı yararlanmak, ısı kazancını en yüksek düzeyde tutabilmek, yazın ise en düşük düzeyde tutabilmek oluşturmaktadır. Öteki alt konularda bu ilke çerçevesinde ele alınmalıdır.

Gün ışığından yararlanma konusu ise, doğru tasarlanmış doğal aydınlatma ile yapılarda elektrik enerjisi tüketimini azaltmayı amaçlamaktadır. Müze v.b. bazı özel işlevli yapılar gün ışığından yararlanma konusunun dışında tutulmalıdır. Gün ışığından yararlanılması düşünülen yapılarda gerekli aydınlık düzeyinin elde edilmesi, bunun fazlasını sağlayan cam yüzeylerden kaçınılması önerilmektedir. (Balcomb,1988) Böylece gün ışığı konusu, ısı kazançları yazın en düşük, kışın ise en yüksek düzeyde tutulabilmesi ilkesi çerçevesinde ele alınmış olmaktadır.

Edilgen Isıtma ise, yapı içi doğal iç sıcaklığın, kullanım saatleri içinde min.yapma enerji kullanarak konfor sıcaklığı düzeyinde (günlük sıcaklık değişimlerinin kabul edilebilir değerler içinde bulunması) gerçekleşmesini sağlamayı amaçlamaktadır. Isı enerjisini toplayıcı ve doğal yollarla dağıtıcı (iletim,doğal taşınım akımları, ışıınım), yapıyla bütünleşmiş toplama ve depolamanın söz konusu olduğu yöntemdir.(Bu sistemin kapsamı konusunda Bölüm 1.1 ve 1.3.3'de ayrıntılı bilgi verilmektedir.)

Edilgen Soğutmada ise ana ilke, istenmeyen yaz güneşinin önlenmesidir. Yapı kabuğunun gerek saydam yüzeylerinin gerekse dolu alanlarının yönlendirilişi, gölgeleme öğelerinin kullanılışı, ısı yalıtımı ve dolu alanların yüzey renginin yansıtma çarpanı önem taşır. Ayrıca iklim koşullarına bağlı olarak doğal havalandırma da etkili bir teknik olarak kullanılmalıdır. Burada mekanların ve pencerelerin yerinin, soğutmanın gerekli olduğu dönemde baskın rüzgar doğrultusunda karşılıklı hava akımına olanak sağlayacak biçimde belirlenmesi önemlidir.

1.2.2. Edilgen Sistem Tasarım Süreci ve Tasarım Araçları

Edilgen Sistem Tasarım Sürecinde, ısı ile ilgili kararların tasarımın ilk aşamalarında ele alınması gerekir. Isı ile ilgili konuların ilk aşamalarda önemszenmeyişi ya da göz önüne alınmayışi yapının edilgen ısıtma sistemi açısından başarısızlığına neden olur.

Edilgen Sistem Tasarım Sürecinde yararlanılması gereken tasarım araçlarını basitten daha gelişmiş, kapsamlı yöntemlere doğru üç grup altında toplayabiliriz.

a) Basit kısa özlü bilgiler, çizelgeler birer tasarım aracıdır. Örneğin "cam yüzeyler Güney ile en fazla $\pm 30^\circ$ açı içinde bulunabilirler." gibi kısa kurallar, Trombe duvarı kalınlıkları gibi çizelge ve grafiklerden okunan değerler ve ya basit hesaplar bu gruba örnek verilebilir. Bu ilkeler Ön Tasarım aşamasında gözönünde bulundurularak, kısa sürede sonuçlandırılacak işlemler yapılır.

b) Değerlendirme yöntemleri ise daha fazla veriye gereksinim gösteren ve uygulamaları daha zor olan tasarım araçlarıdır. Bu yöntemler bazı çizelgeler ve mikrobilgisayar programlarından yararlanılarak yapılan basit hesaplamalardır. Tasarım sürecinin bir çok aşamasında, örneğin günlük sıcaklık değişimlerinin belirlenmesi, yıllık enerji gereksiniminin belirlenmesi v.b. konularda kullanılabilirler.

c) Ayrıca saatlik güneş enerjisi ve öteki meteorolojik verilerin ana bilgisayarlarda değerlendirildiği Bilgisayarlı Simülasyon Yöntemleri hassas sonuçların istendiği durumlarda kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın içeriğinde edilgen ısıtma sistemi açısından derslik tiplerinin değerlendirilmesinde kullanılacak bir yaklaşım geliştirilmiştir.

1.3 EDİLGEN ISITMA SİSTEMİ

1.3.1. Edilgen Isıtma Sisteminin Tanımı

Edilgen Isıtma Sisteminin tanımı, yapı ve hacim ölçeğinde ele alınabilir. Çalışmanın konusu dersliklerin birer edilgen ısıtma sistemi olarak tasarlanmasına ve belirli bir zaman diliminde gerçekleşecek eylemler için kullanıcıların konforunun sağlanmasına yönelik olduğu için, sistemin tanımı hacim ölçeğinde ele alınacaktır.

Hacimlerin yüklendiği işlevlerden birisi de, kendilerinin birer ısıtma sistemi olarak çalışarak, kullanıcıların ısısal konforunun sağlanmasına katkıda bulunmaktadır. Yapma ısıtma sistemi çalıştırılmayan hacmin kendisi bir edilgen ısıtma sistemidir ve bu ısıtma sisteminin doğal enerji kaynağı güneş enerjisidir. Hacimlerin edilgen ısıtma sistemi olarak başarısı, yapma ısıtma sistemlerine minimum görev yükleyerek istenen ısısal konfor koşullarını gerçekleştirmelerine bağlıdır. Bu açıdan hacimlerin tasarımında ilk koşul, dış iklim şartlarına uygun planlamadır. Bu tür bir planlamada, dış iklimsel koşulların (sıcaklık, nem, rüzgar v.b.) etkilerinin denetiminin yanında ana enerji kaynağı olarak güneş enerjisinden yararlanma uygulamalarına ağırlık vermek gerekir. Güneş enerjisinden yararlanma oranı doğal olarak, yapının bulunduğu bölgenin güneşlenme durumuna bağlı olacaktır. Bu duruma göre yapının toplam ısıtma gereksiniminin ne oranda güneş enerjisiyle karşılanacağı belirlenecektir.

O halde, bir hacmin edilgen ısıtma sistemi olarak tasarımı,

- doğal enerji kaynağı olarak güneş enerjisinden olabildiğince yararlanma,
- dış iklimsel koşulların etkilerinin denetimi,
- enerjinin etkin bir biçimde kullanımı ve korunumu,

konularının birlikte ele alınarak dengelenmesi demektir.

Dış iklimsel koşulların denetimi ve bu koşullardan yararlanma yoluyla hacim içerisindeki ısısal konforun gerçekleşmesinde etkili olan öğeler;

- Hacmin yapı içerisindeki konumu,
- Hacmin boyutları ve biçim faktörü,
- Hacmin yönlendiriliş durumu,
- Hacmi çevreleyen yapı kabuğunun özellikleri,
- Hacim içerisindeki öğelere ve yüzeylere ilişkin özellikler

olarak sıralanabilir.

1.3.2. Isısal Konfor ve Edilgen Isıtma Sistemi

1.3.2.1. Isısal Konfor

Bir mekan içerisinde insanın ısı açısından kendini çevreleyen ortamla uyumu, kapsamı insan vücudundan dış iklime kadar uzanan bir sistemin ürünüdür. Isı ögesinin öteki fizik ortam ögelerinden farkı, insanların etkinlik biçimlerine göre belirli düzeyde ısı üretmesidir. İnsan vücudunun metabolik yolla olan bu ısı girdisi yanında, iletim, taşınım, ışınım, yollarıyla ısı kazancı ve kaybı söz konusudur. Ayrıca, insan buharlaşma (terleme), solunum gibi yollarla da ısı kaybeder. Isısal konforun korunabilmesi için vücudun bu ısı girdi ve çıktıları arasında denge olması gerekir.

İnsan vücudunun yukarıda sözü edilen dengeyi koruyabilmesinde ki etkenler, insan, iç hava, yapı kabuğu, dış hava arasındaki etkileşimle açıklanabilir. Bir mekan içerisinde insan ısı açısından kendisini çevreleyen bir kabuk ve bu kabuğun sınırladığı hava ile ilişkidir. Burada kabuğun iç yüzey sıcaklığı, havanın sıcaklığı ve nemi, hava devinimleri kişinin ısı alışverişini yani yukarıda sözü edilen yollarla ısı girdi ve çıktısını etkiler. Ayrıca yapı kabuğunun dış hava ile olan ilişkisi de insanın ısısal konforunu dolaylı olarak etkileyen bir başka etkindir. Dış havanın sıcaklığı, nemi, hava devinimleri, güneşin ışınım etkisi, kişinin yapı kabuğu ile olan ısı alışverişinde etkindir. Bu etkenlerin yanında, kişilerin uğraş alanlarına, etkinlik biçimlerine göre ısı üretimi ve giyisilerinin yalıtım değeri de ısısal konforu etkiler. Tüm bunların dışında kişiden kişiye değişen fakat sıcaklık dengesinde etkisi olan ve bu nedenle kişisel konfor doğuran havaya alışma, yaş ve cinsiyet, vücut biçimi, deri altı yağı, sağlık durumu, yiyecek ve içecekler gibi sıralanabilen etkenler de söz konusudur. (Şerefhanoglu, 1981)

Görüldüğü gibi, konfor kişiden kişiye değişen bir kavramdır. Herkes için konfor koşullarını tam olarak oluşturmak olanaksızdır. ASHRAE Standart 55-81'e göre ısısal konfor, kişinin ısısal çevresinden hoşnut olduğu koşullar olarak tanımlar. (Anon, 1981) Bir grup insan, aynı ısısal konfor koşullarının etkisinde bırakılırsa,

kişisel farklılıkları nedeniyle hepsinin aynı anda hoşnut olması olanaklı değildir. Burada amaç olabildiğince çok sayıda kişiyi hoşnut edecek koşulları sağlamak olmalıdır. (Anon,1974) Bu standartlara göre kullanıcıların %80 veya daha fazlasının içinde buldukları ısısal ortamı kabul edilebilir buldukları koşulları ısısal konfor koşulları olarak tanımlamak olanaklıdır. Isısal konfor koşullarını belirlemek için yapılan deneysel çalışmalar sonunda çeşitli grafik sistemler üretilmiştir. Şekil 1.1'de bu çalışmada, derslikler için konfor sıcaklığı belirlenmesinde kullanılan Fanger tarafından geliştirilen konfor grafiklerinden bir grup yer almaktadır. Kullanıcıların etkinlik düzeyine (ya da buna bağlı olarak metabolik yolla üretilen ısıya) ve giyisilerin ısısal yalıtım değerine bağlı olarak konfor koşulları kombinezonlarını veren bu grafikler, bağıl nemin %50, ortalama ışımsal sıcaklığın iç hava sıcaklığına eşit olduğu koşullar için hazırlanmıştır. (Fanger, 1972)

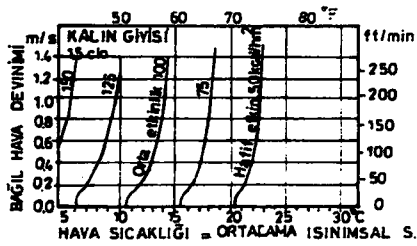
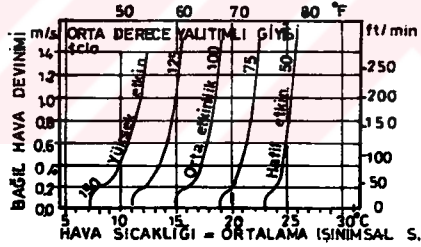
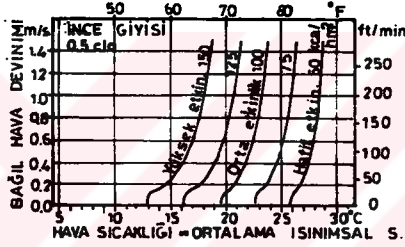
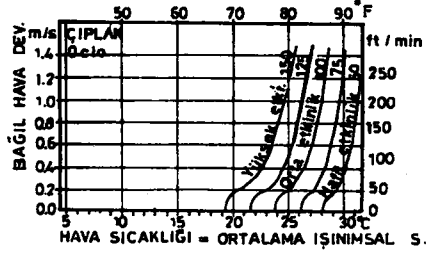
1.3.2.2. Isısal Konfor ve Edilgen Isıtma Sistemi İlişkisi

Edilgen Isıtma Sistemini oluşturan hacme ilişkin öğeler;

- hacmin yapı içerisindeki konumu,
- hacmin boyutları ve biçim faktörü,
- hacmin yönlendiriliş durumu,
- hacmi çevreleyen yapı kabuğunun özellikleri,
- hacim içerisindeki öğelere ve yüzeylere ilişkin özellikler,

ısısal konforun sağlanmasında önemli etkenlerdir. Bu öğelerin ısısal konforu ne şekilde etkilediklerine bu bölümde kısaca değinilecektir.

Mekanı çevreleyen yüzeylerin iç yüzey sıcaklığı ısısal konforu etkiler. Bir mekanı çevreleyen yüzeylerden dış çevreye açık olanların(dış duvarların) yüzey sıcaklıkları öteki yüzeylerden farklıdır. Bu öğelerin yüzey sıcaklıkları, mekanın iç hava sıcaklığı herhangi bir ısıtma sistemi ile sabit tutulsa bile dolu ve saydam alanlarından geçen ısıya bağlı olarak değişir. Ayrıca yapma ısıtma sistemi çalıştırılmayan bir hacmin iç hava sıcaklığı da yapı kabuğundan geçen ısıya



ŞEKİL 1.1

bağlıdır. Bu nedenle kapalı bir mekanda ısısal konforu etkileyen ortalama ışımsal sıcaklık, iç yüzey sıcaklığı gibi öğelerin değerleri, o mekanı çevreleyen yapı kabuğunun yüzey alanının büyüklüğü ile ilişkilidir. Bir hacmin dışa bakan yüzey alanının büyüklüğü ise, hacmin yapı içindeki konumuna bağlıdır. Hacmin dış ve iç kabuk eleman sayısı kabuk elemanları aracılığıyla kazanılan ve kaybedilen toplam ısı niceliğini etkiler. Bu nedenle tek bir yüzü dışa bakan hacimlerle, iki yüzü dışa bakan hacimlerde ya da çatı katta, zemin katta ya da ara katta yer alan hacimlerde ısısal konfor koşulları farklı olacaktır. (Yılmaz, 1989)

Hacmin boyutları (eni, boyu, yüksekliği) ve biçim faktörü (planda eninin boyuna oranı) dış kabuk elemanlarının yüzey alanlarını belirleyen değişkenlerdir. Yukarıda da belirtildiği gibi yapı kabuğunun dolu ve saydam alanlarının iç yüzey sıcaklıkları öteki yüzeylerden farklıdır ve dolayısıyla dış kabuk elemanlarının yüzey alanının değişimine bağlı olarak hacmin ortalama ışımsal sıcaklığı ve dış kabuk alanından geçen ısı ve dolayısıyla iç hava sıcaklığı da değişim gösterecektir.

Hacmin yönlendiriliş durumu ise, hacmi çevreleyen kabuk elemanlarının dolu ve saydam alanlarından güneş ışımasını aracılığıyla kazanılan ısıyı, dolayısıyla iç hava sıcaklığı ve ortalama ışımsal sıcaklık gibi ısısal konfor etkenlerinin değerlerinin değişimini etkileyen önemli bir öğedir.

Yapı kabuğu öğesi, bir hacmin çevresiyle yaptığı ısı alışverişinin hemen hemen tamamının yapı kabuğu aracılığıyla olması nedeniyle ısısal konfor açısından çok önemli bir etkidir. Edilgen ısıtma işlevini yerine getirecek bir hacmin kabuğunun,

- eğimi,
- güneş ışımasına karşı yutma (a), geçirme (t) ve yansıtma (r),
- toplam ısı geçirme katsayısı (k), zaman geciktirmesi (Q), genlik küçültme faktörü (f), cam alanı / kabuk alanı oranı,

gibi özellikleri, kabuktan kazanılan ve kaybedilen ısı niceliğinin ve hacimde gerçekleşen iç hava sıcaklığı ve iç yüzey sıcaklıklarının belirlenmesinde etkili

olurlar. (Kocaaslan, 1991, Yılmaz 1983, Berköz 1989) Aynı zamanda edilgen ısıtma sisteminin tanımı gereği, ağırlıklı olarak güneş enerjisinden yararlanarak ısı elde etme sürecinde, yapı kabuğunun yukarıda sıralanan özellikleri sağlayacak yararlanma yöntemine de bağlı olarak sistem verimini etkilerler.

Yapı kabuğunun eğimi, kabuk düzleminin yatayla yaptığı açıyı belirten bir değişkendir. Bu değişken kabuğun dış yüzündeki güneş ışınımı yeginliğini dolayısıyla kabuğun birim alanından geçen ısıyı etkiler.

Yapı kabuğunun yutma (a), geçirme (t), yansıtma (r) çarpanları, kabuk tarafından yutulan, geçirilen ve yansıtılan güneş ışınımının, kabuğun dış yüzüne gelen güneş ışınımına oranlarıdır. Kabuğun dolu alanlarının büyük ölçüde dış yüzeyinin yansıtma çarpanına ve cam alanların güneş ışınımına karşı geçirme, yansıtma ve yutma çarpanları, bu alanlardan güneş ışınımı ile kazanılan ısı enerjisini etkiler. Yapı kabuğuna gelen güneş ışınımı bu özelliklere bağlı olarak güneş ısı kazancına dönüşür. Özellikle güneş ışığından ısı enerjisi elde etme sürecinde toplayıcı olan saydam alanların güneş ışınımını geçirme çarpanı ve ısı enerjisine dönüşümü sağlayan dolu alanların yutma çarpanı sistem verimini etkileyici önemli değişkenlerdir. Dolu alanlar için, $a + r = 1$ ve saydam alanlar için ise $a+r+t = 1$ bağıntıları geçerlidir.

Toplam ısı geçirme katsayısı (k), yapı kabuğunun gerek dolu gerekse cam alanlarına ilişkin bir özelliktir. Zaman geciktirmesi, genlik küçültme faktörü gibi fiziksel özellikler ise, ısı depolama niteliklerinden ötürü yalnızca kabuğun dolu alanları için söz konusudur.

Toplam ısı geçirme katsayısı (k), farklı iki çevreyi ayıran bir yapı bileşeninin iki yüzünde etkili olan hava sıcaklıkları arasındaki fark 1°C iken, birim alandan (1m^2) birim zamanda 1 saatte geçen toplamısı niceliği olarak tanımlanmaktadır.

Zaman geciktirmesi (Q), gün içinde kabuk bileşenini etkileyen maksimum sol-air sıcaklığın etkisinin, bileşenin iç yüzünde max. yüzey sıcaklığını oluşturuncaya kadar geçen zaman süresi olarak tanımlanmaktadır.

Genlik küçültme faktörü (f) ise gün içinde, ele alınan bileşene ilişkin max. iç yüzey sıcaklığı ile ortalama iç yüzey sıcaklıkları farkının, max. sol-air sıcaklık ile ortalama sol -air sıcaklık farkına olan oranı şeklinde tanımlanmaktadır.

Yapı kabuğunun dolu alanlarının toplam ısı geçirme katsayısı ile yalnızca dolu alanlar için söz konusu olan zaman geciktirmesi ve genlik küçültme faktörü gibi özellikler dolu alanları oluşturan katmanların kalınlıklarına (e_n), ısı iletkenliklerine (λ), özgül ısılarına (c) ve yoğunluklarına (p) dolayısıyla ısı kapasitelerine ($p \cdot c$) bağlı olarak bileşenin birim alanından geçen ısıyı etkilerler. Kabuğun saydam alanlarının toplam ısı geçiriciliği de bu alanları oluşturan doğrama ve cam türünün kalınlığına ve ısı iletkenliklerine bağlı olarak değişir. Yapı kabuğunun cam alanı / kabuk alanı oranı, saydam ve dolu alanlardan oluşan yapı elemanlarına ilişkin bir özellik olup, söz konusu elemanın saydam bileşen alanının, bu elemanın tüm alanına oranıdır.

Yukarıda sıralanan özelliklerin tümü bir hacmin dış kabuğundan kazanılan ve kaybedilen ısıyı doğrudan etkilemektedir. Isı geçişini etkileyen bir başka etken ise, opak kabuk bileşeni içerisindeki nemdir. Yapı kabuğunda yoğunlaşma nedeniyle oluşabilecek bozulmaları önlemek için dolu alanlarda, yıl boyunca yoğunlaşmanın izin verilebilir sınır değerini aşmaması gerekir. Tüm bu özellikler hacmin iç hava sıcaklığını ve iç yüzey sıcaklıklarını dolayısıyla ortalama ışımsal sıcaklığın değişimini etkilediğinden ısısal konfor etkenlerinin değişimini de etkilerler.

Hacim içerisindeki öğelere ve yüzeylere ilişkin özellikler de ısısal konfor koşullarını etkilerler. Hacim içerisindeki yüzeylerin (bölme elemanları ve öteki nesnelerin yüzeyleri) saydam alanlardan hacme giren güneş ışınımını yutma çarpanı, iç hava sıcaklığı ve yüzey sıcaklığının değişimine etki etmektedir.

Ayrıca, hacim içerisindeki nesnelerin (iç bölme elemanları ve öteki nesnelerin) ısı iletkenlikleri, kalınlıkları, yoğunlukları ve özgül ısıları iç hava sıcaklığı ve yüzey sıcaklığı değişiminde etkili olan değişkenlerdir.

Hacim içerisindeki insanların metabolik yolla ürettiği ısı ve aydınlatma elemanlarından kazanılan ısı da, hacmin toplam ısı kazancına dolayısıyla ısasal konfor durumuna etki etmektedir.

1.3.3. Edilgen Isıtma Sisteminde Güneş Enerjisinden Yararlanma Yöntemleri

Edilgen Isıtma Sistemi olarak tasarlanan yapılara ya da hacimlere uygulanabilecek güneş enerjisinden yararlanma yöntemlerinin, güneş ışınlamalarını,

- toplama,
- depolama,
- dağıtma,
- denetleme,

gibi dört ana işlevi söz konusudur.

Gün ışığından ısı enerjisi elde etme süreci, ışınlamaları toplayıcı sürecin tasarımıyla başlar. Toplayıcılar güneş ışınlamalarını geçirici cam ya da plastik gereçlerdir. Bu yüzeylerden geçen güneş ışınlamalarının olabildiğince yutularak ısı enerjisine dönüşümünü sağlamak için yutucu, koyu renkli yüzeyler kullanılır. Elde edilen ısı enerjisinin korunabilmesi için, toplayıcı sistemin tasarımında genellikle ser etkisinden yararlanma yoluna gidilir.

Güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma yöntemlerinin ikinci işlevi, ısı enerjisinin depolanmasıdır. Bu yöntemlerde güneş ışınlamalarının toplanması yanında, depolanarak daha sonra dolaysız güneş ışığının olmadığı saatlerde kullanılması göz önüne alınır. Böylece güneş enerjisinin mekana ısı enerjisi sağladığı süre uzatılır.

Üçüncü işlev, toplanan depolanan ısı enerjisinin deviniminin ve mekana dağıtımının sağlanmasıdır. Bu yöntemlerle elde edilen ısı enerjisi düşük sıcaklıklı olduğundan, ısıtılacak alanda ısının etkin biçimde devinimini sağlamak gereklidir. Isı enerjisinin dolaşım alanı ne kadar minimum tutulursa, mekan içerisinde dağıtımı o kadar etkin olacaktır.

Dördüncü işlev, toplanan ve depolanan ısının devinimini ve dağılımını denetlemektir. Soğuk hava koşullarında iç mekanda konfor sıcaklığına erişebilmek için tasarlanan sistem,daha sıcak günlerde konfor sıcaklığının üstüne kolaylıkla çıkabilir.Bu nedenle bu sistemlerde edilgen soğutmanın da dikkate alınarak çözümlenmesi gereklidir.

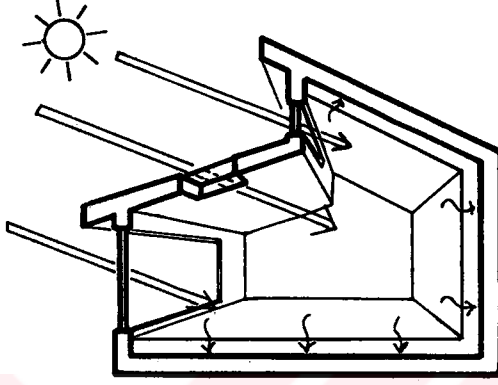
Güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma yöntemlerinin genelde;

- Dolaysız (doğrudan) Isı Kazancı,
- Isı Depolayıcı Duvarlar,
- Sürekli Dolaşım Halkası,
- Isı Depolayıcı Çatılar,
- Güneş Odası (limonluk) Ekleme,

olarak sınıflandırılan uygulama biçimleri söz konusudur.

1.3.3.1. Dolaysız (Doğrudan) Isı Kazancı

Bu yöntemin uygulamalarında yapının güney duvarında büyük cam alanlar ve beton, kerpiç, tuğla gibi masif gereçlerden oluşan tavan, döşeme ve duvarlar yer alır. Dış duvarda ya da çatıda yer alan cam yüzeyler aracılığıyla hacme giren güneş ışığı, hacmin döşeme, duvar, tavan hatta eşyalarında yutulur, ısı enerjisine dönüşür ve depolanır. (Şekil 1.2)



ŞEKİL 1.2

Bu yöntemde öncelikle, yeterli güneş enerjisinin iç meknlara girişinin ve bu enerjinin minimum kaybının sağlanması gerekir. Bunun için ilk koşul, cam yüzeylerin yapının güney yüzünde kışın güneş ışınımından max. yararlanacak biçimde yerleştirilmesidir. Optimum yön güney olmakla birlikte, sistemin verimini belli oranda düşürse de, doğu ve batı yönüne 30°'lik sapmalar yararlanma yönü olarak kabul edilmektedir. (Meltzer, 1985) Doğru bir biçimde yönlendirilen cam yüzeylerin, elde edilen ısı enerjisinin kaybını engellemek için genellikle çift camlı olmaları ve hava sızdırmazlıklarının da kesinlikle sağlanmış olması gerekir. Ayrıca, gece durumunda ısı kayıplarını azaltmak için bu alanların bir çeşit hareketli yalıtım gereçleri ile kapatılması verimi artırır.

Güneş ışınımının iç mekana girmesine olanak sağlayan cam yüzeylerin başarılı bir biçimde çalışabilmesi için, yönlendirilmeleri yanında doğru bir biçimde boyutlandırılmaları da önemlidir. Boyutlandırma için öncelikle yapının ısı kaybının, iç- dış sıcaklık farklarına ve yapı kabuğunun ısıl direncine bağlı olarak hesaplanması gerekir. Bunun yanında, yapının toplam ısı gereksiniminde güneş enerjisinin ne tür bir rol oynayacağı belirlenmelidir. Yapının ağırlıklı olarak güneşle ısıtılan (yıllık enerji gereksiniminin % 80'i güneşle sağlanan) güneş enerjisinden orta derecede yararlanan (yıllık enerji gereksiniminin %60'ı güneşle

sağlanan) ya da güneş enerjisinden az derecede yararlanan (yıllık enerji gereksiniminin % 30'u güneşle sağlanan) bir yapımı olduğuna karar verilmesi gerekir. Bu karar doğal olarak, yapının bulunduğu bölgenin güneşlenme durumuna göre verilecektir. Her iki veri göz önüne alınarak, sistem için en uygun güneş enerjisi toplayıcı eleman olarak cam alanı boyutu, çeşitli hesap yöntemleriyle kesin olarak hesaplanabilmektedir.

Dolaysız Isı Kazancı yönteminde, yapının gündüz saatlerindeki ısıtma gereksiniminin karşılanması yanında, gece saatlerinde de gereken ısı enerjisinin bir bölümünün ya da tamamının karşılanması söz konusudur. Bunun için gündüz saatlerinde gerekenden daha fazla enerji toplamak gerekir. Yapının döşeme, tavan ve duvarları öteki işlevlerinin yanında ısı depolayıcı kütle olarak da çalışırlar. Isı depolayıcı kütlelerin görevi, dış sıcaklığın düştüğü, yapının ısı kaybının arttığı, güneş battıktan sonra ki saatlerde kullanılmak üzere fazla enerji depolamaktır. Isı depolayıcı kütlelerin,

- gereçsel yapısı,
- mekandaki kullanım yerinin belirlenmesi,
- boyutlandırılması,
- yüzey rengi (yansıtma çarpanı)

önemlidir.

Isı depolayıcı kütle olarak seçilecek gerecin, birim hacminde fazla enerji depolama, depoladığı enerjiyi yüzeyine ve iç mekana çabuk iletebilme özelliği olmalıdır. Bu yöntemde en çok kullanılan ısı depolayıcı gereçler; taş, beton, tuğla, kerpiç gibi katı gereçlerdir. Bu gereçlerin hem ısı enerjisini depolama kapasiteleri hem de ısı iletkenlikleri oldukça yüksektir. Isı depolayıcı olarak suyun, yukarıda sözü edilen katı gereçlerden daha fazla enerji depolama kapasitesi vardır. Ayrıca sıvı olduğu için, taşınım akımlarıyla ısı enerjisini etkin (daha çabuk, hızlı) bir biçimde iletebilme özelliğine sahiptir. Bu yöntemde, ısı depolayıcı gereç olan suyun, plastik kolonların, tüplerin içinde kullanılışı söz konusudur, ancak kullanımı katı gereçler kadar yaygın değildir. Bunun nedeni, katı gereçlerin taşıyıcı, yapı kabuğunu

oluşturan öğelerden biri ve ısı depolayıcı olarak çok işlevli kullanılabilmeleri, aynı zamanda uygulama yöntemlerinin daha kolay ve biliniyor olmasıdır.

Isı depolayıcı öğenin doğrudan güneş ışığı alır durumda yerinin belirlenmesi en iyi sonucu verir. Ayrıca ısı depolayıcı kitlenin yüzey alanının büyüklüğüne karşın kalınlığının az tutulması, yüzey alanının küçük fakat kalınlığının fazla tutulduğu duruma göre daha iyi sonuç verir. (Meltzer, 1985) Bu durum, yani ısı depolayıcı kütlenin yüzey alanının büyük tutulması mekan içinde sıcaklığın daha iyi (homojen) dağılımını sağladığından konfor için de önemli bir etkidir.

Isı depolayıcı kitlenin boyutunu ise, literatürde çeşitli hesap yöntemleriyle oluşturulmuş tablolar aracılığıyla seçme olanağı vardır. Genellikle bu hesap yöntemleriyle, birim cam alanı için gereken birim kütle alanı hesaplanabilmektedir. Ayrıca bu yöntemde, ısı depolayıcı öğelerin, yalıtımsız ya da içten yalıtımlı olarak kullanılmaları yanlıştır. Isı depolayıcı masif öğelerin yüzeyleri yapının iç yüzeylerini oluşturacak biçimde, dıştan yalıtımlı olarak kullanılmaları gerekir.

Yukarıda sözü edilen etkenlerin yanında, ısı depolayıcı kütlenin yüzeyinin yansıtma çarpanı yani açıklık ya da koyuluğu, üzerine gelen güneş ışığının yutulma oranını ve bu yolla elde edilen ısı enerjisini etkilediği için dolaysız ısı kazancı sisteminin bütününe başarısında etkilidir. Ancak bu özellik, dolaysız ısı kazancı sisteminde öteki sistemlerde olduğu kadar önemli değildir. Çünkü bu sistemde, mekana giren güneş ışığının çoğu yansımalar sonunda eninde sonunda yine mekanın farklı yüzeylerinde yutulacak, çok az bir bölümü cam yüzeylerden dışarı çıkabilecektir. Bu sistemde yüzeylerin tam yutucu (siyah) olduğu durum la, yutuculuğun %80 olduğu durum karşılaştırıldığında sistemin başarısının önemli ölçüde değişmediği görülmüştür. (Meltzer, 1985) O halde, sistemde tam yutucu yüzeylerin kullanılması zorunluluğu yoktur. Isı depolayıcı yüzeylerin olabildiğince koyu renkte, öteki yüzeylerin görelî olarak daha açık, üzerine gelen ışığı yansıtarak depolayıcı yüzeye gönderecek biçimde tasarlanması doğru olacaktır. Özellikle perde, mobilya v.b. hafif öğelerin, koyu renkli ve doğrudan güneş ışığı alması aşırı ısınma sorununa neden olacağından bu öğeler, doğrudan güneş ışığı alan bölgeden uzakta ve açık

renkte olmalıdır. Ayrıca mekanın tefrişinde mobilya, insan v.b.öğelerin güneş ışığının depolayıcı yüzeye gelişinde engel oluşturmamasına dikkat etmek gereklidir.

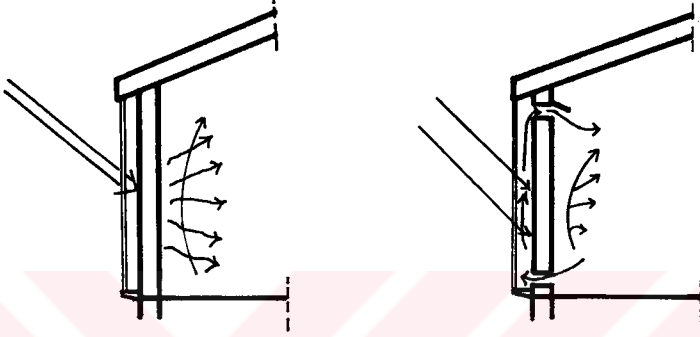
Bu yöntemde çözümlenmesi gereken önemli konulardan biri de, yaz aylarında oluşabilecek aşırı ısınma sorununun denetlenerek engellenmesidir. Bunun için yapının güney yüzünde;

- yapı içinde perde, jaluzi v.b.,
- yapı dışında stor, panjur,kapak v.b. hareketli elemanlar,
- yatay ve düşey güneş kırınlar, yansıtıcı özel renkli camlar,
- kışın yapraklarını döken ağaçlar(dalları kış aylarındaki verimi etkilese de)

yaz aylarında gölgelendirici olarak kullanılabilirler. Ayrıca bunlarla birlikte, doğal havalandırma olanağının da sağlanması yaz aylarında genellikle konforu sağlayacaktır.

1.3.3.2. Isı Depolayıcı Duvarlar.

Dolaysız Isı Kazancı Sisteminden farkı; enerji toplayıcı ve depolayıcı olarak tasarlanan duvarın yapının içinde değil, güneşle yapı içi arasında yer almasıdır. Güneş ışığı camdan geçerek cam ile iç mekan arasındaki koyu renk ya da siyah duvar yüzeyinde yutulur, ısı enerjisine dönüşür ve bu enerji iletim yoluyla duvardan geçerek taşınım ve ışınım yollarıyla iç mekana aktarılır. Ayrıca, ısı depolayıcı duvar sistemlerinin bazılarında duvar üzerinde kanallar (hava delikleri) yer alır. Bu durumda; cam yüzeyle duvar arasında ısınan hava da doğal taşınım akımlarıyla üst hava deliğinden iç mekana aktarılır. Hacimdeki serin hava ise alt delikten camla duvar arasındaki boşluğa geçer. (Şekil 1.3) Dolaysız Isı Kazancı yönteminde güneş enerjisini toplayıcı cam yüzeyler için geçerli olan yönlendirme kuralları bu sistemde de depolayıcı duvarlar için geçerlidir.

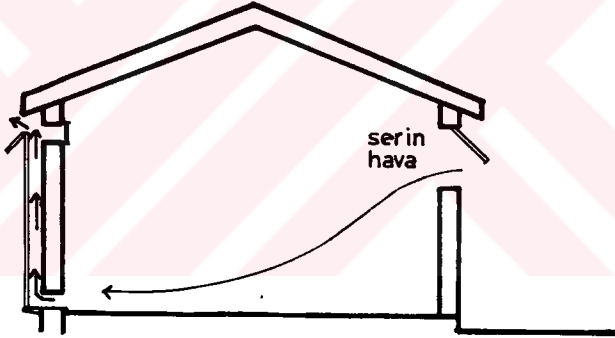


ŞEKİL 1.3

Duvar üzerinde hava deliklerinin yer aldığı durumda, güneşli alanlarda iç mekana taşınım yoluyla ısı aktarımı gerçekleşebildiği gibi, güneş battıktan sonra depolanan enerjinin ışınım yoluyla iç mekana ısı vermeye devam etmesi söz konusudur. Özellikle masif duvarlar, güneş battıktan sonra 8 saat veya daha fazla bir süre iç mekana ısı vermeye devam ederler. Duvar üzerinde hava deliklerinin olmadığı durumda ise, iç mekana ısı aktarımının gecikmesi, yavaşlaması söz konusudur. Ancak, bu duvar sisteminin olumlu yanı, günün 24 saatinde iç mekandaki sıcaklık değişimlerini azaltması, yani iç mekan sıcaklığının çok daha durağan olmasını sağlamasıdır. Buna karşılık, hava delikli duvarların kullanımında, iç mekandaki sıcaklık değişimleri daha fazla olsa da bunların sabah saatlerinde mekana çok kısa sürede ısı enerjisi sağlaması gibi bir üstünlüğü olduğu da göz önünde tutulmalıdır. Ayrıca bu duvarlar, toplanan enerjiyi çok daha kısa sürede iç mekana ilettiğinden, cam yüzeylerden ısı kaybı için de daha kısa bir süre söz konusu olacak ve mekan öteki duvar sistemine göre daha çabuk konfor sıcaklığına ulaştığından, bu sistemin verimi de daha yüksek olacaktır.

- Hava delikli ısı depolayıcı duvar tasarımında, alt ve üst hava deliklerinin her biri toplam duvar alanının %3'ü kadar (her iki hava deliğinin toplam % 6'sı kadar) eşit boyutlarda olmalıdır. (Meltzer, 1985)

Hava delikli duvar sisteminde, iç mekan sıcaklık değişimlerinin fazla olduğu durumda, hava deliklerinin boyutları onları yavaş yavaş kapatacak bir kapak sistemiyle küçültülerek, sıcaklığın kabul edilebilir sınırlar içinde kalması denetlenebilir. Böylece hava delikli duvarların, deliksiz duvar tasarımına göre olumsuz olan yanı giderilmiş olur. Ayrıca, bu duvar sisteminde dıştaki cam yüzeyinin üst bölümünde dışarıya açılan bir hava deliği tasarlanarak yaz aylarında doğal havalandırma sağlamak olanaklıdır. Bunun için ısı depolayıcı duvarın üst deliğinin kapalı olduğu durumda, kuzey duvarındaki pencere ya da hava deliği açık olmalıdır. Kuzey tarafındaki pencereden aşağıya inen soğuk hava, depolayıcı duvarın alt deliğinden camla duvar arasındaki boşluğa geçer, burada ısınarak yukarı doğru hareket eder ve cam yüzeyin üstündeki delikten dışarı çıkar. (Şekil 1.4)



ŞEKİL 1.4

Bu yöntemde ısı depolayıcı duvarlar genellikle, beton, tuğla, kerpiç gibi kagir gereçlerden ya da içi su dolu olarak oluşturulurlar. Kagir gereçlerden oluşan duvarlar, Felix Trombe ve Jacques ve Jacques Michel'in Odeillo'da (Fransa) bu konudaki yoğun çalışmaları nedeniyle, çoğunlukla Trombe duvarları olarak adlandırılırlar. Isı depolayıcı duvar tasarımının en önemli aşamalarından biri de duvar kalınlığının belirlenmesidir. Literatürde çeşitli hesap yöntemleriyle oluşturulmuş tablolardan, farklı gereçler için önerilen en uygun Trombe duvarı kalınlıklarını belirlemek olanaklıdır.

Isı depolayıcı kütle olarak suyun kagir gereçlere göre daha fazla ısı enerjisi depolama özelliği yanında, taşınım akımlarıyla daha çabuk ısı iletimi özelliği de söz konusudur. Aynı kalınlıkta kagir duvara göre çok daha çabuk ısı aktarımı olan sulu sistem duvarların yüzey sıcaklığı da kagir duvarlardan daha düşüktür ve dolayısıyla duvar önündeki cam yüzeye doğru yayılan enerji ve sistemin ısı kaybı da daha az olur. Sabahları mekana çabuk ısı enerjisi sağlanması açısından olumlu olan bu sistem, aynı zamanda kolaylıkla aşırı ısıtma sorununa yol açabilir. Ayrıca, hava deliksiz kagir duvarlar, iç mekan sıcaklık değişimlerinin azaltılmasında, sulu duvarlara göre çok daha fazla etkilidir. (Balcomb, 1982) Kagir duvarlarda olduğu gibi, sulu sistem duvarlarda da kalınlık arttıkça, iç mekan sıcaklık değişimleri azalmaktadır. Sulu duvarların 40-50 cm. kalınlığında kullanılmaları halinde, durağan iç mekan sıcaklıkları elde edilebilmektedir. Bu yöntemde Dolaysız Isı Kazancı'ndan farklı olarak, duvar yüzeyinde estetik nedenlerle siyah dışında bir renk kullanılması durumunda, sistemin verimi önemli ölçüde düşer.

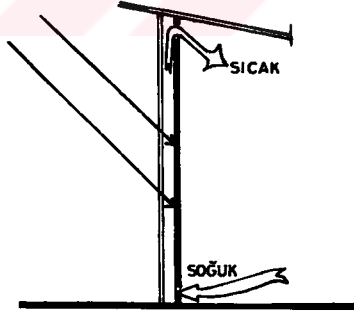
Isı depolayıcı duvar sisteminin kullanıldığı bir pasif sistem tasarımıda, max. güneş enerjisinin toplanması amaçlanırken dışarıya olan ısı kaybının da min. tutulması gerekir.

•Bunun için genellikle duvar önündeki cam yüzeylerin ısasal direnci çift cam uygulamasıyla arttırılır. Çift camın yanında geceleri olacak ısı kaybını azaltmak için dış cephede stor v.b. hareketli yalıtım gereçleri kullanmak gerekir.

•Son yıllarda yapılan araştırmalarda, depolayıcı duvar yüzeyine uygulanan krom, bakır, nikel gibi oksidli metallerden oluşturulan bazı seçici yüzeylerin, sistemin dışarıya olan ısı kaybının azaltılmasında çok etkili olduğu görülmüştür. Seçici yüzeylerin güneş ışığını düz siyah boyalı yüzeyler kadar yutma özelliği varken, elektrik akımını taşıma yeteneklerine bağlı olarak kızılaltı ışınlarını yayıcılıkları düşüktür. Bu nedenle dışarıya olan ısı kaybının azaltılmasında etkilidirler ve dolayısıyla depolayıcı duvar sisteminin verimini arttıırırlar. Amerika'da Los Almos Laboratuvarında, R.D. McFarland tarafından yapılan testlerde çift camlı bir Trombe duvarına seçici yüzey uygulanmasıyla sistemin etkinliğinin

%40 arttığı saptanmıştır. (Meltzer, 1985) Seçici yüzeyler ısı tutucu olduğundan geceleri dışarıya olan ısı kaybını önlemek için gereken hareketli yalıtım gereci gereksinimini de ortadan kaldırmaktadırlar. Ayrıca, bu yüzeylerin uygulanması, sulu sistem duvarların ısı kaybı açısından kagir duvarlara (Trombe duvarına) üstünlüğünü de yani ısı kaybı açısından aralarındaki farkı da azaltır.

Isı depolayıcı duvarlar yönteminin ilkelerini kullanarak Şekil 1.5'de verilen örnek gibi başka çözümlere de gitmek olanaklıdır. Şekil 1.5'de görüldüğü gibi Sürekli Dolaşım Halkası adını verebileceğimiz sistemde güneş ışınımını yutucu siyah bir levha ve örtü gereci olarak cam ya da benzeri gereçler kullanılır. Ayrıca, sürekli hava dolaşımı için bir ara boşluk tasarlanır. Isıtma amaçlı sürekli hava dolaşımı sistemin mekana bakan iç yüzeyinde yer alan alt ve üst kapaklar yoluyla gerçekleştirilir. Havalandırma amaçlı hava dolaşımı ise sistemin dış yüzeyinde tasarlanacak bir üst kapak aracılığıyla tasarlanır. Yapının güney yüzünde tasarlanacak bu sistem sürekli akım halkası yoluyla ısı depolayıcı duvarlar yöntemi gibi çalışarak mekana ısı iletir. Ancak, sistemde ısı depolayıcı kitle yer almadığı için mekana ısı aktarımında gecikme söz konusu değildir. Güneşli saatlerde mekana çok daha çabuk ısı aktarımı olanağı vardır.



ŞEKİL 1.5

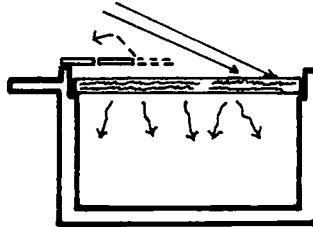
Sistemin değişik kullanım biçimleri için farklı detaylar oluşturmak olanaklıdır. Özellikle iyileştirme projelerinde var olan cam yüzeylerin arkasına uygulanması, oldukça ekonomik ve basit çözümlere olanak sağlayabilir. Sistemin bir başka olumlu yanı, kullanılacak döşeme alanını sınırlamaması, az yer kaplayan,

uygulanması kolay ve basit çözümler olanağı vermesidir. Yapıların özellikle güney yüzünde, saydam alanların yanında dolu alanlara duvar yerine bu sistemin yalıtımı çözülmüş detaylarının uygulanması olanaklıdır. Bu sistem aynı zamanda doğal aydınlatmanın ve doğal havalandırmanın saydam alanlar aracılığıyla gerçekleştirilmesini sağlar.

1.3.3.3. Isı Depolayıcı Çatılar.

Bu sistem ısı depolayıcı duvarlar sisteminin bir benzeridir, yalnız aradaki ısı depolayıcı maddenin çatı üzerinde yer almasından dolayı farklılık gösterir. Isı depolayıcı madde, plastik torbalar içindeki su havuzlarından oluşur. Metal taşıyıcılar üzerinde alttaki hacim için tavan görevini yapar. Bu sistem kışın ısıtma yazın ise serinleme için aynı derecede uygundur.

Kışın gün boyunca güneş ışınımına açık olan havuzlar geceleri yalıtım yapılmış levhalarla kapatılır. Havuzlarda toplanan ısı enerjisi, alttaki hacme doğrudan büyük oranda ışınım yoluyla yayılır. Yaz aylarında havuzu kapatan levhaların sistemi tersine döndürür. Gün boyunca kapatılan levhalar, havuzları güneş ışınımından korurken, geceleri ise serin olan havaya açılan havuz yüzeylerinden doğal taşınım ve ışınım yoluyla ısı kaybedilerek havuz soğutulur. (Şekil 1.6)



ŞEKİL 1.6

Bu sistemin uygulamalarında, iç sıcaklığın yıl boyunca oldukça sabit tutulabildiği (19 -23°C) görülmüştür. Isıtma ve soğutma sistemi başlıca ışınım yoluyla olduğu

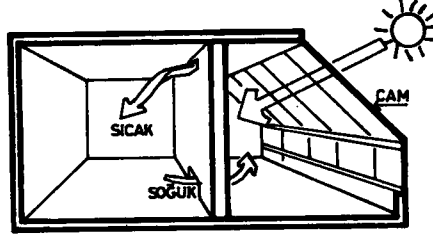
için, genellikle hacimde her mevsimde konfor koşulları üst düzeyde sağlanmaktadır.(Bruce et al, 1986)

1.3.3.4. Güneş Odası Ekleme.

Güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma yöntemlerinden biri de, yapıya güneş odası (limonluk) adını verebileceğimiz, ana işlevi güneş enerjisini toplayarak bitişik olduğu hacmi ısıtmak olan bir mekanın eklenmesidir. Bu mekan, yapının kullanılabilen bir bölümü olarak gereken büyüklükte tasarlanabileceği gibi, yalnızca güneş enerjisini toplayıcı yüzey ve depolayıcı kütle boyutu için gereken boyutlarda, oldukça küçük bir mekan olarak da tasarlanabilir.

Öteki yöntemlerde güneş enerjisini toplayıcı cam yüzeyler için geçerli olan yönlendirme kuralları, yapının güney yüzünde yer alması gereken bu mekan için de geçerlidir. Bu yöntemin Dolaysız Isı Kazancı yönteminden farkı, güneş odasının yapının ana işlevini oluşturan mekanı olmaması, ana işlevi oluşturan mekana ısı kazancı sağlamak için eklenmiş bir mekan olmasıdır.

Güney duvarı ve çoğunlukla çatısı da cam olan yüzeylerden oluşan bu mekanın, döşeme ve duvarları da enerji toplayıcı olarak siyah ya da koyu renk yüzeylerden oluşur. Cam yüzeylerin çift camlı olarak tasarımı genellikle en iyi sonucu verir. Güneş odasını yapıdan ayıran duvar ise, ısı tutucu kitle olarak kagir ya da sulu sistem olarak tasarlanır. Dolaysız güneş ışığını yutarak ısınan bu kitle aracılığıyla ısı bitişik mekana aktarılır. Ayrıca bu duvar üzerinde oluşturulan hava delikleriyle, güneş odasının ısınan havası içteki mekana alınabilir. Bu durumda işleyiş açısından sistem ısı depolayıcı duvar sisteminin bir benzeridir. (Şekil 1.7)



ŞEKİL 1.7

Güneş odalarının tasarımında ,

- güneye bakan cam alanı ne kadar çok tutulursa o kadar fazla güneş enerjisinin toplanabileceği,
- güneş odasıyla yapı arasındaki ısı tutucu duvar alanı ne kadar fazla olursa enerji aktarımının da o kadar çabuk olacağı,bu durumda soğuk dış iklime karşı da daha iyi bir tampon olacağı,
- ısı tutucu duvarla, güneş odasının güney duvarı arasındaki uzaklık ne kadar az tutulursa, duvar üzerindeki hava deliklerinden taşınım yoluyla iç mekana ısı aktarımının da o kadar çabuk olacağı,

göz önünde tutulmalıdır.

Güneş odalarının eğimli çatı yüzeyleri özellikle yaz aylarında, bazı durumlarda kış aylarında da aşırı ısınmaya neden olabilirler. Tasarımlarında yaz aylarında cam yüzeylerin gölgelendirilmesi ve havalandırılması düşünülmelidir. Yaz aylarında aşırı ısınma sorununun önlenmesi için, mekanın yeterince havalandırılması da gereklidir. Bunun için güneş odasının duvarında, çatısında ve yan duvarlarında açılabilir

pencere, kapı, v.b. öğeler düşünülmesi ya da cam panellerden bazıları yaz aylarında kaldırılabilir. Havalandırma için güneş odasında düşünülen delik, pencere v.b. boşluklar döşeme alanının %20'si kadar ya da daha fazla tutulmalıdır. (Meltzer,1985) Havalandırma delikleri farklı kotlarda düzenlenerek taşınım akımlarıyla içerdeki sıcak havanın dışarı atılması sağlanmalıdır.

1.3.4. Edilgen Isıtma Sisteminde Güneş Enerjisinden Yararlanma Yöntemlerinin Karşılaştırılması.

• Dolaysız Isı Kazancı yöntemi, uygulaması oldukça ekonomik ve bilinen bir yöntemdir. Sistemde kullanılan öğeler zaten yapıyı oluşturan öğelerdir. Tasarımın en önemli yanı, pencere, masif duvar ve döşeme öğelerinin boyut ve yön açısından doğru yerleştirilmesidir. Ancak bu yöntemde, iç mekandaki sıcaklık değişimleri öteki yöntemlere göre daha fazla olmaktadır. Özellikle gece yalıtımının düşünülmediği durumda bu sıcaklık değişimleri daha da büyür. Bu sistemde mekanlar sabah saatlerinde, ısı depolayıcı duvarlar ve güneş odaları sisteminin uygulandığı mekanlara göre daha çabuk ısınır. Ancak güneş battıktan sonra ise, genellikle mekanın sıcaklığında ani bir düşüş söz konusudur.

Genel olarak mekanı öteki sistemlere göre çok daha kısa sürede ısı enerjisi sağlayan Sürekli Dolaşım Halkası, Dolaysız Isı Kazancı, Hava Delikli Trombe duvarları yöntemlerinin uygulamalarında iç mekandaki sıcaklık değişimleri de daha fazla olmaktadır. Buna karşılık mekana ısı enerjisi aktarımı çok daha yavaş olan Hava Deliksiz Trombe Duvarı ve Isı Depolayıcı Çatılar yöntemlerinde iç sıcaklığın çok daha durağan hatta sabit tutulması olanaklı olmaktadır. Ancak, şunu belirtmek gerekir ki hava delikli Trombe duvarlarının bu açıdan olumsuz yanı hava deliği boyutlarının onları yavaş yavaş kapatacak bir kapak sistemi ile küçültülerek giderilebilir ve sıcaklığın kabul edilebilir sınırlar içinde kalması denetlenebilir. Ayrıca, bu yöntemle yazın aşırı ısınma sorununun denetimi de daha kolaydır. Aynı durum Sürekli Dolaşım Halkası yönteminde de sağlanabilir. Ancak, depolayıcı duvarı olmayan bir yöntemde iç mekan sıcaklık değişimlerinin denetiminin Trombe duvarı sisteminde olduğu gibi sağlanması kolay değildir.

• Trombe duvarları yapının hem taşıyıcı, hem ısı depolayıcı hem de ısı enerjisi toplayıcı yüzeyleri olarak çok işlevlidirler. Aynı zamanda Trombe duvarlarında hareketli yalıtım gereci kullanımı, Dolaysız Isı Kazancı sisteminde olduğu kadar önemli değildir. Özellikle Trombe duvarının seçici yüzeyle kaplı olduğu durumda, hareketli yalıtım gerecine gereksinim olmamaktadır.

• Trombe Duvarı ve Sürekli Dolaşım Halkası yöntemleri çalışma sistemleri açısından çok benzerdir. Aralarındaki fark Sürekli Dolaşım Halkası yöntemindeki toplayıcı ögenin aynı zamanda depolayıcı olmamasıdır. Ancak Sürekli Dolaşım Halkası sisteminde, ısı depolayıcı kütle olmadığı için mekana çok daha çabuk ısı aktarımı söz konusudur. Buna karşılık, iç mekan sıcaklık değişimleri, Trombe Duvarları yönteminin uygulandığı duruma göre daha fazladır.

• Dolaysız Isı Kazancı sisteminde mekanlar bol güneş ışığı alır. Ancak, bu nedenle oluşan yüksek ışıklılık karşıtıkları görsel açıdan sorun yaratır. Bu sorunun hareketli yalıtım gereçleri ile önlenmeye çalışılması ise sistemin verimini düşürür. Isı Depolayıcı Duvarlar, Güneş Odaları, Sürekli Dolaşım Halkası yöntemlerinin uygulandığı mekanlarda genellikle ışıklılık karşıtıkları sorunu ile karşılaşmaz. Tersine mekana yeterince gün ışığının girip girmediğinin denetimi yapılmalıdır.

• Ayrıca, Isı Depolayıcı Duvarlar ve Güneş Odaları sistemlerinde güneş ışığı doğrudan mekana değil de önce ara bir kütleyle geldiği için bu sistemlerde ısı enerjisinin mekana girişinin ve ısı kaybının önlenmesinin denetimi çok daha kolaydır.

• Güneş Odaları yönteminin öteki yöntemlerden farklı bir yanı, yapıya ek bir kullanım mekanı sağlamasıdır. Ancak, bu mekanda, yapının öteki mekanlarına göre daha büyük sıcaklık değişimleri meydana gelir, bu nedenle yılın belirli zamanlarında kullanılmaz.

• Gece durumundaki ısı kayıplarını azaltmak için, yalıtılmış Dolaysız Isı Kazancı, Trombe Duvarları ve Güneş Odaları sistemlerini karşılaştıran bir çalışmada, her üç sistemde de elde edilen enerji etkinliğinin (elde edilen enerjinin güneş enerjisi toplayıcı yüzey alanına bölümü) birbirine oldukça yakın olduğu

görülmüştür.(Meltzer,1985)(Karşılaştırma çalışması Nashville,Denver ve Boston şehirleri için yapılmıştır)

- Sistemlerin birlikte kullanıldığı çözümlerde her sistemin olumlu yanlarından yararlanmak söz konusu olacaktır. Örneğin; dolaysız ısı kazancı sağlayan pencerelerin yer aldığı bir güney duvarının dolu alanları, ısı depolayıcı duvar olarak oluşturulabilir. Böylece Isı Depolayıcı Duvar sisteminin uygulandığı bir mekana yeterince güneş ışığı alınırken mekan güney yönünden de dışarı kapatılmamış olur. Aynı durum, Dolaysız Isı Kazancı yöntemiyle Sürekli Dolaşım Halkası yönteminin birlikte kullanımı için de geçerlidir.

Sonuçta şunu belirtmek gerekir ki gerektiği gibi uygulanması durumunda, tüm yöntemlerde istenilen ısısal konfor düzeyine ulaşmak olanaklıdır.Bu nedenle yöntem seçiminde, yapıların işlevleri, yöntemlerin uygulama biçimleri ve maliyetleri, estetik özellikleri ön plana çıkmaktadır. Özellikle gerek yapıların işlevsel gereksinmelerine gerekse iklimsel verilere hangi yöntemin uygun olduğu konusu önemlidir.

BÖLÜM 2

EDİLGEN ISITMA SİSTEMİ ÖLÇÜTLERİNE BAĞLI DERSLİK TASARIMI

2.1. DERSLİK TASARIMINDA ISISAL KONFORUN SAĞLANMASI VE EDİLGEN ISITMA SİSTEMİNDEN YARARLANMA GEREĞİ

Dersliklerde ısısız konforla ilgili öğelerin eğitim ortamına katkısı önemlidir. Özellikle gelişmiş ülkelerde, gerek eğitim programlarını hazırlayan, gerekse öğrenim yöntemleri programları üzerine araştırma yapan kuruluşlar tarafından, dersliklerde ısısız konforun sağlanmasının eğitime olan katkısı konusunda yapılan değişik araştırmalar literatürde yer almaktadır. Bu araştırmalardan biri, 1979 yılında The Dunn, Dunn and Price tarafından öğrenme yöntemleri programı çerçevesinde (Learning Style Inventory (LSI)), 268 ortaokul öğrencisinin eğitim ortamında iç hava sıcaklığı tercihlerini belirlemektedir.

Söz konusu araştırmada öğrenciler kişisel olarak öğrenim ortamının sıcak ya da serin olması konusundaki tercihlerini veya bu konuda tercih yapmadıklarını ortaya koymuşlardır. Bu araştırmanın devamı, 1983 yılında St. John's Üniversitesi'nde Murray, Peggy Gray tarafından yapılmıştır.

Araştırmada, belirlenen farklı sıcaklıktaki ortamların, öğrencilerin sıcaklık tercihine bağlı olarak öğrenme başarısına etkisi araştırılmıştır (Murray,1983). Öğrenme başarısı, öğrencilerin kelime tanımlama puanını belirleyen bir yöntemle ölçülmüş ve uygulanan test deney gruplarına eşit olarak dağıtılmıştır. Deneyler öğrencilerin tercih ettikleri, kendilerini konforda hissettikleri sıcaklıkta(80°F=24°C) bulunan eğitim ortamında ve öğrencilerin sıcaklık tercihleriyle uyumlu olmayan başka bir ortamda (60°F = 18°C) olmak üzere iki kez uygulanmıştır. Öğrencilerin her iki ortamda elde ettikleri puanlar karşılaştırılmıştır. Sonuçta, öğrencilerin sıcaklık tercihlerine uygun ortamlarda daha yüksek puanlar elde ettikleri görülmüştür.

Bu araştırmaların ve literatürdeki öteki araştırmaların sonuçları göz önüne alınarak, eğitimle ilgili ortamların planlanmasında ve okul yöneticilerinin işlemleri kullanım alanlarına dağıtımlarında, ana sınav programlarının oluşturulmasında v.b. konularda, öğrencilerin iç hava sıcaklığı konusundaki tercihlerinin bir ölçüt olarak göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilmiştir.

Yukarıda özetlenen araştırma örnekleri dersliklerde ısısal konforun sağlanmasının gereğini ortaya koymaktadır. Dersliklerde ısısal konforun sağlanması, enerji ve kullanım sürecinde bakım giderlerini azaltarak " hangi tür, basit, ekonomik ve yenilikçi bir tasarımla olanaklıdır?" sorusunun yanıtı önemlidir. Tez çalışması için belirlenen ve daha önce yapılmış araştırma sonuçlarının da desteklediği amaç doğrultusunda şunu belirtmek gerekir ki, okul yapılarının gerek iyileştirme projelerinde, gerekse yeni tasarımlarında güneş enerjisinden yararlanma uygulamalarının temeli, ana işlevi oluşturan dersliklerin ısıtma gereksinmelerinin bu mekanların birer edilgen ısıtma sistemi olarak tasarlanmasıyla karşılanması ilkesine dayanmalıdır. Burada konuya edilgen ısıtma sisteminin gereksinmeleriyle, dersliklerin ısıtma gereksinmelerinin karşılaştırmasını yaparak yaklaşmak doğru olacaktır.

•Edilgen Isıtma Sisteminde güneş enerjisinden ağırlıklı olarak yararlanmak için, serbest alanlara gereksinim vardır. Büyük şehirlerde özellikle konut

Yapılarında bunu gerçekleştirmek zordur. Ancak planlamalarında okul yapılarına bahçesiyle birlikte daha geniş, serbest alanlar ayrıldığı için, derslikler bu açıdan avantajlıdır.

•Okul yapılarının ana işlevini oluşturan dersliklerin kendilerine özgü gereksinimleri söz konusudur. Derslikler, işlev, kullanıcı sayısı ve niteliği (yaş, giyecek v.b.), kullanım saati açısından eş mekanlar olduğundan, bunları gruplayarak ortak tasarım ölçütleri oluşturmak olanağı vardır. Isı girdileri ve gereksinimleri ortak olan bu mekanları gruplamak ve edilgen sistemin gerektirdiği serbest alanlara ve yöne baktırmak kolaydır. Örneğin dersliklerin yan yana getirilmesiyle, doğu-batı doğrultusunda uzanan uzun yüzleri güneşe bakan doğrusal planlamaları okul yapılarında uygulamak kolay olacaktır. Ayrıca, yönlendirmede gruplaşmaya gitmek olanağı (okul yapılarında dersliklerle öteki işlevlerin baktığı yönleri ayırmak) bölgelendirilmiş yapma ısıtma sistemlerinin dış çevre iklim koşullarına göre ek sistem olarak uygulanmasını kolaylaştıracaktır. Ortak gereksinim alanında birleşecek derslikler için ortak tasarım ölçütleri oluşturabilme olanağı edilgen ısıtma sisteminde güneş enerjisinden yararlanma uygulamalarında, büyük kolaylıklar sağlayacaktır.

•Ayrıca edilgen sistemin gereği olarak güneş enerjisinden yararlanmak için eş mekanlar olan derslikleri belli yönlerde gruplamak ve ortak tasarım ölçütleri oluşturmak da, okul yapılarında mimari bütünlüğü ve estetiği sağlayarak, uygulamada ekonomiklik ve kolaylık getirecektir. Ters durumda, yani dersliklerin farklı yönlere baktığı başka bir tasarım biçiminde, ısısal konforun ve enerji korunumunun sağlanabilmesi için, yön etkeninin göz önünde bulundurularak dersliklerin tasarımında farklılık yapmak gerekir. Bu durum okul yapısının mimari bütünlüğünü ve anlatımını bozacaktır. Derslik gibi eş işlevli mekanların tasarımında farklılık okul yapıları mimarisinde ekonomik ve estetik olmayan bir sistem çözümü olduğundan mimarlar tarafından doğal olarak uygulanmak istenmeyecektir. Günümüzde bu nedenle bir çok okul yapısında farklı

yönlere bakan (hatta farklı iklim bölgelerinde uygulanan tip projelerde) aynı tasarım biçimindeki dersliklerde ısısal konforsuzluk yaşanmaktadır. O halde, edilgen sistem gereksinmelerine uygun derslik tasarımı okul yapılarının mimari gereksinmeleriyle de uyusmaktadır.

•Yapılarda güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma uygulamalarında elde edilen ısı enerjisi düşük sıcaklıktadır. Bu ısı enerjisinin etkin biçimde dağılımı için, ısı enerjisinin dolaşım alanının sınırlı olması gerekir. Örneğin, mekanik ısıtma sistemleri, bütün bir yapıya tek bir merkezden ısı enerjisi dağıtımı yaparken, edilgen sistemde bu durumsöz konusu değildir. Okul yapısı gibi çok sayıda dersliğin bir araya geldiği büyük yapılarda, dersliklerin her birinin kendi başına edilgen ısıtma sistemi olarak çalışması (her dersliğin saydam alanlarının kendi ısıtması için toplayıcı işlevini görmesi v.b.), dersliklerin kendi ısısal kazancının ve ısısal denetiminin yapılabilmesi olanağını vermesi, edilgen sistemin okul yapılarında daha kolay ve başarılı uygulama olanağını sağlar.

•Her bir dersliğin kendi başına birer edilgen sistem olarak tasarlanabilmesi yanında, bu mekanların kullanım saatlerinde aynı anda çok sayıda kullanıcı (öğrenciler ve öğretmen) tarafından kullanılması edilgen sistem tasarım için ısı kazancı açısından yararlanılacak olumlu bir özelliktir. Çok az sayıda yapı kullanım saatlerinde böyle yüksek yoğunluğa sahiptir. Kullanıcıların metabolik yolla ürettiği ısı, edilgen sisteme ek ısı sağlayan bir kaynaktır. (Her bir çocuğun yaklaşık saatte 70-90 W'lık ısı enerjisi girdisi söz konusudur). (Fanger, 1972).

•Dersliklerin tefrişi göz önüne alındığında, öğrencilerin kullanım saatlerinde aynı anda dersliklerin her tarafını kullandıkları görülür. İşlevleri nedeniyle örneğin bir konuttan farklıdır. Dersliğin her tarafındaki öğrencinin kendini aynı konfor düzeyinde hissetmesi önemlidir. Böyle bir durumun gerçekleşmesi, mekanı çevreleyen yüzeylerin sıcaklığı ve ortalama ışımsal sıcaklıkla ilgilidir. Edilgen

yolla güneş enerjisinden yararlanarak ısıtılan bir derslikte ise döşeme, tavan ve duvarların ısı depolayıcı ve yalıtımlı olmaları nedeniyle yüzey sıcaklıkları yüksektir ve dolayısıyla ortalama ışınsal sıcaklık da yüksektir. Bu açıdan da edilgen sistem tasarımı, dersliğin ısısal konfor gereksinmelerine uygundur. Ayrıca, ortalama ışınsal sıcaklığın yüksek olması, iç hava sıcaklığının konfor sıcaklığından düşük olması durumunda bile kişilerin kendini konforda hissetmesini sağlar. Bir başka deyişle, iç havanın konfor sıcaklığı, normal derslikler için gerekenden biraz daha düşük olur. Tüm bu özellikler dersliklerde daha esnek ve etkin bir eğitim ortamının oluşmasını sağlar.

•Edilgen sistemle güneş enerjisinden yararlanma uygulamaları, ısı enerjisini toplayıcı ve doğal yollarla dağıtıcı (iletim, doğal taşınım akımları ve ışınsım) sistemlere dayandığından, dersliklerin yeterli ısı depolama ve dağılımına olanak sağlayan açık, geniş yüzeyli mekan oluşumları bu sistem için uygundur. Ayrıca, bu sistemle dersliklerde daha etkin ve esnek bir eğitim ortamı elde edilir. Özellikle ilköğretim dersliklerinde öğrenciler sıralarda oturup ders dinleyebilecekleri gibi, döşeme yüzeylerini de hikaye, oyun gibi etkinlikler sırasında kullanabilirler.

•Mimari tasarım ölçütleri ve akustik açıdan seslendirmesiz derslikler için önerilen boyutlar gözönüne alındığında, derslik tasarımında dar ve uzun ve çok büyük boyutlardan kaçınmak gerekmektedir. Kompakt biçime yaklaşan derslik boyutları hem yukarıda sözü edilen hem de edilgen ısıtma sistemi gerekleriyle uyum sağlamaktadır.

•Okul yapılarında, aktif (etken) sistemlerin sürekli bakımını ve gerekli teknik desteği sağlamak zordur. Özellikle ülke koşulları düşünüldüğünde, kullanım süresinde aktif sistemler gibi bakım v.b. teknik destek gerektirmeyen ve doğal enerji kullanarak ısısal konfor sağlayan edilgen sistemlerin derslikler için daha basit ve ekonomik bir çözüm olduğu, bu

açıdan da dersliklerin ısıtma gereksinmeleriyle uyum sağladığı görülmektedir.

•Derslikler, ağırlıklı olarak soğuk hava koşullarının egemen olduğu dönemde, gündüzleri kısa süreli kullanılan yapılar olduğundan kullanım süreleri açısından da güneş enerjisinden ısıtma amaçlı yararlanma ile uyum sağlayan mekanlardır.

2.2.GÜNEŞ ENERJİSİNDEN EDİLGEN YOLLA YARARLANMA UYGULAMALARINA YER VERİLMİŞ OKUL YAPISI ÖRNEKLERİ

1980' li yıllarda ABD' de, dış yüzü büyük oranda camdan oluşan okul yapılarının iyileştirme projeleri için seçilecek yöntem üzerine, çok sayıda araştırma ve uygulama çalışması yapılmıştır. Bu okul yapılarının dersliklerinde ortaya çıkan sorunlar kışın aşırı ısı kaybı, yazın aşırı ısı kazancı, etken ısıtma sistemleri ile üretilen ısının gerektiği gibi denetlenemeyişi, iç mekanlara giren güneş ışığının yarattığı görsel rahatsızlıklar olarak belirlenmiştir. Etken ısıtma sistemleri ile üretilen ısının farklı yönlere bakan dersliklere aynı oranda gönderilmesi sonucu, aşırı ısıtılmış ve gerektiği kadar ısıtılmamış derslikler sorunuyla karşı karşıya kalınmıştır. Ayrıca bu sorunun her sınıftaki ısıtıcıların ayrı ayrı ayarlanarak öğretmenler tarafından denetlenmesi yoluyla çözümünün de, öğretmenlerin bunu kendi görevlerinin bir parçası olarak görmemeleri gibi nedenlerle başarılı olmadığı görülmüştür. 1980' li yıllarda bu okulların iyileştirme projelerinde öncelikle pencere alanının küçültülmesi, bu alanların yalıtımlı dolu alanlara dönüştürülmesi yolu seçilmiştir. Bu çözüm, dış ortamla iç ortam arasındaki etkileşimi dolayısıyla ısı ve ışık geçişini azaltarak sorunları bir ölçüde hafifletmiş ancak öğrenciler ve öğretmenler üzerindeki psikolojik etkisi olumsuz olmuş tartışmalara yol açmıştır. Ayrıca bu uygulamalarla istenen optimum enerji kazancına tam olarak ulaşamadığı görülmüştür. Bu araştırmalar çerçevesinde, ABD' de North Carolina'da okul planlamasıyla ilgili kararların alındığı kuruluş (The Division of School Planning in The North Carolina Department of Public Instruction) dersliklerin iyileştirme projelerinde en ağırlıklı çözümün güneş

enerjisinden yararlanma uygulamalarına yer vermek olacağını açıklamıştır (Olson, 1982).

Amerika' da Norwich' de "The Marion Cross Elementary School" iyileştirme projesinde güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma uygulamasına yer verilmiş, literatürde yer alan örneklerden biridir. Söz konusu okulun güneye bakan tuğladan oluşan kagir duvarı, hava delikli ısı depolayıcı duvara dönüştürülmüştür. Bunun için söz konusu duvarın dış yüzeyi camla örtülmüştür. 1.3.3.2 bölümünde ayrıntılı olarak açıklanan hava delikli ısı depolayıcı duvarların çalışma sistemine bağlı olarak, duvar üzerindeki alt ve üst delikler aracılığıyla iç mekana ısı aktarımı sağlanmıştır. Okul yönetimi bu uygulamadan sonraki kış mevsiminde (1980-81) yakıt tüketiminin bir önceki yıla göre % 50 oranında azaldığını raporlarında belirtmiştir. (Olson,1982).

Amerika' da iyileştirme projesinde güneş enerjisinden yararlanma uygulamalarına yer verilmiş bir başka okul örneği, Colarado' da "Telluride Scholl " dur. Okulun jimnastik salonunun yer aldığı tek katlı ve güneybatıya bakan kesintisiz kagir duvardan oluşan bir kanadı delikli ısı depolayıcı duvar sistemine dönüştürülmüştür. Bunun için duvarın dış yüzeyi camla örtülmüştür. Görüldüğü gibi tasarım, Marion Elementary School' a çok benzemektedir. Okulun sınıfların yer aldığı aşırı ısı kaybına yol açan büyük cam yüzeylerden oluşan ve yine güneybatıya bakan öteki kanadının önüne güneş odası sistemi ilave edilmiştir. Tamamen cam yüzeylerden oluşan güneş odasının çatısı 45° eğimli olarak tasarlanmıştır. Güneş odası ilavesiyle dersliklerin hava sızdıran pencerelerinden kaçan ısı enerjisi tekrar kazanılırken, cam yüzeyler aracılığıyla güneş enerjisi toplanarak yapıya enerji kazancı sağlanmıştır. Ayrıca, güneş odasının döşemesi, var olan tuğla duvarı, otuz adet içi su dolu saydam tüplerle birlikte ısı depolayıcı olarak taslanmıştır. Temelleri de köpüklü sistemle yalıtılan bu mekanın içindeki boru sistemiyle ısı enerjisi sınıflara aktarılırken, ayrıca fan, otomatik kapaklar ve açılabilir pencerelerle sıcak günlerde mekanın havalandırılması düşünülmüştür.

İyileştirme projesinde enerji korunumu ve güneş enerjisinden yararlanma ilkelerinin birlikte kullanıldığı bir başka okul yapısı Weston, Massachusetts' deki

The Cambridge School' dur. Güneybatıya bakan geniş cam yüzeyleri olan yapının iyileştirme projesinde, çatı pencereleri ilavesiyle sistemin güneş enerjisi toplayıcı cam alanı artırılırken, var olan cam yüzeylerinin ısısal direncini artırıcı önlemlere gidilmiştir. Isı kayıplarını azaltmak için, kuzeye bakan beton duvara dışardan yalıtım (cam yünü üzerine alçı sıva) uygulaması yapılmıştır. Ayrıca güneybatıya bakan, düşey pencerelerin % 40' ı çift cama dönüştürülmüştür. İlave edilen çatı penceresi ve geniş düşey cam yüzeylerden mekana giren güneş ışığının hacmin masif kagir yüzeylerinde yutulmasıyla ısı enerjisi kazancı sağlanmıştır. Böylece söz konusu yapıda hem enerji korunumu hem de dolaysız ısı kazancı yönteminin ilkeleri birlikte kullanılmıştır.(Olson,1982)

Literatürde yer alan Amerika' da uygulanmış üç okul yapısı örneğinde de, iyileştirme projelerinin uygulanmasıyla ısıtma mevsimi süresince güneş enerjisinden önemli ölçüde ısı kazancı sağlanmıştır. Ancak bu yöntemlerin uygulamalarının derslikler için eleştirilen olumsuz yanları da söz konusudur. Burada dersliklerin işlevsel gereksinmelerine bağlı ısıtma gereksinmeleriyle uyum sağlayan tasarım biçimi hangisidir sorusunun yanıtının önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu sorunun yanıtına yönelik olarak, İngiltere,de Wallasey' de "St George School" üzerine yapılan araştırma ve incelemelerin sonucuna da bakmak doğru olacaktır.

İngiltere' de edilgen yolla güneş enerjisinden yararlanma uygulamalarının öncüsü olarak kabul edilen St. George School " günümüze değin pek çok araştırmacıya konu olmuştur. Mevcut bir okul yapısına sonradan eklenen bölüm, edilgen yolla güneş enerjisinden yararlanma ilkelerine göre tasarlanmış ve dolaysız ısı kazancı ve güneş duvarı sisteminin karma uygulaması olarak niteleyebileceğimiz bir sistem uygulanmıştır. Yapı, 1970' lerde yaşanan enerji krizinden çok önce edilgen sistem tasarım düşüncesinin yaygın olarak bilinmediği bir dönemde bu konuda uygulanmış ilk örneklerden biridir. Bu araştırma için ilginç olan yanı yapının mevcut bölümündeki dersliklerle, sonradan eklenen edilgen sistemle güneş enerjisinden yararlanan dersliklerin karşılaştırma olanağını sağlamasıdır. Edilgen sistem derslikler, güneş enerjisinden elde edilecek ısı enerjisinin, kullanıcıların metabolik olarak ürettikleri ısı enerjisinin ve aydınlatma aygıtlarından elde

edilecek ısı enerjisinin bileşiminin kış ayları boyunca dersliklerde istenen iç sıcaklığı sağlaması ilkesine dayanarak tasarlanmıştır. Yapıda gerektiğinde kullanılmak üzere ek olarak tasarlanan yapma ısıtma sistemi, kullanım sırasında nadir olarak kullanılmıştır. Kış aylarında dersliklerde konfor sıcaklığına genellikle ulaşıldığı görülmüştür. (Hawkes, 1987)

Yaz aylarında da yapının aşırı ısınmayı önlemede yeterli olduğu, ölçülen iç mekan sıcaklıklarının çok yüksek olmadığı görülmüştür. Ancak sınırlı boyutta, sınırlı oranda açılabilen pencerelerle sağlanan hava devinimi yeterli olmadığından sıcak günlerde konforsuzluk belirlenmiştir. Yapının önceden var olan yapma ısıtma sistemiyle ısıtılan derslikleriyle, edilgen sistemin uygulandığı bölümün derslikleri karşılaştırıldığında, edilgen sistem deslikler daha sıcak ve konforlu olarak belirlenmiştir. (Hawkes, 1987) Örneğin, okul müdürü tarafından edilgen sistem tasarlanan bölümde elemanların çalıştıkları ortamı daha çok sevdikleri ve bu bölümde çalışmayı yapının öteki bölümlerinde çalışmaya tercih ettikleri belirtilmiştir. (Maning, 1969) Ancak yapının eleştirisi aldığı, yetersiz kaldığı durumlarda söz konusudur. Yapı teknolojinin çok yeni olduğu bir dönemde uygulandığı için, uygulamada seçilen sistemin eksik yanları söz konusudur. Örneğin, bu derslikler sabahları aktif sistemle ısıtılan dersliklere göre daha geç ısındığı ve de hava koşullarındaki değişimlere geç yanıt verici olduğu için kullanıcılar tarafından eleştirilmiştir. Ayrıca yapının en fazla eleştirisi aldığı ve yetersiz kaldığı konu gerek kış aylarında gerek yaz aylarında havalandırma sorunudur. Eleştirilen yönlerine rağmen dersliklerin yine de ısısal konfor açısından öteki dersliklerden daha iyi olduğu, ısıtma süresi boyunca genellikle konfora ulaştığı ve yakıt giderlerinde azalma sağlandığı literatürde yer alan değişik araştırma sonuçlarında belirtilmiştir. Üstelik bu dersliklerin havalandırma sistemi, öteki dersliklerle karşılaştırıldığında, aralarında çok az fark bulunmuştur. Ayrıca, toplam cam alanının % 8' ini kaplayan saydam camdan oluşan sınırlı pencerelerin görüş alanını daraltması, bazı öğretmenler tarafından olumlu olarak nitelendirilmiştir. Çünkü bu yollarla öğrencilerin dışarıyla ilişki kurma olanakları azaldığından, dersi daha iyi dinledikleri ve dikkatlerini öğretmene verdikleri belirtilmiştir. Sonuçta söz konusu dersliklerin tasarımının eksik olan yanlarının bu alanda ilk uygulamalarından biri olmaları nedeniyle olduğu, günümüzdeki teknolojik gelişmelerle bu eksikliklerin giderileceği açıktır. Bu örnek de güneş

enerjisinden edilgen yolla yarananma sistemlerinin doğru uygulamaları durumunda, ısıtma süresince net ısı kazancı sağlayıcı olabildiklerini göstermektedir.

St George School' dan sonraki yıllarda İngiltere' de pek çok okul yapısının gerek iyileştirme projelerinde gerekse yeni tasarımlarında edilgen yolla güneş enerjisinden yarananma ilkelerine yer verilmiştir. Özellikle 1945'li yıllarda yapılan, dersliklerin tek koridorda toplandığı ve güneye baktırıldığı yapı tipleri, gerek planlamaları gerek ısı depolamaya elverişli masif kagir duvarları nedeniyle bu uygulamalar için seçilmiştir. Bu örneklerden biri, Wirral' da Poulton Lancelyn Primary School' dur. 1960' da yapılan bu okulun, 1981 yılında yeni derslikler ve Konferans Salonun' dan oluşan ilaveler kısmına Trombe duvarı uygulaması yapılmıştır. Kanalsız ısı depolayıcı duvar uygulaması yüksek ısı tutuculuk, dış hava değişimlerinden yavaş etkilenme ve iç mekan sıcaklıklarını durağan kılma açısından uygulanmıştır. Çift camlı olarak uygulanan Trombe duvarına mekanik sistemler eklenmiştir. Trombe duvarından elde edilen sıcak hava fanlar aracılığıyla sınıflara gönderilmekte ve dairesel yayıcı ağızlardan içeri aktarılmaktadır. Pencere alanı doğu ve batı cephelerinde duvar alanının % 25' i, güney cephesinde ise oldukça küçük tutulmuştur. Yapının performansı Liverpool Polytechnic öğrencileri tarafından ölçülerek değerlendirilmiş ve İngiltere' nin enerji korunumu açısından en önemli yapılarından biri olarak nitelendirilmiştir. (David 1982, Curtis 1990) Edilgen Sistemin Dolaysız Isı Kazancı ve Trombe Duvarı yöntemlerinin başarılı uygulandığı ilkokul yapısı örneklerinden bir başkası Cornwall' de Love School' dur. Yukarıda verilen örnekler dışında, güney duvarına Güneş Odası (limonluk) tasarımı yapılarak enerji tüketimi büyük ölçüde azaltılan okul yapıları Essex' de "Great Leighs Primary School" ve Hampshire Netley Infants School' dur. Ayrıca, avlulu plan tipine sahip okul yapılarının ise avluların üstü hareketli cam yüzeylerle kapatılarak enerji tüketiminde önemli ölçüde azalma sağlanmıştır. Essex' de Barnes Farm School bu uygulamanın yapıldığı örneklerden birisidir. (Curtis, 1990)

İngiltere ve Amerika' da uygulanmış örnekler dışında, İtalya, Belçika ve İspanya' da da güneş enerjisinden yararlanma tekniklerinin uygulandığı okul yapıları söz

konusudur. Belçika' da 250 ilkokul öğrencisi için tasarlanan The Ecole de Tournai, yapma enerji gereksinmelerini azaltmak ve yeni öğretme tekniklerini denemek için tasarlanmış, 1985 yılında kullanılmaya başlayan okul yapılarından biridir. Güneş enerjisinden yararlanmak için tasarımında, güneş odaları, ağır masif duvar ve döşemeler ve etken sistem güneş topacları kullanılmıştır. Yapının merkezinde kütüphaneyi de içine alan iki katlı ana mekanın etrafını çevreleyen iki ayrı kolda ve iki katta yer alan derslikler, doğal bilimlerle ilgili laboratuvar olarak kullanılan küçük güneş odaları ile bağlantılıdır. Ayrıca tamamen güneşe yönlendirilmiş cam yüzeylerden oluşan (çatı ve duvar) iki kat yüksekliğinde merkezi bir güneş odası vardır. Derslikler güneydoğudan güneybatıya doğru sıralanırken öteki işlevler kuzeydoğu ve kuzeybatı yönlerinde gruplandırılmıştır. Güneş odaları ve kütüphaneyi içine alan ana mekanda ek ısıtma sistemi kullanılmaktadır. Etrafı güneş odaları ile ısıtılan dersliklerle çevrili bu mekanda elde edilen sıcaklıklar oldukça duragandır. Yapıdaki ek ısıtma sistemi, çatıdaki etken sistem güneş topacları ya da gerekirse gaz yakıtlı kazan sistemiyle ısıtılan havanın, iç mekanda çift cidar olarak tasarlanan duvarlarının arasındaki boşluktan mekana aktarılması biçiminde çalışmaktadır. Bu nedenle, mekanlara hem taşınım hem de yüzeylerden ışınım yoluyla ısı aktarımı söz konusudur. Belçika'daki öteki okullarla karşılaştırıldığında % 43 oranında enerji korunumu sağladığı belirlenmiştir. Okulun ısıtma yükünün yaklaşık % 51'i güneş enerjisi (% 30 edilgen, % 21 etken yolla), % 5' i tesadüfi ısı kazançları, % 44' ü ise ek yapma ısıtma sistemi ile karşılanmaktadır. Bununla beraber, duvarların içinden boru sistemiyle ısınan havanın iç mekana aktarılması sistemi, uygulamada gereken başarıyı sağlamamıştır. Sistemin yavaş işlemesi nedeniyle, yapının ısıtılmadığı bir dönem sonunda tekrar konfor sıcaklığına ulaşması bir kaç gün sürmektedir. (Anon, 1989).

İtalya' da okul tasarımlarında güneş enerjisinden yararlanma uygulamalarının mimari imajlarla uyumunu amaçlayan bir yarışma sonucunda seçilen projenin uygulaması olan okul, Roma' da The Liceo Scientifico' dur. Belçika' da ki okul örneği gibi sınıfların bağlı olduğu güneş odaları yoluyla ısı kazancı sağlayan bu tasarımda, ana dolaşım alanı doğu-batı doğrultusunda uzanan bir koridordur. Koridorun güneyinde üç katlı güneş odaları ile birlikte tasarlanan derslikler, kuzeyinde ise spor salonları, servis odaları ve çok amaçlı salon yer alır. Kuzey bölümünün çatısının güneşe yönlendirilen kısımlarında güneş topacları yer

almaktadır. Güney odalarının eğimli cam yüzeylerinde hareketli elemanlarla istenildiğinde güneş denetimi yapılabilmekte ya da geceleri ısı kaybını önlemek olanaklı olmaktadır. Gerekliğinde devreye giren ek ısıtma sistemi çatıdaki toplaçlar aracılığıyla ısıtılan su ile çalışmaktadır. Ayrıca, güneş odalarının doğal havalandırma sistemi proje üzerinde çözülmüş ancak uygulamada gerektiği gibi uygulanmamıştır. Yapıda etken ve edilgen sistemlerin birlikte sağladıkları ısasal ortam koşulları oldukça olumlu olarak nitelendirilmektedir.(Anon,1989) Ancak aşırı ısınma ve havalandırma konusunda şikayetler söz konusudur. Yapının ısıtma yükünün % 43'ü güneş enerjisiyle karşılanırken bunun %11.5' i edilgen %31.5 etken sistemle gerçekleşmektedir. İtalya' da ki, aynı hacime sahip öteki okul yapılarıyla karşılaştırıldığında % 76 daha ucuz yakıt tüketimi söz konusudur. (Anon, 1989)

Güneş enerjisinden yararlanma uygulamalarının en başarılı örneklerinden biri İspanya' da uygulanan "Los Molinos School" dur. Güneye bakan eğimli bir arazi üzerine yapılan okulun, kuzey cephesinin büyük bir bölümü toprağa gömülü ve tamamiyle dışa kapalıdır. Dolaysız Isı Kazancı, sulu sistem Isı Depolayıcı Duvarlar, Güneş Odası tasarımının birlikte kullanıldığı ve Blanco duvarı olarak adlandırılan duvar sisteminin ilk uygulandığı yapıdır. Güney cephesinde zemin katta güneş odası, üst katlarda Blanco duvarı uygulanmıştır. Blanco duvarı, güneş enerjisinin Dolaysız Isı Kazancı yönteminde olduğu gibi, duvarın üst kısmında tasarlanan 60° eğimli cam yüzeylerden içeri alındığı, camdan içeri giren ışığın cam yüzeyler için gerektiğinde içerden kapak işlemi gören hareketli özel yansıtıcılarla duvarın ısı depolayıcı dolu alanlarına ve döşemeye yansıtıldığı bir tasarımdır. Duvar yüzeyleri dışarıdan yalıtımlıdır ve yazın aşırı ısınmayı önlemek için açık renklidir. Bu sistemin bir avantajı, yansıtıcıların gerektiğinde cam yüzeyleri kapatabilmesi ve ışıklılık karşıtlıkları sorununu önleyebilmesidir. Ayrıca, yazın havalandırma amaçlı tasarlanan, güneş bacası olarak adlandırılan havalandırma bacaları güney cephesinde yer alır. Uygulanan tüm edilgen sistemlerin iyi çalıştığı yapı, yıl boyunca özellikle de kış aylarında konforlu olarak kabul edilmiştir. Gerek kullanıcılar, gerekse eğitim departmanı, eğitimsel gereksinimler açısından yapıdan çok hoşnut olduklarını belirtmişlerdir. Yedek sistemlere gereksinim duymayan yapının ısıtma gereksiniminin %80'i güneş

enerjisi kazançları, %20'si ise iç mekandaki lamba, kullanıcı v.b. öteki öğelerden kazanılan ısı enerjisi ile sağlanmaktadır.(Anon 1989, Casonavas et al, 1988)

Özellikle gelişmiş ülkelerde, edilgen yolla güneş enerjisinden yararlanma uygulamalarına yer vermiş okul yapısı örneklerini çoğaltmak olanaklıdır. Bu çalışmanın kapsamında seçilen örnekler, ısıtma mevsimi süresince güneş enerjisinden önemli ölçüde ısı kazancı sağlandığını, bu konuda okul yapıları için önemli bir potansiyel olduğunun ortaya koymaktadır.

Gerek iklim koşullarıyla gerekse dersliklerin işlevsel gereksinimleriyle uyum sağlayan tasarım kararlarının alınmasında, tasarımcının edilgen sistem uygulamalarının performansı ve yapıyla uyumu konusunda ayrıntılı ve karşılaştırmalı ve de kolay uygulanabilecek tasarım araçlarına (değerlendirme yöntemleri v.b.) gereksinimi vardır. Bu çalışmanın kapsamı bu gereksinim çerçevesinde belirlenmiştir.

2.3.EDİLGEN ISITMA SİSTEMİ DERSLİK TASARIMININ ÖLÇÜTLERİ

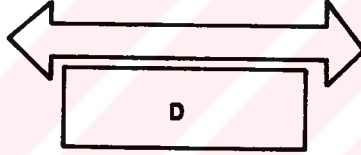
2.3.1. Dersliklerin Okul Planlamalarındaki Yeri ve Konumu

Edilgen Sistem derslik tasarımının başarısını etkileyen ilk ölçüt, dersliklerin okul planlamasındaki konumunun belirlenmesidir. Derslikleri çevreleyen kabukta içe ya da dışa bakan öğelerin sayısı, dersliklerin okul planlamasındaki konumuna bağlıdır ve dersliklerin kazandığı ve kaybettiği ısıyı doğrudan etkiler. Örneğin, derslik planlamalarında dersliklerin koridor boyunca çift yönlü ya da tek yönlü olarak sıralanabildiklerini veya ortada yer alan hol v.b. ortak mekan etrafında yer aldığını görmekteyiz. Bu planlama biçimlerine bağlı olarak dersliklerin konum

seçenekleri, ilkokul planlamalarından dersliklerin veya derslik gruplarının düzenlenmesini içeren bir analiz sonucu belirlenmiştir.

1-)Koridor boyunca dersliklerin veya derslik gruplarının düzenlenmesi

a-)Dersliklerin koridor boyunca tek yönlü olarak yanyana dizilmesi



ŞEKİL 2.1(a)

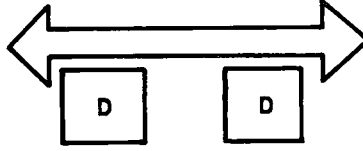
Basit ve rasyonel bir zm olan bu Őemanın katlı zmleri de söz konusudur. Mimari ltler açısından yer kaybı bakımından ekonomik olmayan bir sistem olarak nitelense de, derslikleri gruplayarak edilgen ısıtma sisteminin gerektirdiği yöne baktırma olanağı vermesi açısından olumludur.

Bu planlama tipi değerlendirmeye alınacak,

- tek cephesi dışa bakan ve saydam alanları bu cephede yer alan,
- iki cephesi dışa bakan (köşe derslikler) ancak saydam alanları tek cephede yer alan

derslik tiplerini içermektedir.

b-)Dersliklerin koridor boyunca tek yönlü olarak aralıklarla sıralanması.



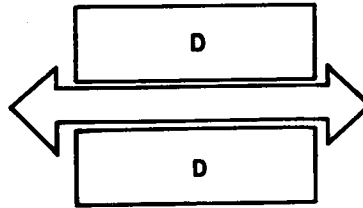
ŞEKİL 2.1 (b)

Koridor boyunun uzamasına neden olmakla birlikte, derslikler arasında kullanılabilir açık alanlar ya da yeşil örtü elde edilmesi, koridorun dışa açılma olanağının bulunması gibi, tasarım için yeni olanaklar getirmektedir.

Bu planlama tipi değerlendirmeye alınacak.

- üç cephesi dışa bakan, saydam alanları tek ya da iki cephede yer alan derslik tiplerini içermektedir.

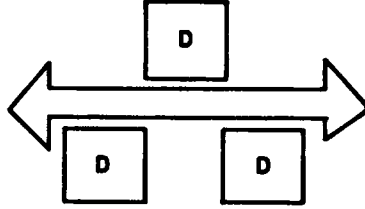
c)Dersliklerin koridor boyunca iki yönlü olarak yanyana dizilmesi



ŞEKİL 2.1. (c)

Alan kaybı açısından ekonomik olarak nitelenen bu çözüm dersliklerin tamamen birbirine zıt yönlerde bakması nedeniyle edilgen ısıtma sistemi açısından olumsuzdur. Dersliklerin ısıtma gereksinimiyle uyum sağlamayan bir plan çözümdür.

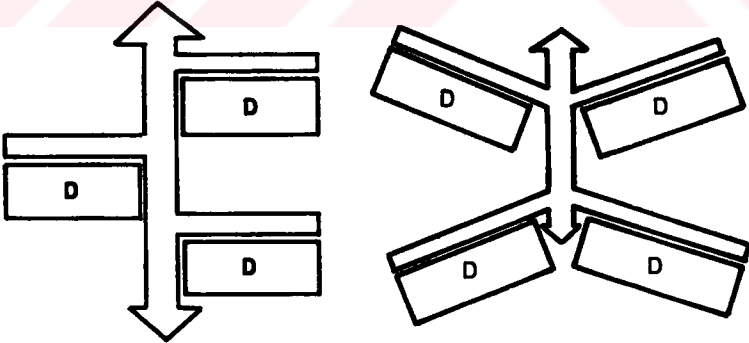
d-)Dersliklerin koridor boyunca iki yönlü olarak aralıklarla sıralanması.



ŞEKİL 2.1. (d)

1(b)'deki çözümün iki yönlü kullanımını içeren bu planlama tipi, dersliklerin birbirine zıt yönlere bakması nedeniyle edilgen ısıtma sistemi açısından olumsuzdur.

e-) Az sayıda dersliğin bağlayıcı eleman olan koridorun ana düşey aksına bağlanması.

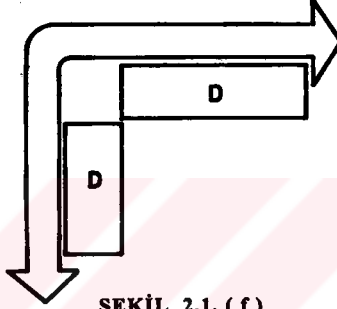


ŞEKİL 2.1.(e)

Bu çözüm yatayda ve düşeyde bağlantıların ölçüsünü azaltması ve dersliklerin gruplandırılarak edilgen ısıtma sisteminin gerektirdiği yöne

bakırabilmesi açısından olumlu plan çözümlerinden biridir. Bu plan tipinden değerlendirmeye alınacak derslik tipleri 1(a) tipiyle aynıdır.

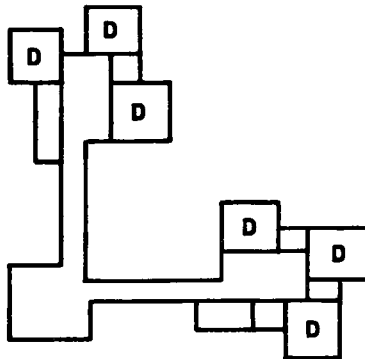
f-) Dersliklerin ana koridorda her iki doğrultuda sıralanması.

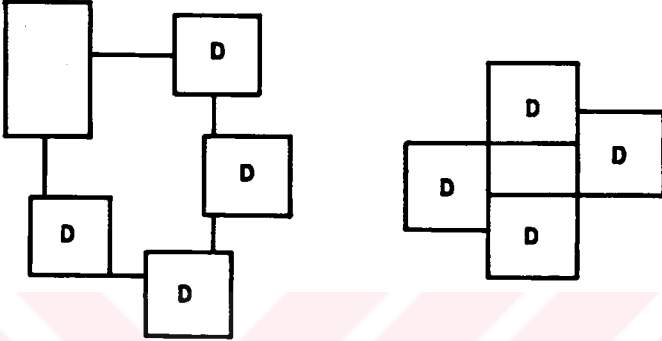


ŞEKİL 2.1. (f)

Bu çözümdede gerek edilgen ısıtma sistemi gerekse dersliklerin ısıtma gereksinimine uygun olarak derslikleri doğu ve güney yönünde gruplama olanağı vardır. Koridorun öteki yönlere bakan alanlarını okul yapısının öteki işlevlerine ayırmak olanaklıdır. Alan kullanımı açısından da ekonomiktir. Bu plan tipinden de değerlendirmeye alınacak derslik tipleri 1(a) ve 1(f) tipiyle aynıdır.

2-) Dersliklerin gruplanması





ŞEKİL 2.2

Bir hol-avlu ya da geniş bir alan çevresinde toplanan derslikler açık veya kapalı bir bağlantı ile esas kitleye bağlanmaktadır. Diğer bir çözümdedir dersliklerin bir iç avlu çevresinde toplanmasıdır. Bu planlama tipi, derslikler gruplanarak saydam alanları doğu ve güney yönüne baktırıldığında, edilgen ısıtma sistemi açısından olumludur.

Bu plan tipi değerlendirmeye alınacak,

- iki cephesi dışa bakan saydam alanları tek yada iki cephede yer alan,
- üç cephesi dışa bakan saydam alanları tek yada iki cephede yer alan

derslik tiplerini içermektedir.

Bu derslikler içerisinde ısısal koşullar dış kabuktan kazanılan ve kaybedilen ısıya bağlı olarak birbirinden farklı olacaktır. Aynı zamanada katlı okul yapılarında çatı ya da zemin katta yer alan dersliklerde ısısal koşullar çatı ve döşemeden olan ısı kaybına bağlı olarak yapının ara katlarındaki dersliklerden farklı olacaktır.

2.3.2. Dersliklerin Boyutları ve Biçim Faktörü

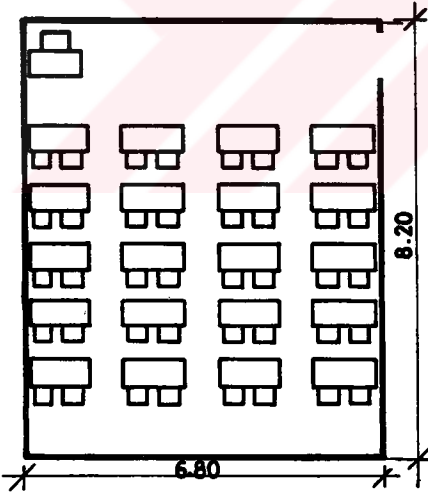
Mimari tasarım ölçütleri açısından dersliklerin biçim ve boyutlarında kesin sınırlamalar olmadığı görülmüştür. Dersliklerde değişik türdeki eğitim etkinlikleri için (klasik oturuş, grup çalışmaları, audio-visual gösteri, eliş çalışmaları v.b) farklı büyüklükte alanlar gerekmektedir. Eğer bu işlemler aynı hacimde yapılacaksa, o zaman optimum bir alan üzerinde durmak gerekir. Bu alan çeşitli ülkelerde öğrenci başına 1-3 m² arasında değişmektedir. Bunun yanında derslik içindeki öğrenci sayısı da önemlidir. Bu sayı da gerek pedagojik, gerekse psikolojik eğitim yöntemleriyle ilişkili olarak her ülkeye göre değişmektedir. Seslendirmesiz dersliklerle ilgili olarak yapılan boyutlar ve yoğunluk taramasından elde edilen sonuçların yer aldığı tablo aşağıda sunulmaktadır. (Karabiber, 1987) (Tablo 2.1)

TABLO 2.1

Şehir-Bölge-Ülke	Kişi Sayısı	Hacim	Taban Alanı	h	St/N Kişi başına taban alanı	V/N Kişi başına hacim
Prusya /Almanya	48-54	173 m ³	54 m ²	3,2 m.	1-1,2 m ²	3,5-4 m ³
Leipzig/Almanya	38-40	200 m ³	55 m ²	3,5 m.	1,5 m ²	5,5 m ³
Hamburg/Almanya	25	187 m ³	52 m ²	3,6 m.	2,08 m ²	7,5 m ³
İsviçre	48	231 m ³	68 m ²	3,4 m.	1,42 m ²	4,82 m ³
Amerika	40	292 m ³	80 m ²	3,65 m.	2 m ²	7,3 m ³

Yukarıdaki tabloda da görüldüğü gibi, dersliklerde öğrenci başına düşen hacim ve taban alanı oranları dolayısıyla derslik boyutları ülkelere göre ayırım göstermektedir. Kısacası derslik boyutları, ülkelerin eğitimle ilgili belirledikleri standartlarına bağlı olarak değişmektedir. Yine de akustik uzmanları Knudsen-Harris'in ortaya koyduğu öneriler doğrultusunda dar ve uzun ya da çok büyük boyutlardan kaçınılması yararlıdır. Dar ve uzun çok büyük boyutlardan kaçınmak edilgen sistem tasarım gereksinmeleriyle de, özellikle edilgen yolla güneş enerjisinden yararlanma ve enerji korunumu açısından uyusmaktadır. Knudsen-

Harris boyutlar değişse bile, aralarında, yaklaşık olarak 1/1.2/0.48 'lik (en, boy, yükseklik) oranlarının korunmasını önermektedir. Sonuçta, derslikler için boyutlar ve biçim faktörü belirlemesi literatür taraması ile elde edilen boyut ve yoğunlukların görüldüğü tablodan ülkemiz koşulları da düşünülerek yapılacak bir eleme sonucunda, akustik açıdan seslendirmesiz derslikler için yaklaşık olarak önerilen oranlara da uygun olarak yapılabilir. Bu belirlemede yukarıdaki özelliklere bağlı olarak belirli bir aralıkta değişen boyutlar üretmek olanaklıdır. Ülkemizde halen uygulanmakta olan tip ilkökul projelerinde dersliklerin 40 öğrenci için planlandığı göz önünde tutularak, 40 öğrenci için yapılan derslik yoğunluğu ve yerleşim tasarımı Şekil 2.3 de görülmektedir. Planda 6.80 x 8.20 olarak belirlenen boyutların çok kesin ölçüler olmadığı açıktır. Yukarıda belirlenen oranlara yakın başka boyutlarda üretilebilir. Dar, uzun, çok büyük boyutlardan kaçınarak, kareye yakın boyutlar oluşturmak olanaklıdır.



Öğrenci Sayısı	$N = 40$
Hacim	$V = 184 \text{ m}^3$
Yükseklik	$h = 3.30$
Taban Alan	$St = 55.76 \text{ m}^2$
Kişi başına alan	$St/N = 1.4 \text{ m}^2$
Kişi başına hacim	$V/N = 4.6 \text{ m}^3$

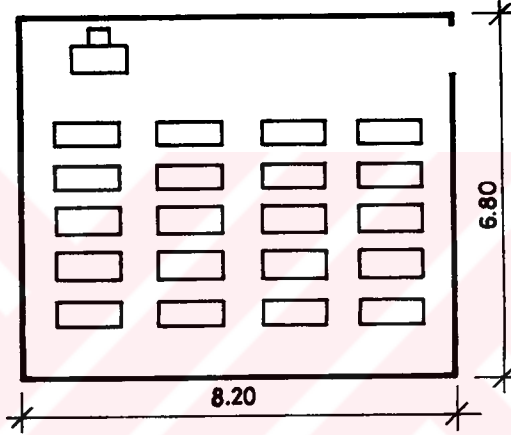
Oranlar :

a (en)	1
b (boy)	1.2
h (yükseklik)	0.48

ŞEKİL 2.3

Belirlenen derslik boyutları çerçevesinde, dersliğin taban alanı sabit tutulduğunda, biçim faktörü dış kabuk elemanlarının yüzey alanının değişimini etkileyecektir. Şekil 2.3'de verilen derslik tasarımının taban alanı aynı biçim

faktörünün değiştiği bir başa yerleşim seçeneği, dersliğin kısa kenarının dışa bakan saydam alanların yer aldığı ana cephe olarak kullanılmasıdır. (Şekil 2.4) Dış kabuk alanlarının saydam ve dolu alanlarının iç yüzey sıcaklığı öteki yüzeylerden farklı olduğundan dış yüzey alanının değişimine bağlı olarak, hacimdeki ortalama ışınsal sıcaklık, kabuk elemanlarından geçen ısı niceliği ve de iç hava sıcaklığı değişim gösterecektir.

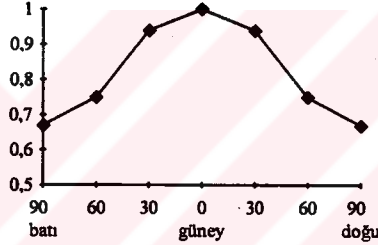


ŞEKİL 2.4

2.3.3. Dersliklerin Yönlendirilmesi

Dersliklerin dış kabuk elemanlarının baktığı yönler, dersliğin yönü olarak kabul edilir. Dersliklerin okul yapısı içerisindeki konumuna bağlı olarak belirlenen bu değişken, dersliği çevreleyen kabuk elemanlarının dış yüzeyindeki güneş ışınsı yegünlüğünü etkiler. Farklı yönlere bakan yüzeyleri etkileyen güneş ışınsı yegünlüğü de farklı olduğundan, güneş ışınsı etkisiyle kazanılan ısı niceleği yönlere göre değişecektir. Edilgen Sistem derslik tasarımı, güneşten kazanılan ısı enerjisinin maksimum olması için, güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma uygulamalarına ağırlıklı olarak yer vermeyi gerektirdiğinden, dersliklerin yönlendirilmesi ölçütü en önemli etkenlerden biridir. Dersliği çevreleyen dış kabuğun dolu ve saydam alanlarından güneş ışınsı etkisiyle kazanılan ısı aynı zamanda derslik içi ısısal konforu oluşturan öğelerden iç hava sıcaklığı ve ortalama ışınsal sıcaklık gibi etkenlerin de değişiminde rol oynayacaktır.

"Edilgen Sistem derslik tasarımında, derslikler hangi yöne bakmalıdır?" sorusunun yanıtı, edilgen sistemin yönlendirme açısından gereksinmeleriyle, dersliklerin kullanım gereksinimleri birlikte değerlendirilerek belirlenmelidir. Bu belirleme edilgen sistem açısından dersliklerin başarısını değerlendiren bir yöntemin basamaklarını oluştururken, yön ölçütü basamağında sabit tutulacak veriyi oluşturacaktır. Şekil 2.5, güneş enerjisini toplayıcı elemanların yönlendirmesinin, ısıtma etkinliğine etkisini göstermektedir. (Olson, 1982)



ŞEKİL 2.5.

Şekil 2.5'de görüldüğü gibi, doğuya ya da batıya bakan yüzeylerden, yaklaşık olarak güneye bakan yüzeylerin %67'si kadar güneş ısıtı elde edilmektedir. Güney-doğu ya da güney-batı'ya bakan yüzeyler ise güneye bakan toplaçların %85'i oranında güneş ısıtı sağlamaktadırlar. Dersliklerin kullanım saatleri göz önüne alındığında (dersliklerde eğitim döneminde genellikle sabah saat 8' de eğitime başlanmaktadır), olabildiğince güneş enerjisinden erken yararlanabilen, gece kaybedilen ısıtının hemen kazanılmasını sağlayan ve konfor sıcaklığına çabuk ulaşılmasına yardımcı olan yönler seçilmelidir. Bu açıdan dersliklerin yönlendirilmesinde ağırlık güney, güney-doğu ve doğu yönlerine doğru verilmelidir. Güneyden batıya doğru yönlendirme, sabah saatlerinde sınıfların konfor sıcaklığına ulaşmasında güneş enerjisinden yararlanma olanağı vermediği için uygun değildir. Derslikleri güney ve güneyden doğuya doğru sapan yönlerde gruplayarak, sabah saatlerinde gerektiğinde destekli ısıtmanın da devreye girmesiyle, konfor sıcaklığına ulaşmak uygundur. Bu konfor sıcaklığı, gün

boyunca dış sıcaklığın artmasıyla da rahat korunabilecek önemli ölçüde enerji ekonomisi sağlayacaktır.

2.3.4. Derslikler İçin Yararlanma Yönteminin Seçimi

Edilgen ısıtma sisteminde güneş enerjisinden yararlanma yöntemleri gerektiği gibi uygulandıklarında,1.3.3 bölümünde de belirtildiği gibi, gerek enerji etkinliği gerekse ısısal konfor açısından tüm yöntemlerde istenen duruma ulaşılmaktadır. Bu bölümde amaç, dersliklerin işlevsel gereksinimleriyle güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma yöntemlerinin karşılaştırmasını yaparak derslik işlevine bağlı ısısal konfor gereksinimleriyle uyum sağlayan yöntemleri belirleyebilmektir. Ayrıca, bu belirlemede, derslik işlevine bağlı olarak ısısal konforla birlikte görsel konfor konuları da göz önünde bulundurulacaktır.

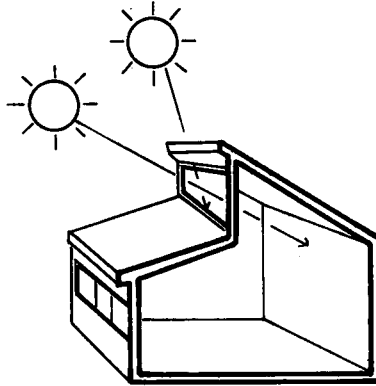
2.3.4.1. Dolaysız Isı Kazancı Yöntemi

Bu yöntemin uygulanması, yapının güney duvarındaki büyük cam yüzeylerden iç mekana giren güneş ışığının, mekanın tavan, duvar ve döşemelerinde yutularak ısı enerjisine dönüştürülmesi ve depolanmasına dayanır.

•Öncelikle güneşe yönlendirilmiş büyük cam yüzeylerden dolaysız güneş ışığının doğrudan iç mekana girişine dayanan bu yöntem, güneş ışığının mekan içinde yaratacağı yoğun ışıklılık karşıtıklarının, görsel açıdan eğitim ortamını bozucu olması nedeniyle sakıncalıdır. Bu sorunun hareketli denetim gereçleriyle önlenmeye çalışılması ise sistemin verimini düşürür.

•İkinci olarak yöntemde, kapalı günlerde ve geceleri cam yüzeylerden olacak ısı kaybının karşılanması için, döşeme, tavan ve duvarların yeterli yutuculuk ve depolama özelliği olması istenir. Isı depolayıcı yüzeyler

(özellikle döşeme yüzeyi) olabildiğince koyu renkte, mekandaki öteki depolayıcı olmayan öğelerin yüzeyleri açık renkte olmalı. Üzerlerine gelen güneş ışığını yansıtarak depolayıcı yüzeylere göndermelidir. Özellikle döşeme alanının ısı depolayıcı olarak koyu renkte, öteki yüzeylerin açık renkte yansıtıcı olması görsel konfor için de (aydınlığın gerek niceliği gerekse niteliği açısından) uygundur. Yöntemin bu özellikleriyle dersliklerin kullanım biçimi karşılaştırıldığında, öğrencilerin ve mobilyaların mekan içindeki dağılımı ve kapladıkları alanın, dolaysız güneş ışığının mekânın döşemesinin büyük bir bölümüne gelişine engel olduğu görülür. Bu durum, depolayıcı alanın verimini, dolayısıyla sistemin etkinliğini azaltır. Bu nedenle, döşeme alanının yutucu ve depolayıcı öteki yüzeylerin yansıtıcı olduğu derslik tasarımından edilgen sistem açısından gerekli verim alınmaz. Bu sorunun çözümü için, ısı depolayıcı işlevini büyük oranda yerine getiremeyecek olan döşeme ögesinin yanında duvar ögesine yutucu ve ısı depolayıcı olarak ağırlık verilmesi düşünülebilir. Bu öğeler kalınlıkları fazla tutularak, çatı pencerelerinin de devreye girmesiyle dolaysız güneş ışığı alacak biçimde tasarlanabilir. (Şekil 2.6) Bu tasarımda düşey çatı penceresinin saçağı güneş ışınlarının daha yatık bir yörünge çizdiği kış aylarında bu ışınların içeriye girmesine izin verecek, daha dik geldiği daha sıcak aylarda ise engelleyecek biçimde oluşturulabilir.



ŞEKİL 2.6

Ayrıca, güneye bakan çatı penceresinden öteki duvarlarla birlikte özellikle kuzey duvarının doğrudan güneş ışınımı alarak etkin bir ısı depolayıcı olarak çalışması sağlanabilir. Ancak, duvarların daha kalın ve koyu renkte ısı depolayıcı olarak tasarlanması, derslik gibi görsel ortamın eğitime katkısının çok önemli olduğu mekanlarda aydınlığın gerek niceliği gerekse niteliği açısından uygun değildir.

- Dolaysız Isı Kazancı yönteminin bir başka özelliği de, mekan içinde ısı depolama özelliği olmayan hafif öğelerin doğrudan güneş ışığı alan bölgeden uzakta ve açık renkte olmaları gereğidir. Dersliklerde bunu gerçekleştirmek, özellikle öğrencilerin koyu renkli forma giydikleri ve dersliğin büyük bir bölümünü sıralarıyla birlikte kapladıkları düşünülürse zordur.

Sonuçta, Dolaysız Isı Kazancı sisteminin gereği olarak, güneş ışınımının mekan içine doğrudan girme, yutularak ısı enerjisine dönüşme ve depolanma özelliğinin, dersliklerin kullanım biçimiyle uyum sağlamadığı görülmektedir.

2.3.4.2. Isı Depolayıcı Duvarlar Yöntemi

Bu yöntemin Dolaysız Isı Kazancı yönteminden önemli farkı, güneş ışığının iç mekana alınmadan güneşle iç mekan arasında tasarlanan duvar aracılığıyla toplanması ve ısı enerjisine dönüşerek depolanmasıdır. Bilindiği gibi bu yöntemin hava kanallı ve kanalsız olmak üzere iki tür uygulaması söz konusudur. Kanallı Isı Depolayıcı Duvarlar taşınım akımlarıyla mekana anında ısı sağladıkları gibi, aynı zamanda depoladıkları enerjiyi güneşin olmadığı saatlerde ısıtım yoluyla mekana aktarırlar. Mekana anında ısı aktarımı, erken saatlerde ısı kazancı gerektiren derslikler için istenen ve önemli olan bir özelliktir. Isı depolama özelliğinden ise, ertesi güne ısı aktarımı sağlanabildiği, geceleri iç hava sıcaklığındaki düşüşün belli sınırlar içinde tutulabildiği tasarımlarda faydalanmak olanaklıdır. Bunun yanında hava kanalsız duvarlar mekana ısı aktarımında daha yavaş olsalar da, bu

duvarların üstün yanı 24 saat boyunca iç mekandaki sıcaklık değişimlerini azaltmada daha etkin olmalarıdır. Ancak dersliklerin kullanım saatlerini göz önüne aldığımızda (genellikle sabah 8.00 - 15.00 ya da 18.00 gibi) bu mekanların sabahları erken saatten itibaren günün belli bir bölümünde kullanıldığını görmekteyiz. Görüldüğü gibi, dersliklerin ısıtma gereksinimi için mekandaki iç sıcaklığın 24 saat boyunca daha durağan kılma özelliğinden çok sabahları erken saatte anında ısı sağlama özelliği daha önemlidir. Bu nedenle, mekana daha çabuk ısı aktarımı sağlayan hava kanallı duvar uygulaması, dersliklerin ısınma gereksinimleriyle daha iyi uyum sağlayacaktır.

Isı depolayıcı duvarların dersliklere uygulama yöntemini değerlendirdiğimizde;

•Güneş ışığının iç mekana girmesini gerektirmeden ısı enerjisi sağlayan bu yöntemin dersliklere uygulamaları, öncelikle dersliklerin eğitim ortamını bozucu ışıklılık karşıtlıkları sorununu ortadan kaldırıcı çözümlere olanak sağlar.

•Bu yöntemin özellikle iyileştirme projelerinde, var olan büyük geniş cam yüzeylerin arkasına uygulanmasında, depolayıcı duvarın döşemede kaplayacağı alan olumsuz bir özellik olarak ortaya çıkabilir. Ayrıca, bu sistemin uygulanışı var olan ısıtma sisteminin yerinin değişimi gibi sorunlara yol açabilir. Bu nedenle iyileştirme çalışması için pahalı olabilir ve uygulama sorunları yaratır. Ancak, yeni derslik tasarımları için, bu duvar kalınlığına bağlı olarak yer kaplasa da, aynı zamanda yapı kabuğunun taşıyıcılık, ses geçirmezlik v.b. işlevlerini yerine getirdiği için bu durum olumsuz bir etken olarak görülmemelidir.

• Sistemin asıl olumsuz yanı, güney ya da güneyle belirli açılar içinde bulunan cephelere uygulanması durumunda, bu cephelerin dışa kapalı olmasının getirdiği olumsuzluktur. Bunun giderilmesi için en iyi çözüm, sistemin iki cephesi dışa bakan dersliklere uygulanmasıdır. Tek cephesi dışa bakan derslikler için ise en iyi çözüm, dolaysız ısı kazancı sağlayan pencerelerin yer aldığı bir güney duvarının dolu alanlarının ısı depolayıcı duvar olarak oluşturulmasıdır. O zaman sistem, Dolaysız Isı Kazancı ile Isı Depolayıcı Duvarlar sisteminin birlikte uygulandığı

karma bir sistem olacaktır. Bu sistemle duvarın ısı depolama kapasitesi cam yüzeylerden olacak ısı kaybını karşılayacaktır. Güneşli saatlerde mekana anında ısı kazancı sağlanırken, doğal ışık da kazanılacaktır. Ancak burada dolaysız güneş ışığının öğrencileri rahatsız edici etkisi konusunda dikkatli olunmalıdır. Pencerelerin yeri buna göre belirlenmeli ve pencerelere bu sorunu gerektiğinde önleyecek çözümler getirilmelidir.

Isı Depolayıcı Duvarlar sistemi, Dolaysız Isı Kazancı sisteminden farklı olarak, dersliklerin ısıtma gereksinimleriyle uyum sağlayıcı çözümlere olanak veren bir sistemdir. Bu nedenle, bu yöntemin okul planlamalarındaki derslik biçimlerine uygulanışını ele almak doğru olacaktır.

Bu yöntemin dersliklere uygulamaları iki ayrı seçenek altında incelenebilir.

- İlk seçenek, güney duvarının tamamen hava delikli ısı depolayıcı duvara çevrilmesi,
- İkinci seçenek, güney duvarında hava delikli ısı depolayıcı duvarla birlikte gün ışığının iç mekana girmesine olanak sağlayacak pencerelere yer vermektir. (Karma sistem)

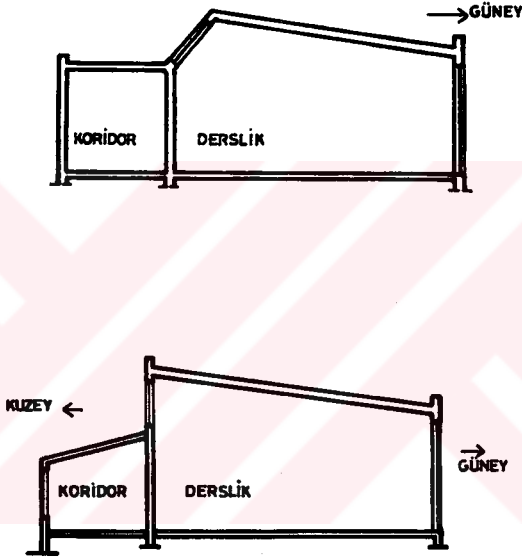
Bu seçenekler, 2.3.1 bölümünde verilen

- koridor boyunca tek yönlü dizilen dersliklere, 1 (a), 1 (b), 1 (e), 1 (f) tiplerine, (koridor boyunca çift yönlü dizilen derslikler daha öncede belirtildiği gibi, yönlendirme açısından edilgen sistem tasarım gereksinimleriyle uyuşmamaktadır.)

- ya da ortada hol vb. mekan etrafında sıralanan dersliklere,

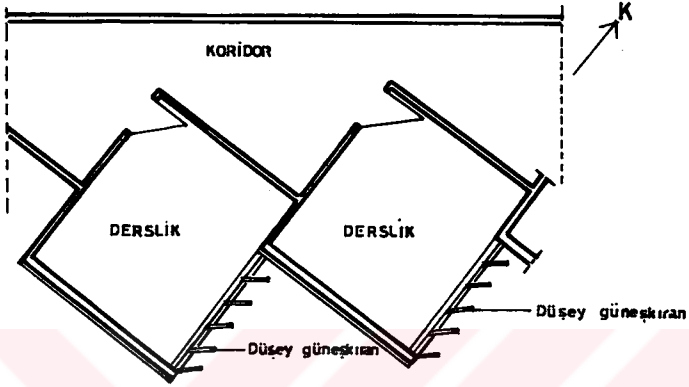
uygulanabilir.

Koridor boyunca tek yönlü dizilen tek cephesi dışa bakan dersliklerin güney duvarının tamamen ısı depolayıcı duvara çevrildiği çözümdе, kuzey yönünden mekana doğal ışık almak olanaklıdır. Bunun için kuzey duvarında ya da çatıda pencereleri bulunan derslik tasarımları söz konusu olacaktır.(Şekil 2.7)



ŞEKİL 2.7

Bu tasarımlar güneş ışığının yarattığı ışıklılık karışıklıkları sorununu tamamen ortadan kaldırır. Ancak özellikle dışarıyla ilişki kurma açısından istenmeyen ortamlar ortaya çıkarır. Öğrencilerin dışarıyla görsel bağlantılarının sınırlanması, özellikle ilkokullarda öğrencilerin dikkatlerini ders sırasında öğretmene ve sınıf tahtasına vermeleri açısından öğretmenler tarafından bir dereceye kadar olumlu karşılanmaktadır.(Manning,1983) Ancak, yine de Şekil 2.7' de görülen tasarımlar, pencereler çok yüksek kotlarda olduğu için dışarıyla görsel bağlantı açısından yetersiz kalacaktır.



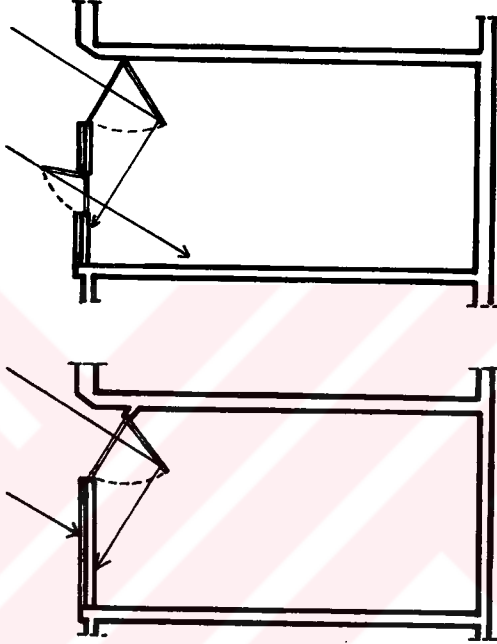
ŞEKİL 2.8

Koridor boyunca tek yönlü dizilen ancak iki cephesi dışa bakan dersliklerde güney duvarının tamamen ısı depolayıcı duvara çevrildiği çözümde, ikinci cepheden dersliğe doğal ışık almak olanaklıdır. Bu durum Şekil 2.7' deki dersliklerin olumsuz tarafını ortadan kaldırır. (Şekil 2.8.)

Şekil 2.8' de görülen dersliklerde doğu yönünde açılacak pencerelerle dersliğin dışarıyla görsel bağlantısı gerçekleşirken, aynı zamanda özellikle kış aylarında sabah erken saatlerde güneş ışığı alan cephe olarak dolu alanlardan mekana ısı kazancı sağlamak olanaklıdır. Şekilde görüldüğü gibi, dolaysız güneş ışığının çalışma düzlemine gelmesini önleyecek güneş kıran etüdü ile güneş gören saatlerde ışıklılık karşıtlığını önlemek olanaklıdır. Kullanım saatlerinin zaten büyük bir bölümünde dersliğe dolaysız güneş ışığı almayacak bir çözümdür. Bu çözüm, dersliklerin koridor boyunca tek yönlü olarak aralıklarla sıralandığı Şekil 2.1(b) plan tipine de uygulanabilir.

Güney duvarında ısı depolayıcı duvarla birlikte gün ışığının iç mekana girmesine olanak sağlayacak pencerelerin yer aldığı karma sistemler, özellikle tek cephesi dışa bakan derslikler için en iyi çözümü oluştururlar. Şekil 2.9'da güney

cephesinde ısı depolayıcı duvarla birlikte dolaysız ısı kazancı sağlayan pencerelerin yer aldığı derslik kesitleri yer almaktadır.



ŞEKİL 2.9

Duvarın üst kısmında yer alan eğimli cam yüzeylerden giren güneş ışığı hareketli yansıtıcılarla tekrar ısı depolayıcı duvara, döşemeye gönderilerek, güneş enerjisinin bu öğeler tarafından tekrar yutulup depolanması sağlanmaktadır. Bu çözümden hareketli yansıtıcılarla dolaysız güneş ışığının çalışma düzlemine gelmesini önlemek olanaklıdır. Böylece dolaysız güneş ışığı iç mekana alınarak depolayıcı yüzey alanı artırılmış ve yüksek ışıklılığın yaratacağı görsel sorunlar önlenmiş olmaktadır. Şekil 2.9'da görüldüğü gibi duvar yüzeyinin uygun yerlerine, olması gereken saydamlık oranını aşmayacak şekilde küçük boyutlu düşey pencerelerde açmak olanaklıdır. Bu sistemdeki ısı depolama kapasitesi cam yüzeylerden olacak ısı kaybını karşılayacaktır. Gerek güneşli saatlerde gerekse daha sonraki saatlerde mekana ısı kazancı sağlanırken aynı zamanda doğal ışık ve dışarıyla bağlantı da sağlanacaktır. Böyle bir çözümün dolaysız ısı kazancı

yöntemine göre olumlu yanları, gece-gündüz arasındaki sıcaklık değişimlerini azaltıp çok daha durağan iç sıcaklıklar sağlaması hem de yüksek ışıklılığın yarattığı eğitim ortamını bozucu görsel sorunu önlemesidir.

Sonuçta, Isı Depolayıcı Duvarlar yöntemi, sabahları ders saatinin başlangıcından itibaren istenen konfor düzeyine ulaşmayı gerektiren ve geceleri kullanılmayan ancak meydana gelecek ısı kayıplarını dengelemek için ısı depolama gerektiren mekanlar olan dersliklerin ısısal ve görsel açıdan işlevsel gereksinimleriyle uyum sağlayan seçenekleri ortaya koyan bir yöntemdir.

2.3.4.3. Güneş Odası Ekleme.

Bu yöntemde güneş ışığı, doğrudan dersliğe alınmadan, dersliğe ısı kazancı sağlamak için eklenmiş bir mekan aracılığıyla toplanır, ısı enerjisine dönüşerek depolanır ve dersliğe aktarılır.

Güneş odası yönteminin dersliklere uygulanışını değerlendirdiğimizde ;

- Öncelikle güneş ışığı iç mekana girmeden ısı enerjisi sağlandığı için, eğitim ortamını bozucu ışıklılık karşıtıllıkları sorununun ortadan kaldıracı bir çözümdür.

• Dolaysız Isı Kazancı yönteminin olumsuz yanlarından biri, büyük cam alanları nedeniyle, iç mekan sıcaklık değişimlerinin de büyük olmasıdır. Oysa bu yöntemde ısı depolayıcı duvarlar yönteminde olduğu gibi, ısı enerjisinin mekana girişinin ve ısı kaybının önlenmesinin denetimi daha kolaydır. Büyük cam alanlarla ısı kazancı sağlayan güneş odasından dersliklere taşınım yoluyla anında ısı aktarımı ya da daha sonra kullanmak üzere ısı depolama söz konusudur. Bu nedenle ısı enerjisinin dersliğe girişinin ve ısı kaybının önlenmesinin denetimi kolaydır. Güneş odaları dersliğe gerektiğinde ısı enerjisi sağlayan gerektiğinde ısı kaybını önleyen bir tampon bölge olarak çalışabilir.

• Dersliğe ek bir mekan olan güneş odalarında dersliklere oranla çok daha büyük sıcaklık değişimleri meydana gelir. Uygulanan bazı okul yapısı örneklerinde olduğu gibi, dersliklere ek bu mekanlara fen dersleri içeriğinde doğa ile ilgili derslerin yapıldığı laboratuvar v.b. işlevler verilebilir. Ancak bu dersliklerin güney cephelerine eklenecek ve nadiren kullanılacak bu mekan etkili bir ısı denetimi çözümü sağlasa da maliyeti oldukça yüksek bir yöntemdir. Aynı derecede ısısal denetimi sağlayan ısı depolayıcı duvarlar sisteminin uygulaması çok daha ekonomik ve kolay bir çözümdür.

•Güneş Odası Ekleme yöntemi öteki yöntemlere göre çok daha kolay aşırı ısınma sorununa yol açmaktadır. Yalnızca yaz aylarında değil, bazı durumlarda kış aylarında da aşırı ısınmaya neden olmaktadır. Roma' daki Liceo Scientifico her bir dersliğe güneş odası eklenmiş, bu sistemin üç katlı olarak uygulandığı ve projede. çözülen doğal havalandırma sistemi gerektiği gibi uygulanmadığı için aşırı ısınma sorunundan şikayetçi olunan bir okul yapısı örneğidir. (Anon 1983) Gerek tasarım gerek uygulama aşamasında cam yüzeylerin gölgelendirilmesi ve havalandırılması sorununun çözümü çok önemlidir.

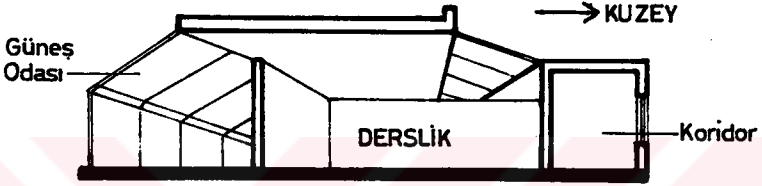
Bu yöntem, dersliklerin güney yönünde gruplandığı, 2.3.1. bölümünde verilen planlama tiplerinden,

- Dersliklerin koridor boyunca tek yönlü olarak yanyana ya da aralıklarla dizildiği 1 (a) ve (b) tiplerine,
- Dersliğin bağlayıcı eleman olan koridorun ana aksına bağlandığı 1 (e) tiplerine,
- Güneye bakan bir avlu etrafında U biçiminde gruplanan (2 no' lu plan tipleri) dersliklere,

uygulanabilir.

Uygulama biçimi açısından tek mekan olarak kapladığı alan nedeniyle ısı depolayıcı duvar yöntemine göre daha sınırlı plan tiplerine uygulanabilmektedir.

Koridor boyunca tek yönlü, yanyana dizilen dersliklere uygulandığında bir önceki bölümde açıklanan Şekil 2.7 ve Şekil 2.8' de olduğu gibi kuzey duvarında ya da çatıda bulunan pencerelerden tek katlı dersliklere doğal ışık almak olanaklıdır. (Şekil 2.10)

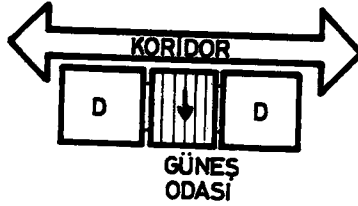


ŞEKİL 2.10

Dersliklerin koridor boyunca tek yönlü aralıklarla dizildiği 1(b) plan tipi ise bu yöntemin uygulanabileceği plan tiplerinden biridir. İki dersliğin arasındaki alan (güneş odası) gerek iki derslik tarafından kullanılacak laboratuvar v.b. bir mekan, gerekse her iki dersliğe ısı enerjisi sağlayacak bir mekan olarak işlev görebilir. (ŞEKİL 2.11)



ŞEKİL 2.11 (a)



ŞEKİL 2.11 (b)

Şekil 2.11(a)'da görüldüğü gibi, güneye bakan bir avlu etrafında U biçiminde gruplanan derslikler, ortadaki avlunun güneş odası olarak tasarlanmasıyla bu mekandan önemli derecede ısı kazancı sağlarken aynı zamanda alan kullanımını açısından da ekonomik bir çözümü oluştururlar.

Sonuçta, dersliklere Güneş Odası Ekleme yöntemi, havalandırma sorununun çözümünde dikkatli olunması koşuluyla, Isı Depolayıcı Duvarlar yöntemi gibi dersliklerin işlevsel gereksinmelerine uygun çözümler ortaya koyan bir yöntemdir. Ancak, iç sıcaklık değişimleri fazla olan ve nadiren kullanılan işlevler verebilen ve de dersliklere ilave bir mekan olan bu sistemin uygulanışı, aynı derecede ısısal denetim sağlayan Isı Depolayıcı Duvarlar yöntemine göre daha zor ve ekonomik olmayan bir çözümdür. Ancak yine de bu konuda karar verilirken iklimsel koşullara göre her iki sistemin ısısal etkinliği karşılaştırılmalı olarak göz önünde bulundurulmalıdır.

2.3.5. Derslikleri Çevreleyen Yapı Kabuğunun Özellikleri

Yapı kabuğunun 1.3.2.2 bölümünde verilen ısı ile ilgili fiziksel özellikleri gerek enerji kazancı gerekse korunumu açısından etkili olan özelliklerdir. Yapı kabuğunun minimum yapma ısıtma sistemine gereksinme duyan bir edilgen sistem ögesi olarak işlevini yerine getirmesi, bu özelliklerin iklimsel koşullara ve güneş enerjisinden yararlanmada seçilecek yöntemle göre olması gereken değerlerine bağlıdır. Bu nedenle Bölüm 4'de edilgen ısıtma sistemi ve kullanıcıların ısısal konfor gereksinmelerinin karşılanması açısından en uygun derslik tasarımının

belirlenmesinde kullanılacak yöntemde, iklim bölgelerine göre yapı kabuğunun söz konusu özellikleri saptanan derslikler değerlendirilmeye alınacaktır.

2.3.6. Derslik İçindeki Öğeler ve Yüzeyle İlişkin Özellikler

Dersliklerde iç yüzeylerin, hafif, depolayıcı olmayan sıra, sandalye, ilan tahtası v.b. öğelerin, öğretmen ve öğrencilerin giysilerinin, derslik içine giren dolaysız güneş ışınımını yutma çarpanları, dersliğin iç hava sıcaklığına ve yüzey sıcaklıklarının değişimine etki edecektir.

Derslikler, yutma çarpanı aynı giysilerle (özellikle koyu renkli formalarda) çok sayıda öğrencinin ve yine yutma çarpanı aynı, çok sayıda mobilyanın mekanı doldurduğu özel işlevli mekanlardır. Söz konusu bu nesnelere, önemli sayılacak derecede ısı depolama özelliği olmayan hafif nesnelere. Ancak, koyu renkli mobilyaların, duvar ve döşemede bulunan ilan ve yazı tahtası v.b. öğelerin, aynı anda mekanı kullanan çok sayıda özellikle koyu renkli formalı öğrencilerin, dolaysız güneş ışığı almaları durumunda, yüzeyleri oldukça çabuk ısınacak ve kısa bir süre sonra bu ısı dersliğin havasına iletilecek, iç hava sıcaklığında artış olacaktır. Ancak, böyle bir durumda bazı günlerde aşırı ısınma durumuyla karşılaşılabilir. Aşırı ısınmanın havalandırma yoluyla giderilmeye çalışılması, ısı enerjisi kaybına yol açacak ve edilgen sistemin etkinliğini önemli ölçüde azaltacaktır. Amerika' da Los Alamos National Laboratory' de bilgisayarla örnekleme yoluyla yapılan hesapların sonucunda, mekana gelen güneş ışınımının mekana içindeki ısı depolayıcı olmayan hafif nesnelere tarafından yüzeyleri tarafından % 20' den daha fazla yutulmadığı durumda, sistem verimindeki azalma %5 olarak belirtilmiştir. (Meltzer, 1985) Görüldüğü gibi, mekana içindeki nesnelere açık renkli tutulduğu, yani yutuculuğun % 20' den fazla olmadığını, sistem veriminde önemli bir azalma olmamaktadır. Ayrıca, dersliklerde görsel çevre göz önüne alındığında, mekana içinin açık renkli yüzeylerden oluşmu, doğru seçenektir. Bunun yanında dersliklerde iç mekana giren dolaysız güneş ışığının yaratacağı görsel sorunlar göz önüne alınırsa, derslikler için edilgen sistemle güneş enerjisinden yararlanma yöntemleri uygulanırken, dolaysız güneş ışığının iç mekandaki hafif nesnelere

yutularak, iç hava sıcaklığına ve yüzey sıcaklığına katkısından yararlanmanın uygun olmadığı görülmüştür.

Dersliklerin bir başka özelliği de kullanım saatlerinde çok sayıda öğrenci tarafından aynı anda kullanıldıklarından, öğrenciler tarafından metabolik yolla üretilen ısı kazandırıcıdır. Her bir çocuğun yaklaşık saatte 70 - 95 W'lık ısı enerjisi girdisi söz konusudur. (Fanger, 1972)

2.4. EDİLGEN SİSTEMİN DERSLİKLERE UYGULANISHININ TOPLU SONUÇLARI

•İlkokul dersliklerinin edilgen sistem açısından uygun olarak seçilen derslik konumları,

- dersliklerin koridor boyunca tek yönlü ya da aralıklarla dizildiği, (1(a), 1(b)),
- az sayıda dersliğin bağlayıcı eleman olan koridorun ana aksına bağlandığı (1(e)tipi),

planlama tiplerinde yer almaktadır.

•40 öğrenci için tasarlanacak ilkokul dersliklerinin planda 6.80 x 8.20 olarak belirlenen boyutları çok kesin ölçüler olmasa da, mimari tasarım ölçütleri, seslendirmesiz derslik boyutları ve edilgen sistem açısından ülkemiz için önerilebilecek bir boyuttur. Dar, uzun, çok büyük boyutlardan kaçınarak kareye yakın boyutlar oluşturmak uygundur. Ayrıca bu boyutlar çerçevesinde, dersliğin taban alanı sabit tutularak biçim faktörünün değiştiği bir ikinci yerleşim seçeneği (dersliğin kısa kenarının dışa bakan ana cephe olarak kullanıldığı) oluşturulabilmektedir.

•Edilgen Isıtma Sistemi açısından dersliklerin ana cepheleri doğu, güney ve güneydoğu yönlerine baktırılmalıdır.

•Edilgen sistem açısından dersliklerin iç yüzeylerinin açık renkli oluşumu doğru seçenektir.

•Güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma yöntemlerinden Dolaysız Isı Kazancı yöntemi dersliklerin işlevsel gereksinimleriyle uyum sağlayan bir yöntemdir.

• Güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma yöntemlerinden, derslik işlevine bağlı ısısal konfor gereksinimleriyle en fazla uyum sağlayan yöntemler, sırasıyla Isı Depolayıcı Duvarlar ve bu yöntemin bir başka seçeneği olan Sürekli Dolaşım Halkası ve de Güneş Odası Ekleme yöntemidir. Ancak Güneş Odası Ekleme öteki yöntemlere göre uygulaması daha zor ve ekonomik olmayan bir yöntemdir.

•Dolaysız Isı Kazancı ile Isı Depolayıcı Duvarlar sistemlerinin birlikte uygulandığı karma sistemlerde, dolaysız güneş ışığının rahatsız edici etkisi konusunda dikkatli olunması (pencerelerin yerinin uygun belirlenmesi ve pencerelere bu sorunu önleyici çözümler getirilmesi) koşuluyla dersliklerin ısıtma gereksinmelerine uyum sağlayıcı çözümlere olanak veren sistemlerdir.

•İklim koşullarına göre enerji korunumu açısından yapı kabuğunun ısı geçişi ile ilgili fiziksel özellikleri belirlenmeli ve yukarıda sözü edilen güneş enerjisinden yararlanma yöntemlerinden yine iklim koşullarına göre en uygunu seçilerek uygulanmalıdır. Bu süreçte, tasarımcıya yol gösterecek tasarım aracı olarak kullanılabileceği ayrıntılı bir yöntem gereksinimi vardır.

BÖLÜM 3

HACİMLERİN EDİLGEN ISITMA SİSTEMİ OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN YAKLAŞIMLAR

3.1.DEĞERLENDİRME SÜRECİNİN TANIMI

Hacim ölçeğinde değerlendirme süreci, bir hacmin ısı açısından başarısını denetleyen bir süreçtir. Bir hacmin ısısal tasarım açısından başarısı, ısısal konforun sağlanması ve bu konfora etken ısıtma sistemlerini min. ölçüde kullanarak ulaştırılması, yani hacmin edilgen ısıtma sistemi işlevini yerine getirmesi anlamına gelir. Buna bağlı olarak, değerlendirme sürecinde ele alınan hacmin edilgen ısıtma sistemi olarak etkinlik düzeyinin saptaması yapılır. Bu saptamada, hesap, çizim ya da modeller üzerinde deneysel inceleme v.b. yöntemler kullanılabilir. Amaç saptanan etkinlik düzeyinin olması gereken düzey olup olmadığının değerlendirmeye temel oluşturan ölçütlere göre belirlenmesi ve ya değişik hacimlerin birbiriyle karşılaştırmalı olarak değerlendirilerek, en uygun koşulları oluşturan hacmin saptanmasıdır.

Değerlendirme süreci, gerek tasarım aşamasında gerekse yapımı bitmiş kullanılmakta olan hacimlere uygulanabilir. Tasarım sürecinin kesin ve ayrıntılı tasarım aşamasının sonunda kullanılan değerlendirme yöntemleri, bazı çizelgeler ve bilgisayar programlarından yararlanılarak yapılan sade hesaplamalar aracılığıyla, örneğin günlük sıcaklık değişimlerinin ve yıllık ısı enerjisi gereksiniminin

belirlenmesi v.b. konularda kullanılabilir. Değerlendirme sürecinin sonunda ele alınan hacmin edilgen ısıtma sistemi açısından beklenen başarıyı gösterip göstermediği sonucuna varılır. İstenen sonuç alınmadığı durumda, hacimle ilgili hangi öğelerde düzeltme yapılacağına karar verilmesi ve ısısal konfor sağlanıncaya kadar düzeltme yapılması gerekir. İstenen sonuçlar elde edildiğinde, uygulama projesinin gerçekleştirilmesi ve yapım aşamasına yönelinebilir. Değerlendirme sürecinin bitmiş yapılara uygulanması ölçme ve hesap yoluyla yapılmaktadır. Ölçme ve hesap sonuçları analiz edilerek hacimlerin ısısal etkenliği değerlendirilmektedir. Bu süreç, yapının iyileştirme projesinin yapılmasına yöneliktir.

3.2.DEĞERLENDİRMEDE KULLANILAN YAKLAŞIMLARIN TANITILMASI.

Hacimlerin edilgen ısıtma sistemi olarak etkinlik düzeylerinin saptanması ve birbirleriyle karşılaştırılarak değerlendirilmelerini içeren yaklaşımların tanıtılmasında bu yaklaşımların dayandırıldıkları ölçütlere bağlı olarak aşağıdaki gibi sınıflandırılması uygun görülmüştür.

3.2.1. Doğal İç Hava Sıcaklığının ve İç Yüzey Sıcaklıklarının Belirlenmesine Dayanan Yaklaşımlar.

Bu yaklaşımlarda, ısısal konforun en önemli öğeleri olan hacimde gerçekleşen iç hava sıcaklığı ve iç yüzeylerin sıcaklıkları hesaplanarak konfor değerleriyle karşılaştırılmaktadır. Bu konuda geliştirilen yaklaşımların bazıları aşağıda açıklanmıştır.

A- BRS. Admittance Yaklaşımı

Admittance yaklaşımı yaz sıcaklıklarının iç mekana etkisini, ısı akımı ve sıcaklık değişimlerini hesaplamak için geliştirilmiş bir yaklaşımdır. Denter ve Loudan

tarafından Building Research Station'da geliştirildikten sonra 1970 yılı Institute of Heating and Ventilating Engineers Guide Book da yaz için ısısal tasarım yaklaşımı olarak kabul edilmiştir. Bu yaklaşımın özelliği bilgisayar yardımı olmadan da mimara yapısının ısısal performansını göstermesidir. Yaklaşım ısı kazançlarını, değişken havalandırma hızlarını, soğutma yüklerini de içerebilecek kadar gelişmiştir. Ayrıca yöntemle, tasarlanmış bir yapıda yazın oluşabilecek en yüksek iç mekan sıcaklıklarını saptama olanağı vardır. Bu yaklaşımda iç hava sıcaklığı ve ortalama iç yüzey sıcaklığının birlikte etkisi "çevresel sıcaklık olarak tanımlanmaktadır. Herhangi bir andaki çevresel iç sıcaklık (t_{ei}) aşağıdaki formülle hesaplanabilmektedir. (Çelik, 1975)

$$t_{ei(\theta)} = t_{a.o.} + (t_{e1} - t_{a.o.}) + \bar{t}_{e1(\theta)} \quad (3.1)$$

- θ : Hesabın yapılacağı saat,
 $t_{a.o.}$: Günlük ortalama dış hava sıcaklığı, °C,
 t_{e1} : Ortalama çevresel iç sıcaklık, °C,
 $\bar{t}_{e1(\theta)}$: Hacim sıcaklığı salınımı. °C

Sabit rejim koşullarında günlük ortalama ısı kazançlarının, günlük ortalama kayıplara eşit olması gerekmektedir. Bu durum da aşağıdaki eşitlikle ifade edilmektedir.

$$t_{ei} - t_{a.o.} = \frac{Q_t'}{[\sum Ak_o + C_v]} \quad (3.2)$$

Q_t' : Toplam ortalama ısı kazancı (W)

A : Hacmin toplam yüzey alanı (m^2)

C_v : Havalandırma ısı iletim katsayısı (W / C)

k_o : Toplam ısı geçirme katsayısı (w / m² °C)

Belli bir zamanda iç mekan sıcaklığı ile ortalama arasındaki fark yani iç mekan sıcaklığı salınımı ise (°C) aşağıdaki eşitlikle ifade edilmektedir.

$$\bar{i}_a = \frac{\bar{Q}}{[\sum AY + C_v]} \quad (3.3)$$

$\sum A.Y$: Odanın iç yüzeylerinin alan ağırlıklı admittance değeri

\bar{Q} : İç mekanın toplam ısı kazancı ile ısı kazancı ortalaması arasındaki fark, ısı kazancı salınımı.

Bu yöntemde adını veren admittance Y değeri, her derece sıcaklık salınımı için yüzeye gelen enerji miktarıdır ve yapı bileşeninin günlük devre içinde enerji depolama ve verme yeteneğinin bir ölçüsüdür. Isısal direncin tersi olup birimi toplam ısı geçirme katsayısı (k_o) ile aynıdır. (w / m² °C)

Sonuçta θ zamanında iç çevresel sıcaklık aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$\begin{aligned} t_{ei(\theta)} &= t_{a0} + (t_{ei} - t_{a0}) + t_{ei(\theta)} \\ &= t_{a0} + \frac{Q_i}{\sum A.k_o + C_v} + \frac{\bar{Q}}{\sum AY + C_v} \end{aligned} \quad (3.4)$$

Yöntemde yukarıdaki formülle hesaplanan çevresel iç sıcaklık değeri istenen değerlerle karşılaştırılmaktadır.

B- A. Pekin Çelik Tarafından Geliştirilen Yaklaşım.

Bu yaklaşımda tanıtilan Bina Kabuğu Biyoklimatik Etkinlik Endeksi (BBEE)'nin iki amacı vardır.

- 1) Hacim kabuğunun, günlük iç hava koşullarını ne derecede konfor koşullarına yakın tutmayı başarabildiğini sayısal bir gösterge ile belirlemek,
- 2) Hacmin işlevinden doğan ısısal konfor gereksinimelerindeki farklılaşmaları hacim kabuğuna yansıtarak yeni optimal kabuk değerlerine ulaşmak.

Yaklaşımına göre optimal başarı gösteren bir hacimde günlük iç hava sıcaklığı konfor sıcaklığına eşittir. Bu durumu sağlayacak ideal hacim kabuğunun BBEE endeksi de sıfırdır. BBEE endeksi herhangi bir t zamanı için konfor sıcaklığının günlük sıcaklıktan çıkartılmasıyla kolaylıkla bulunabilmektedir. Negatif bir değer bir hacmin yeterli sıcaklığa sahip olmadığını, pozitif bir değer ise mekanın gerekenden çok daha sıcak olduğunu belirler. Dolayısıyla BBEE endeksi herhangi bir hacim kabuğunun hacmin ısısal performansını (başarısını) sağlamada ne kadar başarılı olduğunu sayısal olarak göstermektedir. (Çelik, 1975)

C- Olesan Tarafından Önerilen Yaklaşım.

Bu yaklaşım tasarım aşamasında ele alınan bir iç çevrenin ısısal açıdan değerlendirilebilmesi için önerilen sadeleştirilmiş bir hesap yöntemine dayanmaktadır. Bu yaklaşımda döşeme yüzey sıcaklığı, operatif sıcaklık ve ışımsal sıcaklık asimetrisi hesaplanmakta ve kabul edilen sınır değerleriyle karşılaştırılmaktadır. (Olesan, 1983)

Operatif sıcaklık, iç hava sıcaklığı ve ortalama ışımsal sıcaklığın etkisini birlikte ifade eden sıcaklıktır. Operatif sıcaklık, hava hareketinin hızının 0.4 m/s ve ya daha az ortalama ışımsal sıcaklığın 50°C den daha düşük olduğu ortamlar için iç hava sıcaklığı ve ortalama ışımsal sıcaklığın aritmetik ortalamasıdır. Bu yaklaşımda bu koşullarda ele alınmakta ve aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$t_o = \frac{t_i + \bar{t}_r}{2} \quad (3.5)$$

t_o : Operatif sıcaklık

t_i : İç hava sıcaklığı, °C

\bar{t}_r : Ortalama Işınımsal Sıcaklık, °C

Bu yöntemde ortalama ışımsal sıcaklık aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır.

$$\bar{t}_r = t_1 F_{p-1} + t_2 F_{p-2} + \dots + t_n F_{p-n} \quad (3.6)$$

t_1, t_2, \dots, t_n : n adet yüzeylerin sıcaklığı, °C

F_{p-n} : Açı faktörü.

Açı faktörleri, ASHRAE standart 55-81 de verilen diyagramlar aracılığıyla hesaplanabilir. Işınımsal sıcaklık asimetresi, asimetrik ışımsal ifade eder. Işınımsal sıcaklık asimetrisini belirlemek için düzlemsel ışımsal sıcaklıktan yararlanır. Düzlemsel ışımsal sıcaklık (t_{pr}) aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmaktadır.

$$t_{pr} = t_1 F_{e-1} + t_2 F_{e-2} + \dots + t_n F_{e-n} \quad (3.7)$$

t_1, t_2, \dots, t_n : n adet yüzeyin sıcaklıkları, °C

F_{e-n} : Küçük düzlem ile n yüzey arasındaki açı faktörü.

D- M.G, DAVIES Tarafından Önerilen Yaklaşım.

Hacim içi hava sıcaklığını etkileyen faktörleri ve bunların birbirleriyle etkileşimini içeren yöntem, ısı geçişi denklemlerini çözümlen ve belirli koşullarda yapının ısısal yanıt vericiliğini hesaplayarak değerlendirme yapan bir yaklaşım ortaya koymaktadır.

Yaklaşımında değerlendirmeye alınacak mekanın ısı alış-veriş modeli oluşturulmakta ve seçilen noktadaki sıcaklık değerleri hesaplanmaktadır. Hacmin ısısal modelinin oluşturulmasında amaç, yapı içinde konfor sıcaklığına ulaşma durumunun incelenmesidir. Günlük ort. iç sıcaklığı ısı kazanç ve kayıpları arasındaki orana bağlı olarak etkileyen çok sayıda faktör aşağıdaki formülle ifade edilmektedir.

$$T_{iç} = T_a + \frac{\text{Güneşten Isı Kazancı} + \text{Destekleyici (Ek) Isıtma} + \text{Metabolik Isı Üretimi}}{\text{İletim yoluyla ısı kaybı} + \text{Havalandırma Kayıpları}} \quad (3.8)$$

Elde edilen sıcaklık değerleri istenen konfor değerleriyle karşılaştırılmaktadır.

3.2.2 Edilgen Sistem Öğelerine İlişkin Optimal Değerler Ölçütü.

Edilgen sistem öğelerine ilişkin optimal değerler açısından hacimlerin değerlendirilmesinde, hacmin konumu, boyutları, biçim faktörü ve hacmi çevreleyen kabuk elemanlarının ısı ve nem geçişine ilişkin özellikleri gibi öğelerin yapma ısıtma yükünü en aza indiren optimal bileşenler ile, iç çevrede ısısal konfor koşullarını oluşturan hava sıcaklığı, nem v.b öğelerin değerlerinin oluşturduğu bileşenlerin karşılaştırılması yapılmaktadır. Bu nedenle edilgen sistem öğelerine ilişkin değerlerle oluşturulan ölçüt setleri, ısısal konfor koşullarından türetilmiştir.

Bu konuda geliştirilen yaklaşımlardan bazıları aşağıda açıklanmıştır. (Kocaaslan, 1991)

A- E. Berköz, M.Ş. Küçükdoğu Tarafından Geliştirilen Yaklaşım

Bu yaklaşımda yapma çevre hacim, yapı ve yerleşme ölçeklerinde ele alınmaktadır. Sözü edilen yapma çevrenin yapma ısıtma ve havalandırma sistemleri olmadan iklimsel etkileri denetim altına almada gösterdiği başarının değerlendirilmesinde kullanılan yaklaşım, değerlendirilmesi ele alınan yapma çevreyi edilgen ısıtma sistemi olarak tanımlayan öğelerin değerlerinin saptanması ve bu değerlerin oluşturduğu kombinezon ile, iklimsel etkilerin denetim altına alınmasında istenen başarıyı gösteren edilgen ısıtma sistemini tanımlayan öğelere ilişkin değerlerle oluşturulan kombinezonların karşılaştırılması ve karar aşamalarını içermektedir. (Berköz ve diğerleri, 1976)

B- E. Berköz ve P. Erk Tarafından Geliştirilen Yaklaşım.

Bu yaklaşım cephe elemanlarının performanslarının değerlendirilmesine yönelik olarak geliştirilmiştir. Bu yaklaşımda cephe elemanlarına ilişkin iklim denetiminde rol oynayan tasarım değişkenleri cephe elemanlarının yönlendiriliş durumu, dolu alanların toplam ısı geçirme katsayısı, cephe elemanlarının saydamlık oranı, saydam bileşenin toplam ısı geçirme katsayısı, opak ve saydam bileşenin optik özellikleri ve cephe elemanının eğimi gibi değerleriyle oluşturulan istenen değerler ölçüt setleri olarak tanımlanmıştır. Söz konusu ölçütlerin belirlenmesinde, ısısal konfor koşulları, iç tasarım ölçütleri olarak kullanılmıştır.

Yaklaşımda cephe elemanlarının performanslarının değerlendirilmesi, cephe elemanına ilişkin tasarım değişkenleri değerleriyle oluşturulan bileşenlerin, ölçüt setleri ile karşılaştırılması yoluyla yapılmaktadır. (Erk, 1990)

3.2.3. Toplam Kaybedilen ve Kazanılan Isı Miktarları Ölçütüne Dayandırılan Yaklaşımlar.

Toplam kaybedilen ve kazanılan ısı miktarlarına bağlı olarak hacimlerin değerlendirilmesi, soğuk hava koşullarında toplam ısı kaybını ve yapma ısıtma gereksinimini en aza indirgeyen ve sıcak hava koşullarında ısı kazancını en azda tutabilen hacmi, optimal edilgen ısıtma sistemi olarak değerlendiren ölçüte bağlı olarak yapılmaktadır. Çeşitli araştırmacılar tarafından, yönlendiriliş durumu, yapı biçimi ve yapı kabuğunun ısı ve nem geçişine ilişkin özellikleri gibi ısı kaybında ve kazancında etkili olan öğelerin birlikte ele alındığı ve bu öğelerin bir kısmı veya tümü için optimal değerlerin söz konusu ölçüte göre belirlendiği yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu konuda geliştirilen yaklaşımlardan bazıları aşağıda açıklanmıştır.

A- V. Olgyay Tarafından Geliştirilen Yaklaşım

Bu yaklaşım özellikle optimal biçim faktörü seçiminin ve biçim faktörünün iklim bölgelerine göre gösterdiği değişimin belirlenmesinin, tüm dış yapı kabuğundan ısıtmanın istendiği dönemde yitirilen ve ısıtmanın istenmediği dönemde kazanılan günlük ısıнын optimizasyonuna dayandırılmasını amaçlamaktadır. Bu durumda biçim faktörü dışında edilgen sistem öğelerine ilişkin değerler, yapı kabuğundan kaybedilen ve kazanılan ısıнын hesaplanması gereğinden dolayı varsayımlar şeklinde bilinen değerler olarak ele alınmıştır. Bilinen değerler olarak önceden seçilen, yapı kabuğunun ısı geçişine ilişkin özelliklerinin değerleri, yönlendiriliş durumu ve çatı biçimi gibi öğelerin farklı değerlerinin tanımladığı seçeneklerle birlikte değerlendirilerek biçim faktörü için optimal değerlerin belirlenmesine gidilmiştir. Yapı kabuğu, yönlendiriliş durumu ve çatı biçimine ilişkin varsayımlara göre, tüm düşey yapı dış kabuğundan yitirilen ve kazanılan günlük ısıнын, farklı biçim faktörleri için hesaplanması yapılmakta ve değerlendirme "tüm düşey yapı kabuğundan 21 Ocak'ta minimum ısı yitirilmesini ve 21 Temmuz'da minimum ısı kazanılmasını gerçekleştiren biçim faktörü optimaldir" ölçütüne dayanılarak yapılmıştır. (Berköz, 1983)

B- E.Berköz Tarafından geliştirilen Yaklaşım

Bu yaklaşımda, yönlendiriliş durumu, yapı biçimi ve yapı kabuğu öğelerinin değişimine bağlı olarak, tüm dış yapı kabuğundan kaybedilen ve kazanılan günlük ısı değişimi incelenmesi, bu öğelerin optimal değerlerinin belirlenmesi amacıyla yönelik olarak yapılmaktadır. Yaklaşımda edilgen sistem öğelerinin tanımladığı çok sayıda yapı seçeneğinin, kaybedilen ve kazanılan ısıya bağlı olarak değişim grafikleri derlenmekte ve bu grafikler "ısıtmanın istenmediği dönemde minimum ısı kazanılmasını, ısıtmanın istendiği dönemde minimum ısı kaybedilmesini gerçekleştiren edilgen sistem öğelerine ilişkin değerlerle oluşturulan bileşenler en iyi (optimal) performans gösteren yapıyı tanımlar" ölçütüne göre analiz edilmektedir.(Berköz, 1983)

3.2.4 Birim Alan (Veya Birim Hacim) İçin Harcanan Yapma Isıtma Enerjisi Ölçütüne Dayandırılan Yaklaşımlar

Birim alan için harcanan yapma ısıtma enerjisi ölçütüne göre hacimlerin değerlendirilmesinde, hacim içerisinde ısısal konfor koşullarını en az yapma enerji harcayarak gerçekleştirebilmek için birim alan için harcanan ısı enerjisinin olabildiğince az olması gerekir ilkesine bağlı olarak hacimler karşılaştırılarak değerlendirilmektedir.

A- Z. Yılmaz tarafından geliştirilen yaklaşım.

Edilgen Sistem açısından bir yapının performansının matematiksel olarak değerlendirilmesi için geliştirilen yöntem, kapalı bir mekandaki konforlu ve konforsuz alanların saptanmasını, aynı zamanda mekanın çevresiyle yaptığı ısı alış verişi miktarının hesaplanmasını ve dolayısıyla konforlu alan başına harcanan ısıtma enerjisi miktarının belirlenmesini içermektedir. Bu yaklaşımda, yapıda yer alan hacimler içerisinde seçilen her noktadaki kullanıcıların, ısısal açıdan hoşnutsuzluk derecesini gösteren ısısal duyularını sayısal olarak ifade eden konforsuzluk indeksleri, matematiksel olarak hesaplanabilmektedir. Yapıdaki hacimlerin seçilen noktaları için hesaplanan konforsuzluk indeksleri aracılığıyla, hacim içerisindeki konforlu ve konforsuz olarak kabul edilebilecek alanlar belirlenebilmektedir.

Birim konforlu alan başına harcanan ısı enerjisi, hesaplamalar için seçilen tasarım gününde yapıdaki hacimlerde her saat için hesaplanan ısı enerjisi ihtiyacının, o saatler için hesaplanmış olan toplam konforlu alana bölünmesiyle elde edilebilmektedir.

Hesaplamalar sonucunda, çok sayıda farklı yapı seçenekleri için belirlenen, birim konforlu alan başına harcanan ısı enerjisinin saatlik değişimleri, grafikler halinde düzenlenerek birbirleriyle karşılaştırılmaktadır. (Yılmaz, 1989)

3.2.5. Isıtma Enerjisi Tüketimine Ve Bunun Maliyetine Dayanan Yaklaşımlar.

Bu yaklaşımlarda ele alınan bir hacmin yıllık ısıtma gereksinimi hesaplanarak , yıllık yakıt maliyeti belirlenmekte ve mevcut edilgen sistem yapılarla karşılaştırma yoluyla bir değerlendirme yapılmaktadır. Yaklaşımlarda değerlendirme, "Hacim içerisinde ısısal konforu minimum ısı enerjisi maliyetiyle gerçekleştiren hacim optimal edilgen ısıtma sistemidir" ölçütüne bağlı olarak yapılmaktadır.

İngiltere'de Enerji bakanlığının enerji teknolojilerini destekleme ünitesinin desteklediği proje çerçevesinde, Welsh School of Architecture ve UWCC Databuild Limited şirketleri birlikte çalışarak, mevcut edilgen sistem yapıların enerji performansını konfor koşullarına ulaşma durumunun incelenmesiyle birlikte enerji kullanımına ve bunun maliyetine bağlı olarak değerlendirecek yöntemler önermişlerdir. (Alexander et al, 1990) Bu yöntemler genel olarak, yapı içi fizik ortam öğelerinin değerlerinin ölçülmesi ve konfor değerleriyle karşılaştırılması, yapının yıllık ısıtma enerjisi tüketiminin ve maliyetinin belirlenmesi ve yapının bu özelliklerine bağlı olarak bilinen öteki örnekler içerisindeki yerinin karşılaştırmalı olarak belirlenmesi işlemlerini içermektedir.

Söz konusu ölçüte dayanan yaklaşımlardan bazıları aşağıda açıklanmıştır.

A- G.John Olson tarafından önerilen yaklaşım.

Bu yaklaşımda, biçim faktörü ve yön özellikleri sabit tutulan, ancak edilgen yolla yararlanma yöntemlerine bağlı olarak yapı kabuğunun özellikleri değişen bir dersliğin, değişen bu durumlar için yıllık yakıt maliyeti belirlenerek karşılaştırma yoluyla değerlendirme yapılmaktadır.

Yaklaşımda değişen durumlar için ele alınan hacmin iletim ve infiltrasyon yoluyla toplam saatlik ısı kayıpları ve güneş enerjisi kazançları hesaplanarak aşağıdaki formülden yıllık ısıtma gereksinimi belirlenmektedir.

$$WHR = (HL) \times (HD) \times (WD) - (SG) \times (CD) \times (WD) \quad (3.9)$$

WHR: Yıllık ısıtma gereksinimi, (Btu / Winter) (Btu / ısıtma süresi)

HL :Hacmin toplam ısı kaybı, (Btu / saat)

HD :Gün uzunluğu, (saat / gün)

WD: Isıtma Süresi Uzunluğu (gün)

SG : Güneş enerjisi kazancı, (Btu / gün)

CD :Açık günlerin yüzdesi,

Belirlenen yıllık ısıtma gereksinimine bağlı olarak ısıtma dönemi yakıt maliyeti aşağıdaki bağıntıdan yararlanarak hesaplanmaktadır.

$$WFC = (WHR / BF) \times (GC) \quad (3.10)$$

WFC: Isıtma dönemi yakıt maliyeti (\$ / ısıtma dönemi)

WHR:Yıllık ısıtma gereksinimi (Btu / ısıtma dönemi)

BF: Seçilen yakıt türünün birim hacminden elde edilen ısı enerjisi (Btu / ft³)

GC: Seçilen yakıt türünün birim hacminin maliyeti (\$ / ft³)

Değişen durumlar için belirlenen yakıt maliyeti karşılaştırılarak maliyeti en düşük olan hacim optimal edilgen ısıtma sistemi olarak değerlendirilmektedir. (Olson, 1982)

B- Derece - Gün Yaklaşımı

Derece-gün yöntemi, ısıtılan ya da serinletilen herhangi bir yapının yıllık enerji gereksiniminin ve yakıt tüketiminin belirlenmesinde, çeşitli tasarım seçeneklerinin enerji kullanımı açısından birbirleri ile karşılaştırılmasında kullanılır. Kısa sürede sonuç veren ve kullanımı konu üzerinde fazla bilgi birikimi olmasını gerektirmeyen bu yöntemde girdi olarak, hesap yapılacak yere ait derece-gün değerleri kullanılmaktadır.

Bu yöntemde, dış hava sıcaklığı olarak, sıcaklık değerlerinin günlük ortalaması alınır. Hava sıcaklığının günlük ortalaması ile kabul edilen konfor sıcaklığı arasındaki fark ise "derece- gün" olarak tanımlanır. Her bir gün için belirlenen derece günlerin belirli dönemlerde toplamı (örneğin, aylık ya da yıllık), hava koşullarının bir göstergesidir. Yalnızca dış hava sıcaklığının günlük ortalamalarına dayanan bu yöntem, yaklaşık sonuçlar verir. Derece-gün yöntemi en yaygın olarak, yapıların ısıtılması için gerekli yıllık yakıt tüketiminin hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Sıcaklık ve zaman öğeleri ile orantılı olarak değişen yıllık yakıt gereksinimi hesaplanırken, yapının içinde sürekli sağlanması istenen en az sıcaklık ile dış hava sıcaklığı arasındaki fark ve dış hava sıcaklığının konfor sıcaklığı altına düştüğü süre göz önüne alınır. Bu tanıma göre, bir gün için derece-gün değeri,

$$dg = t_{kon} - t_d \quad (3.11)$$

olarak belirlenir. Burada, " t_{kon} " yapıda sağlanmak istenen iç sıcaklık, " t_d " ise dış hava sıcaklığının günlük ortalamasıdır. Formülde, günlük ortalama dış sıcaklık

değeri konfor sıcaklığının üstüne çıktığında, güneş enerjisi kazançlarının ısı kayıplarını dengeleyeceği varsayılmıştır. Yıllık ya da belirli bir dönem için (örneğin, aylık ya da en soğuk bir kaç ay için) derece-gün değeri (DG) ise, o dönem içindeki günlerin derece- gün değerlerinin toplamına eşittir.

$$DG = \Sigma (t_{kon} - t_d) \quad (3.11)$$

Öte yandan, göz önüne alınan ikinci bir nokta da ısıtma dönemi uzunluğudur. Burada, ısıtma döneminin başlangıç ve bitişini belirleyecek bir veri daha gerekmektedir. Söz konusu veri, dış hava sıcaklığı belirli bir değerin altına düştüğünde ısıtma başlar ve bir değerin üzerine çıkınca ısıtma kesilir şeklindedir. Değişik ülkelerin koşullarına göre farklı olabilen bu değer, ısıtma döneminin uzunluğunu belirlemekte kullanılır. Dış hava sıcaklığı , bu değerden düşük olan her bir gün için, hesaplanan derece-gün değerlerinin toplamı ise yıllık derece-gün değerini verir. Derece-gün yöntemine göre herhangi bir yapının ısıtma dönemi içinde yakıt gereksinimi aşağıdaki bağıntı ile bulunur.

$$E = \frac{H \times DG \times 24}{\Delta t \times v \times V} \quad (3.12)$$

E : Hesaplama yapılan süre boyunca yapının yakıt gereksinimi, (kg)

H : Yapının saatlik toplam ısı kaybı (W)

DG: Hesaplama yapılan süredeki derece-gün değeri.

Δt : H hesabında kullanılan hesap sıcaklığı ile iç sıcaklık arasındaki fark.

v : Isıtma sisteminin, kullanılan yakıtı yakma verimliliği (%)

V : Kullanılan yakıtın ısıl değeri (Wh / kg)

Genel olarak, derece-gün yöntemi, ısıtmanın sürekli olduğu küçük ölçekli yapılardaki yakıt gereksinimi hesaplamalarında daha gerçekçi sonuçlar vermektedir. Yapıların yazın serinletilmeleri amacı ile tüketilecek yakıtın hesaplanmasında, ısıtma

için kullanılan yöntem aynen geçerlidir. Çeşitli tasarım seçenekleri, hesaplanan yakıt tüketimine bağlı olarak karşılaştırılarak değerlendirilmektedir.

3.2.6. Isıtma Süresi Ölçütüne Dayandırılan Yaklaşımlar.

Isıtma Süresi ölçütüne bağlı olarak hacimlerin değerlendirilmesinde, "hacimde gerçekleşen iç hava sıcaklığının ısısal konfor açısından olması gereken alt sınır değerine bağlı olarak belirlenen ısıtma süresinin (hacmin yapma ısıtma sistemi olmadığı koşullarda gerçekleştirdiği ısıtma süresinin) dış hava sıcaklığı temel alınarak belirlenen (ısıtma süresinin başlangıç ve bitiş tarihini belirleyen dış hava sıcaklığı değerine göre) ısıtma süresinden kısa olması tercih edilmeli, en azından bu sürelerin başlangıç ve bitiş gün ve saatlerinin çakışması gerçekleştirilmelidir" ölçütüne bağlı olarak değerlendirme yapılmaktadır.

G. Kocaaslan tarafından geliştirilen yaklaşım.

Hacimlerin edilgen ısıtma sistemleri olarak değerlendirilmesi için geliştirilen bu yaklaşım, hacimler içerisinde gerçekleşen iç hava sıcaklığının yıllık değişimine bağlı olarak ısıtmaya gereksinim duyulan dönemlerin yıllık ısıtma sürelerini belirlemekte ve enerji tasarrufu ve ısıtma ekonomisi açısından ısıtma süresini azaltan edilgen ısıtma sisteminin seçimine ve tasarımına olanak sağlamaktadır.

Yaklaşımın değerlendirme süreci, yapımı bitmiş veya kullanılmakta olan hacimlere uygulandığı gibi uygun hacmin seçimi açısından tasarım sürecinin bir alt süreci olarak da ele alınabilmektedir. Yaklaşımda, hacim içerisinde iç hava sıcaklığının ısısal konfor alt sınır değeri temel alınarak belirlenen ısıtma süresiyle, dış hava sıcaklığı temel alınarak belirlenen ısıtma süresinin karşılaştırılması yukarıda açıklanan ölçüte göre yapılmakta ve hacim seçeneklerinin edilgen ısıtma açısından gösterdiği başarı (performans) değerlendirilmektedir. (Kocaaslan, 1991)

3.2.7. Güneşle Isınma Oranı Ölçütüne Dayandırılan Yaklaşım.

Güneşle Isınma Oranı ölçütü ele alınarak edilgen ısıtma açısından hacimler, hacmin güneşle ısıtılmadığında istenilen konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için gerekli olan ısıtma yükünde, güneş enerjisiyle ısıtıldığında elde edilecek tasarruf oranına bağlı olarak değerlendirilmektedir.

Güneş enerjisi kazancını ve ısı kayıplarını dikkate alarak bir hacmin güneşle ısınma oranı (Solar Heating Fraction-SHF) aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$SHF = \frac{L_t - Q_{aux}}{L_t} \quad (3.13)$$

L_t : Isıtma dönemi toplam ısı yükü

Q_{aux} : Konfor sıcaklığına ulaşmak için gereken ek ısı.

Özellikle tasarımında güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma uygulamalarına yer verilmiş hacimlerin değerlendirilmesinde ana etmen olarak kullanılacak güneşle ısınma oranı aşağıdaki formülle de tanımlanabilir.

$$SHF = \frac{t_i - t_d}{t_{kon} - t_d} \quad (3.14)$$

t_i : Hacimdeki doğal iç hava sıcaklığı.

t_d : Dış ortam sıcaklığı.

t_{kon} : Hacmin işlevine bağlı konfor sıcaklığı.

Formülde de görüldüğü gibi, hacimler içinde gerçekleşen doğal iç hava sıcaklığının, olması gereken konfor sıcaklığı ile arasındaki farka bağlı olarak hacimlerin ısıtma sistemi olarak etkinlik yüzdesini hesaplamak olanaklıdır. Burada ısı kazanç (güneş ısı) ve kayıplarına bağlı olarak hesaplanacak doğal iç sıcaklık hacmin ısısal davranışının göstergesidir. İklimsel koşullar ise dış hava sıcaklığı ile temsil edilmektedir. Bu durumda formül aşağıdaki gibi gösterilebilir.

$$e = \frac{t_i - t_d}{t_{kon} - t_d} \quad (3.15)$$

e: Hacmin edilgen ısıtma sistemi olarak etkinliği

Doğal iç hava sıcaklığı konfor sıcaklığına eşit olduğunda derslik edilgen ısıtma sistemi açısından %100 etkin duruma geçecektir. Kullanım saatlerinde en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip olan hacim en başarılı hacim 'dir ilkesinden hareketle bu çalışmada edilgen ısıtma sistemi açısından derslik tiplerinin değerlendirilmesi için geliştirilen yaklaşım bu ölçüte dayandırılmıştır. Yaklaşımında esas alınan ölçüte göre optimal başarı gösteren derslik konfor sıcaklığı iç hava sıcaklığına eşit olan derslik'dir. (Gordon et al, 1980)

3.3 YAKLAŞIMLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Doğal iç hava sıcaklığının ve iç yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi ölçütüne dayanan yaklaşımlar (Admittance Yaklaşımı, Biyoklimatik Etkinlik Endeksi Yaklaşımı, Olesan tarafından geliştirilen yaklaşım) ve ısıtma enerjisi tüketimine ve bunun maliyetine dayanan yaklaşımlar (G.J. Olson yaklaşımı ve Derece-Gün yaklaşımı) basit hesaplama yöntemleridir. Bu yaklaşımlar, meteorolojik değerlerin saatlik ve ya günlük değerlerini girdi olarak alabilmekte, kullanımları kolay olmakla birlikte kaba sonuçlar vermektelerdir. Edilgen Isıtma Sistemi olarak bir hacmin

değerlendirilmesini yapan yaklaşımların hassas sonuçlar veren, gerçek iklim verileri kullanarak saatlik analizler yapan, yapı kabuğunun ısı depolama özelliklerini dikkate alarak, periyodik rejimde ısı akımı hesapları yapan yaklaşımlar olması daha doğrudur.

Daha ayrıntılı ve hassas sonuçlar veren değerlendirme yöntemleri olan ve Edilgen Sistem öğelerine ilişkin optimal değerlere, toplam kazanılan ve kaybedilen ısıya, birim alan için harcanan ısı enerjisine, ısıtma süresi ölçütlerine dayandırılan yaklaşımlardan kimileri yalnızca hacimlerin karşılaştırmasını yaparak en uygununu seçerken bazıları ise ele alınan tek bir hacmin değerlendirmesini de yapabilmektedir. Ancak bu yaklaşımların çoğunluğunun ortak yanı, minimum ısı kaybı yoluyla enerji korunumu ilkesinin ağırlık taşıdığı yaklaşımlar olmasıdır. Ana ölçüt olarak, güneş enerjisinden elde edilen ısı kazançlarının oranına bağlı olarak edilgen sistemin performansını ölçen bir değerlendirme içermemektedirler. Edilgen Sistem yapıların değerlendirilmesinde, güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma yöntemlerinin performansını değerlendiren ve bu enerjiden yararlanma oranına bağlı olarak değerlendirme yapan yaklaşımlara da gereksinim vardır.

BÖLÜM 4

EDİLGEN ISITMA SİSTEMİ AÇISINDAN DERSLİKLERİN ETKİNLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILABİLECEK BİR YAKLAŞIM

Bugüne kadar hacimlerin edilgen ısıtma sistemi olarak değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler ya da yaklaşımlar, genelde tüm hacimleri ya da konut işlevli hacimleri içermektedir. Ayrıca, ısı kayıplarını azaltma yoluyla enerji korunumu ilkesinin ağırlık taşıdığı bu yaklaşımlarda, güneş enerjisi kazançlarını arttırmaya yönelik edilgen sistem uygulamaları değerlendirme kapsamına alınmamaktadır. Bunun yanında yalnızca güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma yöntemlerinin ısısal performansının belirlenmesine yönelik ayrı çalışmalar da vardır. Bu çalışmada ayrıntılı olarak derslik tasarımı ölçütlerini içeren ve gerek ısı kayıplarını azaltma gerekse güneş enerjisinden elde edilen ısı kazançlarını edilgen yolla arttırma açısından yeni bir yaklaşımın geliştirilmesi gerekli görülmüştür.

4.1 YAKLAŞIMIN AMACI

Bu çalışmada geliştirilen yaklaşımın amacı, ilkokul dersliklerinin belirlenen tiplerinin,

- gerek enerji korunumu açısından ısı kayıplarının azaltılmasına yönelik tasarlanmış,

- gerekse edilgen yolla güneş enerjisinden yararlanma yöntemlerinin uygulanmasıyla ısı kazançları artırılmış tasarımlarının,

edilgen ısıtma sistemi olarak etkinliklerinin belirlenmesi ve karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir. Bu değerlendirme sonucunda edilgen yolla güneş enerjisinden yararlanma yöntemlerinin dersliklere uygulanışının, dersliklerin edilgen ısıtma sistemi olarak etkinliğine katkısının ne olduğunu ortaya koymak ve derslik tasarımlarında elde edilen sonuçların kullanılabilmesine olanak sağlamaktır. Yaklaşım gerek var olan dersliklerin iyileştirilmesi gerekse yeni derslik tasarımları için kullanılabilir.

4.2. YAKLAŞIMIN TANITILMASI

Bu yaklaşımda dersliklerin edilgen ısıtma sistemleri olarak değerlendirilmesi;

- eğitim dönemindeki kullanım saatlerinde, derslikler içerisinde gerçekleşen doğal iç hava sıcaklığının saatlik değişimine ve elde edilen bu iç sıcaklıklarla gereken konfor sıcaklığı arasındaki farka bağlı olarak dersliklerin edilgen ısıtma sistemi olarak etkinlik yüzdesinin belirlenmesi,

- kullanım saatlerinde (saat 7.00-18.00) en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip derslik tipi en olumludur,

ilkesine dayandırılmıştır.

4.3. YAKLAŞIMIN ADIMLARI

Bu çalışmada dersliklerin edilgen ısıtma sistemi açısından etkinliğini değerlendirmek için oluşturulan yaklaşımın adımları aşağıdaki gibidir.

- A. Enerji korunumu açısından ana ilke olarak ısı kayıplarının azaltılmasına yönelik olarak tasarlanmış belirli derslik tiplerinin edilgen sistem açısından etkinliklerinin belirlenerek karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir.

B.Aynı derslik tiplerinin, edilgen yolla güneş enerjisinden yararlanma yöntemlerinin uygulanmasıyla ısı kazançları arttırılmış tasarımlarının, edilgen sistem açısından etkinliklerinin belirlenerek karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir.

Sonuçta her iki basamakta elde edilen sonuçları karşılaştırarak, ısı kayıplarını azaltmada ve güneş enerjisinden elde edilen kazançları arttırmada, edilgen sistem açısından iklim koşullarına göre en etkin derslik tiplerinin seçimine ve tasarımına olanak sağlamaktır.

Bu adımların gerçekleşmesinde yapılması gerekli işlemler dizisi aşağıdaki gibi sıralanabilir.

A.1. Dış İklim Koşullarına İlişkin Verilerin Toplanması.

Dersliklerin ağırlıklı kullanım devresi olan Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan ve Mayıs aylarının yıllık dış hava sıcaklığı değişimleri göz önüne alındığında, bu yaklaşım için yapılacak hesapların eğitim döneminin her günü yapılması yerine yörenin iklim özelliklerine bağlı olarak bu dönemi temsil edecek belirli aylar için yapılması daha uygundur.Derslik içi doğal iç hava sıcaklığını belirlemek üzere, bu ayların her gününe ilişkin saatlik ortalama değerlerin her bir saat için ortalaması alınarak o ayı temsil eden bir sanal günün oluşturulması gerekir.

Dersliklerin doğal iç sıcaklığının hesaplanabilmesi için gerekli veriler, saatlik ortalamalar olarak gerçek atmosfer koşullarında geçerli olan dış hava sıcaklığı değerleri, derslikler tek katlı olduğunda toprak derinliğine bağlı olarak günlük ort. toprak sıcaklığı değerleri, meteoroloji bültenlerinden ve güneş ışınımı ile ilgili veriler, yatay düzleme gelen günlük tüm güneş ışınımı (yayınık+ dolaysız ışınım) değerlerinin aylık ortalaması, (36) no'lu kaynaktan alınabilmektedir. (Kılıç, 1983) Bu değerler derslik içi doğal iç hava sıcaklığının saatlik değerlerinin hesaplanabilmesi için gereklidir. Dış hava sıcaklığının günlük değişiminin (aylık

ortalama saatlik değerlerinin) belirlenmesinin yanında, yatay düzlemdeki aylık ortalama günlük toplam ışınlara bağlı olarak, yapı yüzeylerini herhangi bir anda etkileyen aylık ort. dolaysız yayınık ve yerden yansıymış ışınlım yeğinliklerinin hesaplanması gerekir. Bu hesaba ilişkin bir yöntem EK 1'de açıklanmıştır.

A.2. Derslik İçi Isısal Konfor Koşullarına İlişkin Hesap Değerlerinin Belirlenmesi.

Bu yaklaşım için yapılması gereken işlemlerden birisi de, derslikler için iç havanın konfor sıcaklığının belirlenmesidir. Bu belirlemede, ısısal konfor koşullarını saptamak için deneysel çalışmalar sonucunda oluşturulan konfor grafiklerinden yararlanabilir. Kullanıcıların etkinlik düzeyine ya da buna bağlı olarak metabolik yolla üretilen ısıya ve giyisilerin ısısal yalıtım değerine bağlı olarak iç havanın sıcaklığı, nemi, hızı, ve ort. ışınlımsal sıcaklık açısından konfor koşulları bileşenlerini veren çok sayıda grafik hazırlanmıştır. (Fanger, 1970; Givoni, 1976; Zeren 1980)

Söz konusu grafikler 18 yaşından büyük erişkin insanlar için yapılan deneysel çalışmalar sonucunda oluşturulmuştur. Bununla beraber, Partridge ve Mclean 7-14 yaş arasındaki Kanadalı çocuklar üzerinde yaptıkları çalışmalar sonucunda, yetişkinlerle çocuklar arasında konfor koşullarını belirlemede bir fark olmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca, Fanger'in Amerika'da kolej çağındaki kişilerle orta yaşlı kişileri karşılaştırma amaçlı deneysel çalışmaları da konfor koşullarını saptamada bu iki grup arasında bir fark olmadığını ortaya koymuştur. Oluşturulan konfor grafiklerinin her iki yaş grubu içinde kullanılabileceği belirtilmiştir.(Fanger, 1972)

İlkokul dersliklerini konu alan bu yaklaşımında, dersliklerin iç hava sıcaklığı konfor değerinin belirlenmesinde, kolej çağındaki kişiler üzerine yapılan çalışmalar sonucunda hazırlanan Şekil 4.1'deki grafikten yararlanılabilir.(Fanger, 1972) Bu grafiklerin kullanılabilmesi için derslik kullanıcılarının etkinlik düzeylerine bağlı olarak, metabolik yolla ürettikleri ısının ve giyisilerinin ısısal yalıtım değerinin belirlenmesi gereklidir.

Genelde dersliklerde;

•öğrencilerin oturarak çalışma (dinleme, yazma, okuma v.b) ve öğreticinin oturarak ya da ayakta konuşma etkinliğine bağlı olarak metabolik olarak ürettikleri ısı 60-80 kcal/hm² arasında,

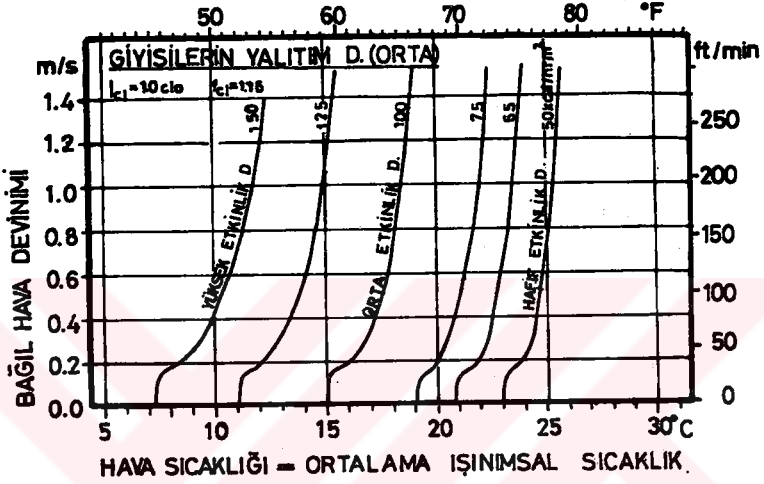
•eğitim döneminin büyük bir bölümünde kullandıkları normal giyisinin ısısal yalıtım değerinin ise 0.8-1 Clo arasında,

• mekan içerisinde ısısal konfor açısından eşit koşulları elde etmek için hava devinimlerinin eğitim döneminin büyük bölümünü içeren soğuk hava koşullarında yaklaşık 0.1m/s, bağıl nemin yukarıdaki koşullarda yaklaşık %50 değerinde,

olduğu göz önüne alınarak ortalama ışımsal sıcaklığın iç hava sıcaklığına eşit olduğu koşullar için hazırlanan Şekil 4.1'deki konfor grafiğinden yararlanılarak derslikler için iç havanın konfor sıcaklığı saptanabilir. (Fanger, 1972)

A-3. Derslik Tiplerinin Belirlenmesi

Değerlendirmeye alınacak derslik tipleri, ilkokul planlamalarında dersliklerin düzenleme biçimlerinden seçilmelidir. Bu belirlemede dersliklerin konum, boyut, biçim, yön plan özellikleri göz önüne alınmalı ve iklim koşullarına göre yapı kabuğu ile ilgili özellikleri saptanmalıdır.



ŞEKİL 4.1

3.1. Dersliklere İlişkin Konum Seçeneklerinin Oluşturulması.

Derliklerin dışa bakan cephe sayısı ve saydam alanların yerinin belirlenmesini içeren bu adım Bölüm 2.3.1'de açıklandığı gibi ilkökul planlamalarından dersliklerin veya derslik gruplarının düzenleme biçimlerini içeren bir analiz sonucu yapılmalıdır.

3.2. Dersliklerin Biçim ve Boyut Özelliklerinin Saptanması.

Bölüm 2.3.2'de açıklandığı gibi ülke koşulları göz önünde bulundurularak (öğrenci sayısı, öğrenci başına düşen hacim ve taban alanı oranları açısından) dersliklerin işlevsel gereksinmelerine mimari, fizik ortam tasarımı ölçütleri açısından en uygun koşulları sağlayan optimum derslik boyutu belirlemesi yapılmalıdır. Ayrıca, boyutları saptanan dersliğin

değişik yerleşim durumlarına bağlı olarak, taban alanı aynı da olsa farklı biçim faktörüne sahip seçenekleri belirlenmelidir.

3.3. Dersliklere İlişkin Yön Seçeneklerinin Oluşturulması.

2.3.3 Bölümünde'de açıklandığı gibi, gerek edilgen ısıtma sistemi, gerekse dersliklerin kullanım gereksinimleri düşünülerek derslikleri güney ve doğu yönlerinde gruplama olanağı veren yön seçeneklerinin oluşturulması da yaklaşımın adımlarından biridir.

3.4. Derslik Kabuğunun Oluşturulması.

Yapı kabuğunun Bölüm 1.3.2.'de ayrıntılı olarak verilen özelliklerinin derslik kabuğunun minimum yapma ısıtma desteğine gereksinime duyan bir edilgen sistem öğesi olarak işlevini yerine getirmesi dikkate alınarak, dış iklimsel koşullara göre olması gereken değerleri saptanmalıdır. Bu saptama Isı Korunum Yönetmeliği dahil bir çok yöntemle bağlı olarak yapılabilir. Bu çalışmada yapı kabuğu seçimi, Türkiye'nin çeşitli iklim bölgeleri için ısıtma enerjisi ekonomisi açısından optimum kabuk seçenekleri sunan bir araştırmada önerilen yöntemden yararlanılarak yapılmıştır. (Berköz ve diğerleri, 1989)

Bunun için;

- Saydam alanları oluşturan cam ve doğrama türünün seçilmesi gerekir. Saydam alanların toplam ısı geçirme katsayıları ve güneş ışınımına karşı optik (yutuculuk, geçirgenlik ve yansıtıcılık) özelliklerinin kullanılan saydam bileşen türüne göre değiştiği bilinmektedir. Bu nedenle saydam alanları oluşturan cam ve doğrama türüne göre toplam ısı geçirme katsayısının seçilmiş olması gerekir. Saydam alan türüne ilişkin bu bilgiler T.S. 825'den alınabilir. (ANON, 1989) Camın güneş ışınımına karşı optik

özelliklerinin hesaplanabilmesi için, seçilen camın kalınlığının, kırılma indisinin ve sönüm katsayısının belirlenmesi gereklidir.

•Pencere alanının içinde bulunduğu toplam duvar alanına oranının ne olacağı konusunda karar vermek gerekir. Bu oran belirlenirken, görsel ilişkinin psikolojik açıdan karşılanması, iç- dış çevrenin görsel bağlantısının hoşnut edici düzeyde tutulabilmesi konusunda yapılan araştırmalar incelenerek (1972 DES, Guidelines For Enviromental Design) % 30 optimum taban, % 20 değeri ise kabul edilebilir min. taban değeri olarak göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca min. gerekli doğal aydınlatma koşulları açısından da pencere alanı / Σ duvar alanı oranının % 20'den daha düşük olmayacağı ölçütü ve buna ek olarak yaz aylarında aşırı ısınmayı önleme ve uygun güneş ışığı çözümlerine kaba bir öneri olarak verilen % 40'lık oran dikkate alınmalıdır. (Şerfhanoğlu, 1983) Bu oran sınırlamaları ve iklimsel özellikler göz önüne alınarak pencere / Σ duvar alanı oranı saptaması yapılmalıdır.

•Dış duvarların yüzeylerinin güneş ışınımını yutma çarpanları, dış yüzey rengine bağlı olarak belirlenmelidir.

• Daha sonraki aşamada, dolu alanların toplam ısı geçiriciliği bu değerden küçük olacak biçimde kesit belirlemesi yapılmalıdır. Dolu alanların toplam ısı grçirme katsayısının izin verilebilir max.değerinin belirlenmesinde göz önünde bulundurulacak ana ilke, dolu ve saydam alanlardan oluşmuş derslik kabuğunun ortalama iç yüzey sıcaklığının ısısız konfor açısından izin verilebilir sınır değerini aşmamasıdır. Bu ilke ışığında geliştirilen yöntemde, hesaplamalar sonucu bulunan değerler bir grafik sistem olarak düzenlenmiştir. Şekil 4.2'de gösterilen ve İstanbul için hazırlanan bu grafikte ordinat ekseninde dolu alanların toplam ısı geçirme katsayısı (k_0), apsis ekseninde dış kabuk elemanının baktığı yön yer

almaktadır. Şekil 4.2'de verilen grafik dolu alanların yutuculuğunun 0.70 ve pencere türünün ahşap olması durumu için hazırlanmıştır. Grafikte her bir pencere türü ve saydamlık oranı kombinezonu ayrı bir eğri ile ifade edilmektedir. Dolayısıyla bu grafik seçilen pencere türü, saydamlık oranı ve yöne bağlı olarak dolu alanın istenen toplam ısı geçirme katsayısının belirlenmesinde kullanılabilir. Dolu alanların istenen toplam ısı geçirme katsayısını gerçekleştiren kesit belirlenmesinde ise, aşağıdaki temel bağıntıdan yararlanılabilir. (Berköz ve diğerleri, 1989)

$$k_0 = \frac{1}{\frac{1}{h_d} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{e_n}{\lambda_n} + \frac{1}{h_i}} \quad (4.1)$$

k_0 : Dolu alan kesitinin istenen toplam ısı geçirme katsayısı
kcal/m² h°c (w / m² °c)

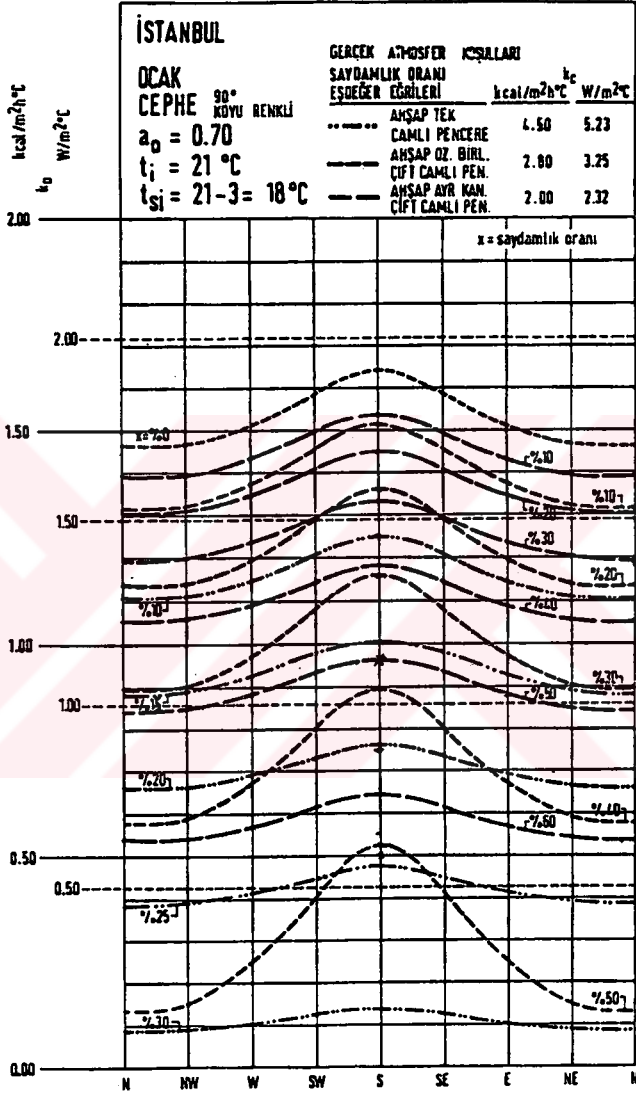
h_d , h_i : Yüzeysel ısı geçiriciliği, kcal/ m² h°c

e_1 , e_2 , e_n : Katman kalınlıkları. (m)

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$: Kesiti oluşturan gereçlerin ısı iletkenlik katsayıları,
kcal/mh°c (w / m°c)

1,2,..... n, Katmanları niteleyen indisler.

Ayrıca, bu formülden yararlanarak örnek kesit seçenekleri ortaya koyan 14 no'lu kaynağa başvurulabilir.



Dış kabuğun yanında, derslik içerisindeki yatay kabuk elemanlarının (döşeme, tavan) ve iç duvarların kesit detaylarının ve de derslik iç yüzeylerinin güneş ışığını yutma çarpanlarının Bölüm 2.3.5.'de anlatılan özellikler göz önünde bulundurularak belirlenmesi gereklidir.

A-4. Dersliklerde Doğal İç Hava Sıcaklığının Saatlik Değerlerinin Hesaplanması.

Yaklaşımın amacı, dersliklerin edilgen sistem olarak etkinliğinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi olduğundan, dersliklerde eğitim döneminde ve saatlerinde iç hava sıcaklığının saatlik değişiminin hesaplanması, yapma ısıtma sisteminin devreye girmedigi durum için yapılmalıdır.

Ek 2'de açıklanan yöntemle, dolu alanların iç yüzeyindeki ve içerisindeki sıcaklığın zamana bağlı değişimi hesaplanabildiği gibi, ısı geçişini doğrudan etkileyen hacim düzeyindeki tüm değişkenlere bağlı olarak iç hava sıcaklığı da hesaplanabilmektedir. Herhangi bir ek yapma ısıtma sistemi olmadığı koşullarda, bir hacimde iç hava sıcaklığının herhangi bir andaki değeri aşağıdaki bağıntıyla hesaplanabilir. (Yılmaz, 1983)

$$\dot{t}_i = t_i + \frac{\Delta T}{m \cdot c_h} \left[\sum_1^n A_o \cdot \alpha_i [t_{oi} - t_i] + \sum_1^m A_p \cdot \alpha_i [t_{pi} - t_i] + b_h \cdot \sum_1^m [I_t \cdot A_p] + Q_v + Q_k \right] \quad (4.2)$$

\dot{t}_i : İç hava sıcaklığının herhangi bir t anındaki değeri, °C

t_i : İç hava sıcaklığının (T-ΔT) anındaki değeri, °C

m: Hacimdeki havanın kütlesi, kg.

c_h : Havanın özgül ısısı, J / kg°C

Bu bağıntıda parantez içindeki terimler (ΔT) zaman aralığında havanın kazandığı ve ya kaybettiği ısıyı ifade etmektedir.

$\sum_1^n A_o \alpha_i [t_{ci} - t_i]$: Hacimdeki n adet opak bileşen (dolu alan) yüzeyinden havaya ve ya havadan bileşen yüzeyine (ΔT) zaman aralığında geçen toplam ısı, W.

A_o : Opak bileşen alanı, m^2 .

α_i : İç yüzeysel ısı iletim katsayısı, $w / m^2 \text{ } ^\circ C$

$\sum_1^m A_p \alpha_i [t_{ci} - t_i]$: Hacimdeki m adet saydam bileşen yüzeyinden havaya ve ya havadan bileşen yüzeyine (ΔT) zaman aralığında geçen toplam ısı, W.

A_p : Saydam bileşen alanı, m^2 .

t_{ci} : Saydam bileşen iç yüzey sıcaklığı, $^\circ C$

b_h : Havanın saydam bileşenlerden geçen güneş ışınımını yutuculuk katsayısı, boyutsuz.

$\sum_1^m [I_r A_p]$: m adet saydam bileşenden geçen güneş ışınımı miktarlarının toplamı, w.

$$I_r = F_s \cdot I_D \cdot \tau_D + I_y \cdot \tau_y$$

F_s : Camın engeller tarafından gölgelenmemiş alanının tüm cam alanına oranı,

I_D, I_y : Saydam bileşeni ele alınan anda etkileyen dolaysız ve yayınlık ışınım yegünlükleri, w / m^2 .

τ_D, τ_y : Camın dolaysız ve yayınlık güneş ışınımına karşı geçirgenlikleri, boyutsuz.

Q_v : Hacimdeki açıklıklardan hava değişimi ve hava sızıntısı ile (ΔT) zaman aralığında geçen ısı, w.

Q_k : Hacimdeki ısı kaynaklarından (ΔT) zaman aralığında kazanılan ısı, w.

Bu çalışmada amaç, dersliklerin edilgen sistem olarak etkinliklerini karşılaştırmalı olarak değerlendirilerek en uygun derslik tiplerini belirlemek olduğundan, insan ve elektrikli araçlardan kazanılan ısı tüm derslikler için eşit olduğu düşünülerek ihmal edilmiştir. Ayrıca, dersliklerde pencerelerin kapalı olduğu varsayılarak hava değişimi veya hava sızıntısı nedeniyle oluşabilecek ısı kayıp ve kazançları ve de aydınlatma açısından iç yüzeylerin açık renkli olması gereğinden dolayı ser etkisi nedeniyle ısı kazançları ihmal edilmiştir.

A.5. Dersliklerin Edilgen Isıtma Sistemi Olarak Etkinliğinin Hesaplanması ve Eğitim Dönemindeki Değişim Grafiğinin Hazırlanması.

Bir önceki adımda belirlenen eğitim dönemindeki iç hava sıcaklıklarının saatlik değişimine ve 2. adımda belirlenen konfor sıcaklığına bağlı olarak dersliklerin edilgen sistem olarak etkinliği aşağıdaki bağıntıdan yararlanarak hesaplanabilir. (Gordon et al, 1980), (Ecevit, 1989), (Gürdil, 1981) Bu bağıntı iç hava konfor sıcaklığı ile hacimde gerçekleşen doğal iç hava sıcaklığı arasındaki farka bağlı olarak dersliklerin edilgen ısıtma sistemi olarak etkinlik yüzdesini vermektedir. Doğal iç sıcaklık, konfor sıcaklığına eşit olduğunda derslik edilgen sistem açısından %100 etkindir.

$$e = \frac{t_i - t_0}{t_{km} - t_0} \quad (4.3)$$

e: Eğitim döneminde dersliklerin edilgen ısıtma sistemi olarak etkinliği ,

$t_{iç}$: Derslik içi hava sıcaklığı, (°C)

t_0 : Dış hava sıcaklığı, (°C)

t_{kon} : Konfor sıcaklığı olarak belirlenen iç hava sıcaklığı değeri, (°C)

Belirlenecek e değeri dersliklerin ısısal etkinliklerinin somut göstergesidir ve bu nedenle derslikleri karşılaştırmada, ana etken olarak ele alınmıştır.

Bu aşamada ısıtma dönemi göz önüne alınarak dersliklerin kullanım devresinden belirlenecek aylar için, apsisinde etkinlik yüzdeleri ordinatında dersliklerin kullanım saatleri (genelde saat 7.00-18.00 arasında) yer alan grafikler hazırlanmalıdır.

A.6. Edilgen Isıtma Sistemi Açısından En Uygun Derslik Tiplerinin Belirlenmesi Ve Değerlendirilmesi.

Enerji korunumu açısından, derslik tipleri içinde kullanım saatlerinde en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip olan derslik tipi edilgen ısıtma sistemi açısından en uygun derslik olarak belirlenmelidir. Ancak, öteki derslik tiplerinin de saydam alanların yeri ve dışa bakan cephe sayısı açısından etkinlik düzeyi sıralaması yapılmalı ve tasarımlar için kullanılabilen sonuçlar ortaya konulmalıdır.

B-1. İklimsel Koşullara Göre Güneş Enerjisinden Yararlanma Yöntemlerinden En Etkininin Seçilmesi.

2.4. Bölümünde de ayrıntılı olarak belirtildiği gibi Dolaysız Isı Kazancı yöntemi dersliklerin işlevsel gereksinmeleriyle uyum sağlamamaktadır. Bu nedenle, bu aşamada iklim koşulları düşünülerek dolaylı ısı kazancı sağlayan yöntemlerden en uygunu belirlenmelidir. Bu belirlemede farklı dış sıcaklık değerlerinde, dolaylı ısı kazancı yöntemlerinin ısısal etkinliğini veren grafiklerden yararlanılabilir. (Bansal

et al, 1991) Şekil 4.3' de dış sıcaklığın -15°C ile $+10^{\circ}\text{C}$ arasında 5°C aralıklarla değiştiği durumlar için, dolaylı ısı kazancı yöntemlerinin etkinlik değişimlerini gösteren grafikler yer almaktadır. Grafikler denge rejiminde ısı geçişi incelenerek ve her bir yöntem için eşit sol-air sıcaklık yaklaşımı kullanılarak oluşturulmuştur. Yöntemlerin ısısal etkinliği, düşey duvara gelen anlık ort. güneş ışınımı ve iç mekana aktarılan ısı (sabit oda sıcaklığı 21°C iken) oranına bağlı olarak yüzde olarak hesaplanmaktadır. Grafiklerden de görüldüğü gibi, dış hava sıcaklığının değişik değerlerinde ve güneş ışınımının çok düşük değerlerinde Güneş Odası Ekleme yöntemi iç mekana aktarılan ısı açısından en etkin durumda iken, güneş ışınımı değerlerinin biraz artmasıyla Sulu Sistem ve Kanallı Trombe Duvarlar yöntemleri çok daha etkin duruma (yaklaşık %40) geçmektedir. Kanalsız Trombe Duvarı yöntemi ise, özellikle düşük dış sıcaklıklarda en az etkin olan yöntemdir. Söz konusu grafiklerin oluşturulmasına ilişkin belirlemeler ve hesap yöntemi Ek 3'de yer almaktadır.

Apsisinde aylık düşey duvara gelen ortalama anlık tüm güneş ışınımı y ekseninde ise yöntemlerin ısısal etkinlik yüzdesi yer alan grafiklerden yararlanabilmek için;

- Yaklaşımın ilk basamağında belirlenen eğitim dönemini temsil edecek belirli aylar için gerçek atmosfer koşullarında aylık dış sıcaklık ortalaması ve max. min. değerleri meteoroloji bültenlerinden elde edilebilmektedir.

- Düşey duvara gelen ortalama anlık tüm güneş ışınımı (\bar{S}) ise; düşey duvara gelen toplam ort. günlük tüm güneş ışınımının (Q_e), gün uzunluğuna (t_g) bölünmesiyle aşağıdaki bağıntısından yararlanarak hesaplanabilmektedir.

$$\bar{S} = \frac{Q_e}{t_g} = \frac{(Q.R)}{\left(\frac{2H}{15}\right)} \quad (4.4)$$

R: Eğik düzleme gelen günlük tüm güneş ışınımının yatay düzleme gelen günlük tüm güneş ışınımına oranı. $(R = \frac{Q_e}{Q_s})$

H: Gün batışı saat açısı.

\bar{S} : Düşey duvara gelen ort. anlık tüm güneş ışınımı (W / m^2)

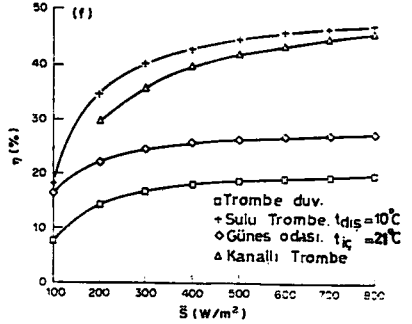
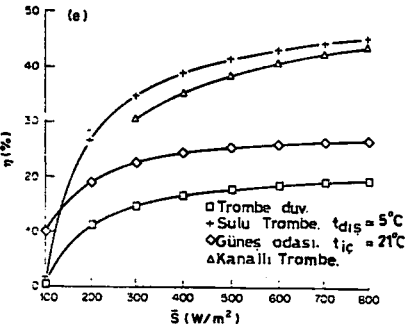
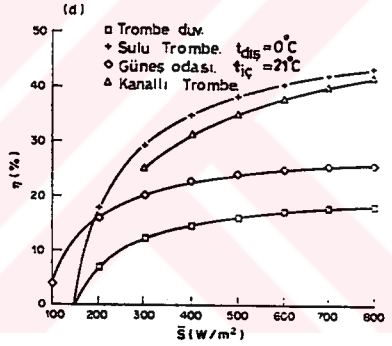
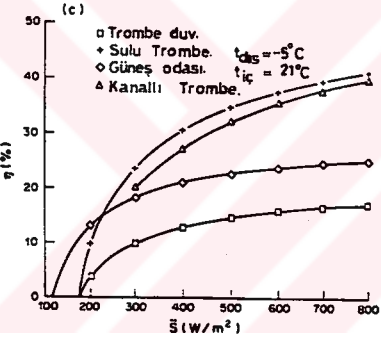
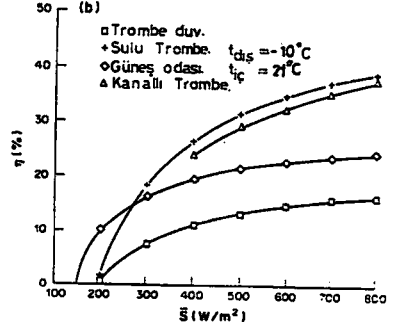
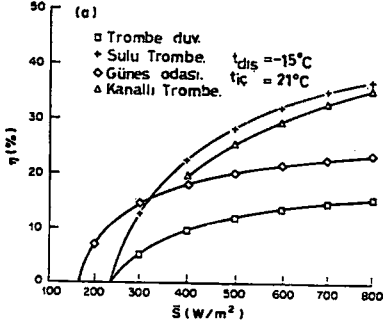
Q: Yatay düzleme gelen günlük toplam tüm güneş ışınımının aylık ortalaması. (Wh / m^2)

Ele alınan yörede düşey duvara gelen ort. anlık tüm güneş ışınımının (\bar{S}) hesaplanma değerine bağlı olarak grafiklerden ısısal etkinlik yüzdesi en yüksek olan yöntem seçilmelidir.

B.2 Güneş Enerjisinden Edilgen Yolla Yararlanama Yöntemlerinin Dersliklere Uygulanışı ve Doğal İç Hava Sıcaklığının Saatlik Değerlerinin Hesaplanması.

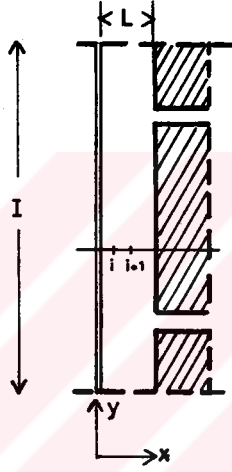
A-3 basamağında belirlenen derslik tiplerinin biçim, boyut ve saydam alan özellikleri aynen korunarak dışa bakan cephelerine bir önceki basamakta seçilen yöntem uygulanmalıdır.

Bölüm 4. A-4'de açıklanan hesap yöntemi ile Kanalsız Trombe Duvarı ve Güneş Odalarının uygulamalarında doğal iç sıcaklığı hesaplamak olanaklıdır. Ancak Kanallı Isı Depolayıcı Duvar Yöntemi uygulandığında, bu sistemin ısı akışı analizleri gaz akımı denklemlerini içermesi nedeniyle oldukça karmaşık hesaplar gerektirir. Bu durumda ısı akışı, Kanallı Isı Depolayıcı Duvarlarda cam yüzey ile duvar arasındaki boşlukta türbülanslı doğal taşınım problemi olarak ele alınabilir. Bölüm 5'deki örnek uygulama bu amaçla geliştirilen bir türbülans modelinden ve bu modelle çözüm yapılabilmesi için geliştirilen yöntemden ve bilgisayar programından yararlanılarak oluşturulmuştur.



ŞEKİL 4.3: Dış Sıcaklığın -5°C (a), -10°C (b), -5°C (c), 0°C (d), 5°C (e), 10°C (f) olduğu durumlarda dolaylı ısı kazancı yöntemlerinin ısısal etkinliği.

Bu yöntemde öncelikle, Trombe duvarında cam ile duvar arasındaki boşlukta ki hız ve sıcaklık alanı ve de Trombe duvarının yüzeyinde (cam levhaya bakan yüzey) ve havalandırma deliklerindeki hız ve sıcaklık bulunmaktadır. Ayrıca, cam ile duvar arasındaki boşluktan kanallar aracılığıyla içeriye giren ısı akısı hesaplanmaktadır. Hesaplamalarda aşağıdaki denklemler çözülmektedir.



ŞEKİL 4.4

Levha ile duvar arasında,

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (\text{Süreklilik}) \quad (4.5)$$

u: Yatay hız, m/s

x: Yatay koordinat

y: Düşey koordinat

v: Hız ölçeği, düşey hız.

x doğrultusunda,

$$\rho \cdot u \frac{\partial u}{\partial x} + \rho \cdot v \frac{\partial u}{\partial y} = - \frac{\partial P}{\partial x} + 2\mu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 v}{\partial y \partial x} \quad (4.6)$$

ρ : Yoğunluk kg/m³

P: Basınç

y doğrultusunda,

$$\rho \cdot u \frac{\partial v}{\partial x} + \rho \cdot v \frac{\partial v}{\partial y} = - \frac{\partial P}{\partial y} + 2\mu \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} - \rho \cdot g \cdot \beta \cdot \Delta t \quad (4.7)$$

μ : Dinamik viskozite, kg/ms

g : Yerçekimi ivmesi

β : Isıl genleşme katsayısı, 1/K

Δt : Sıcaklık farkı.

Enerji denklemi

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\mu}{P_r} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\mu}{P_r} \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \quad (4.8)$$

T: Sıcaklık, °C

P_r : Prandtl sayısı. (P_r , hava = 0.72)

Cözümde sonlu farklar yöntemi ve 60*60 bir grid kullanılmıştır.

Sınır koşulları

Duvarda

$$U=V=0$$

$$P=0$$

$X=0 \rightarrow T = \text{sabit}$ (Cam levhanın iç tarafı)

$$X=L \rightarrow T_i = a(T_i - 1) \quad (4.9)$$

$$y=0, y=H \rightarrow \frac{\partial T}{\partial n} = 0.0 \quad (4.10)$$

n: İterasyon numarası normal doğrultu

Girişte (Üst havalandırma deliklerinde)

$$U = U_0$$

$$V = 0$$

$$\frac{\partial P}{\partial n} = 0 \quad (4.11)$$

P: Basınç

n: İterasyon numarası normal doğrultu

$$T_i = b(T_i - 1) \quad (4.12)$$

Çıkışta alt ventilasyon deliklerinde

$$u_i : c(u_i - 1)$$

$$v_i : d(v_i - 1)$$

c,d: Deneme yanılma yoluyla seçilmiş katsayılar (program yakınsaması için)

$$\frac{\partial P}{\partial n} = 0 \quad (4.13)$$

$$T_i = e.(T_i - 1) \quad (4.14)$$

Ancak, pratik uygulamaları için ısı akışı, varsayımlar yapılarak daha basit yöntemlerle de hesaplanabilir. Yukarıdaki bağıntılarla Trombe duvarının yüzeyinde ve havalandırma kanallarında ki hız ve sıcaklık hesaplanmaktadır. Cam ile duvar arasındaki boşluktan kanallar aracılığıyla giren ısı akısı (Q_T) aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmaktadır.

$$Q_T = m.C_p.\Delta T \quad (4.15)$$

$$Q_T = \rho.u.A.C_p.\Delta T \quad (4.16)$$

Q_T : İçeriye giren ısı akısı, (kw = kJ / s)

m: Havanın kütleli debisi, (kg / sn)

C_p : Özgül ısı. (KJ / Kg K)

ΔT : Tgiriş-Toda

ρ : Yoğunluk, (kg / m³)

u: Hız, m/s.

A: Delik alanı, m²

Hesaplanan Q_T değeri Bölüm 4.A-4 'de açıklanan iç hava sıcaklığının herhangi bir andaki değerini hesaplayan 4.2 formülüne artı ısı yükü olarak ilave edilerek doğal iç hava sıcaklığı hesaplamak olanaklıdır.

B.3.Dersliklerin Edilgen Isıtma Sistemi Olarak Etkinliğinin Hesaplanması ve Eğitim Dönemi Değişim Grafiğinin Hazırlanması.

Bir önceki adımda belirlenen eğitim dönemindeki iç hava sıcaklıklarının saatlik değişimine ve A-2 adımı belirlenen konfor sıcaklığına bağlı olarak dersliklerin

edilgen ısıtma sistemi olarak etkinliği A.5. adımında açıklandığı gibi hesaplanarak grafik üzerinde gösterilmelidir.

B.4 Edilgen Isıtma Sistemi Açısından En Uygun Derslik Tiplerinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi.

Gerek enerji korunumu gerek güneş enerjisinden yararlanma açısından, derslik tipleri içinde kullanım saatlerinde en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip olan derslik tipi en uygun derslik tipi olarak belirlenmelidir. Ayrıca A-6 basamağında belirlenen enerji korunumu açısından sıralanan derslik tipleriyle, güneş enerjisinden yararlanma yöntemleri uygulanmış derslik tiplerinin karşılaştırması yapılarak derslik tasarımlarında kullanılacak sonuçlar ortaya konmalıdır.

BÖLÜM 5

ÖNERİLEN YAKLAŞIMIN UYGULANMASINA İLİŞKİN ÖRNEK

Bu çalışmada geliştirilen yaklaşımın örnek uygulaması, İstanbul'un nüfusunun çokluğuna bağlı olarak okul sayısının fazlalığı ve son yıllarda bu kentte yaşanan hava kirliliğinin ciddi boyutlara ulaşmış olması göz önüne alınarak, İstanbul yöresinde tek katlı ilkökul derslikleri için yapılmıştır. İstanbul için toplam güneş ışınımı verilerinin analizi incelendiğinde(Topçu ve diğerleri, 1993), önemli güneş ışınımı özelliklerinden olan atmosferin bulutsuz olduğu saatleri gösteren açıklık indeksi değerlerinin eğitim dönemindeki aylık ortalama değerleri, genel olarak büyük olmamasına karşın İstanbul ve yöresinde güneş enerjisinden yararlanılabileceği görülmektedir.Bu değerler, Yaz ve Kış için sırasıyla 0.49, 0.28 ve de İlkbahar ve Sonbahar için 0.37'dir.

Uygulama çalışmasının amacı, dersliklerin eğitim döneminde edilgen sistem olarak etkinlik yüzdelerinin belirlenerek değerlendirilmesi ve geliştirilen yaklaşımın uygulanabilirliğinin kanıtlanmasıdır. Uygulamadan İstanbul için elde edilecek sonuçlar, aylık ortalama açıklık indeksi değerleri daha büyük olan öteki illerimiz için fikir verecek ve İstanbul için bir değerlendirme yapma olanağı doğacaktır.

Yaklaşımın içerdiği, dersliklerde doğal iç hava sıcaklığının saatlik değerlerinin hesaplanması için gerekli olan hesap işlemleri ve yatay düzlem üzerindeki aylık,

ortalama günlük toplam ışınlara bağılı olarak, yatayla 90°C açı yapan yüzeyleri herhangi bir anda etkileyen aylık ortalama dolaysız, yayınık ve yerden yansıymış ışınlım yeğinlikleri hesaplarının aynı anda ve kısa sürede yapılabilmesi için "ısınem" adlı kompüter programından yararlanılmıştır.(Yılmaz,1983)Hesap yöntemi, EK'1 de yer almaktadır. Bilgisayar programı ile ilgili daha ayrıntılı bilgi için 52 no'lu kaynağa başvurulabilir.)

Yaklaşımın içerdiği hesaplarda kullanılmak üzere edilgen sistem öğelerine ilişkin değerlerin değışim alan ve aralıklarının seçilmesi ve yaklaşımın uygulanmasında izlenen yol aşağıdaki gibidir.

5.1. UYGULAMA ÇALIŞMASININ ADIMLARI.

A.1.Dış İklim Koşullarına İlişkin Verilerin Toplanması.

Uygulama çalışmasında tüm hesaplar gerçek atmosfer koşulları için yapılmıştır. Bölüm 4,A-1 adımında açıklandığı gibi, dersliklerin ağırlıklı kullanım devresindeki ayları temsil eden sanal günlerin dış hava sıcaklığı ortalamaları göz önüne alınarak yapılacak hesapların bu örnek uygulamada eğitimin yoğun olduğu aylardan Kasım ve Ocak ayları için yapılması uygun görülmüştür. Ayrıca, Kasım ayı İstanbul için ısıtmanın istendiğı dönemin başlangıcıdır ve dış sıcaklıklar çok düşük olmadığından edilgen sistemlerle konfor sıcaklığına ulaşabilme olanağı fazladır. Ocak ayı ise, sıcaklıkların düşük olduğu kış dönemini temsil eden ay olarak seçilmiştir.

İstanbul yöresinin Kasım ve Ocak ayına ilişkin sanal günün saatlik ortalamalar olarak gerçek atmosfer koşullarında geçerli olan dış hava sıcaklığı değerleri, Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü arşivlerindeki son on yıllık ölçüm sonuçlarını derleyen (46) no'lu kaynaktan alınmıştır. (Tablo 5.1 ve 5.2)

Derslikler tek katlı olduğundan, İstanbul için günlük ort. toprak sıcaklığı değerleri Meteoroloji Bülteninden, Kasım ayı için 13.86°C, Ocak ayı 7.08°C olarak belirlenmiştir.

Güneş ışınımı ile ilgili veri olarak yatay düzleme gelen günlük tüm güneş ışınımı (dolaysız+yayınık) değerlerinin aylık ortalaması 36'no'lu kaynaktan Kasım ayı için 184.39w/m^2 , Ocak ayı için 136.80w/m^2 olarak belirlenmiştir.

A.2. Derslik İçi Isısal Konfor Koşullarına İlişkin Hesap Değerlerinin Belirlenmesi.

Derslik kullanıcılarının etkinlik düzeylerine bağlı olarak metabolik yolla ürettikleri ısıya ve giysilerinin ısısal yalıtım değerine bağlı olarak Şekil 4.1'deki konfor grafiğinden yararlanarak iç hava sıcaklığı konfor değeri 21°C olarak belirlenmiştir.

A.3. Derslik Tiplerinin Belirlenmesi.

Bölüm 2.2.1'de ilkökul planlamalarından dersliklerin veya derslik gruplarının düzenleme biçimlerini içeren analiz sonucu ortaya çıkan derslik konumları ve Bölüm 2.2.'de saptanan biçim ve boyutlar ve Bölüm 2.2.3.'de açıklanan dersliklerin yönlendirilmesine ilişkin ölçütler göz önüne alınarak belirlenen değerlendirmeye alınacak 22 derslik tipi EK4'de yer almaktadır. Derslik tiplerinin çatı biçimlenişine göre de sınıflaması yapılabilir. Ancak bu uygulamada değerlendirilecek derslikler bu sınıflandırmayı içermemektedir. Uygulama çalışmasında ele alınan dersliklerin,

- tek, iki ve üç cephesinin dışa baktığı ve de biçim faktörlerinin 1.20 ve 0.82 olduğu,
- taban alanı aynı ancak biçim faktörü değişen dersliklerin, saydam alan/döşeme alanı oranı da biçim faktörüne bağlı olarak %24 ve %20 arasında değiştiği,
- dış cephelerinin baktığı yön ise doğu ve güney,

varsayılmıştır.

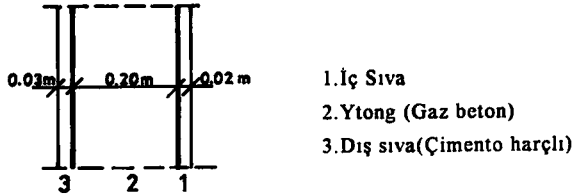
Derslik kabuğunun ise, minimum yapma ısıtma desteğine gereksinim duyan bir

edilgen sistem olarak işlevini yerine getirmesi dikkate alınarak, İstanbul için olması gereken değerleri Bölüm 3.3'de açıklanan yöntem izlenerek saptanmıştır.

- Saydam alanların ahşap ayrı kanat çift camlı pencere olduğu ve toplam ısı geçirme katsayısının $2.00 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$ ($2.32 \text{ w/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$), camın kalınlığı 3mm, camın kırılma indisi 1.526, sönüm katsayısı 0.004 m^{-1} ,
- Pencere alanının toplam duvar alanına oranının Bölüm 3.3'de verilen sınırlamalar ve iklimsel özellikler göz önüne alınarak tek cephesi dışa bakan dersliklerde %50, iki cephesi dışa bakan dersliklerde ise cephelere göre % 33, % 20 ve % 13 (Biçim faktörüne ve toplam saydam alan /döşeme alanı oranına bağlı olarak),
- Dış duvarların yüzeylerinin güneş ışınımını yutma çarpanları % 70,

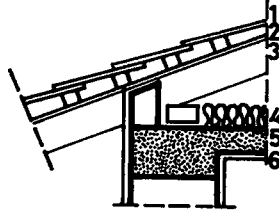
olduğu varsayılmıştır.

Dolu alanların toplam ısı geçirme katsayısının izin verilebilir max. değeri ise 0.84 olarak Şekil 4.2'de ki grafikten saptanmıştır. Belirlenen bu değerden küçük olacak biçimde oluşturulan kesit Şekil 5.1'de ve kesiti oluşturan malzemelerin fiziksel özellikleri Tablo5.3'de görülmektedir.



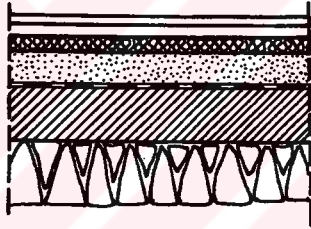
ŞEKİL 5.1. Yapı kabuğunun dolu alanlarının kesiti.

Dış kabuğun yanında yatay kabuk elemanları ve düşey bölme elemanlarının tüm derslikler için aynı detaya sahip oldukları varsayılmıştır. Şekil 5.2'de sırasıyla çatının ve Şekil 5.3'de toprağa oturan döşemenin katmanlaşma detayları görülmektedir.



1. Kiremit (0.01 m.)
2. Ruberoit (0.003 m.)
3. Tahta kaplama(0.02 m.)
4. Cam yünü (0.05 m.)
5. Betonarme (0.10 m.)
6. İç Sıva (0.02 m.)

ŞEKİL 5.2 Çatının katmanlaşma detayı.



- 1) Ahşap kaplama(0.04 m.)
- 2) Isı yalıtımı. (0.05 m.)
- 3) Tesviye betonu(0.05 m.)
- 4) Su yalıtımı.
- 5) Grobeton (0.10 m.)
- 6) Blokaj (0.15 m.)

ŞEKİL 5.3. Döşemenin katmanlaşma detayı.

Bölme duvarları iki yüzlü sıvalı 10 cm. kalınlığında gaz beton duvar'dır. İç yüzeylerin ışınım yutma çarpanının döşemeler için 0.50, bölme duvarları için 0.10 ve havanın ışınım yutma çarpanının 0.10 olduğu varsayılmıştır. Derslik içindeki eşyaların hacmin ısı dengesine katkısı ise ihmal edilmiştir.

A-4. Dersliklerde Doğal İç Hava Sıcaklığının Saatlik Değerlerinin Hesaplanması.

Bölüm 4.A4 adımında açıklanan hesaplar tüm derslikler için yapılmış ve dersliklerde herhangi bir ek yapma ısıtma sistemi olmadığı durumda iç hava sıcaklığının saatlik değerleri "ısınem" adlı bilgisayar programından yararlanılarak hesaplanmıştır. (Yılmaz, 1983) Bu değerleri gösteren grafikler EK 7'de yer almaktadır.

TABLO 5.3. Kullanılan Gereçler ve Fiziksel Özellikleri.

NO	GEREÇ	λ		ρ	c	a
		kcal/mh°C	W / m°C	kg /m ³	kJ/kg°C	m ² / s
1	Gaz Beton	0.22	0.25	600	1.05	0.39×10^{-6}
2	Çimento Sıva	1.20	1.39	2200	1.05	0.60×10^{-6}
3	Kireç Sıva	1.00	1.163	1800	1.00	0.64×10^{-6}
4	Kiremit	0.30	0.34	1800	0.92	0.20×10^{-6}
5	Tahta Kaplama	0.17	0.19	800	1.67	0.14×10^{-6}
6	Isı Yalıtımı	0.035	0.040	300	0.84	0.15×10^{-6}
7	Betonarme Döşeme	1.30	1.51	2200	1.00	0.68×10^{-6}
8	Tesviye Betonu.	1.20	1.39	2200	1.00	0.63×10^{-6}
9	Grobeton	1.8	2.09	2000	1.00	1.04×10^{-6}
10	Blokaj	1.2	1.39	1800	1.00	0.77×10^{-6}
11	Ahşap döşeme kaplaması	0.17	0.19	800	1.67	0.14×10^{-6}
12	Cam	0.70	0.81	2500	0.88	0.36×10^{-6}
13	Hava (Çift cam arası)	0.12	0.13	1.2	1.18	91.8×10^{-6}
14	Hava(10cm kalmığında)	0.70	0.81	1.3	1.18	528.03×10^{-6}

A-5. Dersliklerin Edilgen Isıtma Sistemi Olarak Etkinliğinin Hesaplanması ve Eğitim Dönemindeki Değişim Grafiğinin Hazırlanması.

Bölüm 4.A-5 adımında açıklandığı gibi İstanbul'da Kasım ve Ocak aylarında, her bir dersliğin kullanım saatleri içinde Edilgen Isıtma Sistemi olarak etkinliğinin saatlik değerleri hesaplanarak Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'de gösterilmiştir.

A-6. Edilgen Isıtma Sistemi Açısından En Uygun Derslik Tiplerinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi.

İstanbul, Kasım ayı için hazırlanan, konfor sıcaklığının 21°C olduğu durumda, belirlenen 22 derslik tipinin kullanım saatlerindeki etkinlik yüzdesini gösteren Şekil 5.4, kullanım saatlerinde (saat 7.00-18.00) en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip olma ölçütüne göre değerlendirildiğinde, dersliklerin en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip derslikten başlayarak sıralaması Tablo 5.4'te verilmiştir.

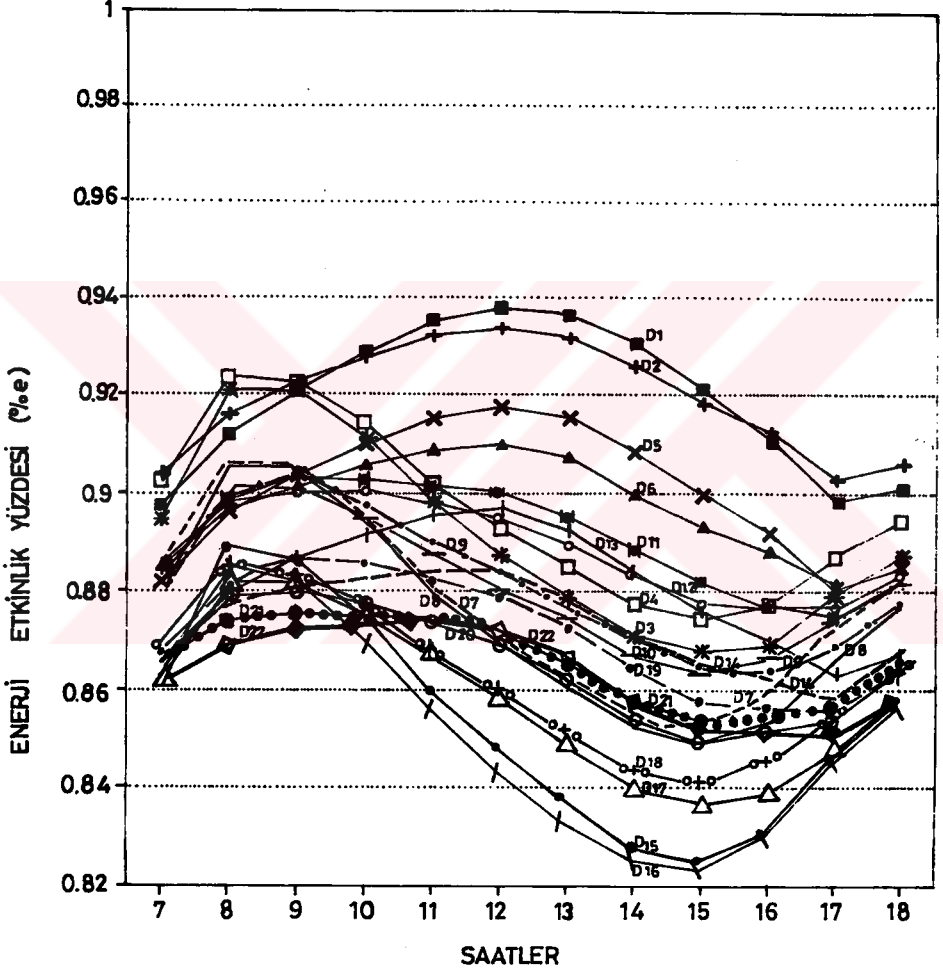
Yaklaşımın ilk aşaması (A) gereği, yapı kabuğu enerji korunum ilkelerine göre belirlenmiş derslik tiplerini, Tablo 5.4'e göre genelde değerlendirdiğimizde,

- Yapı kabuğu enerji korunum ilkelerine göre belirlenen dersliklerin hiç birinin edilgen ısıtma sistemi açısından %100 etkin durumda olmadığı,
- Tek cephesi dışa bakan ve saydam alanları tek cephede ve güneyde (ana cephe) yer alan D_1 tipi dersliğin en yüksek enerji etkinlik yüzdesine sahip olduğu,
- Üç cephesi dışa bakan ancak saydam alanları tek cephede ve Doğu'da yer alan derslik tiplerinin de (D_{15} , D_{16}) belirlenen derslik tipleri içinde en olumsuz olduğu,

görülmektedir.

- Tek cephesi dışa bakan ancak saydam alanları doğuda yer alan derslik tipleri (D_4 ve D_3), iki cephesi dışa bakan ancak saydam alanları güney cephede yer alan tiplere göre (D_5 , D_6) daha olumsuz sonuç vermektedir.
- Üç cephesi dışa bakan ancak saydam alanları tek cephede (Güney ana cephe) yer alan derslik tipi de (D_{13}) iki cephesi dışa bakan ve saydam alanları iki cephede yer alan, ana cephesi doğu olan dersliklere göre (D_9 , D_{10})daha olumlu görülmektedir.
- İki cephesi dışa bakan ancak saydam alanları her iki cephede de yer alan derslik tipleri (ana cepheleri güney) tek cephesi doğu'ya bakan derslik tipleriyle (D_4 , D_3) en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip olma ölçütüne göre karşılaştırıldığında, farklı zaman dilimlerinde de olsa kullanım saatlerinde birbirlerine göre daha etkin oldukları süreleri hemen hemen eşit olduğunu görmekteyiz.
- İki cephesi dışa bakan ancak saydam alanları doğuda (doğu ana cephe) yer alan derslik tipi (D_7 , D_8), üç cephesi dışa bakan ancak saydam alanları güneyde (güney ana cephe) yer alan tiplere göre (D_{13} , D_{14} , D_{19}) daha olumsuz görülmektedir.

KASIM, İSTANBUL



ŞEKİL 5.4. Dersliklerin Edilgen ıstıma Sistemi Olarak Etkinliği.(Kasım)

TABLO 5.4. Dersliklerin en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip olma ölçütüne göre sıralanışı. (Kasım ayı)

Derslik No	Özelliği	Saydamlık oranı	Biçim faktörü	Top.SA/ Top.D.A.
D ₁	Tek cephesi dışa bakan (Güney) Saydam alanları tek cephede	% 50	1.2	% 24
D ₂	Tek cephesi dışa bakan (Güney) Saydam alanları tek cephede	% 50	0.82	% 20
D ₅	İkicepheyidışabakan(Güney,Doğu) Saydam alanları tek cephede (Güney)	% 50	1.2	% 24
D ₆	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Saydam alanları tek cephede (Güney)	% 50	0.82	% 20
D ₄	Tek cephesi dışa bakan (Doğu) Saydam alanları tek cephede	% 50	1.2	% 20
D ₁₁	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Saydam alanları iki cephede	% 33 (Güney) % 20 (Doğu)	1.2	% 24
D ₁₂	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Saydam alanları iki cephede	% 33 (Güney) % 13 (Doğu)	0.82	% 20
D ₃	Tek cephesi dışa bakan (Doğu) Saydam alanları tek cephede	% 50	0.82	% 24
D ₁₃	Üç cephesi dışa bakan (Güney,Doğ,Bat) Saydam alanları tek cephede (Güney)	% 50	1.2	% 24
D ₉	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Saydam alanları iki cephede	% 20 (Güney) % 33 (Doğu)	0.82	% 24
D ₁₀	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Saydam alanları iki cephede	% 13 (Güney) % 33 (Doğu)	1.2	% 20
D ₁₄	Üç cephesi dışa bakan (Güney,Doğ,Bat) Saydam alanları tek cephede (Güney)	% 50	0.82	% 20
D ₁₉	Üç cephesi dışa bakan (Güney,Doğ,Bat) Saydam alanları iki cephede	% 33 (Güney) % 20 (Doğu)	1.2	% 24
D ₇	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Saydam alanları tek cephede (Doğu)	% 50	1.2	% 20
D ₈	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Saydam alanları tek cephede (Doğu)	% 50	0.82	% 24
D ₂₁	Üç cephesi dışa bakan (Güney,Doğ,Kuz) Saydam alanları iki cephede	% 33 (Güney) % 16 (Kuzey)	0.82	% 20
D ₂₂	Üç cephesi dışa bakan (Güney,Doğ,Bat) Saydam alanları iki cephede	% 33 (Güney) % 16 (Kuzey)	1.2	% 24
D ₂₀	Üç cephesi dışa bakan (Güney,Doğ,Bat) Saydam alanları iki cephede	% 33 (Güney) % 13 (Doğu)	0.82	% 20
D ₁₈	Üç cephesi dışa bakan (Güney,Doğ,Bat) Saydam alanları iki cephede	% 13 (Güney) % 33 (Doğu)	1.2	% 20
D ₁₇	Üç cephesi dışa bakan (Güney,Doğ,Bat) Saydam alanları iki cephede	% 20 (Güney) % 33 (Doğu)	0.82	% 24
D ₁₅	Üç cephesi dışa bakan (Kuz,Doğ,Güney) Saydam alanları tek cephede (Doğu)	% 50	0.82	% 24
D ₁₆	Üç cephesi dışa bakan(Kuz,Doğ,Güney) Saydam alanları tek cephede (Doğu)	% 50	1.2	% 20

Yukarıdaki belirlemelerden şu sonuçlara varılabilir.

• Kasım ayında, enerji korunumlu yapı kabuğu uygulanan dersliklerde, güneye bakan saydam alanların yer alması durumu, iki cephesi dışa bakan ve saydam alanları güneyde yer alan derslikleri, tek cephesi doğuya bakan dersliklere göre daha olumlu kılarken, üç cephesi dışa bakan ancak saydam alanları güneyde (ana cephe) yer alan derslikleri de iki cephesi dışa bakan ve saydam alanları da bu iki cephede yer alan dersliklere göre daha olumlu kılmaktadır. Ayrıca en olumlu ilk dört derslik tipi ana cepheleri güney ve saydam alanları bu cephede yer alan derslik tipleridir.

Bu durum, saydam alanları güney cephesinde yer alan dersliklerin öteki tiplere oranla çok daha olumlu olduğunu göstermektedir.

Ayrıca, derslik tiplerini ana cephenin güneyde ya da doğu da yer alması durumuna göre değerlendirdiğimizde ise aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

•Derslik tiplerini ana cephenin güneye baktığı koşullarda değerlendirecek, enerji etkinlikleri tek cephesi dışa bakan derslik tiplerinden üç cephesi dışa bakan derslik tiplerine doğru bir sıralama göstermektedir. (Tablo 5.4)

- 1) Tek cephesi dışa bakan (Güney) D_1, D_2
- 2) İki cephesi dışa bakan (Güney, Doğu) D_5, D_6
(Saydam alanları tek cephede, Güney)
- 3) İki cephesi dışa bakan (Güney, Doğu) D_{11}, D_{12}
(Saydam alanları iki cephede)
- 4) Üç cephesi dışa bakan (Güney, Doğu, Batı) D_{13}, D_{14}
(Saydam alanları tek cephede, Güney)
- 5) Üç cephesi dışa bakan (Güney, Doğu, Batı) $D_{19}, D_{21}, D_{22}, D_{20}$
(Saydam alanları iki cephede, Güney, Doğu)

• Ana cephenin doğuya baktığı durumda ise, bu sıralamanın değiştiğini saydam alanları doğu yanında güneyde de yer alan D_9 tipinin D_8 tipinden daha olumlu olduğunu görmekteyiz.

- 1) Tek cephesi dışa bakan (Doğu) D_3, D_4
- 2) İki cephesi dışa bakan (Güney, Doğu) D_9, D_{10}
(Saydam alanları iki cephede)
- 3) İki cephesi dışa bakan (Güney, Doğu) D_7, D_8
(Saydam alanları tek cephede, Doğu)
- 4) Üç cephesi dışa bakan (Güney, Doğu, Batı) D_{18}, D_{17}
(Saydam alanları iki cephede , Doğu, Güney)
- 5) Üç cephesi dışa bakan (Kuzey, Doğu, Güney) D_{15}, D_{16}
(Saydam alanları tek cephede, Doğu)

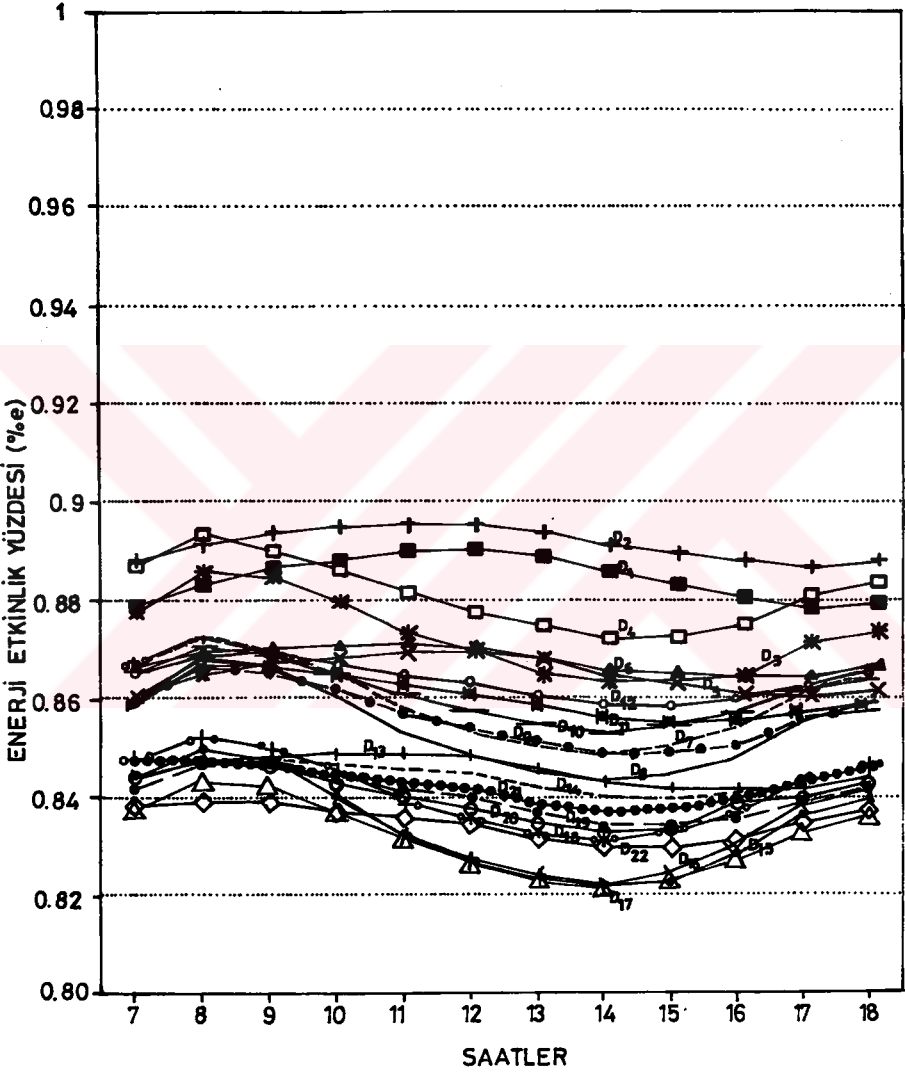
Ayrıca biçim faktörü ve dolayısıyla Toplam saydam alan/Toplam Döşeme Alanı oranlarına göre değerlendirme yaptığımızda ana cephesi güney olan dersliklerde Top S.A./D.A.=%24 olanların %20'ye göre daha olumlu olduğu (D_1 ve D_2 gibi), ancak ana cephesi doğu olan dersliklerde (D_3 ve D_4) ise Top S.A./D.A. oranı %20 olduğu durumun daha olumlu olduğu görülmektedir.

İstanbul Ocak ayı için hazırlanan, belirlenen 22 derslik tipinin, konfor sıcaklığının 21°C olduğu durumda, kullanım saatlerindeki etkinlik yüzdesini gösteren Şekil 5.5, kullanım saatlerinde (saat 7.00-18.00) en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip olma ölçütüne göre değerlendirildiğinde, dersliklerin en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip derslikten başlayarak sıralaması Tablo 5.5'de verilmiştir.

Yaklaşımın ilk aşaması (A) gereği, Tablo 5.5'i değerlendirdiğimizde,

•Kasım ayında olduğu gibi Ocak ayında da, yapı kabuğu enerji korunum ilkelerine göre belirlenen dersliklerin hiçbirinin edilgen ısıtma sistemi açısından % 100 etkin durumda olmadığı,

OCAK, İSTANBUL



ŞEKİL 5.5. Dersliklerin Edilgen Isıtma Sistemi Olarak Etkinliği.(Ocak)

TABLO 5.5. Dersliklerin en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip olma ölçütüne göre sıralanışı. (Ocak ayı)

Derslik No	Özelliği	Saydamlık oranı	Biçim faktörü	Top.S.A/ Top D.A.
D ₂	Tek cephesi dışa bakan (Güney) Savdam alanları tek cephede	% 50	0.82	% 20
D ₁	Tek cephesi dışa bakan (Güney) Savdam alanları tek cephede	% 50	1.20	% 24
D ₄	Tek cephesi dışa bakan (Doğu) Savdam alanları tek cephede	% 50	1.2	% 20
D ₃	Tek cephesi dışa bakan (Doğu) Savdam alanları tek cephede	% 50	0.82	% 24
D ₆	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Savdam alanları tek cephede (Güney)	% 50	0.82	% 20
D ₅	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Savdam alanları tek cephede (Güney)	% 50	1.2	% 24
D ₁₂	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Savdam alanları iki cephede	% 33 (Güney) % 13 (Doğu)	0.82	% 20
D ₁₀	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Savdam alanları iki cephede	% 13 (Güney) % 33 (Doğu)	1.2	% 20
D ₁₁	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Savdam alanları iki cephede	% 33 (Güney) % 20 (Doğu)	1.2	% 24
D ₇	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Savdam alanları tek cephede (Doğu)	% 50	1.2	% 20
D ₉	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Savdam alanları iki cephede	% 20 (Güney) % 33 (Doğu)	0.82	% 24
D ₈	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Savdam alanları tek cephede (Doğu)	% 50	0.82	% 24
D ₁₃	Üç cephesi dışa bakan (Güne,Doğ,Bat) Savdam alanları tek cephede (Güney)	% 50	1.2	% 24
D ₁₄	Üç cephesi dışa bakan (Güne,Doğ,Bat) Savdam alanları tek cephede (Güney)	% 50	0.82	% 20
D ₂₁	Üç cephesi dışa bakan (Gün,Doğ,Kuz) Savdam alanları iki cephede	% 33 (Güney) % 16 (Kuzey)	0.82	% 20
D ₁₉	Üç cephesi dışa bakan (Gün,Doğ,Bat) Savdam alanları iki cephede	% 33 (Güney) % 20 (Doğu)	1.2	% 24
D ₂₀	Üç cephesi dışa bakan (Gün,Doğ,Bat) Savdam alanları iki cephede	% 33 (Güney) % 13 (Doğu)	0.82	% 20
D ₁₈	Üç cephesi dışa bakan (Gün,Doğ,Bat) Savdam alanları iki cephede	% 13 (Güney) % 33 (Doğu)	1.2	% 20
D ₂₂	Üç cephesi dışa bakan (Güne,Doğ,Bat) Savdam alanları iki cephede	% 33 (Güney) % 16 (Kuzey)	1.2	% 24
D ₁₆	Üç cephesi dışa bakan (Kuz,Doğ,Gün) Savdam alanları tek cephede (Doğu)	% 50	1.2	% 20
D ₁₅	Üç cephesi dışa bakan (Kuz,Doğ,Gün) Savdam alanları tek cephede (Doğu)	% 50	0.82	% 24
D ₁₇	Üç cephesi dışa bakan (Güne,Doğ,Bat) Savdam alanları iki cephede	% 20 (Güney) % 33 (Doğu)	0.82	% 24

• Ocak ayında Kasım ayından farklı olarak, tek cephesi dışa bakan (Güney) ve saydam alanları bu cephede yer alan D_1 ve D_2 tipi dersliklerden, biçim faktörü 0.82 olan, dolayısıyla dışa bakan cephesi daha dar olan ve aynı zamanda saydam alan/döşeme alanı oranı daha küçük olan D_2 tipi dersliğin en yüksek etkinlik yüzdesine sahip olduğu,

• Kasım ayı sonuçları ile benzer olarak, üç cephesi dışa bakan, ana cepheleri doğu olan, saydam alanları tek ve iki cephede yer alan, D_{16} , D_{15} ve D_{17} derslik tiplerinin de olumsuz derslikler olduğu,

görülmektedir.

Ocak ayında Kasım ayına göre gerek dış sıcaklıkların çok daha düşük olması, gerekse yatay düzleme gelen günlük tüm güneş ışınımının biraz daha düşük olması nedeni ile dersliklerin sıralamalarında farklılıklar görülmektedir.

• Kasım ayından farklı olarak Ocak ayında derslikler, tek cephesi dışa bakanlar, iki cephesi dışa bakanlar ve üç cephesi dışa bakanlar olarak, düzenli bir sıralama göstermektedir. Kasım ayında iki cephesi dışa bakan ancak saydam alanları güneye bakan bazı derslik tipleri (D_5 , D_6), tek cephesi dışa (doğuya) bakan tiplerden (D_3 , D_4) daha olumlu görülürken, Ocak ayında dışa bakan cephesi gerek güney gerekse doğu olsun tek cepheli derslikler daha olumlu görülmektedir.

• Ayrıca Ocak ayında, biçim faktörü 1.20 olan derslik tiplerine (D_1 , D_5 gibi) göre, biçim faktörü 0.82, dışa bakan cephesi daha dar ve saydam alan/döşeme alan oranı daha düşük olan derslik tiplerinin (D_2 , D_6 gibi) daha olumlu görülmektedir.

• İki cephesi dışa bakan derslikler arasında saydam alanları tek ve doğuda yer alan derslik tipleri (D_7 ve D_8), saydam alanları güneyde olan tipleri (D_5 , D_6 , D_{12} , D_{10} , D_{11} , D_9) göre daha olumsuzdur. Gerek Kasım gerek Ocak

ayında D_7 ve D_8 tipleri enerji etkinlikleri açısından iki cepheli dersliklerin en olumsuzlarıdır.

Derslik tiplerini ana cephenin güneyde ya da doğuda yer alması durumuna göre değerlendirdiğimizde, Kasım ayında olduğu gibi, ana cephesi güney olan dersliklerin enerji etkinlik yüzdesi, tek cephesi dışa bakan dersliklerden üç cephesi dışa bakan dersliklere doğru bir sıralama göstermektedir. Ancak ana cephenin doğuya baktığı durumda bu sıralamanın değiştiğini, saydam alanları hem doğu hem güneyde yer alan D_{10} tipinin, saydam alanları tek cephede yer alan D_7 ve D_8 'den daha olumlu olduğunu görmekteyiz.

Ayrıca, gerek ana cephesi güney gerekse doğu olan dersliklerden $\Sigma S.A./D.A. = \%20$ olanlarının, $\Sigma S.A./D.A. = \%24$ olanlara göre daha olumlu olduğu görülmektedir. Bu sonuç, sıcaklıkların daha düşük olduğu Ocak ayında, saydam alanları döşeme alanına göre daha az olan dersliklerin, edilgen ısıtma sistemi açısından daha başarılı derslik tipleri olduğunu göstermektedir.

Yukarıdaki belirlemelerden enerji korunumu ilkelerine göre yapı kabuğu seçimi yapılan derslikler için şu sonuçlara varılabilir:

- Dersliklerin hiçbirinin İstanbul'da gerek Kasım, gerekse Ocak aylarında edilgen ısıtma sistemi açısından $\%100$ etkin durumda olmadığı görülmektedir. Ocak ayında dış sıcaklıklar ve yapı yüzeylerini etkileyen güneş ışınımı yegînlîği daha düşük olduğundan, dersliklerin edilgen ısıtma sistemi etkinlikleri de, Kasım ayına göre daha düşük olmaktadır.
- Gerek Kasım, gerekse Ocak aylarında tek cephesi dışa bakan (Güney) D_1 ve D_2 derslikleri en olumlu derslik tipleri iken üç cephesi dışa bakan D_{15} , D_{16} ve D_{17} tipi derslikler en olumsuz derslik tipleridir. Ancak, Ocak ayında gerek dış sıcaklık, gerekse güneş ışınımı verileri daha düşük olduğundan, saydam alan/döşeme alanı oranı daha küçük olan derslikler daha olumlu duruma geçmektedir (D_2 'nin Ocak ayında D_1 'e göre daha olumlu olması gibi).

B.1. İklimsel Koşullara Göre Güneş Enerjisinden Yararlanma Yöntemlerinden En Uygununun Seçilmesi.

•Bölüm 4.B-1'de belirtildiği gibi, Şekil 4.3'deki grafikten yararlanabilmek için, İstanbul ili Kasım ayı dış sıcaklık ortalaması meteoroloji bülteninden 10.67°C, Ocak ayı dış sıcaklık ortalaması 6.31°C olarak belirlenmiştir.

•Düşey duvara gelen ortalama anlık tüm güneş ışınımı (\bar{S}) ise; düşey duvara gelen ortalama günlük tüm güneş ışınımının (Q_e), gün uzunluğuna (t_g) bölünmesiyle hesaplanmıştır.

$$\bar{S} = \frac{Q_e}{t_g} \quad (5.1)$$

$$Q_e = Q \times R \quad (5.2)$$

$$R = R_d \times \frac{Q_d}{Q} + \frac{Q_y}{Q} \times \frac{1 + \cos S}{2} + \rho \times \frac{1 - \cos S}{2} \quad (5.3)$$

şeklinde yazılabilir. (Kılıç, 1983)

Q_e : Düşey duvara gelen ort. günlük tüm güneş ışınımı.

t_g : Gün uzunluğu.

Q : Yatay düzleme gelen günlük toplam tüm güneş ışınımının aylık ortalaması.

(w / m² gün) (m j / m² gün).

İstanbul,Kasım ayı Q değeri 36 no'lu kaynaktan,

$$Q=6.2\text{MJ/m}^2 \text{ gün}=184.39\text{w /m}^2 \text{ gün}$$

Ocak ayı,

$$Q=4.6\text{MJ/m}^2 \text{ gün}=136.80\text{w /m}^2 \text{ gün}$$

olarak alınmıştır.

R : Eğik düzleme gelen günlük tüm güneş ışınımının yatay düzleme gelen günlük tüm güneş ışınımına oranı. $\left[R = \frac{Q_e}{Q} \right]$

R_d : Eğik düzleme gelen günlük direkt güneş ışınımının yatay düzleme gelen anlık direkt güneş ışınımına oranı.

Q_d : Yatay düzleme gelen aylık ort. dolaysız güneş ışınımı. (MJ/m^2 gün)(w / m^2)

Q_y : Yatay düzleme gelen aylık ort.yayınlık güneş ışınımı(MJ/m^2 gün)(W/m^2 gün)

S : Düzlemin eğimi.

ρ : Çevrenin yansıtma çarpanı.

R_d değeri 36 no'lu kaynaktan yararlanarak İstanbul Kasım ve Ocak aylarında güneşe bakan düşey yapı yüzeyleri için, EK 5'de hesaplanmıştır.

Kasım ayı	$R_d = 1.7$
Ocak ayı	$R_d = 1.8$
Kasım ayı	$Q_d = 2.7 MJ / m^2$ gün
Ocak ayı	$Q_d = 1.7 MJ / m^2$ gün

olarak alınmıştır.

$$\text{Kasım ayı} \quad Q_y = Q - Q_d = 3.5 MJ / m^2 \text{ gün' dür.}$$

$$\text{Ocak ayı} \quad Q_y = Q - Q_d = 2.9 MJ / m^2 \text{ gün' dür.}$$

Yukarıda belirlenen değerler 5.3 no'lu formüle yerleştirildiğinde,

Kasım ayı,

$$R = 1.7 \times \frac{2.7}{6.2} + \frac{3.5}{6.2} \times \frac{1 + \cos 90}{2} + 0.2 \times \frac{1 - \cos 90}{2}$$

$$R = 1.12 \text{ bulunur.}$$

Ocak ayı,

$$R = 1.8 \times \frac{1.7}{4.6} + \frac{2.9}{4.6} \times \frac{1 + \cos 90}{2} + 0.2 \times \frac{1 - \cos 90}{2}$$

$$R = 1.07$$

Kasım ayı,

$$Q_e = Q.R \text{ denklemlerinden} \quad (5.2)$$

$$Q_e = 6.2 \times 1.12 = 6.944 MJ / m^2 \text{ gün bulunur.}$$

Ocak ayı,

$$Q_e = Q.R \text{ denklemlerinden} \quad (5.2)$$

$$Q_e = 4.6 \times 1.07 = 4.922 MJ / m^2 \text{ gün bulunur.}$$

Kasım ayı,

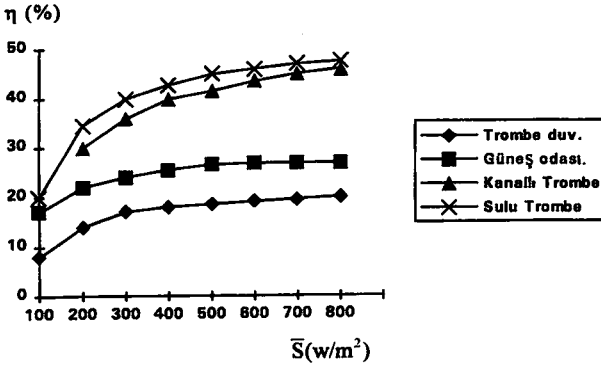
$$\bar{S} = \frac{Q_e}{t_g} = \frac{6.944 \times 10^6}{9.34 \times 3600} = 206.51 \text{ w/m}^2 \text{ gün}$$

Ocak ayı,

$$\bar{S} = \frac{Q_e}{t_g} = \frac{4.922 \times 10^6}{9.34 \times 3600} = 146.38 \text{ w/m}^2 \text{ gün}$$

olarak bulunur.

İstanbul, Kasım ayı için 10.67 °C dış sıcaklık ortalamasına bağlı olarak seçilen Şekil 5.6'dan (Şekil 4.3'ün (f) grafiği), $\bar{S} = 206.51 \text{ w/m}^2 \text{ gün}$ değerinde, sulu sistem Trombe duvarının en yüksek etkinlik yüzdesine sahip sistem olduğu görülmektedir. Ayrıca bu grafikten, Kanallı Trombe duvarı ile Sulu Sistem Trombe Duvarının \bar{S} 'in 200 w/m² den büyük olduğu durumlar için etkinlik yüzdelerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Ocak ayı için ise, 6.31°C dış sıcaklık ortalamasına bağlı olarak, Şekil 4.3'ün +5°C dış sıcaklık ortalaması için hazırlanan (e) grafiğinden seçim yapıldığında, Kasım ayında olduğu gibi sulu sistem Trombe duvarı en yüksek etkinlik yüzdesine sahip sistem olarak görülmektedir.

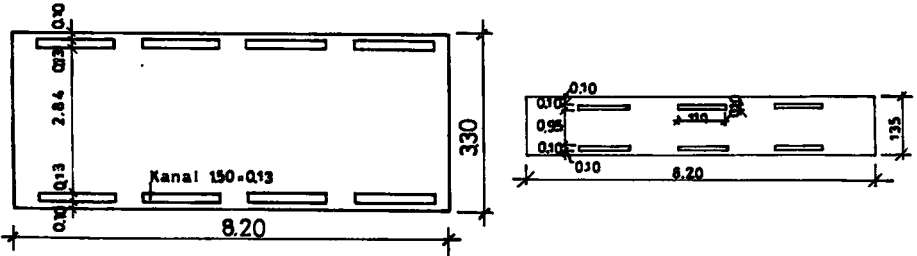


ŞEKİL 5.6.

B-2 Güneş Enerjisinden Edilgen Yolla Yararlanma Yöntemlerinin Dersliklere Uygulanışı Ve Doğal İç Hava Sıcaklığının Saatlik Değerlerinin Hesaplanması.

A.3 basamağında belirlenen derslik tiplerinin biçim, boyut ve saydam alan özellikleri aynen korunarak güneye ve doğuya bakan ana cephelerin dolu alanlarına Trombe duvarı uygulanmıştır. Bir önceki basamakta iklim koşullarına göre etkinlik yüzdesi en yüksek olarak belirlenen sulu sistem Trombe duvarı yerine, etkinlik yüzdesi ona çok yakın olan ısı depolayıcı kanallı kagir duvar (Trombe Duvarı), gerek derslik işleviyle uyumu gerekse birinci basamakta yer alan duvar sisteminin önüne en kolay ve pratik uygulama olanağı nedeniyle seçilmiştir. Bu durumda yaklaşımın, okul yapılarının iyileştirme projelerinde var olan duvarların önüne uygulanacak sistemi seçme olanağı da verdiği görülmektedir.

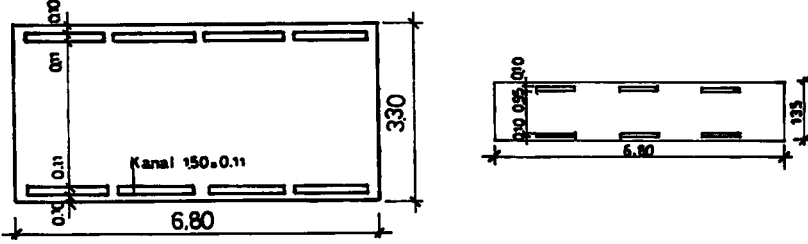
Bu uygulama çalışmasında dersliklerin doğal iç hava sıcaklığının hesaplanmasında, Bölüm 4.B-2'de açıklanan hesap yöntemi kullanılarak Kanallı Trombe Duvarı uygulamasında, ısınan havanın taşınım akımlarıyla iç mekana aktardığı ısı yönlere göre günlük ortalama değer olarak hesaplanmıştır. Belirlenen derslik tiplerinin cephelerine uygulanan Trombe duvarlarında (parapet ya da tüm cepheye uygulanan) cam ile duvar arasındaki boşlukta havanın hız ve sıcaklık alanı ve de Trombe duvarının yüzeyinde ve havalandırma deliklerindeki hız ve sıcaklık Bölüm 4.B.2.'de açıklanan yöntemle ve bilgisayar programı ile hesaplanmıştır.(Uygur, 1993) Programa veri olarak girilen Trombe duvarı uygulanan derslik cephelerinin boyutları, Şekil 5.7, 5.8 ve 5.9'da gösterilmiştir.



Tüm cepheye uygulanan Trombe d.

Parapete uygulanan Trombe d.

ŞEKİL 5.7. Büyük cepheli dersliğe uygulanan Trombe duvarı.

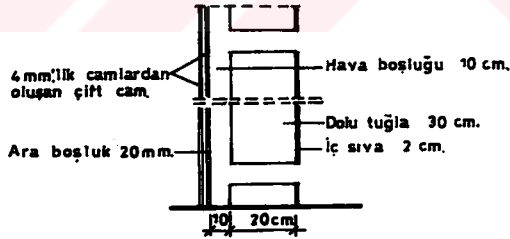


Tüm cepheye uygulanan Trombe d.

Parepete uygulanan Trombe d.

ŞEKİL 5.8.Küçük cepheli dersliğe uygulanan Trombe duvarı.

Söz konusu bilgisayar programına doğu ve güney cepheleri için veri olarak girilen, Ocak ve Kasım ayları ortalama dış sıcaklık ve Trombe duvarı kesitine ilişkin ortalama sıcaklık değerleri ve de her bir cephe için saydam alanlardan herhangi bir anda geçen ısı değerleri (Q) aşağıdaki gibidir. Q değerlerinin hesabı Ek 5'te yer almaktadır. Trombe duvarı kesitine ilişkin veri olarak girilen sıcaklık değerleri ise, "ısınem" programı ile, kesitte Trombe duvarının uygulandığı ancak taşınım akımlarıyla içeriye hava akışının hesaba katılmadığı durum için hesaplanarak, Kasım ve Ocak aylarında yönlere göre değişen günlük ortalama değerler olarak alınmıştır.



Şekil 5.9 Trombe duvarı kesiti.

KASIM AYI

Güney cephesi

Dış sıcaklık, 11.68 °C,

Çift camın dış yüzey sıcaklığı, 14°C,

Çift camın iç yüzey sıcaklığı, 22.10°C,

Doğu cephesi

Dış sıcaklık, 10.38 °C,

Çift camın dış yüzey sıcaklığı, 12.5°C,

Çift camın iç yüzey sıcaklığı, 19.6°C,

Hava boşluğu, 22.5°C,
Q= 141.11 w/m².

Hava boşluğu, 19.98°C,
Q= 91.64 w/m².

OCAK AYI

Güney cephesi

Dış sıcaklık, 7.40 °C,
Çift camın dış yüzey sıcaklığı, 10°C,
Çift camın iç yüzey sıcaklığı, 18.85°C,
Hava boşluğu, 19.4°C,
Q= 104.69 w/m².

Doğu cephesi

Dış sıcaklık, 6.58 °C,
Çift camın dış yüzey sıcaklığı, 9.3°C,
Çift camın iç yüzey sıcaklığı, 17.7°C,
Hava boşluğu, 18.3°C,
Q= 94.97 w/m².

Bölüm 4.B-2'de açıklanan hesap yöntemi kullanılarak, bilgisayar programı ile Kasım ve Ocak ayları için hesaplanan, Trombe duvarlarının havalandırma deliklerindeki yönere ve cephelere göre değişen hız ve sıcaklıklar, EK 6' da verilmiştir. Trombe duvarlarının ve havalandırma deliklerinin boyutlarına, deliklerdeki hava hızı ve sıcaklıklarına bağlı olarak, bu duvarın uygulandığı cephelerde taşınım yoluyla dersliğe (iç mekana) aktarılan ısı akısı da (4.15) ve (4.16) bağıntılarıyla hesaplanarak EK 6' da verilmiştir.

Ek 6'da hesaplanan bu değerler, Bölüm 4.A-4'de açıklanan iç hava sıcaklığının herhangi bir andaki değerini hesaplayan 4.2 formülüne artı ısı yükü olarak ilave edilerek (herbir derslik için yönere ve cephe boyutlarına göre değişen değerler olarak), doğal iç hava sıcaklığının saatlik değerleri hesaplanmıştır.

B-3. Dersliklerin Edilgen Isıtma Sistemi Olarak Etkinliğinin Hesaplanması ve Eğitim Dönemi Değişim Grafiğinin Hazırlanması.

Bir önceki adımda belirlenen eğitim dönemindeki iç hava sıcaklıklarının saatlik değişimine ve Bölüm 4.A.2 adımı belirlenen konfor sıcaklığına bağlı olarak, dersliklerin edilgen ısıtma sistemi olarak etkinliğinin saatlik değerleri, Bölüm 4.A-5'de açıklandığı gibi hesaplanarak Şekil 5.10 ve 5.11'de gösterilmiştir.

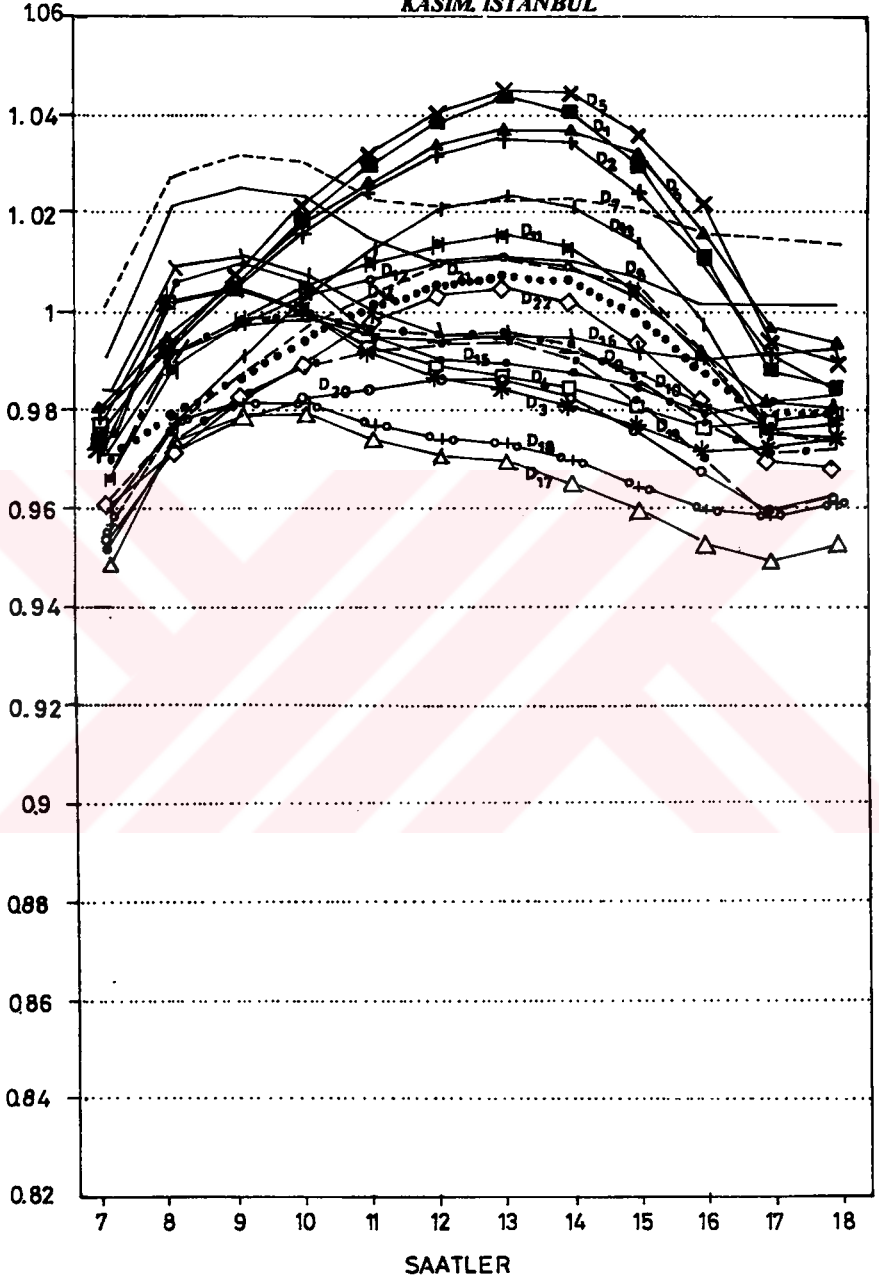
B-4. Edilgen Isıtma Sistemi Açısından En Uygun Derslik Tiplerinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi.

Şekil 5.10, İstanbul Kasım ayı için hazırlanan, biçim, boyut özellikleri ve saydam alanları aynen korunarak dışa bakan doğu ve güney cephelerinin dolu alanlarına Trombe duvarı uygulaması yapılan, 22 derslik tipinin konfor sıcaklığının 21°C olduğu durumda, kullanım saatlerindeki etkinlik yüzdesini göstermektedir. Şekil 5.10, kullanım saatlerinde en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip olma ölçütüne göre değerlendirildiğinde, dersliklerin en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip derslikten başlayarak sıralaması Tablo 5.6'da verilmiştir.

Şekil 5.10, ve Tablo 5.6, A-6 aşamasında olduğu gibi, kullanım saatlerinde en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip olma ölçütüne göre değerlendirildiğinde aşağıdaki belirlemeler yapılabilmektedir.

- Birinci durumdan (A) farklı olarak, Trombe duvarı uygulanan dersliklerin bir bölümü (D₇, D₈ D₅ D₆ D₁ D₂) eğitim saatlerinde edilgen sistem açısından %100 etkin duruma geçmektedir. Özellikle D₇ ve D₈ tipleri, eğitim saatlerinin tümünde konfor sıcaklığına ulaşırken, D₅ D₆, D₁ ve D₂ tipleri de eğitim saatlerinin tümüne çok yakın bir zaman aralığında edilgen ısıtma sistemi açısından %100 etkin duruma geçmektedirler.

- İki cephesi dışa bakan, saydam alanları Doğu cephesinde yer alan ve güney cephesinin tamamına Trombe duvarı uygulanan D₇ tipi dersliğin, enerji etkinlik yüzdesinde birinci duruma (A) göre oldukça önemli bir artış olmuştur. Trombe duvarı uygulanan durumda, D₅ ve D₇ tipleri en başarılı derslik tipleri olarak görülmektedir. Bu derslikler, birinci durumda (A) en olumlu derslik tipleri olan tek cepheli D₁ ve D₂ dersliklerinden daha olumlu duruma geçmişlerdir. D₇ tipi çok daha durağan sıcaklıklarıyla ve eğitim döneminin tüm saatlerinde konfor sıcaklığına ulaşması ile dikkati çekmektedir.



ŞEKİL 5.10. Dersliklerin Edilgen Isıtma Sistemi Olarak Etkinliği.(Kasım)

TABLO 5.6.Dersliklerin en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip olma ölçütüne göre sıralanışı. (Kasım ayı, Trombe Duvarı Uygulaması)

Derslik No	Özelliği	Saydamlık oranı	Biyim faktörü	Top.SA/ Top.DA.
D ₅	İkicephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Saydam alanları tek cephe de (Güney)	% 50	1.2	% 24
D ₇	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Saydam alanları tek cephe de (Doğu)	% 50	1.2	% 20
D ₁	Tek cephesi dışa bakan (Güney) Saydam alanları tek cephe de	% 50	1.2	% 24
D ₆	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Saydam alanları tek cephe de (Güney)	% 50	0.82	% 20
D ₂	Tek cephesi dışa bakan (Güney) Saydam alanları tek cephe de	% 50	0.82	% 20
D ₈	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Saydam alanları tek cephe de (Doğu)	% 50	0.82	% 24
D ₁₃	Üç cephesi dışa bakan (Güney,Doğu,Bat) Saydam alanları tek cephe de (Güney)	% 50	1.2	% 24
D ₁₁	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Saydam alanları iki cephe de	% 33 (Güney) % 20 (Doğu)	1.2	% 24
D ₁₂	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Saydam alanları iki cephe de	% 33 (Güney) % 13 (Doğu)	0.82	% 20
D ₁₄	Üç cephesi dışa bakan (Güney,Doğu,Bat) Saydam alanları tek cephe de (Güney)	% 50	0.82	% 20
D ₁₆	Üç cephesi dışa bakan (Kuzey,Doğu,Güney) Saydam alanları tek cephe de (Doğu)	% 50	1.2	% 20
D ₂₁	Üç cephesi dışa bakan (Güney,Doğu,Kuzey) Saydam alanları iki cephe de	% 33 (Güney) % 16 (Kuzey)	0.82	% 20
D ₁₀	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Saydam alanları iki cephe de	% 13 (Güney) % 33 (Doğu)	1.2	% 20
D ₉	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Saydam alanları iki cephe de	% 20 (Güney) % 33 (Doğu)	0.82	% 24
D ₁₅	Üç cephesi dışa bakan (Kuzey,Doğu,Güney) Saydam alanları tek cephe de (Doğu)	% 50	0.82	% 24
D ₂₂	Üç cephesi dışa bakan (Güney,Doğu,Bat) Saydam alanları iki cephe de	% 33 (Güney) % 16 (Kuzey)	1.2	% 24
D ₄	Tek cephesi dışa bakan (Doğu) Saydam alanları tek cephe de	% 50	1.2	% 20
D ₃	Tek cephesi dışa bakan (Doğu) Saydam alanları tek cephe de	% 50	0.82	% 24
D ₁₉	Üç cephesi dışa bakan (Güney,Doğu,Bat) Saydam alanları iki cephe de	% 33 (Güney) % 20 (Doğu)	1.2	% 24
D ₂₀	Üç cephesi dışa bakan (Güney,Doğu,Bat) Saydam alanları iki cephe de	% 33 (Güney) % 13 (Doğu)	0.82	% 20
D ₁₈	Üç cephesi dışa bakan (Güney,Doğu,Bat) Saydam alanları iki cephe de	% 13 (Güney) % 33 (Doğu)	1.2	% 20
D ₁₇	Üç cephesi dışa bakan (Güney,Doğu,Bat) Saydam alanları iki cephe de	% 20 (Güney) % 33 (Doğu)	0.82	% 24

• Üç cephesi dışa bakan ve saydam alanları iki cephede (Doğu ve Güney) yer alan derslik tipleri de (D20, D18, ve D17) belirlenen derslik tipleri içinde en olumsuz derslik tipleridir.

• D₇ tipi gibi, güneye bakan tüm cephesine Trombe duvarı uygulanabilen D₈, D₁₅ ve D₁₆ derslik tiplerinin de etkinlik yüzdelerinde önemli derecede artış olurken, bu dersliklerde birinci duruma göre (A) çok daha durağan sıcaklıklar elde edildiği görülmektedir. Özellikle birinci durumda en başarısız derslik tipleri olan, üç cephesi dışa bakan D₁₅ ve D₁₆ tipleri enerji etkinlik yüzdelerindeki artışla, tek ve doğu cephesi dışa bakan D₃ ve D₄ gibi dersliklerden daha olumlu duruma geçmişlerdir. Ayrıca, biçim faktörü 1.20 olan D₁₆, iki cephesi dışa bakan D₉ ve D₁₀ gibi dersliklerden daha olumlu duruma geçmiştir.

• Biçim faktörleri dışında öteki özellikleri aynı olan dersliklerden D₇, D₈, D₁₅ ve D₁₆ gibi tipleri kendi aralarında karşılaştırdığımızda, biçim faktörü 1.20 dolayısıyla güneye bakan cephesi geniş olan (Trombe duvarı uygulanan cephe) tiplerin daha olumlu olduğu görülmektedir.

• Tek cephesi dışa bakan (Doğu) derslik tiplerinden D₄ ve D₃ tipleri birinci durumdan (A) çok farklı olarak en olumsuz derslik tipleri arasında görülmektedir. Üç cephesi dışa bakan D₂₁, D₂₂ ve iki cephesi dışa bakan D₁₁, D₁₂, D₉ ve D₁₀ tipleri, tek cephesi dışa bakan D₄ ve D₃ tiplerinden daha yüksek enerji etkinlik yüzdesine sahiptirler. Ayrıca, D₂₁ ve D₂₂ tipleri, doğu cephelerine tam uygulanabilen Trombe duvarı nedeniyle, iki cephesi dışa bakan saydam alanları her iki cephede yer alan D₉ ve D₁₀ tiplerinden daha başarılı duruma geçmişlerdir.

Yukarıdaki belirlemelere ve Şekil 5.4 ve 5.10'un karşılaştırmasını gösteren Şekil 5.11'e bağlı olarak, Kasım ayı için Trombe duvarı uygulandığı durumda, şu sonuçlara varılabilir.

• Dersliklerin Güney cephesinin tümüne kanallı Trombe duvarı uygulaması, iki hatta üç cephesi dışa bakan dersliklerin sıralamalarında

önemli değişiklikler yapmakta, bu derslikleri bir çok derslik tipine oranla çok daha olumlu kılmaktadır. Aynı durum güneye bakan cepheler kadar olmasa da Doğu cephesinin tümüne Trombe uygulanan derslikler için de söz konusudur.

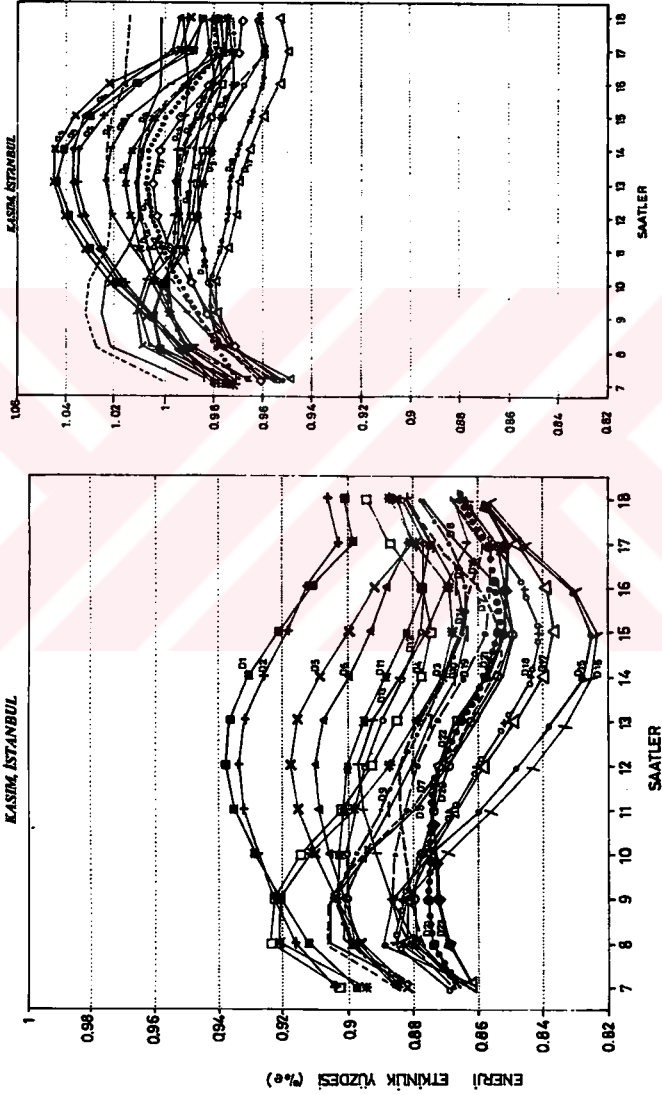
Birinci durumdan (A) farklı olarak, tek cephesi dışa bakan D₁ tipi yerine, iki cephesi dışa bakan, saydam alanları güney cephesinde yer alan ancak, doğuya bakan tam cephesine Kanallı Trombe duvarı uygulanan derslik tipi D₅ ve yine iki dış cepheli, güneye bakan tam cephesine Kanallı Trombe duvarı uygulanan D₇, bu nedenle etkin derslik tipi olarak görülmektedir.

Bunun yanında, doğu cephesine tam olarak kanallı Trombe duvarı uygulanabilen iki cephesi dışa bakan D₆ tipinin de, birinci durumda en iyi derslik tiplerinden olan D₂ tipinden den daha olumlu duruma geçmesi, Doğu cephesinin tamamına uygulanan Trombe duvarının etkinliğini göstermektedir.

Ayrıca birinci durumda (A) en olumsuz derslik tipleri olarak görülen üç cephesi dışa bakan D₁₅ ve D₁₆ tiplerinin etkinlik yüzdelerindeki artışa bağlı olarak, iki cephesi ya da tek cephesi dışa bakan bazı dersliklerden daha olumlu duruma geçmeleri, Güneye bakan cephelerinin tamamına Trombe duvarı uygulanabilir olmasındandır.

Bunun yanında, tek cephesi (Doğu) dışa bakan D₃, D₄ ve de iki cephesi dışa bakan D₉, D₁₀, D₁₁, D₁₂ gibi dersliklerin birinci durumdan (A) daha olumsuz görülmelelerinin nedeni, yalnızca parapet duvarlarına Trombe duvarı uygulanabilir olmasıdır.

Üç cephesi dışa bakan ve saydam alanları her iki cephede de yer alan dışa bakan herhangi bir cephesine tümüne Trombe duvarı uygulanamayan derslikler birinci durumda olduğu (A) gibi en olumsuz derslik tipleridir.



Şekil 5.11. Şekil 5.4 ve 5.10'nun Karşılaştırılması.

Derslik tiplerini ana cephenin güney 'de ya da doğu'da yer alması durumuna göre değerlendirdiğimizde, birinci durumda olduğu gibi (A) tek cephesi dışa bakan dersliklerden üç cephesi dışa bakan dersliklere doğru bir sıralama görülmektedir.

• Ana cephenin güneye baktığı koşullarda,

- 1) İki cephesi dışa bakan (Güney, Doğu), D5
(Saydam alanları tek cephede, Güney)
- 2) Tek cephesi dışa bakan (Güney), D1
- 3) Üç cephesi dışa bakan (Güney, Doğu, Batı), D13
(Saydam alanları tek cephede, Güney)
- 4) İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu), D11
(Saydam alanları iki cephede)
- 5) Üç cephesi dışa bakan (Güney, Doğu, Kuzey), D21
(Saydam alanları iki cephede , Kuzey, Güney)
- 6) Üç cephesi dışa bakan (Güney, Doğu, Batı) D19
(Saydam alanları iki cephede , Güney, Doğu)

• Ana cephenin doğuya baktığı koşullarda,

- 1) İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu), D7
(Saydam alanları tek cephede, Doğu)
- 2) Üç cephesi dışa bakan (Kuzey, Güney, Doğu), D16
(Saydam alanları tek cephede, Doğu)
- 3) İki cephesi dışa bakan (Güney, Doğu), D9
(Saydam alanları iki cephede)
- 4) Tek cephesi dışa bakan (Doğu), D4
- 5) Üç cephesi dışa bakan (Güney, Doğu, Batı), D18
(Saydam alanları iki cephede, Güney, Doğu)

Her iki durumda da iki cephesi dışa bakan derslikler den D5 ve D7 tipleri en olumlu tipler olmaktadır. Bunun nedeni daha öncede açıklandığı gibi bir cephenin tamamına Trombe duvarı uygulanabilmesidir. Ancak, ana cephenin Güney'de olduğu durumda, tek cephesi dışa bakan derslikler D1 ve D2, D5 ve D6 tiplerinden hemen sonra gelirken, ana cephenin Doğu olduğu durumda tek cephesi dışa bakan D3 ve D4 tiplerinin etkinlikleri oldukça düşüktür. Bunun nedeni D1ve D2 tiplerinde, parapete uygulanan Trombe duvarıyla birlikte Güney cephesindeki saydam

alanlardan elde edilen ısı kazancının da oldukça önemli olmasıdır. Ana cephenin Doğu'ya baktığı durumda üç cephesi dışa bakan D₁₆ ve D₁₅ tiplerinin enerji etkinliklerindeki artış oldukça önemlidir. Güney cephelerinin tamamına uygulanabilen Trombe duvarı bu dersliklerin etkinliklerini önemli derecede artırmıştır.

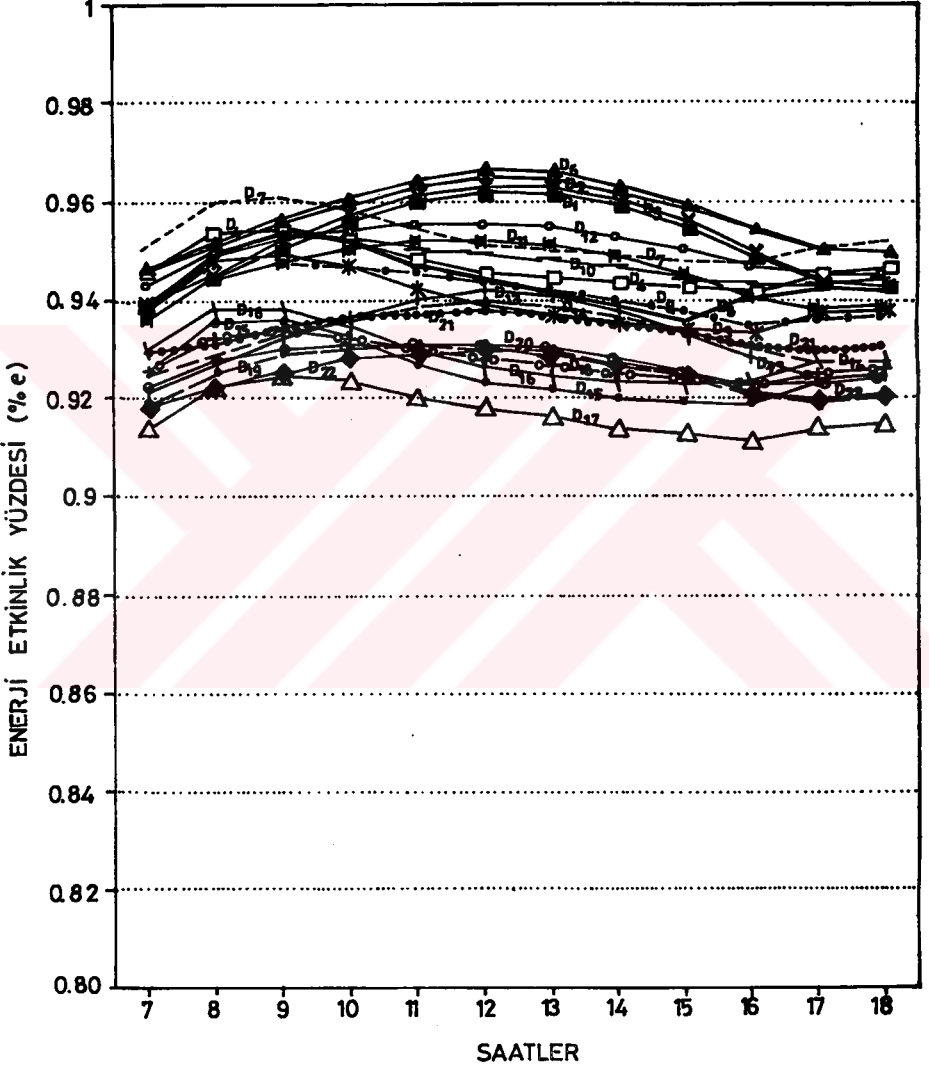
İstanbul, Kasım ayı için hazırlanan Şekil 5.10 gibi, İstanbul Ocak ayı için hazırlanan Şekil 5.12, biçim, boyut özellikleri ve saydam alanları aynen korunarak dışa bakan doğu ve güney cephelerinin dolu alanlarına Trombe duvarı uygulaması yapılan, 22 derslik tipinin, konfor sıcaklığının 21°C olduğu durumda kullanım saatlerindeki (saat 7.00-18.00) etkinlik yüzdesini göstermektedir. Şekil 5.12, kullanım saatlerinde en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip olma ölçütüne göre değerlendirildiğinde, dersliklerin en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip derslikten başlayarak sıralaması Tablo 5.7'de verilmiştir.

Şekil 5.12, ve Tablo 5.7, kullanım saatlerinde en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip olma ölçütüne göre değerlendirildiğinde aşağıdaki belirlemeler yapılabilmektedir.

- Dersliklere Trombe duvarı uygulamasıyla, Ocak ayında dersliklerin hiç birinin, konfor sıcaklığının 21°C olduğu durumda, edilgen ısıtma sistemi açısından % 100 etkin duruma geçmediği, ancak en başarılı tipler olan D₆, D₂, D₅ ve D₁'in etkinlik yüzdesinin 1'e çok yakın olduğu, konfor sıcaklığının 20°C alınması halinde bu dersliklerin Ocak ayında da edilgen sistem açısından %100 etkin duruma geçeceği görülmektedir.

- Ocak ayında, iki dış cepheli, saydam alanları güneyde ve doğu cephesinin tamamına Trombe duvarı uygulanan derslik tipi D₆, edilgen sistem açısından en olumlu derslik tipidir. Ancak Ocak ayında Trombe duvarı uygulamasıyla, D₆, D₂, D₅ ve D₁ tiplerinin enerji etkinlik yüzdelерinin birbirine çok yakın, hemen hemen eşit olduğu görülmektedir.

OCAK, İSTANBUL



ŞEKİL 5.12. Dersliklerin Edilgen Isıtma Sistemi Olarak Etkinliği.(Ocak)

TABLO 5.7.Dersliklerin en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip olma ölçütüne göre sıralanışı. (Ocak ayı, Trombe Duvarı Uygulaması).

Derslik No	Özelliği	Saydamlık oran	Biçim faktörü	Top.S.A/ Top D.A.
D ₆	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Saydam alanları tek cephede (Güney)	% 50	0.82	% 20
D ₂	Tek cephesi dışa bakan (Güney) Saydam alanları tek cephede	% 50	0.82	% 20
D ₅	İkicepnesidışabakan(Güney,Doğu) Saydam alanları tek cephede (Güney)	% 50	1.2	% 24
D ₁	Tek cephesi dışa bakan (Güney) Saydam alanları tek cephede	% 50	1.2	% 24
D ₇	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Saydam alanları tek cephede (Doğu)	% 50	1.2	% 20
D ₁₂	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Saydam alanları iki cephede	% 33 (Güney) % 13 (Doğu)	0.82	% 20
D ₁₀	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Saydam alanları iki cephede	% 13 (Güney) % 33 (Doğu)	1.2	% 20
D ₁₁	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Saydam alanları iki cephede	% 33 (Güney) % 20 (Doğu)	1.2	% 24
D ₄	Tek cephesi dışa bakan (Doğu) Saydam alanları tek cephede	% 50	1.2	% 20
D ₈	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Saydam alanları tek cephede (Doğu)	% 50	0.82	% 24
D ₉	İki cephesi dışa bakan (Güney,Doğu) Saydam alanları iki cephede	% 20 (Güney) % 33 (Doğu)	0.82	% 24
D ₃	Tek cephesi dışa bakan (Doğu) Saydam alanları tek cephede	% 50	0.82	% 24
D ₂₁	Üç cephesi dışa bakan (Gün,Doğ,Kuz) Saydam alanları iki cephede	% 33 (Güney) % 16 (Kuzey)	0.82	% 20
D ₁₃	Üç cephesi dışa bakan (Güne,Doğ,Bat) Saydam alanları tek cephede (Güney)	% 50	1.2	% 24
D ₁₄	Üç cephesi dışa bakan (Gün,Doğu,Bat) Saydam alanları tek cephede (Güney)	% 50	0.82	% 20
D ₁₆	Üç cephesi dışa bakan(Ku,Doğu,Güne) Saydam alanları tek cephede (Doğu)	% 50	1.2	% 20
D ₁₅	Üç cephesi dışa bakan (Kuz,Doğ,Gün) Saydam alanları tek cephede (Doğu)	% 50	0.82	% 24
D ₁₈	Üç cephesi dışa bakan (Güne,Doğ,Bat) Saydam alanları iki cephede	% 13 (Güney) % 33 (Doğu)	1.2	% 20
D ₂₂	Üç cephesi dışa bakan (Gün,Doğ,Bat) Saydam alanları iki cephede	% 33 (Güney) % 16 (Kuzey)	1.2	% 24
D ₂₀	Üç cephesi dışa bakan (Gün,Doğ,Bat) Saydam alanları iki cephede	% 33 (Güney) % 13 (Doğu)	0.82	% 20
D ₁₉	Üç cephesi dışa bakan (Güne,Doğ,Bat) Saydam alanları iki cephede	% 33 (Güney) % 20 (Doğu)	1.2	% 24
D ₁₇	Üç cephesi dışa bakan (Gün,Doğ,Bat) Saydam alanları iki cephede	% 20 (Güney) % 33 (Doğu)	0.82	% 24

- Üç cephesi dışa bakan, doğu ve güney cephelerinde saydam alanları yer alan D_{17} tipi ise en olumsuz derslik tipidir.

- Trombe duvarı uygulandığı durumda, Kasım ayına göre, tüm derslik tipleri için çok daha durağan iç sıcaklıklar elde edildiği grafiklerden görülmektedir.

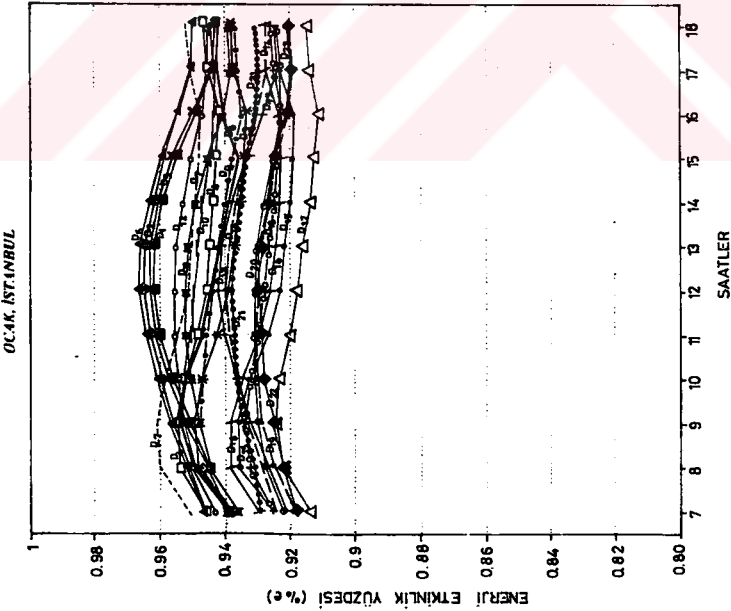
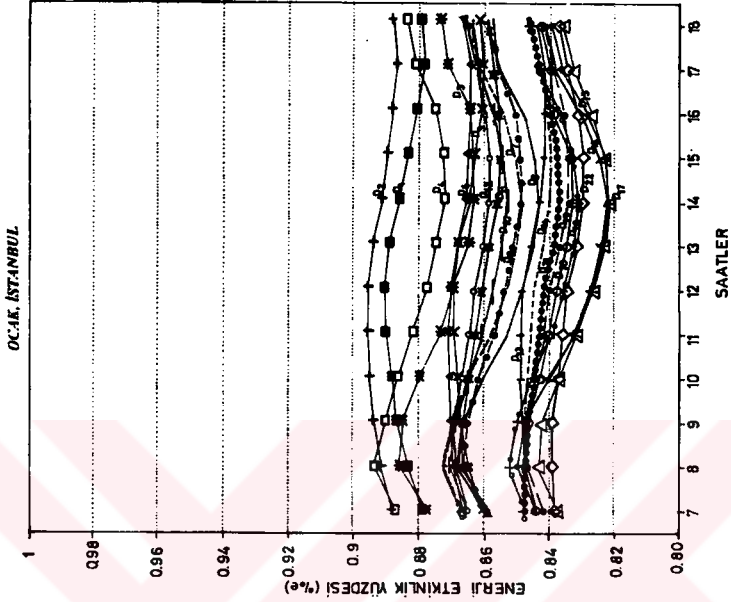
Kasım ayı gibi Ocak ayında da, tek cephesi dışa bakan (Doğu) derslik tiplerinden D_4 ve D_3 tipleri, birinci durumdan (A) farklı olarak, iki cephesi dışa bakan derslik tipleri D_2 ve D_1 , iki cephesi dışa bakan ve tam cephelerine Trombe duvarı uygulama olanağı olan D_6 ve D_5 tipleriyle birlikte en başarılı derslik tipleri durumundadır.

- İki cephesi dışa bakan, saydam alanları Doğu cephesinde yer alan ve güney cephesinin tamamına Trombe duvarı uygulanan D_7 tipi dersliğin, enerji etkinlik yüzdesinde birinci duruma (A) göre önemli bir artış olmuştur.

- D_7 tipi gibi, güneye bakan tüm cephesine Trombe duvarı uygulanabilen D_{15} ve D_{16} derslik tiplerinin de etkinlik yüzdelerinde artış olurken, bu dersliklerde birinci duruma göre (A) çok daha durağan sıcaklıklar elde edildiği görülmektedir.

Yukarıdaki belirlemelere ve Şekil 5.5 ve 5.12'nin karşılaştırmasını gösteren Şekil 5.13'e bağlı olarak, Ocak ayı için Trombe duvarı uygulandığı durumda, şu sonuçlara varılabilir.

- Ocak ayında dersliklere kanallı Trombe duvarı uygulaması, birinci duruma (A) göre dersliklerin sıralamasında değişiklikler meydana getirmiştir. Birinci durumda tek cephelilerden üç cephelilere doğru sıralama gösteren derslikler Trombe duvarı uygulanmasıyla, iki cephesi dışa bakan derslikleri (D_6, D_5, D_7 gibi), bir çok derslik tipine oranla çok daha olumlu kılmaktadır.



ŞEKİL 5.13 Şekil 5.5 ve Şekil 5.12'nin karşılaştırılması.

Birinci durumdan (A) farklı olarak, tek cephesi dışa bakan D_2 tipi yerine, iki cephesi dışa bakan, saydam alanları güney cephesinde yer alan ancak, doğuya bakan tam cephesine kanallı Trombe duvarı uygulanan derslik tipi D_6 ve yine iki dış cephe, doğuya bakan tam cephesine Kanallı Trombe duvarı uygulanan D_5 , Trombe duvarı uygulaması nedeniyle tek cephe dersliklerden daha etkin duruma geçebilmektedirler.

Bunun yanında Kasım ayında olduğu gibi, tek cephesi (Doğu) dışa bakan D_3 , D_4 dersliklerinin birinci durumdan (A) daha olumsuz görülmelerinin nedeni, yalnızca parapet duvarlarına Trombe duvarı uygulanabilir olmasıdır.

Kasım ayında olduğu gibi, üç cephesi dışa bakan ve saydam alanları her iki cephede de yer alan dışa bakan herhangi bir cephesine tümüne Trombe duvarı uygulanamayan derslikler birinci durumda olduğu (A) gibi en olumsuz derslik tipleridir.

Ocak ayında, Trombe duvarı uygulandığı durumda, biçim faktörü 1.20 olan derslik tipleriyle (D_1 , D_5 gibi), biçim faktörü 0.82, dışa bakan cephesi daha dar ve saydam alan/döşeme alan oranı daha düşük olan derslik tiplerinin (D_2 , D_6 gibi) etkinlik düzeyleri hemen hemen eşit düzeydedir. Birinci durumla (A) karşılaştırdığımızda Trombe duvarı uygulanmasıyla, biçim faktörü 1.20 dolayısıyla dışa bakan güney cepheleri daha geniş olan D_1 , D_5 gibi dersliklerin enerji etkinliklerindeki artış D_2 , D_6 tiplerini yakalamıştır.

Derslik tiplerini ana cephenin güney 'de ya da doğu'da yer alması durumuna göre değerlendirdiğimizde, ana cephenin gerek güney gerekse doğu olduğu durumda, enerji korunumlu yapı kabuğu uygulamasında olduğu gibi tek dış cephe dersliklerden üç cephelilere doğru bir sıralama söz konusu değildir. İki cephe dersliklerin tek cephe dersliklerden daha etkin duruma geçtiği görülmektedir.

Ayrıca, gerek ana cephesi güney gerekse doğu olan dersliklerden S.A./D.A.= %20 olanlarının, S.A./D.A.= %24 olanlara göre daha olumlu olduğu görülse de aralarındaki fark yaklaşımın birinci aşamasında olduğu gibi değildir, etkinlik düzeyleri birbirine oldukça yakındır. Bu sonuç, sıcaklıkların daha düşük olduğu Ocak ayında, Trombe duvarı uygulamasıyla, S.A./D.A.= %24 olan dersliklerin, enerji etkinliklerindeki artışın S.A./D.A.=%20 olanlardan daha fazla olduğunu göstermektedir.

Yukarıdaki belirlemelerden Ocak ve Kasım aylarında Trombe duvarı uygulandığı durum için, şu sonuçlara varılabilir:

- Konfor sıcaklığının 21°C alındığı durumda, Kasım ayında bir çok dersliğin İstanbul'da edilgen ısıtma sistemi açısından %100 etkin durumda olduğu görülmektedir. Ocak ayında dış sıcaklıklar ve yapı yüzeylerini etkileyen güneş ışınımı yeğnliği daha düşük olduğundan, dersliklerin edilgen ısıtma sistemi etkinlikleri de, Kasım ayına göre daha düşük olmakta, ancak dersliklerin edilgen ısıtma sistemi açısından %100 etkin duruma çok yaklaştığı görülmektedir. Konfor sıcaklığının 20°C alındığı durumda ise, Ocak ayında da bir çok dersliğin edilgen ısıtma sistemi açısından %100 etkin duruma geçeceği açıktır.

- Gerek Kasım gerekse Ocak ayında, iki dış cepheci dersliklerin, bütün bir cepheye Trombe duvarı uygulama olanağı nedeniyle, edilgen ısıtma sistemi olarak etkinliklerinde önemli artış elde edilmiştir. Kasım ayında iki dış cepheci dersliklerden bazıları (D_5, D_7 gibi), tek cepheci dersliklerden (D_1 ve D_2) daha etkin duruma geçerken, Ocak ayında ise iki dış cepheci dersliklerle (D_5, D_6) tek dış cepheci dersliklerin (D_1 ve D_2) etkinlik yüzdeleri hemen hemen eşit duruma gelmiştir. Ayrıca, Ocak ve Kasım aylarında, gerek enerji korunumlu yapı kabuğu seçildiği aşamada gerekse Trombe duvarı uygulandığı durumda, en olumsuz derslik tipi D_{17} 'dir.

5.2. UYGULAMA ÇALIŞMASININ SONUÇLARI.

Şekil 5.12 ve 5.13'ün karşılaştırılarak değerlendirilmesinden şu sonuçlara varılabilir.

Yaklaşımın birinci aşamasında enerji korunumlu yapı kabuğu uygulanan dersliklerin, saydam alanları korunarak yalnızca dışa bakan dolu alanlarına Trombe duvarı uygulandığında, Kasım ayında konfor sıcaklığının 21°C olduğu durumda, bir çok derslik tipinin etkinlik yüzdesinde meydana gelen artış, edilgen ısıtma sistemi açısından dersliklerin etkinliklerini %100'e ulaştırmaktadır. Ocak ayında ise bu duruma çok yakın etkinlik yüzdeleri elde edilmektedir. Konfor sıcaklığının 20°C alınması durumunda ise, Ocak ayı için de aynı durum gerçekleşmektedir. Burada şunu belirtmek gerekir ki, edilgen yolla güneş enerjisinden yararlanma yöntemlerinin uygulandığı mekanlarda yüzeylerin sıcaklığı daha yüksek olduğundan, mekanın ortalama ışımsal sıcaklığı da daha yüksektir. Dolayısıyla kişiler normalden daha düşük hava sıcaklıklarında kendilerini konforda hissederler. (Mazria, E., 1979)

•Yaklaşımın birinci aşaması gereği enerji korunumlu yapı kabuğu uygulandığı durumda, Kasım ve Ocak aylarında tek cepheli ve saydam alanları güneyde yer alan derslikler, edilgen ısıtma sistemi açısından enerji etkinlik yüzdesi en yüksek olan dersliklerdir. Trombe duvarı uygulandığı durumda ise, her iki ayda da, iki cephesi dışa bakan ancak saydam alanları tek cephede yer alan ve öteki cephenin tamamına Trombe duvarı uygulanabilen derslikler en olumlu derslik tipleridir. Ancak bu durumda Ocak ayında tek dış cepheli ve saydam alanları güneyde yer alan dersliklerle, iki dış cepheli bir cephesinin tamamına Trombe duvarı uygulanabilen dersliklerin etkinlik yüzdeleri eşit denilebilecek kadar yakındır.

Bu sonuçlar, Trombe duvarı uygulamalarıyla ilkökul planlamalarında, dersliklerin yönlendirilmesinde çok daha esnek davranılabileceğini göstermektedir.

Ayrıca, Trombe duvarı uygulamasıyla, üç cephesi dışa bakan ancak Güney cephesinin tamamına Trombe duvarı uygulanan tipler (D15, D16), oldukça etkin derslik tipleri haline gelmektedir. Bu derslik tipleri, enerji korunumu

açısından tasarlanmış derslik tipleri arasında en olumsuz durumda görülen derslik tipleri iken, Trombe duvarı uygulandığında, etkinlik yüzdesinde meydana gelen artışla, özellikle Kasım ayında iki cephesi dışa bakan bir çok derslik tipinden daha etkin duruma geçmişlerdir.

- Trombe duvarı uygulanan dersliklerde kullanım saatleri içinde gerek Kasım gerekse Ocak ayında çok daha durağan iç sıcaklıklar elde edilmektedir.

Yukarıdaki sonuçlar, dersliklerin kullanım saatlerinde en uzun süre en yüksek etkinlik yüzdesine sahip olma açısından sıralamalarında önemli değişiklikler göstermektedir. Trombe duvarı uygulamasıyla dersliklerin etkinlik düzeylerinde önemli derecede artış elde edilirken, tek, iki, üç cepheli dersliklerin etkinlik sıralamasında değişiklikler görülmektedir. Sonuçta, Trombe duvarı uygulamasıyla, ilkokul dersliklerinin biçimlendirilmesinde ve yönlendirilmesinde çok daha esnek davranarak konfor sıcaklığına kolaylıkla ulaşmak ve önemli ölçüde enerji tasarrufu yapmak olanaklıdır. Ayrıca, dış sıcaklıkların çok düşük olduğu konfor sıcaklığına ulaşamadığı günler için, klasik ısıtma sistemleri yerine sıcak hava üfleli pencere tipi küçük ısıtıcılarla ek ısıtma sisteminin çözülmesi oldukça ekonomik ve kolay uygulanabilir bir çözüm olacaktır.

SONUÇ

Bu tezin amacı, giriş bölümünde de belirtildiği gibi, edilgen ısıtma sistemi derslik tasarımının ölçütlerini belirlemek, güneş enerjisinden yararlanma yöntemlerini derslikler açısından değerlendirmek ve dersliklerin edilgen ısıtma sistemi açısından gösterdikleri başarıyı ölçecek bir değerlendirme yöntemi geliştirerek bunları mimarların tasarım aşamasında kullanabilecekleri biçimde ortaya koymak idi.

Yukarıda açıklanan amaca bu tez çalışması ile ulaşılmıştır. Bu amaca ulaşmada ana aşamalar,

- Edilgen Isıtma Sisteminin gereksinimleriyle derslik tasarımlarının gereksinimlerinin uyumu, Edilgen Isıtma Sistemi derslik tasarımının ölçütleri ve bu sistemde güneş enerjisinden yararlanma yöntemlerinin dersliklere uygulananın değerlendirilmesi ve uygun yöntemlerin belirlenmesi Bölüm 2'de,

- Edilgen Isıtma Sistemi açısından dersliklerin etkinliğinin değerlendirilmesinde kullanılacak bir yaklaşım Bölüm 4'de,

belirlenmiş ve açıklanmıştır.

Bu aşamalara bağlı sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Sonuçta,

- Edilgen Isıtma Sistemi derslik tasarımının ölçütlerinin belirlenmesi ve derslik tasarımlarının bu ölçütlere uygun olarak yapılabilmesi ile ilgili olarak,

- ilkokullar için olumlu plan çözümleri belirlenerek bu plan tiplerine bağlı olarak dersliklerin edilgen ısıtma sistemi açısından kullanılacak konum seçenekleri belirlenmesi,

•ilkokul dersliklerinin gerek mimari tasarım ölçütleri gerekse seslendirmesiz derslikler açısından uygun boyut ve biçim faktörü saptaması,

•edilgen sistemin yönlendirme gereksinimleriyle, dersliklerin kullanım gereksinimleri birlikte değerlendirilerek dersliklerin yönlendirilmesinde ağırlık verilecek yönlerin belirlenmesi,

•dersliklerdeki öğelerin ve iç yüzeylerin yutma çarpanlarının belirlenmesi,

•gerek enerji korunumu gerekse ısı kazancı açısından etkili olarak yapı kabuğu seçiminde izlenecek yol,

•güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma yöntemlerinden derslik işlevine bağlı ısısal konfor gereksinimleriyle uyum sağlayacak yöntemler,

ortaya konulmuş, bu konularla ilgili olarak tasarımda karşılaşılabilecek sorunlar çözülebilir duruma gelmiştir.

• Bunların yanında, ayrıntılı olarak derslik tasarımı ölçütlerini içeren ve gerek ısı kayıplarını azaltma gerekse güneş enerjisinden elde edilecek ısı kazançlarını edilgen yolla artırma açısından dersliklerin etkinliğinin iklim koşullarına bağlı olarak değerlendirilmesinde kullanılabilecek bir yaklaşım geliştirilmiştir.

Geliştirilen yaklaşım,

•Güneşle ısınma oranı ölçütüne dayandırılmış, yani derslikler edilgen ısıtma sistemi ilkelerine uygun olarak güneş enerjisinden yararlanma oranına ağırlık verilerek değerlendirilmiştir.

•Ayrıntılı olarak derslik tasarımı ölçütlerini içeren yaklaşım, derslik işleviyle uyum sağlayan güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma

yöntemlerinden iklim koşullarına göre en etkin olanını seçme olanağı vermektedir.

- İlkokul planlamalarından seçilen ve edilgen sistem açısından uygun konum özellikleri gösteren derslik tipleri içerisinde, iklim koşullarına göre eğitim döneminde en uzun süre en etkin olan (yapma ısıtma desteğine en kısa gereksinimi olan) derslik tipini seçme olanağı verirken, ısı kayıplarının azaltılmasına yönelik enerji korunumlu dersliklerle, güneş enerjisinden ısı kazancı artırılmış derslik tiplerinin karşılaştırmasını yaparak mimara iklim koşullarına göre seçim yapma olanağı sağlamaktadır.

- Yaklaşım, iç hava sıcaklığının eğitim dönemindeki değişimine bağlı olarak konfor sıcaklığı ile iç hava sıcaklığı arasındaki farkı, dolayısıyla dersliklerin bu dönemdeki ısısal davranışını izleme olanağı vermektedir. Aynı zamanda dersliklerin ısıtma gereksiniminin hangi dönemlerde edilgen yolla hangi dönemlerde yapma ısıtma sistemleriyle karşılanacağı belirlenebilmektedir.

- Yaklaşım aracılığıyla, dersliklerin okul planlamalarındaki yerine bağlı konum, boyut ve biçim faktörü, yönlendiriliş ve yapı kabuğundan ısı geçişi ile ilgili fiziksel özelliklerin oluşturduğu farklı seçenekler arasından optimal durumu oluşturan dersliği belirlemek olanaklıdır.

- Bu yaklaşım gerek tasarım aşamasında, gerek yapımı bitmiş kullanılmakta olan okul yapılarının dersliklerinin iyileştirme projeleri için kullanılabilir. İyileştirme projelerinde, edilgen sistem öğelerinin sonradan değiştirilmesi olanaklı olanlarında değişimler yapılarak optimum durum saptanabilir.

Gerek mimari tasarım aşamasında gerekse iyileştirme aşamalarında, yukarıda belirtilen sorunların çözülebilir duruma gelmesi ve önerilen yaklaşımın uygulanması ile dersliklerin ve dolayısıyla okul yapılarının projelendirilmesinde

tutulacak yeni bir yol, yeni bir tasarım yaklaşımı ve genelde yeni bir yöntem önerisi ortaya konmuştur. Geliştirilen yaklaşım, ayrıntılı olarak derslik tasarımı ölçütlerini belirlemesi, ana ölçüt olarak güneş enerjisinden elde edilen ısı kazançları oranına bağlı olarak edilgen sistemin performansını ölçen bir değerlendirme içermesi ve güneş enerjisi kazançlarını arttırmaya yönelik edilgen sistem uygulamalarını değerlendirme kapsamına alan bir modele yer vermesi ve de gerek ısı kayıplarını azaltma gerekse güneş enerjisinden elde edilen ısı kazançlarını arttırma olarak her iki durumu birlikte ele alması açısından hacimlerin edilgen ısıtma sistemi olarak değerlendirilmesinde kullanılan öteki yaklaşımlardan ayırım göstermektedir.



KAYNAKLAR

- 1) ALEXANDER, D.K., "Energy Performance Assessment of Looe Junior and Infant School"
VAUGHAN N.D., International Journal of Ambient Energy, Volume 11, Number 1,
JENKINS, H.G., January 1990, S. 17-29.
O'SULLIVAN, P.E.,
- 2) ANDERSON, B., "Solar Energy Fundamentals in Building Design",
Total Environmental Action Inc., Harrisville, New Hampshire, 1977.
- 3) ANON, "Ashrae Standart 55-74", Thermal Comfort Conditions,
American Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers,
New York, 1974.
- 4) ANON, "Ashrae Standart 55-81", Thermal Comfort Conditions, for
Human Occupancy American Society of Refrigerating and Air
Conditioning Engineers, Atlanta, 1981.
- 5) ANON, "A Lesson in Passive Design", Building Services, The Cibse Journal,
June 1991, S.29-34.
- 6) ANON, "Information Sheet, U.S. Department of Housing and Urban
Development" Conservation and Renewable Energy Inquiry and Referral
Service, 1983.
- 7) ANON, "Three Schools", Building Services, Mart 1989, S. 73-75, Vol. 11, No:3.
- 8) ANON, "Türk Standartları 825", Türk standartları Enstitüsü, Ankara, 1989, S.20.
- 9) ANON, "Netley Infants School", Building Services, Vol.8, No:4, 1986.
- 10) BALCOMB, J.D., "Passive Solar Design Handbook", Vol.3., Los Almos National
Lab., Los Almos, US Department of Energy, 1982.
- 11) BALCOMB, J.D., "Integration of Heating, Cooling And Daylighting ", Proceedings
of the Passive Solar Conferance , Yugoslavia, March 1988, S 133-138.
- 12) BANSAL N.K., "A Simple Procedure for Selection and Sizing of Indirect Passive
Solar Heating Systems", Building and Environment, vol 26., No:4,
S.381-387, 1991.
- 13) BERKÖZ E., "Güneş Işınımı ve Yapı Dizayını" İTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi,
1983.

- 14) BERKÖZ E., "Türkiyenin Çeşitli İklim Bölgeleri için Isıtma Enerjisi Tasarrufu Açısından Optimum Kabuk Seçeneklerinin Belirlenmesi.", İTÜ, Haziran 1989, S 12-14.
- 15) BRUCE, A., MALCOLM W. "Passive Solar Energy", Brick House Publishing Com., Andover, 1981, S. 70-72
- 16) BULDURUR M., "Kentsel Tasarımda Güneş Enerjisinden Optimum Yararlanma Konusunda Bir Araştırma ve İstanbul'da Çeşitli Uygulama Örnekleri", Doktora tezi, İstanbul, İTÜ Mimarlık Fak., 1983, S.3,
- 17) CASANOVAS, A.J. BLANCO, I. "Analysis of the Blanco Wall Passive System in Los Molinos Design" 6. International PLEA Konferansı Bildirileri., Porto, 1988.
- 18) COAD, J. "Chalking up Energy Savings", Building Services, Vol. 11, No:3, 1989.
- 19) CURTIS, D. "Opportunities for Use of Passive Solar Energy in Educational Buildings", International Journal of Ambient Energy, Vol 11, Number 1, January 1990, S. 3 - 13.
- 20) ÇELİK A.P. "Yaz Sıcaklıklarının Binaya Etkilerinin İncelenmesinde Admittance Yönteminin Türkiye'ye Uygulanması" TÜBİTAK , YAE Yayın No: a22 Şubat 1975, S: 79.
- 21) ÇELİK A.P. "Binanın İklimsel Uygunluğunun Hesaplanmasında Bir Yöntem", TÜBİTAK, YAE Yayın No: 1, Mayıs 1975, S: 1-16.
- 22) DAVID J. "Learning Services", Building Services, January 1982, S. 19 - 22.
- 23) DAVIES, M.G., "The Passive Solar Heated School in Wallasey 1" , Foreword and Introduction, Energy Research , Vol 10, 1986 , S. 101 - 120.
- 24) DAVIES, M.G., "The Passive Solar Heated School in Wallasey 2" , Background, Preliminary Analyses and Patent Specification, Energy Research , Vol 10, 1986, S. 121 - 136.
- 25) DAVIES, M.G., "The Passive Solar Heated School in Wallasey 3" , Model Studies of The Thermal Response of A Passive School Building, Energy Research , Vol 10, 1986 , S. 203 - 234.
- 26) DAVIES, A., DAVIES M., "User Reaction to the Thermal Environment the Attitudes of Teachers and Children to St. George's School, Wallasey", Building Science, Vol.6, S.69-75,

- 27) DİLMAÇ Ş., "Yapı Malzemelerinin Güneş Enerjisi Karşısındaki Termo Dinamik Davranışı", Doktora tezi, 1989, İTÜ İnşaat Fakültesi, S.1.
- 28) ECEVİT, A. "Toplu Konutlarda Isı Kayıplarının Azaltılıp Kazançların Artırılması Yoluyla Enerji Tasarrufu ", TÜBİTAK Araştırma Grubu, Proje No: 690/A, Ocak 1989, Ankara.
- 29) ELAGÖZ , A. "Enerji Korunumlu Yapıların Yönlendirilmesi ve Biçimlendirilmesi İçin Yeni Bir Method" , Doktora Tezi, 1989, İstanbul, S.3-4.
- 30) FANGER , P.O., "Thermal Comfort" , McGraw-Hill Book Company, 1972. S. 49 , 24 - 25 , 33, 87.
- 31) GIVONY, B. "Man Climate and Architecture", London, Aplied Science Publishers Ltd., Second Edition.
- 32) GORDON J:M., ZARMÍ Y. "An Analytical Model for Passively Heated Solar Houses 2 Users Guide" Solar Energy , V.27, n.4, P. 342-347, 1980.
- 33) GÜRDİL F., "Evaluating The Effects of Passive Design Elements In The Thermal Performance of Buildings A Case Study of A Set Type Building", Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Mimarlık Bölümü, 1981.
- 34) HAWKES D., "Energy Revisit Wallasey School, Pioneer of Solar Design", Archts Jnl, Vol. 185, No: 18, 1987, S.56.
- 35) KARABİBER Z. "Seslendirme Düşemi Yapılmayacak Dersliklerde Yeterli Anlaşılabilirlik Sağlayacak İç Mekan Düzenleme Kriterleri Ve Bunlara Bağlı Koşullar " Doktora Tezi, 1981, İstanbul. Yıldız Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü.
- 36) KILIÇ, A. ÖZTÜRK, A. "Güneş Enerjisi", Kipaş Dağıtımçılık , 1983 .
- 37) KOCAASLAN G., "Hacimlerin Pasif Isıtma Sistemleri Olarak Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım", Doktora Tezi, İstanbul, İTÜ Mimarlık Fak.,1991,S.3, 13, 22.
- 38) MANNING P., "St. George School, Wallasey", Archts, June, 1969, 1716.
- 39) MAZRIA, E., "The Passive Solar Energy Book" Bodale Press, Pennsylvania,1979, P.64.

- 40) MELTZER, M., "Passive Active Solar Heating Technology ", New Jersey, Prentice Hall Inc, 1985, S. 53-55, 80,95, 100, 102, 120, 129,152,164
- 41) MURRAIN. P., G., "An Analysis of The Relationships Between Selected Thermal Environment and Preferences for Temperature, An Element of Learning Style, As They Effect Word Recognition Scores of Secondary School Students", St. John University, 1983, Dissertation Abstracts International, Vol.44.
- 42) OLGAY, V.,
OLGAY, A., "Design with Climate", Princeton University Press, New Jersey, 1963.
- 43) OLSON G.J., "Passive Solar Design for Energy Conservations in Schools" 1982, S 2-3,62 ,63, 74.
- 44) POOLE, D., "Passive Solar Design The Local Authority Experience" International Journal of Ambient Energy, Vol. 11, No:1, S. 1576.
- 45)RIDLEY, L., "Passive Solar Design Guidelines" , The Construction Specifier, 1989.
- 46) SARI Ö.F., "Göğe Eğrilerinin Kullanım Alanının Geniştirilmesi Üzerine Bir Öneri" Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul , 1992.
- 47)ŞEREFHANOĞLU, M. " Soğuk Hava Koşullarında Yapıların Dış Duvarlarının İç Yüzey Sıcaklıklarının Belirlenmesi İssal Konfor Yönünden Değerlendirilmesi", Y.Ü. Basımevi, 1983.
- 48)ŞEREFHANOĞLU, M. " Yapıda Güneş Enerjisi " , Yüksek Lisans Ders Notları., Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, 1987.
- 49)ŞEREFHANOĞLU, M. "Güneş Işınlamalarından Yararlanma ve Korunma", İstanbul Yıldız Üniversitesi Basımevi, 1988, S. 2-3.
- 50)TOPÇU, S.,
DİLMAÇ, Ş.,
ASLAN, Z., "İstanbul İçin Toplam Güneş Işınımı Verilerinin Analizi" 1. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu,İTÜ Ayazağa Kampüsü,1993.
- 51)UYGUR, S., "Pasif Sistemlerde Türbülanslı Doğal Taşınım", Doktora tezi, İstanbul, İTÜ Makina Fakültesi, 1993.

- 52)YILMAZ, Z., "İklimsel Konfor Sağlanması ve Yoğuşma Kontrolünde Optimum Performans Gösteren Yapı Kabuğunun Hacim Konumuna ve Boyutlarına Bağlı Olarak Belirlenmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım." Doktora Tezi, İstanbul, İTÜ Mimarlık Fakültesi, 1983, S.17, 68.
- 53)YILMAZ, Z., "Kullanıcı Konforu ve Enerji Tasarrufu Açısından Binaların Isısal Performanslarının Değerlendirilmesi", Doğa, TU Müh. ve Çev. D.C. 13,1,1989, S.105 - 106
- 54) ZEREN, L., "New Bioclimatic Chart for Environmental Design", Portekiz, Proc. of International Congress on Building Energy Management, Mayıs 1980.
- 55)ZORER, G., "Derslik Tasarımında Edilgen Isıtma Sisteminin Yeri", 21.Yüzyıla Doğru Eğitim Yapıları Sempozyumu, 1993, Yıldız, İstanbul

EK 1

YATAY DÜZLEMDEKİ AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK TOPLAM IŞINIMLARA BAĞLI OLARAK, YAPI YÜZEYLERİNİ HERHANGİ BİR ANDA ETKİLEYEN AYLIK ORTALAMA DOLAYSIZ, YAYINIK VE YERDEN YANSIŞMIŞ IŞINIM YEGİNLİKLERİNİN HESAPLANMASI

Gerçek atmosfer koşullarında, bir yapı yüzeyini herhangi bir anda etkileyen güneş ışınımının dolaysız, yayınlık ve yansımlımlı bileşenlerinin hesaplanabilmesi için, yatay düzlemdeki günlük toplam ışınımın dolaysız ve yayınlık bileşenlerinin bilinmesi gerekir. Meteoroloji bültenlerinde, genellikle yatay düzlem üzerindeki toplam ışınım değerleri verildiğinden öncelikle ölçülen bu toplam ışınım değerlerinin dolaysız ve yayınlık bileşenlerinin hesaplanması gerekir. (Kılıç, 1983; Yılmaz, 1983)

YATAY DÜZLEMDEKİ TOPLAM IŞINIM DEĞERLERİNİN DOLAYSIZ VE YAYINIK BİLEŞENLERİNİN HESAPLANMASI

Toplam güneş ışınımına bağılı olarak günlük dolaysız veya yayınlık ışınımın hesaplanabileceği çok sayıda ampirik bağıntı sunulmuştur. Ampirik bağıntılarda, genellikle yayınlık ışınım oranı (yatay düzleme gelen yayınlık ışınımın tüm güneş ışınımına oranı, $K_y=Q_y/Q$), berraklık indeksinin (yatay düzleme gelen tüm güneş ışınımının atmosfer dışına gelen ışınımına oranı, $K_t=Q/Q_0$) veya güneşlenme süresinin bir fonksiyonu olarak verilmektedir.

Yayınlık ışınım oranının ($K_y=Q_y/Q$) berraklık indeksi ($K_t=Q/Q_0$) ile değışimi konusunda ilk çalışma Liu ve Jordan tarafından (1960) yapılmıştır. Berraklık indeksi (K_t) değerleri, yeryüzündeki yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük toplam ışınımın (Q), atmosfer dışındaki yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük ışınımına (Q_0) oranıdır. Atmosfer dışındaki herhangi bir günde yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük ışınım aşağıdaki bağıntıyla hesaplanabilir. (Kılıç A., 1983)

$$Q_0 = (24/\pi) r_0 I_{sc} (\cos \phi_e \cos d \sin w_s + \frac{2\pi w_s}{360} \sin \phi_e \sin d) \quad (E.1)$$

Q_0 : Atmosfer dışında yatay düzlem üzerinde günlük ışınlım, $\text{kJ/m}^2\text{gun}$.

I_{sc} : Güneş değışmezi, $4870.8 \text{ kJ/m}^2\text{h}$.

ϕ_e : Enlem açısı, derece.

d : Güneşin sapma açısı, derece.

w_s : Güneşin doğuş-batış saati açısı, derece.

r_0 : Ele alınan gün için güneş değışmezi düzeltme katsayısı.

Güneşin sapma açısı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir.

$$d = 23.45 \sin \left(360 \frac{284 + n_d}{365} \right) \quad (E.2)$$

n_d : Ele alınan günün yıl içindeki sayısal değeri.

Güneşin doğuş batış saati açısı ve r_0 katsayıları aşağıdaki bağıntılar yardımıyla hesaplanabilir.

$$\cos w_s = -\tan \phi_e \tan d \quad (E.3)$$

$$r_0 = 1 + 0.033 \cos \left(\frac{360 n_d}{365} \right) \quad (E.4)$$

Yukarıdaki bağıntılar ile yılın herhangi bir gününe ilişkin atmosfer dışı ışınlım hesaplanabilmektedir. Burada aylık ortalama atmosfer dışı ışınlımı da hesaplamak olanaklıdır. (Kılıç A., 1983)

Meteoroloji bültenlerinden, yatay düzlemdeki aylık ortalama günlük toplam ışınlım değeri (Q) alınabileceğinden ve (Q_0) değeri de yukarıdaki bağıntılarla elde edilebildiğinden K_t değeri $K_t = Q/Q_0$ bağıntısından hesaplanabilir.

Yayınık ışınım oranı K_y ise, aşağıdaki bağıntıdan yararlanılarak hesaplanabilir.

$$K_y = 1.390 - 4.027 K_t + 5.531 K_t^2 - 3.108 K_t^3 \quad (E.5)$$

Page (1963) yayınık ışınım oranının berraklik indeksi ile değişimini,
 $K_y = 1-1.13 K_t$ (E.6)

olarak vermiştir.

Buradan yatay düzlem üzerindeki günlük ortalama yayınık ışınım,

$$Q_y = Q \cdot K_y \quad (E.7)$$

bağıntısıyla hesaplanır.

Yatay düzlem üzerindeki aylık ortalama saatlik yayınık ışınım yeginaliği,

$$I_y = Q_y \cdot r_y \quad (E.8)$$

bağıntısı ile hesaplanabilmektedir. (Kılıç A., 1983)

I_y : Yatay düzlem üzerindeki aylık ortalama saatlik yayınık ışınım yeginaliği,
 w/m^2

Q_y : Yatay düzlem üzerindeki aylık ortalama günlük yayınık ışınım miktarı,
 $J/m^2 \cdot gün$

r_y : Yayınık ışınımın gün boyunca dağılımını belirleyen katsayı.

$$r_y = \frac{\pi}{24} \frac{\cos \phi \cdot \cos d \cdot \cos w + \sin \phi \cdot \sin d}{\cos \phi \cdot \cos d \cdot \sin w_1 + \left(\frac{2\pi}{360}\right) w_1 \sin \phi \cdot \sin d} \quad (E.9)$$

bağıntısı ile hesaplanabilmektedir.

d : Güneşin sapma açısı, derece.

ϕ : Enlem açısı, derece.

w : Saat açısı, derece.

w_1 : Güneşin doğuş-batış saati açısı, derece.

Yatay düzlem üzerindeki saatlik yayınlık ışınım yegınlıği hesaplandıktan sonra, dolaysız ışınım yegınlıği ise,

$$I_d = I - I_y \quad (E.10)$$

bağıntısıyla hesaplanabilir.

YAPI YÜZEYLERİNİ HERHANGİ BİR ANDA ETKİLEYEN AYLIK ORTALAMA DOLAYSIZ, YAYINIK VE YERDEN YANSIŞMIŞ IŞINIM YEĞİNLİKLERİNİN HESAPLANMASI

Yapı yüzeyine gelen güneş ışınımı, yapı yüzeyinin eğimine, azimut açısına, çevrenin yansıtma katsayısına ve yatay düzleme gelen toplam ışınımın dolaysız ve yayınlık bileşenlerine bağlıdır. (Kılıç,1983; Yılmaz,1983)

Yatay düzleme bir anda gelen yayınlık güneş ışınımı I_y ve düzlemin eğimi s olmak üzere düzleme gelen yayınlık ışınım,

$$I_{ey} = I_y \frac{1 + \cos s}{2} \quad (E.11)$$

çevrenin yansıtma oranı ρ ve yatay düzleme gelen tüm güneş ışınımı I olmak üzere, eğik düzleme yansıtılarak gelen ışınım,

$$I_{ya} = I \rho \frac{1 - \cos s}{2} \quad (E.12)$$

şeklinde yazılabilir.

Eğik düzleme gelen dolaysız güneş ışınımının hesabında ise, öncelikle yatay düzlem üzerindeki dolaysız ışınımın, eğimli yüzey üzerindeki dolaysız ışınımına

dönüşüm katsayısı R_d 'nin hesaplanması gerekir. R_d aşağıdaki bağıntı aracılığıyla hesaplanabilir.

$$R_d = (\text{Sin } d \text{ Sin } \phi \text{ Cos } S - \text{Sin } d \text{ Cos } \phi + \text{Sin } S \text{ Cos } \gamma + \text{Cos } d \text{ Cos } \phi \text{ Cos } S \text{ Cos } w + \text{Cos } d \text{ Sin } \phi \text{ Sin } S \text{ Cos } \gamma \text{ Cos } w + \text{Cos } d \text{ Sin } S \text{ Sin } \gamma \text{ Sin } w) / (\text{Sin } d \text{ Sin } \phi + \text{Cos } d \text{ Cos } \phi \text{ Ccos } w) \quad (\text{E.13})$$

d : Güneşin sapma açısı, derece.

ϕ : Enlem açısı, derece.

S : Ele alınan yapı yüzeyinin eğim açısı, derece.

γ : Ele alınan yapı yüzeyinin yönünü belirleyen azimut açısı, derece.

w : Saat açısı, derece.

Hesaplanan R_d değeri ve yatay düzleme bir anda gelen dolaysız güneş ışınımı I_d olmak üzere, eğik düzleme gelen dolaysız güneş ışınımı,

$$I_{ed} = I_d R_d \quad (\text{E.14})$$

şeklinde hesaplanır.

Eğik düzleme gelen toplam ışınım, dolaysız, yayınlık ve yansarak gelen ışınımın toplamı olduğundan,

$$I_e = I_{ed} + I_{ey} + I_{ya} \quad (\text{E.15})$$

$$I_e = R_d I_d + I_y \frac{1 + \text{Cos } S}{2} + I_p \frac{1 - \text{Cos } S}{2} \quad (\text{E.16})$$

yazılabilir.

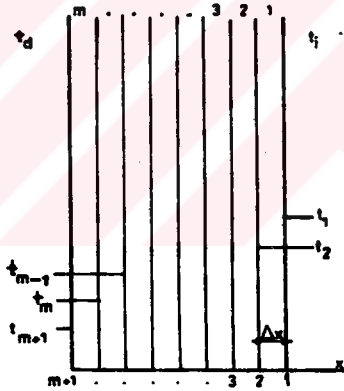
Yukarıdaki bağıntılar aracılığıyla herhangi bir yapı yüzeyini anlık etkileyen dolaysız, yayınlık ve yansımlık ışınım yeğınlıklarının hesaplanabilmesi olanaklıdır.



EK 2

TEK BOYUTLU ZAMANA BAĞLI ISI GEÇİŞİ DENKLEMİNİN SONLU FARKLAR YAKLAŞIMIYLA ÇÖZÜMÜ.

Sonlu farklar yaklaşımıyla geliştirilmiş yöntemler, yapı kabuğunun dolu alanları içindeki ısı akımını ve katmanlardaki sıcaklıkları istenilen sıklıkta hesaplama olanağı vermektedir. Sonlu farklar yaklaşımıyla geliştirilmiş Schmidt yöntemini kullanarak zamana bağlı ve tek boyutlu ısı geçişi denkleminin çözümü için, t_d ve t_i sıcaklıklarındaki iki ortamı birbirinden ayıran opak kabuk bileşeninin Şekil E.1'de görüldüğü gibi, Δx kalınlığında m adet katmandan oluştuğu kabul edilmektedir. (Holman, 1986) (Yılmaz, 1983)



ŞEKİL E.1: Tek boyutlu zamana bağlı ısı geçişinin sonlu farklar yaklaşımıyla çözümü.

x doğrultusundaki sıcaklık değişimini ifade eden,

$$\frac{\partial t}{\partial T} = a \frac{\partial^2 t}{(\partial x)^2} \quad (E.17)$$

diferansiyel denklemi, m noktasındaki $(T+\Delta T)$ anındaki sıcaklığı hesaplamak için, sonlu farklar yaklaşımıyla yazılırsa, aşağıdaki bağıntı elde edilir.

$$\frac{t_{m+1} + t_{m-1} - 2t_m}{(\Delta x)^2} = \frac{1}{a} \frac{t_m - t_m}{\Delta t} \quad (\text{E.18})$$

t_m, t_{m+1}, t_{m-1} : Herhangi bir T anında, sırasıyla $m, (m+1)$ ve $(m-1)$ katman sınırlarındaki sıcaklıklar, °C.

t_m^* : m noktasında, $(T+\Delta T)$ anındaki sıcaklık, °C.

a : Bileşenin m katmanını oluşturan malzemenin ısıl yayılım katsayısı, m^2/s .

Yukarıdaki (E.18) bağıntısından, t_m^* sıcaklığı çözümlenip eşitlik yeniden düzenlenirse,

$$t_m^* = \frac{a\Delta T}{(\Delta x)^2} \times (t_{m+1} + t_{m-1}) + \left(1 - \frac{2a\Delta t}{(\Delta x)^2}\right) \times t_m \quad (\text{E.19})$$

bağıntısı elde edilir. Bu bağıntının çözümünde, Δt ve Δx zaman ve boyut aralıklarının,

$$\frac{(\Delta x)^2}{a\Delta T} \geq 2 \quad (\text{E.20})$$

koşulunu gerçekleştirecek şekilde seçilmiş olmaları gerekmektedir.

Benzer şekilde, bileşenin yüzeyindeki ısı dengesi sonlu farklar cinsinden aşağıdaki bağıntıyla ifade edilebilir.

$$-\lambda \frac{t_1 - t_2}{\Delta x} = \frac{\Delta x}{2a} \lambda \frac{t_1^* - t_1}{\Delta T} - \alpha_i (t_1 - t_1^*) \quad (\text{E.21})$$

Buradan t_1^* yüzey sıcaklığı çözümlenip eşitlik yeniden düzenlenirse,

$$t_1^* = \frac{a\Delta T}{(\Delta x)^2} \left(2 \frac{\alpha_i \Delta x}{\lambda} t_1 + 2t_2 + t_1 \left(\frac{(\Delta x)^2}{a\Delta T} \right) - \frac{2\Delta x \alpha_i}{\lambda} - 2 \right) \quad (\text{E.22})$$

bağıntısı elde edilir.

t_1^* : Bileşenin iç yüzeyinde ($T + \Delta T$) anındaki sıcaklık, °C.

a : Bileşenin iç yüzeyindeki malzemenin ısı yayılım katsayısı, m²/s.

α_i : İç yüzeyel ısı iletim katsayısı, w/ m²°C.

λ : Bileşenin iç yüzeyindeki malzemenin ısı iletkenliği, w/ m°C.

t_1, t_2 : Sırasıyla bileşenin iç yüzeyinin ve yüzeyden $\Delta x, m$ kadar içerideki tabakanın T anındaki sıcaklıkları, °C.

Benzer şekilde, bileşenin (m+1) sınırında (dış yüzeyinde) ($T + \Delta T$) anındaki sıcaklık, hesaplanabilir. Yüzey sıcaklıklarının hesaplanmasında, Δx ve Δt aralıklarının,

$$\frac{(\Delta x)^2}{a\Delta T} \geq 2 \left(\frac{\alpha \Delta x}{\lambda} + 1 \right) \quad (\text{E.23})$$

koşulunu sağlayacak şekilde seçilmiş olmaları gereklidir.

Bu şekilde sonlu farklar yaklaşımıyla geliştirilmiş bu yöntem kullanılarak, opak kabuk bileşeni içerisinde x doğrultusunda, istenen zaman ve boyut aralıklarıyla, sıcaklığın periyodik değişimini belirlemek olanaklıdır.

Ayrıca, saydam kabuk bileşenlerinden geçen güneş ışınımının iç yüzeyler tarafından yutulan oranı da hesaba katılarak opak yüzey ve iç yüzey sıcaklığının ele alınan bir saatteki değeri (E.22) bağıntısından hareketle,

$$t_{oi}^* = \frac{a_1 \Delta T}{(\Delta x)^2} \left(\frac{2 \Delta x}{\lambda_1} b S_i + 2 \frac{\alpha_i \Delta x}{\lambda_1} t_i + 2 t_2 + t_{oi} \left(\frac{(\Delta x)^2}{a_1 \Delta T} - \frac{2 \Delta x \alpha_i}{\lambda_1} - 2 \right) \right) \quad (E.24)$$

eşitliği ile hesaplanabilmektedir. (Kocaaslan, 1991) (Holman, 1986).

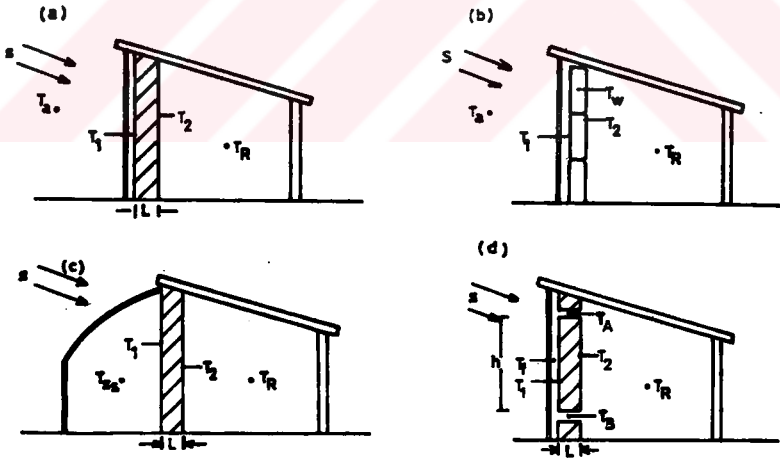
- t_{oi}^* : Opak bileşen iç yüzey sıcaklığının herhangi bir T anındaki değeri, °C.
 a_1 : Bileşen iç yüzeyindeki malzemelerin ısı yayılım katsayısı, m^2/s .
 λ_1 : Bileşen iç yüzeyindeki malzemenin ısı iletkenlik katsayısı, $w/m^\circ C$.
 b : Bileşen iç yüzeyinin saydam yüzeyden geçen güneş ışınımını yutuculuk katsayısı.
 S_i : Hacimdeki saydam bileşenlerden geçen güneş ışınımının, ele alınan kabuk elemanının iç yüzeyini etkileyen yegİnliği, w/m^2 .
 α_i : İç yüzeyel ısı iletkenlik katsayısı, $w/m^2^\circ C$.
 t_i : İç hava sıcaklığı konfor değeri, °C.
 t_2 : Bileşenin iç yüzeyindeki Δx kadar içerdeki noktann (T- ΔT) anındaki sıcaklığı °C.
 t_{oi} : Bileşen iç yüzeyindeki sıcaklığın (T- ΔT) anındaki değeri, °C.

EK 3

GÜNEŞ ENERJİSİNDEN EDİLGEN YOLLA YARARLANMA YÖNTEMLERİNİN SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM

Edilgen yolla güneş enerjisinden yararlanma yollarından (Kanalsız Isı Depolayıcı Duvar, Trombe Duvarı, Sulu Sistem Isı Depolayıcı Duvar, Limonluk Ekleme) iklim koşullarına göre hangisinin daha etkin olduğu aşağıdaki yöntemle belirlenebilmektedir.

Yöntemde, eşit sol-air sıcaklık yaklaşımı kullanılarak her bir yararlanma yolu için (Şekil E.3.1) denge rejiminde ısı geçişi hesapları aşağıdaki eşitlikler kullanılarak yapılmaktadır. (Bansal et al, 1991) Yararlanma yollarının ısısal etkinliği (η), oda sıcaklığı 21°C olduğu durumda iç mekana aktarılan ısının, duvara gelen ortalama anlık güneş ışınımına (s) oranına bağlı olarak belirlenmektedir.



Şekil E.2. (a)Kanalsız Isı Depolayıcı Duvar, (b)Sulu Sistem Isı Depolayıcı D. (c)Güneş Odası Ekleme,(d)Trombe Duvarı

• Isı Depolayıcı Duvar (Hava Kanalsız)

Denge rejiminde duvara giden ısı, duvarda iletilen ısıya ısıya ve iç mekana aktarılan ısıya eşittir. Bu durumda iç mekana aktarılan ısı Q_i ,

$$Q_i = \alpha \cdot S - h_0(T_1 - T_a) \quad (E.17)$$

$$= \frac{k}{L}(T_1 - T_2) \quad (E.18)$$

$$= h_i(T_2 - T_R) \quad (E.19)$$

eşitlikleriyle hesaplanabilir.

Q_i : Odaya aktarılan ısı, kw/m^2 ,

α : Yüzeyin ışık yutma çarpanı,

S : Yüzeğe gelen anlık güneş ışınımı, w/m^2 ,

h_0 : Işınım ile ısı yayan duvardan dış ortama ısı iletim katsayısı, $\text{w/m}^2 \text{K}$,

T_1 : Duvarın dış yüzey sıcaklığı, $^{\circ}\text{C}$,

T_a : Dış ortam sıcaklığı, $^{\circ}\text{C}$,

T_2 : Duvarın iç yüzey sıcaklığı, $^{\circ}\text{C}$,

T_R : Ortalama iç mekan sıcaklığı, $^{\circ}\text{C}$,

h_i : İç mekan yüzeysel ısı iletim katsayısı, $\text{w/m}^2 \text{K}$,

k : Duvar gerecinin ısı iletkenliği, w/mK ,

L : Duvarın kalınlığı, m.

Yukarıdaki üç eşitliğin ortak ifadesi,

$$Q_i = U_L(T_{sa} - T_R) \quad (E.20)$$

şeklinde yazılabilir. Burada,

T_{sa} : Sol-air sıcaklık.

U_L : Duvarın toplam ısı geçirgenlik katsayısı, $\text{w/m}^2 \text{K}$.

$$T_{sa} = \frac{\alpha S}{h_0} + T_a \quad (E.21)$$

$$U_L = \left(\frac{1}{h_0} + \frac{L}{k} + \frac{1}{h_i} \right)^{-1} \quad (E.22)$$

T_R sıcaklığında duvarın iç mekana aktardığı ısı yani ısısal etkinliği,

$$\eta = \frac{Q_i}{S} \quad (E.23)$$

şeklinde yazılabilir.

• Sulu Sistem Isı Depolayıcı Duvar

Denge rejiminde, cam yüzeyden geçerek duvara gelen güneş ışınımı (kayıplar hariç) duvarda iletilen ısıya ve iç hacime aktarılan ısıya eşittir.

$$Q_i = \alpha \cdot S - h_0 (T_1 - T_a) \quad (E.24)$$

$$= h_{w1} (T_1 - T_w) \quad (E.25)$$

$$= h_{w2} (T_w - T_R) \quad (E.26)$$

$$= h_i (T_2 - T_R) \quad (E.27)$$

h_{w1}, h_{w2} : Sulu sistem duvarın iç ve dış yüzeyel ısı iletme katsayıları, $w/m^2 K$,

T_w : Ortalama su sıcaklığı, °C.

Buradan ,

$$Q_i = U_L (T_{sa} - T_R) \quad (E.28)$$

şeklinde yazılabilir.

$$U_L = \left(\frac{1}{h_0} + \frac{1}{h_{w1}} + \frac{1}{h_{w2}} + \frac{1}{h_i} \right)^{-1} \quad (E.29)$$

Genelde pratik uygulamalar için $h_{w1}, h_{w2} = 300 w/m^2 K$ ve $U_L = 3 w/m^2 K$ alınır.

Sulu sistem duvarın ısısal etkinliği ise yukarıda olduğu gibi,

$$\eta = \frac{Q_i}{S} \quad (\text{E.30})$$

eşitliğiyle hesaplanabilir.

• Güneş Odası Ekleme

Denge rejiminde, bu yararlanma yönteminde iç mekana ısı aktarımı,

$$Q_i = \alpha \cdot S - h_0 \frac{A_g}{A_w} (T_{ss} - T_a) \quad (\text{E.31})$$

$$= \frac{k}{L} (T_1 - T_2) \quad (\text{E.32})$$

$$= h_i (T_2 - T_R) \quad (\text{E.33})$$

eşitlikleriyle hesaplanabilir.

A_g : Güneş odasının cam alanı, m^2 ,

A_w : Güneş odasının duvar alanı, m^2 ,

T_{ss} : Güneş odasının ortalama iç hava sıcaklığı, $^{\circ}C$,

Aynı zamanda Güneş odasının, cam yüzeylerinden ısı kaybının duvardan ısı kaybına eşit olduğu durum için,

$$h_f A_w (T_1 - T_{so}) = h_0 A_g (T_{ss} - T_a) \quad (\text{E.34})$$

eşitliği yapılabilir. Burada,

h_f : Camın iç yüzeyinde havanın ısı iletme katsayısıdır.

Pratikte, $\approx h_f : 8 \text{ w/m}^2\text{K}$ alınır.

T_{ss} yerine aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$Q_i = \alpha \cdot S - h_e (T_1 - T_a) \quad (\text{E.35})$$

Burada,

$$\frac{1}{h_e} = \frac{1}{h_0} \frac{A_w}{A_g} + \frac{1}{h_f} \quad (\text{E.36})$$

h_e : Isı iletim katsayısı, $w/m^2 K$

$$T_{sa} = \frac{\alpha S}{h_e} + T_a \quad (\text{E.37})$$

$$U_L = \left(\frac{1}{h_e} + \frac{L}{k} + \frac{1}{h_i} \right)^{-1} \quad (\text{E.38})$$

ve

$$Q_i = U_L (T_{sa} - T_R) \quad (\text{E.39})$$

eşitliğiyle hesaplanabilir.

• Trombe Duvarı

Bu yararlanma yönteminde, duvardan iletim yoluyla ısı akışı yanında, duvar üzerindeki kapaklardan taşınım yoluyla ısı kazancı da söz konusudur. Bu durumda denge rejiminde,

$$Q_i = \alpha S - h_0 (T_1 - T_a) \quad (\text{E.40})$$

$$Q_i = m C_p (T_A - T_B) + \frac{k}{L} (T_1 - T_2) \quad (\text{E.41})$$

$$Q_i = m C_p (T_A - T_B) + h_i (T_2 - T_R) \quad (\text{E.42})$$

Sonuçta;

$$Q_1 = (U_L(T_{sa} - T_R) + m C_p (T_A - T_R) \left(\frac{L}{k} + \frac{1}{h_i} \right)) \quad (E.43)$$

m : Duvarla cam arasındaki hava kütesinin akım oranı, kg/saat.

C_p : Sabit basınçta, havanın özgül ısısı, kJ/kg°C.

Yukarıdaki eşitlikte T_A ve m değerleri bilinmeyenlerdir. m değeri için öncelikle cam ile Trombe duvarı arasında ki boşlukta yer alan havanın hızı bulunur. Bernoulli's denklemini uygulayarak havanın hızı aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilir.

$$V = F_R \sqrt{\frac{2gh(T_A - T_R)}{T_R}} \quad (E.44)$$

F_R : Froude sayısı, akım için geometrik olarak ortaya konan sürtünmeyi belirlemektedir ve 0-1 arasında bir değere sahiptir. Bu yöntemde $F_R = 0.5$ alınmıştır.

Buradan m değeri,

$$m = \rho A_A F_R \sqrt{\frac{2gh(T_A - T_R)}{T_R}} \quad (E.45)$$

eşitliğiyle hesaplanabilir.

ρ : Havanın yoğunluğu, kg/m³,

A_A : A kanalının alanı, m²,

g : Havanın hızına yerçekiminin etkisi, kgm/s²,

h : Hava kanalları arasındaki düşey uzaklık, m,

T_A : Üst kanaldaki havanın sıcaklığı, °C,

T_A 'nın değeri, cam ile duvar arasındaki boşlukta ısı dengesi göz önüne alınarak aşağıdaki eşitlikten yararlanarak bulunabilir.

$$m C_p \frac{\partial T_f}{\partial y} \Delta y = h_c w \Delta y (T_1 - T_f) \quad (\text{E.46})$$

$$\begin{aligned} y=0 & \quad T_f = T_R \\ y=h & \quad T_f = T_A \end{aligned}$$

T_f : Boşlukta havanın sıcaklığı, °C,

w : Trombe duvarı genişliği, m.

h : Kanallar arası düşey uzaklık, m.

h_c : Taşınım yoluyla ısı iletim katsayısı, $w/m^2 K$.

Sonuçta T_A için verilen formül,

$$T_A = T_R \exp\left(-\frac{h}{\alpha}\right) + T_1 \left(1 - \exp\left(-\frac{h}{\alpha}\right)\right) \quad (\text{E.47})$$

Burada,

$$\alpha = \frac{m C_p}{h_c w} \quad (\text{E.48})$$

eşitliğiyle hesaplanabilir.

Q_i değeri ise, T_1 'in tekrarlamalı olarak hesaplanmasıyla bulunur. Aşağıdaki basamaklar izlenir.

- 1) T_1 ve T_A değeri için kabul yapılır.
- 2) Kabul edilen T_A değeri kullanılarak m hesaplanır.

$$m = \rho A_A F_R \sqrt{\frac{2gh(T_A - T_R)}{T_R}} \quad (\text{E.49})$$

- 3) Yukarıda belirlenen m 'i ve T_1 'i kullanarak T_A için yeni değer bulunur.

$$T_A = T_R \exp\left(-\frac{h}{\alpha}\right) + T_1 \left(1 - \exp\left(-\frac{h}{\alpha}\right)\right) \quad (\text{E.50})$$

$$\alpha = \frac{m C_p}{h_c w} \quad (\text{E.51})$$

4) m ve T_A 'nın yeni değeri kullanılarak Q_i hesaplanabilir.

$$Q_i = (U_L(T_{sA} - T_R) + (m_p(T_A - T_R) \left(\frac{L}{k} + \frac{1}{h_i} \right))) \quad (\text{E.52})$$

5) T_1 için yeni değer hesaplanarak eski değerle aynı olup olmadığı denetlenir. T_1 değeri aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilir.

$$Q_i = \alpha S - h_0 (T_1 - T_a) \quad (\text{E.53})$$

6) Eğer T_1 'in eski ve yeni değerleri aynı ise Q_i ,

$$Q_i = \alpha S - h_0 (T_1 - T_a) \quad (\text{E.54})$$

eşitliğinden hesaplanır.

Sistemin etkinliği ise,

$$\eta = \frac{Q_i}{S} \quad (\text{E.55})$$

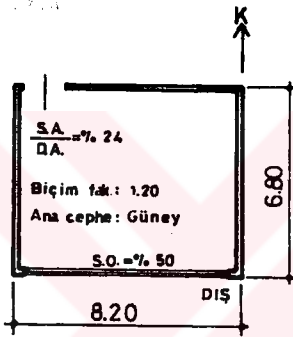
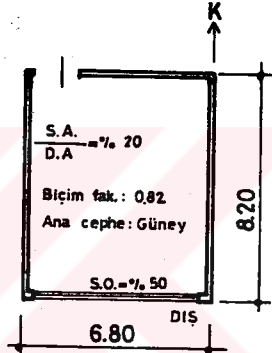
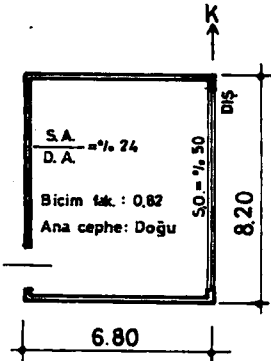
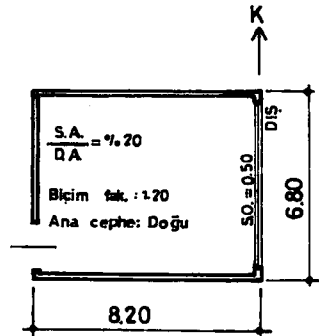
eşitliğiyle hesaplanır.

Yukarıda açıklanan dört yöntemin ısısal etkinliğini belirleyen eşitlikler kullanılarak, yöntemlerin hangisinin daha etkin olduğu -15°C ile $+10^\circ\text{C}$ arası 5°C farkla değişen dış sıcaklıklar için hesaplanarak grafikler oluşturulmuştur. (Şekil E.3.1)

EK 4

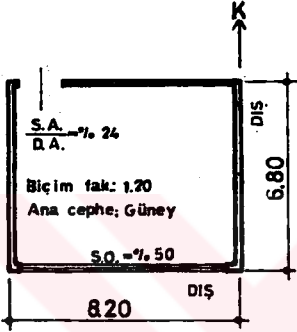
DEĞERLENDİRME İÇİN BELİRLENEN DERSLİK TIPLERİ

1) Tek cephesi dışa bakan derslikler (Plan tipi 1a,2)

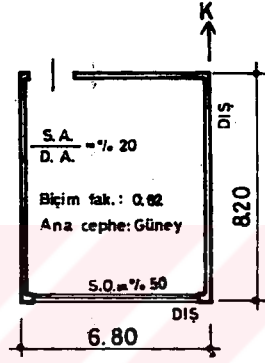
D₁ tipiD₂ tipiD₃ tipiD₄ tipi

2) İki cephesi dışa bakan derslikler (Plan tipi 1a,2,3)

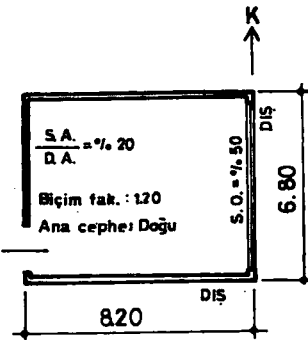
a) Saydam alanları tek cephede yer alanlar.



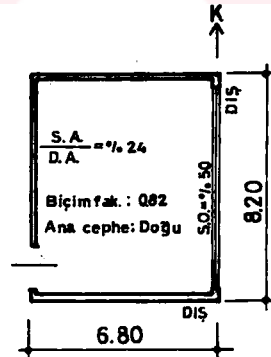
D₅ tipi



D₆ tipi

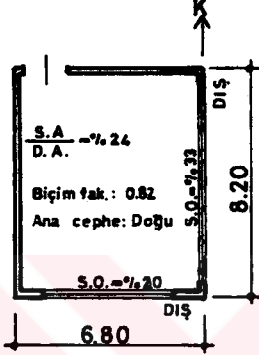


D₇ tipi

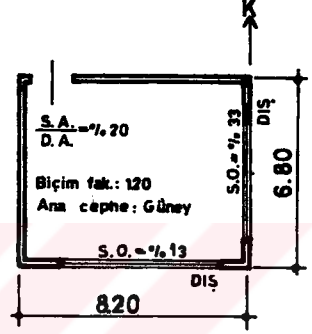


D₈ tipi

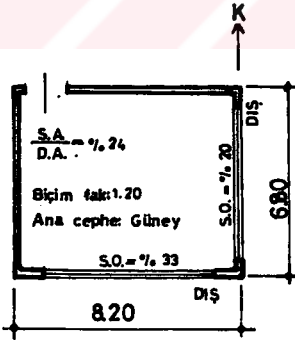
b) Saydam alanları iki cephede yer alanlar.



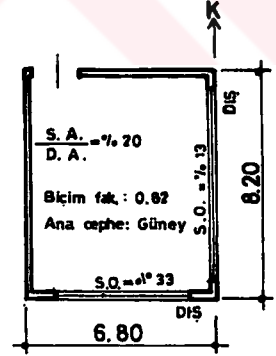
D₉ tipi



D₁₀ tipi



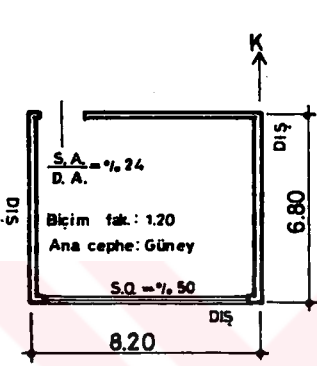
D₁₁ tipi



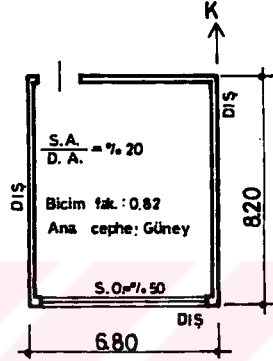
D₁₂ tipi

3) Üç cephesi dışa bakan derslikler (Plan tipi 1c,3)

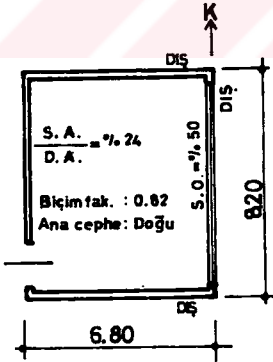
a) Saydam alanları tek cephede yer alanlar.



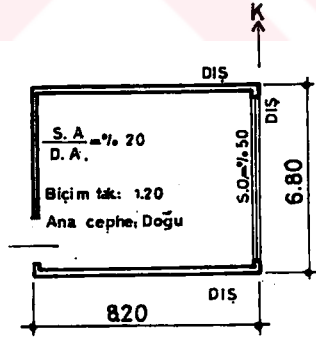
D₁₃ tipi



D₁₄ tipi

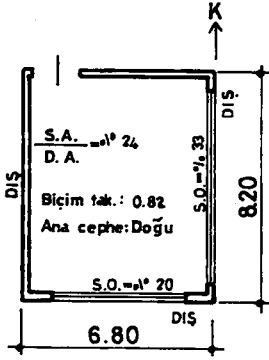
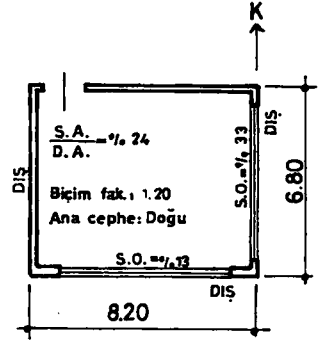
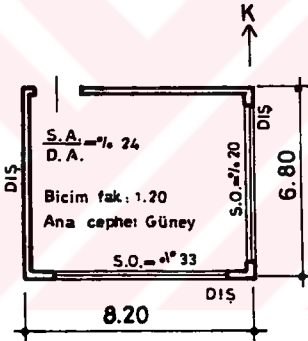
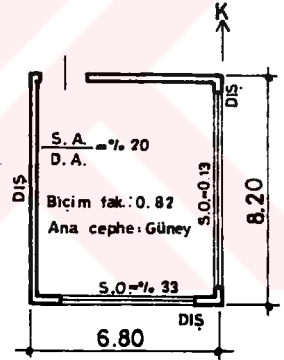
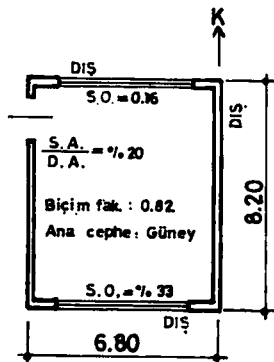
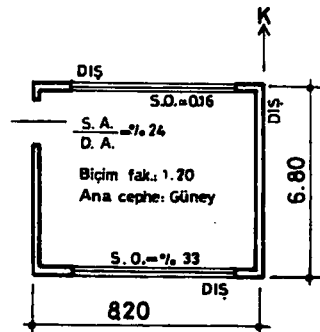


D₁₅ tipi



D₁₆ tipi

b) Saydam alanları iki cephede yer alanlar.

D tipi
17D tipi
18D tipi
19D tipi
20D tipi
21D tipi
22

EK 5

YATAY DÜZLEME GELEN GÜNLÜK ORTALAMA GÜNEŞ IŞINIMI DEĞERLERİNE BAĞLI OLARAK, DÜŞEY YÜZEYLERİ ETKİLEYEN GÜNEŞ IŞINIMI DEĞERLERİNİN VE SAYDAM ALANLARDAN HERHANGİBİR ANDA GEÇEN İSİNİN HESABI.

Kasım ayı için yatay düzleme gelen ışınım değerleri,

$$I_{\text{toplam}} = 136.80 \text{ w/m}^2 \text{ gün,}$$

$$I_{\text{dolaysız}} = 50.55 \text{ w/m}^2 \text{ gün,}$$

$$I_{\text{yayınk}} = 86.25 \text{ w/m}^2 \text{ gün,}$$

olarak (36) no'lu kaynaktan alınmıştır.

Düşey yüzeyleri etkileyen toplam ışınım değeri, güney cephesi için, dolaysız, yansımış ve yayınk ışınımların toplamı olarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$I_{\text{düşey}} = I_{\text{dolaysız}} \times R_d + I_{\text{yayınk}} \frac{1 + \cos S}{2} + I_{\text{topl.}} \frac{1 - \cos S}{2} \quad (\text{E.5.1})$$

S: Ele alınan yapı yüzeyinin eğim açısı, 90 °C.

r: Yer örtüsünün yansıtıcılığını ifade eden bir katsayıdır. Toprak v.b. yüzeyin yansıtıcılık katsayısı olarak 0.2 alınmıştır.

R_d: Yatay düzlem üzerindeki dolaysız ışınımın, eğimli yüzey üzerindeki dolaysız ışınımına dönüşüm katsayısı olarak İstanbul, Kasım ayı için aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmıştır.

d: Sapma açısı, -18.91.

e: Enlem açısı, 41 °C.

a: Azimut açısı, 0°C.

h: 0°C, (Saat 12.00)

$$R_d = \frac{\cos d \cdot \sin e \cdot \cos a \cdot \cos h + \cos d \cdot \sin a \cdot \sin h - \sin d \cdot \cos e \cdot \cos a}{\cos e \cdot \cos d \cdot \cos h + \sin e \cdot \sin d} \quad (\text{E.5.2})$$

$$d = \frac{\cos(-18.91) \sin 41 \cos 0 \cos 0 + \cos(-18.91) \sin 0 \sin 0 - \sin(-18.91) \cos 41 \cos 0}{\cos 41 \cos(-18.91) \cos 0 + \sin 41 \sin(-18.91)}$$

$$R_d = 1.7$$

$$I_{\text{düşey}} = 80.29 \cdot 1.7 + 104.11 \cdot \frac{1 + \cos 90}{2} + 184.39 \cdot \frac{1 - \cos 90}{2} = 0.2$$

$$I_{\text{düşey}} = 136.49 + 52.05 + 18.43$$

$$I_{\text{düşey}} = 206.97 \text{ w/m}^2 \text{ gün}$$

Saydam alandan herhangi bir anda geçen ısı, aşağıdaki bağıntıyla hesaplanabilir. (Yılmaz, 1983)

$$Q = F_s I_D t_D + I_y t_y + a_i (t_{ci} - t_i) \quad (\text{E.5.3})$$

$$Q = 1 \times 136.49 \times 0.6 + 70.48 \times 0.6 + (22.10 - 20.02)$$

$$Q = 141.11 \text{ w/m}^2$$

Q_p : Saydam bileşenin birim alanından herhangi bir anda geçen ısı miktarı, w/m^2 .

I_D : Cam yüzeyini etkileyen doğrudan güneş ışınımı yeğlinliği, w/m^2 .

F_s : Camın engeller tarafından gölgelenmemiş alanının tüm cam alanına oranı.

I_y : Cam yüzeyini etkileyen yayınlık gök ve yerden yansımış ışınım yeğnilikleri toplamı, $(I_d + I_r)$, w/m^2 .

$t_D t_y$: Camın dolaysız ve yayınlık güneş ışınımına karşı geçirgenlikleri, boyutsuz.

a_i : İç yüzeysel ısı iletim katsayısı, $\text{w/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.

t_{ci} : Saydam bileşen iç yüzey sıcaklığı, $^\circ\text{C}$.

t_i : İç hava sıcaklığı, $^\circ\text{C}$.

t_D değeri, dolaysız güneş ışığının cam yüzeye geliş açısına bağlı olarak seçilmiştir.

Kasım ayında, saat 12.00 için dolaysız güneş ışığının cam yüzeye geliş açısı, 60.2°C hesaplanmıştır. Buna göre t_D ve t_y değerleri, 30 no'lu kaynaktan 0.6 olarak alınmıştır. (Kılıç, A., 1983)

Yukarıdaki basamaklar izlenerek Kasım ayında Doğu cepheleri için (Saat 10.00), $I_{\text{düşey}} = 253.54 \text{ w/m}^2 \text{ gün}$, olarak hesaplanmıştır. Saydam alanlardan herhangi bir anda geçen ısı ise, 91.64 w/m^2 olarak belirlenmiştir.

İstanbul, Ocak ayı için, yatay düzleme gelen aylık ortalama ışınım değerleri,

$$I_{top}=136.80 \text{ w/m}^2 \text{ gün}$$

$$I_{dolaysız}=50.55 \text{ w/m}^2 \text{ gün}$$

$$I_{yayınık}=86.25 \text{ w/m}^2 \text{ gün}$$

olarak alınmıştır. Yukarıda Kasım ayı için verilen hesap yöntemi izlenerek, Ocak ayında güney cepheleri için $I_{düşey}=147.79 \text{ w/m}^2 \text{ gün}$, saydam bileşenden herhangi bir anda geçen ısı, 104.69 w/m^2 , doğu cepheleri için ise, $I_{düşey}=178.79 \text{ w/m}^2 \text{ gün}$, saydam bileşenden herhangi bir anda geçen ısı, $94.97 \text{ w/m}^2 \text{ gün}$ olarak hesaplanmıştır.

EK 6

BELİRLENEN DERSLİK TİPLERİNE UYGULANAN TROMBE DUVARLARININ, HAVALANDIRMA DERSLİKLERİNDEKİ HIZ VE SICAKLIK HESABI.

Bölüm 4.B-2'de açıklanan hesap yöntemi kullanılarak, bilgisayar programı (Uygur, 1993) ile Kasım ve Ocak ayları için hesaplanan, yönlere ve cephelere göre değişen havalandırma deliklerindeki hız ve sıcaklıklar, aşağıda verilmiştir.

KASIM AYI

GÜNEY CEPHESİ

Büyük cepheli derslik (Şekil 5.7)

Tüm cephe Trombe duvarı.

$U_{gir} : 0.1 \text{ m/s}$

$T_{gir} : 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Parapet Trombe duvarı.

$U_{gir} : 0.12 \text{ m/s}$

$T_{gir} : 20.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Küçük cepheli derslik

Tüm cephe Trombe duvarı.

$U_{gir} : 0.12 \text{ m/s}$

$T_{gir} : 20^{\circ}\text{C}$

Parapet Trombe duvarı.

$U_{gir} : 0.12 \text{ m/s}$

$T_{gir} : 20.2^{\circ}\text{C}$

DOĞU CEPHESİ

Büyük cepheli derslik

Tüm cephe Trombe duvarı.

$U_{gir} : 0.08 \text{ m/s}$

$T_{gir} : 20^{\circ}\text{C}$

Parapet Trombe duvarı.

$U_{gir} : 0.1 \text{ m/s}$

$T_{gir} : 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Küçük cepheli derslik

Tüm cephe Trombe duvarı.

$U_{gir} : 0.08 \text{ m/s}$

$T_{gir} : 20^{\circ}\text{C}$

Parapet Trombe duvarı.

$U_{gir} : 0.12 \text{ m/s}$

$T_{gir} : 21 \text{ }^{\circ}\text{C}$

OCAK AYI**GÜNEY CEPHESİ**

Büyük cepheli derslik (Şekil 5.7)

Tüm cephe Trombe duvarı.

 $U_{gir} : 0.1 \text{ m/s}$ $T_{gir} : 20^{\circ}\text{C}$

Parapet Trombe duvarı.

 $U_{gir} : 0.1 \text{ m/s}$ $T_{gir} : 19.5^{\circ}\text{C}$

Küçük cepheli derslik

Tüm cephe Trombe duvarı.

 $U_{gir} : 0.1 \text{ m/s}$ $T_{gir} : 19.9^{\circ}\text{C}$

Parapet Trombe duvarı.

 $U_{gir} : 0.09 \text{ m/s}$ $T_{gir} : 19.4^{\circ}\text{C}$ **DOĞU CEPHESİ**

Büyük cepheli derslik (Şekil 5.7)

Tüm cephe Trombe duvarı.

 $U_{gir} : 0.09 \text{ m/s}$ $T_{gir} : 19.2^{\circ}\text{C}$

Parapet Trombe duvarı.

 $U_{gir} : 0.09 \text{ m/s}$ $T_{gir} : 19.1^{\circ}\text{C}$

Küçük cepheli derslik

Tüm cephe Trombe duvarı.

 $U_{gir} : 0.09 \text{ m/s}$ $T_{gir} : 19.1^{\circ}\text{C}$

Parapet Trombe duvarı.

 $U_{gir} : 0.08 \text{ m/s}$ $T_{gir} : 19.3^{\circ}\text{C}$

Yukarıda elde edilen değerlerle, Trombe duvarı uygulanan cephelerde taşınım yoluyla dersliğe (iç mekana) aktarılan ısı akısı (4.15) ve (4.16) bağıntılarıyla aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

KASIM AYI**GÜNEY CEPHESİ****Büyük cepheli derslik**

Tüm cephe Trombe duvarı.

$$Q_T = \rho \cdot u \cdot A \cdot C_p \cdot \Delta t$$

$$Q_T = 1.18 \times 0.1 \times 0.97 \times 1.0035 \times (20-18)$$

$$Q_T = 0.229 \text{ kw.}$$

$$Q_T = 0.229 \times 1000 = 229 \text{ w}$$

Parapet Trombe duvarı. (3 havagiriş kan.)

$$Q_T = \rho \cdot u \cdot A \cdot C_p \cdot \Delta t$$

$$Q_T = 1.18 \times 0.12 \times 0.11 \times 1.0035 \times (20.2-18)$$

$$Q_T = 0.34 \text{ kw}$$

$$Q_T = 0.34 \times 1000 \times 3 = 103.14 \text{ w.}$$

Küçük cepheli derslik

Tüm cephe Trombe duvarı.

$$Q_T = \rho \cdot u \cdot A \cdot C_p \cdot \Delta t$$

$$Q_T = 1.18 \times 0.12 \times 0.67 \times 1.0035 \times (20-18)$$

$$Q_T = 0.19 \text{ kw}$$

$$Q_T = 0.19 \text{ kw} \times 1000 = 190 \text{ w}$$

Parapet Trombe duvarı. (3 havagiriş kan.)

$$Q_T = \rho \cdot u \cdot A \cdot C_p \cdot \Delta t$$

$$Q_T = 1.18 \times 0.12 \times 0.09 \times 1.0035 \times (20.2-18)$$

$$Q_T = 0.028 \text{ kw}$$

$$Q_T = 0.028 \times 1000 \times 3 = 84.40 \text{ w}$$

DOĞU CEPHESİ**Büyük cepheli derslik**

Tüm cephe Trombe duvarı.

$$Q_T = \rho \cdot u \cdot A \cdot C_p \cdot \Delta t$$

$$Q_T = 1.18 \times 0.08 \times 0.81 \times 1.0035 \times (20-18)$$

$$Q_T = 0.15346 \text{ kw}$$

$$Q_T = 153.4 \text{ w}$$

Parapet Trombe duvarı. (3 havagiriş ka.)

$$Q_T = \rho \cdot u \cdot A \cdot C_p \cdot \Delta t$$

$$Q_T = 1.18 \times 0.12 \times 0.11 \times 1.0035 \times (20-18)$$

$$Q_T = 0.031 \text{ kw} \times 1000 \times 3$$

$$Q_T = 93.78 \text{ w.}$$

Küçük cepheli derslik

Tüm cephe Trombe duvarı.

$$Q_T = \rho \cdot u \cdot A \cdot C_p \cdot \Delta t$$

$$Q_T = 1.18 \times 0.08 \times 0.67 \times 1.0035 \times (20-18)$$

$$Q_T = 0.12693 \text{ kw} = 126.9 \text{ w.}$$

Parapet Trombe duvarı. (3 havagiriş kan.)

$$Q_T = \rho \cdot u \cdot A \cdot C_p \cdot \Delta t$$

$$Q_T = 1.18 \times 0.12 \times 0.09 \times 1.0035 \times (20-18)$$

$$Q_T = 0.02557 \text{ kw} \times 3 \times 1000 = 76.73 \text{ w.}$$

OCAK AYI**GÜNEY CEPHESİ****Büyük cepheli derslik****Tüm cephe Trombe duvarı.**

$$Q_T = \rho \cdot u \cdot A \cdot C_p \cdot \Delta t$$

$$Q_T = 1.18 \times 0.1 \times 0.81 \times 1.0035 \times (20-18)$$

$$Q_T = 0.1918 \text{ kw.}$$

$$Q_T = 0.1918 \times 1000 = 191.82 \text{ w}$$

Parapet Trombe duvarı.(3 havagiriş kan.)

$$Q_T = \rho \cdot u \cdot A \cdot C_p \cdot \Delta t$$

$$Q_T = 1.18 \times 0.1 \times 0.11 \times 1.0035 \times (19.5-18)$$

$$Q_T = 0.0195 \text{ kw}$$

$$Q_T = 0.34 \times 1000 \times 3 = 58.59 \text{ w.}$$

Küçük cepheli derslik**Tüm cephe Trombe duvarı.**

$$Q_T = \rho \cdot u \cdot A \cdot C_p \cdot \Delta t$$

$$Q_T = 1.18 \times 0.1 \times 0.67 \times 1.0035 \times (19.9-18)$$

$$Q_T = 0.1507 \text{ kw}$$

$$Q_T = 0.11507 \text{ kw} \times 1000 = 115.07 \text{ w}$$

Parapet Trombe duvarı.(3 havagiriş kan.)

$$Q_T = \rho \cdot u \cdot A \cdot C_p \cdot \Delta t$$

$$Q_T = 1.18 \times 0.09 \times 0.09 \times 1.0035 \times (19.4-18)$$

$$Q_T = 0.0134 \text{ kw}$$

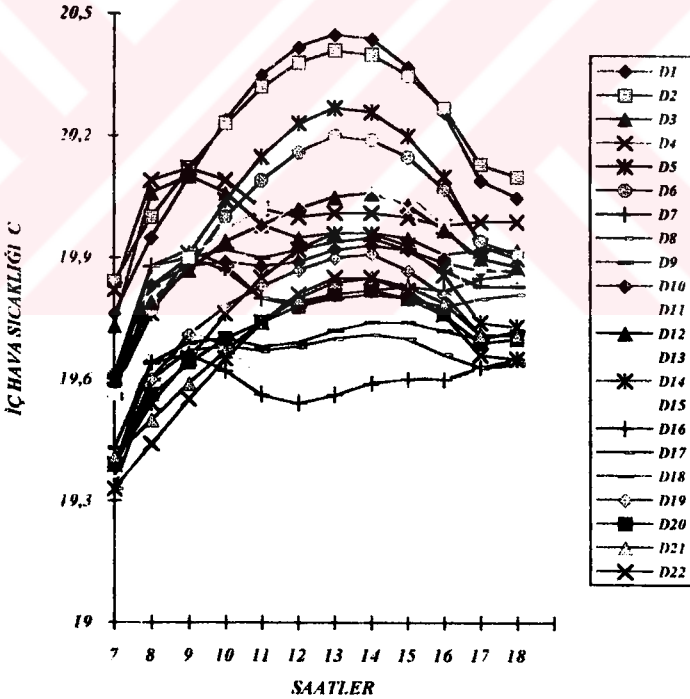
$$Q_T = 0.0134 \times 1000 \times 3 = 40.28 \text{ w}$$

EK 7

DERSLİKLERDE DOĞAL İÇ HAVA SICAKLIĞININ SAATLİK DEĞERLERİNİ GÖSTEREN GRAFİKLER

•KASIM AYI, (A durumu)

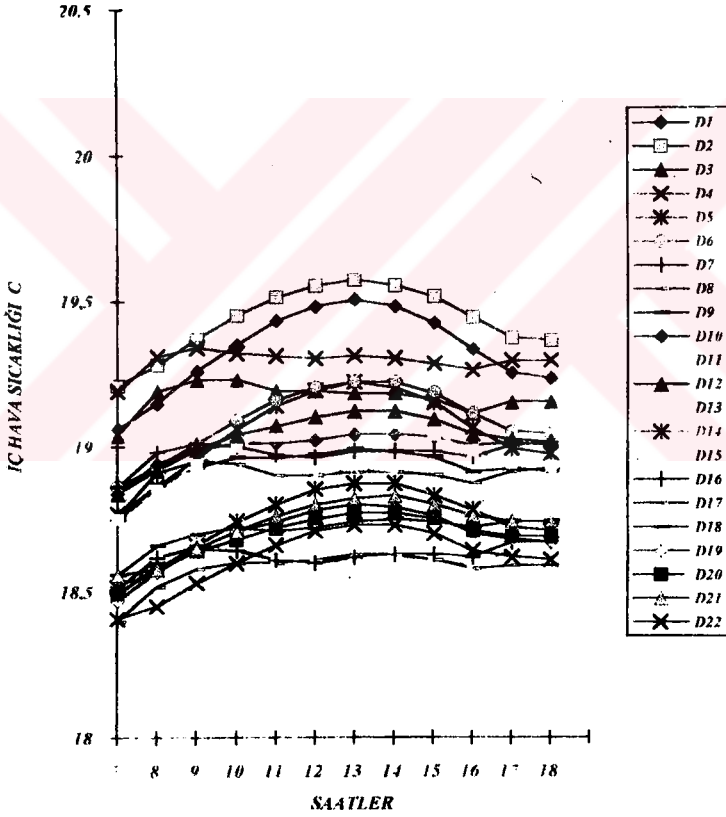
KASIM, İSTANBUL



ŞEKİL E.3. Doğal İç Sıcaklıkları Gösteren Grafik.

•OCAK AYI, (A durumu)

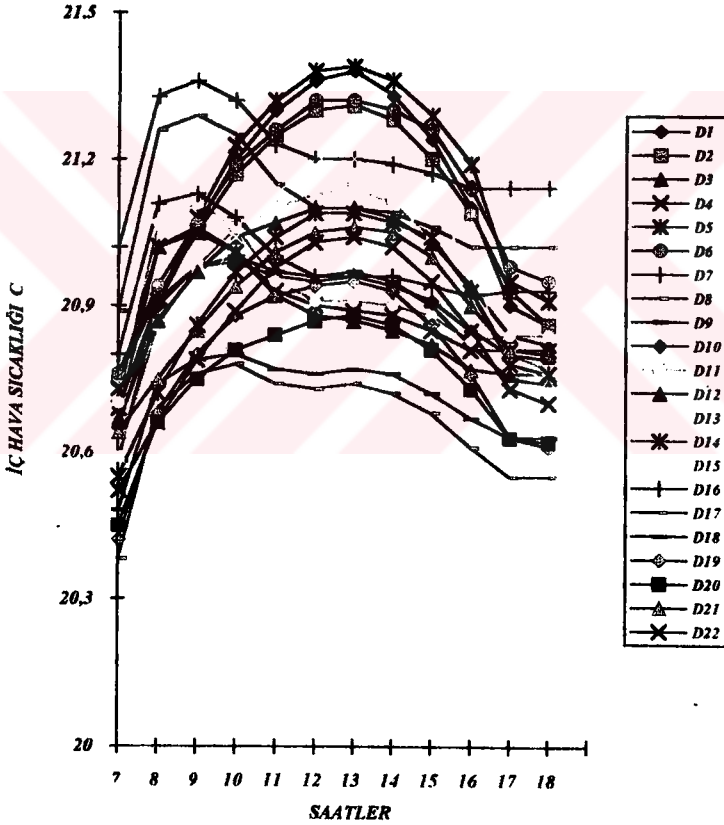
OCAK, İSTANBUL



ŞEKİL E.4. Doğal İç Sıcaklıkları Gösteren Grafik.

•KASIM AYI, (B durumu)
(Trombe duvarı uygulandığı durum)

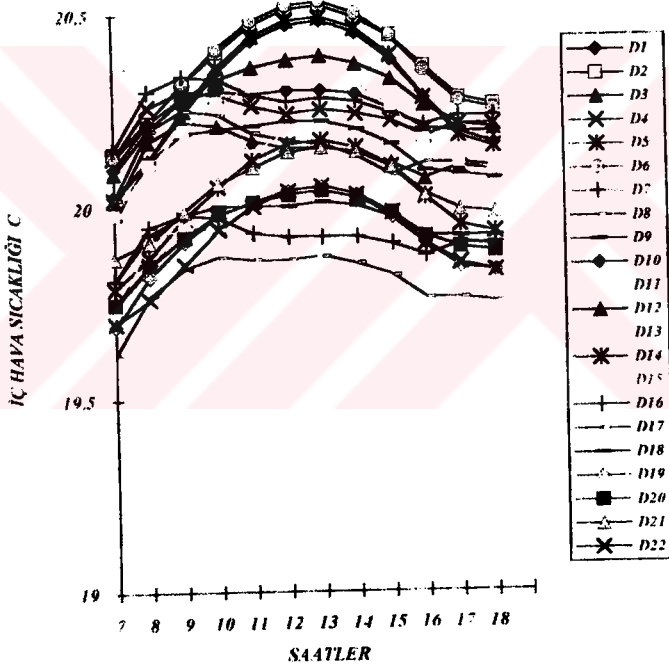
KASIM, İSTANBUL



ŞEKİL E.5. Doğal İÇ Sıcaklıkları Gösteren Grafik.

•OCAK AYI, B durumu.
(Trombe duvarı uygulandıği durum)

OCAK, İSTANBUL



ŞEKİL. E.6. Doğal İç Sıcaklıkları Gösteren Grafik.

ÖZGEÇMİŞ

DOĞUM

- Zonguldak, 1962

ÖĞRENİM

- Zonguldak, Namık Kemal İlkokulu, (1968-1973)
- Zonguldak, Merkez Ortaokulu, (1973-1976)
- Zonguldak, Mehmet Çelikel Lisesi (1976-1979)
- Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, lisans. (1979-1984)
- Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Yapı Fiziği Bilim Dalı, Yüksek Lisans (1984-1987)

ÖĞRENİM SIRASI

- Orhan Barut Mimarlık ve Şehircilik bürosunda (1983-1984), Maydın çorap fabrikası, Cansu İş Hanı, Silivri ve Dragos'da villalar, Yeşilyurt'ta apartman tipi projelere yardım.
- Yüksek Lisans öğreniminin ikinci yılında, Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yapı Fiziği Bilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak eğitim ve öğretimin tüm aşamalarına katılıım. (1985)

ÖĞRENİM SONRASI

- Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yapı Fiziği Bilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak eğitim ve öğretimin tüm aşamalarına katılıım. (1985'ten bu yana).
- Yapı Fiziği Bilim Dalı, Döner Sermaye uzmanlık proje ve etkinliklerine katılım ve Yüksek Lisans tezlerinde yürütücü yardımcılığı.
- 1988-89 öğretim yılında, bir yıl araştırma ve dil geliştirme için İngiltere'de bulundu.

YABANCI DİL

- İngilizce.

AKADEMİK ETKİNLİKLER

BİLDİRİLER

- "1984-87 Yılları Arasında Planlanmış ya da Yapımı Tamamlanmış Müzelerin Müze Aydınlatmasına İlişkin Ölçütler Açısından İncelenmesi", Bildiri, Y.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, Yapı Fiziği Bilim Dalı Semineri, İstanbul,1988.
- Yıldız ve Karadeniz Teknik Üniversiteleri, Mimarlık Fakültelerinin ortaklaşa Trabzon'da düzenledikleri Architecture of Soft Tourism seminerine, "Physical Environment Factors and Soft Tourism"başlıklı bildiriyle Prof.Müjgan Şerefhanoglu ile birlikte katılım, (Eylül, 1992).
- Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi tarafından düzenlenen 21.Yüzyıla Doğru Eğitim Yapıları Sempozyumu'na "Derslik Tasarımında Edilgen Isıtma Sisteminin Yeri" başlıklı bildiriyle katılım, (Mayıs, 1993).

YAYINLAR

- "Karayolları 17.Bölge Müdürlüğü Yapısının Yapı Fiziği Kriterleri Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1987.
- "Rüzgar ve Güneş Etkenlerinin Yapı Tasarımına Etkisi", Makale, İnşaat Malzemeleri ve Uygulamaları Dergisi, Kasım 1990, Sayı:36.
- "Yapılarda Isısal Konfor", Makale, Sistem Dekor Dergisi, Nisan 1991, Sayı:4.
- "Yapılarda Isısal Konfor", YTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı İşliğı, İstanbul, 1992 Üniversite Yayın No:264, Fakülte Yayın No:MF-MİM 92.045, 25 Sayfa.

Gülay Zorer bu özgeçmişin yazıldığı tarihte Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü Yapı Fiziği Bilim Dalında görevdedir.