

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

79235

PASİF SİSTEMLE BİNA ISITMADA KARŞILAŞILAN  
PROBLEMLER VE ÇÖZÜMLERİ

Makina Mühendisi İsmail KIYAK

F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında  
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Ümit Doğay ARINÇ

Prof. Fatihgüzel Kütükoğlu  
Zeynep Kütükoğlu

Prof. Dr. N. TEKİN

İSTANBUL, 1998

YÜKSEKÖĞRETİM ENSTİTÜSÜ  
MÜHÜRÜ

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| İÇİNDEKİLER.....                                                            | ii  |
| SİMGE LİSTESİ.....                                                          | v   |
| KISALTMA LİSTESİ.....                                                       | vi  |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                                          | vii |
| ÇİZELGE LİSTESİ.....                                                        | ix  |
| ÖNSÖZ.....                                                                  | x   |
| ÖZET.....                                                                   | xi  |
| ABSTRACT.....                                                               | xii |
| 1. GİRİŞ.....                                                               | 1   |
| 2. PASİF SİSTEMLER.....                                                     | 3   |
| 2.1 Pasif Sistem Tipleri.....                                               | 4   |
| 2.1.1 Direkt kazanç sistemleri.....                                         | 4   |
| 2.1.2 İndirekt kazanç sistemleri.....                                       | 7   |
| 2.1.2.1 Isı depolayıcı duvarlar.....                                        | 8   |
| 2.1.2.2 Çatı havuzları.....                                                 | 10  |
| 2.1.2.3 Entegre sera sistemleri.....                                        | 14  |
| 2.1.3 Ayrılmış kazanç sistemleri.....                                       | 15  |
| 3. İÇ HAVA KALİTESİ ve HAVALANDIRMA TESİSATI.....                           | 20  |
| 3.1 Havalandırma Kavramı.....                                               | 21  |
| 3.1.1 Atık hava tesisatlı hijyenik havalandırma .....                       | 23  |
| 3.1.2 Isı geri kazanımlı havalandırma.....                                  | 23  |
| 3.2 Havalandırma Tesisatı.....                                              | 24  |
| 3.2.1 Hava miktarları ve değişim oranları.....                              | 29  |
| 3.2.2 Havalandırma tesisatının diğer ayrıntıları.....                       | 30  |
| 3.2.3 Hava miktarı, ısı geri kazanım oranı ve hava sıcaklığı ölçümleri..... | 31  |
| 3.2.4 Elektrik tüketimi, enerji bilançosu ve ısıtma sayısı.....             | 33  |
| 3.2.5 Havalandırma tesisatının genel değerlendirmesi.....                   | 36  |
| 3.3 İç Hava Kalitesi Ölçümleri ve Değerlendirmesi.....                      | 38  |
| 3.3.1 CO <sub>2</sub> konsantrasyonu.....                                   | 38  |
| 3.3.2 Bağıl nem.....                                                        | 39  |
| 3.3.3 Radon gazı.....                                                       | 41  |
| 3.3.4 Çabuk buharlaşan (uçucu) organik bileşikler.....                      | 43  |
| 3.3.5 Uçucu tozlar.....                                                     | 45  |

|         |                                                                            |    |
|---------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3.6   | Mikrobiyolojik incelemeler.....                                            | 46 |
| 3.3.6.1 | Küf mantarı sporları.....                                                  | 47 |
| 3.3.6.2 | Bakteriyel sporlar.....                                                    | 51 |
| 3.3.7   | İç hava kalitesinin genel değerlendirmesi.....                             | 51 |
| 3.4     | Isıl Konfor.....                                                           | 53 |
| 3.4.1   | İç ortam ve yüzey sıcaklıkları.....                                        | 53 |
| 3.4.2   | Hava hızları.....                                                          | 54 |
| 4.      | YAZIN AŞIRI ISINMA .....                                                   | 56 |
| 4.1     | Panjur Sistemi Hakkında Genel Bilgiler ve Kullanılan Panjur Çeşitleri..... | 56 |
| 4.1.1   | İzoleli sürgülü panjur.....                                                | 56 |
| 4.1.2   | Açılır kapanır panjur.....                                                 | 57 |
| 4.1.3   | Kompakt yapıda sürgülü panjur.....                                         | 57 |
| 4.1.4   | Lamelli sürgülü panjur.....                                                | 57 |
| 4.1.5   | Lamelli sürgülü panjurun özellikleri.....                                  | 58 |
| 4.1.5.1 | Mekanik yapı.....                                                          | 58 |
| 4.1.5.2 | Mekanik yer değiştirme kabiliyeti.....                                     | 59 |
| 4.1.5.3 | Sızdırmazlık.....                                                          | 60 |
| 4.1.6   | Lamelli sürgülü panjurun hareket sistemleri.....                           | 62 |
| 4.1.6.1 | Dişli raylı (kremayer) sistem.....                                         | 62 |
| 4.1.6.2 | Vidalı sistem.....                                                         | 63 |
| 4.1.6.3 | Döner kablolu sistem.....                                                  | 63 |
| 4.1.6.4 | Kontra palangalı sistem.....                                               | 63 |
| 4.1.6.5 | Hareket sistemi seçim kriterleri.....                                      | 64 |
| 4.1.6.6 | Lamelli sürgülü panjurla ilgili özel bilgiler.....                         | 64 |
| 4.1.7   | Lamelli sürgülü panjur modeli.....                                         | 65 |
| 4.1.7.1 | Malzeme yapısı ve ölçüler.....                                             | 65 |
| 4.1.7.2 | Yapısal özellikler.....                                                    | 66 |
| 4.1.7.3 | Devreye girme süresi.....                                                  | 66 |
| 4.2     | Gölgeleme Elemanları.....                                                  | 70 |
| 4.3     | Yansıtıcılar.....                                                          | 73 |
| 4.4     | Saydam Yüzeyler (Cam).....                                                 | 75 |
| 5.      | HAVA SIZDIRMAZLIĞI.....                                                    | 79 |
| 5.1     | Hava Sızıntısı Testi.....                                                  | 79 |
| 5.2     | Hava Sızdırmaz Bağlantılar.....                                            | 79 |
| 5.3     | Hava Sızdırmazlık Malzemeleri.....                                         | 80 |
| 5.3.1   | Alçı sıva.....                                                             | 80 |
| 5.3.2   | Alçı tabakası (elyaf / karton).....                                        | 81 |
| 5.3.3   | Alüminyum folyo.....                                                       | 81 |
| 5.3.4   | Polietilen folyo.....                                                      | 81 |
| 5.3.5   | Mumlu ve polietilen astarlı kağıt.....                                     | 82 |
| 5.4     | Hava Sızdırmaz Konstrüksiyonlar.....                                       | 82 |
| 5.4.1   | Hafif yapı konstrüksiyonları.....                                          | 83 |
| 5.4.2   | Kagir konstrüksiyonlar.....                                                | 83 |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 6. SONUÇ ve ÖNERİLER..... | 84 |
| KAYNAKLAR.....            | 85 |
| ÖZGEÇMİŞ.....             | 86 |



## SİMGE LİSTESİ

|     |                                          |
|-----|------------------------------------------|
| Bq  | Bir saniyedeki radon gazı ayrışma sayısı |
| KBE | Koloni sayısı                            |
| ppm | Milyonda bir partikül sayısı             |



## KISALTMA LİSTESİ

|     |                             |
|-----|-----------------------------|
| BGA | Bundesgesundheitsamtes      |
| DIN | Deutsche Industrienormen    |
| EPA | Amerikanische Umweltbehörde |
| IWU | Institut Wohnen und Umwelt  |
| KBE | Koloniebildende Einheiten   |
| VDI | Verein Deutsche Ingenieure  |
| WHO | World Health Organization   |



## ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

|            |                                                                                             |    |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1  | Wallese'deki St. Georges Okulu, şematik.....                                                | 5  |
| Şekil 2.2  | Pencereye göre masif duvarın konumu .....                                                   | 6  |
| Şekil 2.3  | Direkt kazanımlı pasif sistem.....                                                          | 6  |
| Şekil 2.4  | Bazı direkt kazanımlı sistemler.....                                                        | 7  |
| Şekil 2.5  | Michel -Trombe Evi'nin kesiti, şematik.....                                                 | 8  |
| Şekil 2.6  | Trombe duvarı.....                                                                          | 9  |
| Şekil 2.7  | Su depolu duvar.....                                                                        | 10 |
| Şekil 2.8  | Çatı havuzlu sistem.....                                                                    | 11 |
| Şekil 2.9  | Kuzey iklimleri için çatı havuzu alternatifi.....                                           | 12 |
| Şekil 2.10 | Çatı havuzu gündüz ve gece.....                                                             | 13 |
| Şekil 2.11 | Entegre sera sistemi ve transfer kanalları, şematik.....                                    | 14 |
| Şekil 2.12 | Seralı pasif sistem.....                                                                    | 14 |
| Şekil 2.13 | Kaya depolamalı ve fan zorlamalı sistem, şematik.....                                       | 15 |
| Şekil 2.14 | Ayrılmış kazanç sistemi, şematik.....                                                       | 16 |
| Şekil 2.15 | Termosifon toplayıcı.....                                                                   | 18 |
| Şekil 2.16 | U-tüplü termosifon toplayıcı.....                                                           | 19 |
| Şekil 3.1  | Havalandırma tesisatı olmayan bir evin yatak odasındaki CO <sub>2</sub> konsantrasyonu..... | 22 |
| Şekil 3.2  | Havalandırma tesisatının binaya entegrasyonu, şematik.....                                  | 27 |
| Şekil 3.3  | Havalandırma tesisatının prensip şeması.....                                                | 28 |
| Şekil 3.4  | Pasif evde havalandırma tesisatında ölçülen hava debileri.....                              | 32 |
| Şekil 3.5  | Isı geri kazanım oranları.....                                                              | 32 |
| Şekil 3.6  | Hava akımlarının zamana göre sıcaklık değişimleri.....                                      | 33 |
| Şekil 3.7  | Pasif evde zemin ve normal katlarda yapılan CO <sub>2</sub> konsantrasyonu ölçümleri.....   | 39 |
| Şekil 3.8  | İç ortam havası bağıl nem oranının zamana göre seyri.....                                   | 41 |
| Şekil 3.9  | Oturma odası ve üfleme havasındaki radon gazı konsantrasyonları.....                        | 42 |
| Şekil 3.10 | Pasif evin muhtelif bölümlerinde ölçülen radon gazı konsantrasyonları.....                  | 43 |
| Şekil 3.11 | İç ortamdaki uçucu organik bileşik konsantrasyonlarının aylara göre seyri.....              | 44 |
| Şekil 3.12 | Styrol konsantrasyonları.....                                                               | 45 |
| Şekil 3.13 | İç ve dış ortam havasındaki küf mantar sporu konsantrasyonları.....                         | 48 |
| Şekil 3.14 | Küf mantar sporu konsantrasyonunun iç ortam ortalama değerleri.....                         | 49 |
| Şekil 3.15 | Temiz hava filtresinde ölçülen küf mantar sporu konsantrasyonları.....                      | 50 |
| Şekil 3.16 | Spor konsantrasyonları.....                                                                 | 51 |
| Şekil 3.17 | Çatı katındaki ortam havası ve yüzey sıcaklıklarının zamana göre seyri.....                 | 54 |
| Şekil 4.1  | Sızdırmazlık ve kılavuz elemanlarının kesiti.....                                           | 59 |
| Şekil 4.2  | Lamelli sürgülü panjurun basit modeline ait yatay kesit.....                                | 59 |
| Şekil 4.3  | Lamelli sürgülü panjurun teleskop modeline ait yatay kesit.....                             | 60 |
| Şekil 4.4  | Teleskop modeline ait sızdırmazlık ve kılavuz elemanlarının dikey kesiti.....               | 61 |
| Şekil 4.5  | Kenarların labirent sızdırmazlığına ait yatay kesit.....                                    | 62 |
| Şekil 4.6  | Kontra palangalı sistemin prensip şeması.....                                               | 64 |
| Şekil 4.7  | Modelin görünüşü ve ölçüleri, şematik.....                                                  | 66 |
| Şekil 4.8  | Lamelli sürgülü panjurun dikey kesiti.....                                                  | 68 |
| Şekil 4.9  | Lamelli sürgülü panjurun yatay kesiti.....                                                  | 69 |

|            |                                                                             |    |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4.10 | Gölgeleme elemanı.....                                                      | 70 |
| Şekil 4.11 | Gölgeleme elemanı.....                                                      | 71 |
| Şekil 4.12 | Nişli pencere sistemi.....                                                  | 72 |
| Şekil 4.13 | Güney penceresi için çeşitli gölgeleme alternatifleri.....                  | 73 |
| Şekil 4.14 | Dikey yüzey yansıtıcısı.....                                                | 73 |
| Şekil 4.15 | Eğimli pencere yansıtıcısı.....                                             | 74 |
| Şekil 4.16 | Yansıtıcının güneş ışınlarına yaz ve kış durumunda etkisi.....              | 75 |
| Şekil 4.17 | Düz çift cam ile güneş enerjisi kazancı.....                                | 77 |
| Şekil 4.18 | Isı yutucu çift cam ile güneş enerjisi kazancı (ısı yutucu cam önde).....   | 77 |
| Şekil 4.19 | Isı yutucu çift cam ile güneş enerjisi kazancı (ısı yutucu cam arkada)..... | 77 |
| Şekil 4.20 | Yansıtıcı çift cam ile güneş enerjisi kazancı (yansıtıcı cam önde).....     | 78 |
| Şekil 4.21 | Yansıtıcı çift cam ile güneş enerjisi kazancı (yansıtıcı cam arkada).....   | 78 |



## ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

|             |                                                                                               |    |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 3.1 | Pasif evde enerji sarfıyatı.....                                                              | 21 |
| Çizelge 3.2 | Hava değişim oranı $0.5 \text{ h}^{-1}$ olan havalandırma tesisatındaki enerji tasarrufu..... | 36 |
| Çizelge 3.3 | Formaldehit konsantrasyonları.....                                                            | 45 |
| Çizelge 3.4 | İç ve dış ortam havasındaki küf mantar sporu konsantrasyonları ( $\text{KBE/m}^3$ ).....      | 47 |
| Çizelge 3.5 | Test filtrelerinde ölçülen küf mantar sporu konsantrasyonları ( $\text{KBE/mg}$ )....         | 48 |
| Çizelge 4.1 | Gölgeleme katsayıları.....                                                                    | 71 |
| Çizelge 4.2 | Güneye bakan aydınlatma pencereleri için tavsiye edilen yansıtıcı eğim açıları.....           | 74 |



## ÖNSÖZ

Doğadaki en büyük ve en temiz enerji olan GÜNEŞ ENERJİSİ, son yıllarda enerji fiyatlarının her geçen gün katlanarak artması sonucu önem kazanmaya başlamıştır. Özellikle bizim gibi kullandığı enerjinin çok büyük bir kısmını ithal etmek zorunda olan ülkeler için bu konu çok daha fazla önem arz etmektedir.

İlerki yıllarda güneş enerjisiyle bina ısıtmanın yaygınlaşmasıyla, ekonomimiz üzerinde büyük bir yük olan enerji harcamalarının asgari seviyeye ineceği inancındayım. Böylece elde edilen tasarruf, başka alanlarda çok daha yararlı bir şekilde değerlendirilebilecektir.

Bu çalışmada güneş enerjisi ile bina ısıtma alternatiflerinden biri olan pasif sistemle bina ısıtmada karşılaşılan problemler ve bu problemlerin çözümleri irdelenmeye çalışılmıştır. Yapılan bu çalışmanın, güneş enerjisinden yararlanmanın ülkemizde daha fazla yaygınlaşmasına yardımcı olmasını dilerim.

Bana bu konuda çalışma olanağı veren Sayın Hocam Prof. Ümit Doğay ARINÇ'a teşekkürlerimi sunarım.

Ağustos 1998, İSTANBUL

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

## ÖZET

Enerji tasarrufu amacıyla yaygınlaşmaya başlayan pasif sistemle bina ısıtma uygulamalarının verimli bir şekilde çalışmasını sağlamak için, uygulamada karşılaşılan problemlerin çözülmesi gerekmektedir.

Karşılaşılan problemlerin en önemlisi, yılın büyük bir kısmında her tarafı kapalı tutulmak zorunda kalan binanın iç hava kalitesini insan sağlığına uygun sınırlar içinde tutabilmektir. İç hava kalitesinin düzenlenmesi problemi, havalandırma tesisatı ile çözülmüştür.

Karşılaşılan bir diğer önemli problem, kışın mekanları ısıtmak amacıyla güneş ışınlarını mümkün olduğunca çok toplayacak şekilde dizayn edilen binaların, yazın da aynı şekilde davranarak, aşırı ve rahatsız edici ısınmaya neden olmasıdır. Yaşanılan mekanların yazın aşırı ısınması, pasif binalar için geliştirilen izoleli panjurlar, çeşitli tipte gölgeleme elemanları ve yansıtıcılar ile önlenmiştir.

Pasif sistemin verimini arttırmak, ısı kayıplarının olabildiğince azaltılması ile mümkündür. Yapı bileşenlerinde kullanılan özel bağlantılar ve konstrüksiyonlar ile sızdırmazlık sağlanmıştır. Bu amaçla özel sızdırmazlık malzemeleri kullanılmıştır.

Almanya'da gerçekleştirilen Darmstadt Kranichstein Pasif Evleri, pasif ev konusunda dünyada bugüne kadar yapılan en büyük ve en önemli projedir. Bu nedenle pasif sistemle bina ısıtmada karşılaşılan problemler ve çözümleri, Darmstadt Kranichstein Pasif Evleri projesinden elde edilen bilgi ve tecrübeler ışığında irdelenmiştir.

Elde edilen bilgiler ve yapılan ölçümler göstermiştir ki, iç hava kalitesi ve yazın aşırı ısınma problemi çözülmemiş bir pasif sistem uygulaması, insan sağlığı ve konfor açısından uygun değildir. Yine, sızdırmazlığı sağlanmamış bir binanın verimli bir şekilde ısınması da mümkün olmamaktadır.

### Anahtar Kelimeler :

1. Güneş Enerjisi
2. Pasif Sistem
3. Hava Kalitesi
4. Aşırı Isınma
5. Hava Sızdırmazlığı

## **ABSTRACT**

The problems which occur at the application must be solved, for a productive operation of passive heating system applications for the buildings, which becomes prevalent because of being economical in using energy.

The most important problem is, to keep the in-air quality in suitable limits to provide heat for human, at the building whose big section must be kept closed a long time during the year. The regulation problem of the in-air quality is solved with a ventilation system.

Another problem occurs at the buildings which are designed with the aim to keep the sunshine as much as possible during the winter season, in accordance to heat the building, and this is a cause for extreme and uncomfortable heating at the summer season.

The productivity of passive heating system can be increased with decreasing of the heat loss. Leakproofness is procured with using special building and construction materials, special connections and special constructions. In this purpose special leakproof materials are used.

Darmstadt Kranichstein Passive Houses in Germany is important and the biggest 'passive heating system application for building' project all around the world. Therefore the problems which occur in passive heating system applications for buildings are discussed according to the information and experiences of Darmstadt Kranichstein Passive Houses.

The information and the results obtained showed that passive heating system whose in-air quality and extreme heating problem is not solved, is not suitable and comfortable for human health. Also, heating the building productively is not possible if the leakproofness is not procured.

### **Key Words :**

1. Solar Energy
2. Passive System
3. Air Quality
4. Excessive Heating
5. Airproof

## 1. GİRİŞ

Günümüzde, insanlığın karşılaştığı ve birbirleriyle çok sıkı bağımlı olan üç büyük sorun vardır. Bunları şöyle sıralayabiliriz.

1. Dünyadaki kullanılabilir enerji kaynaklarının sınırlı olması ve özellikle tükenebilir enerji kaynaklarından fosil kökenli kaynakların hızla azalması,
2. Çevre kirlenmesi,
3. Nüfus artışı.

Bu sorunların temelinde, enerji kaynaklarının sınırlı oluşu önemli bir yer tutmaktadır. Ekonomik ve politik etkenler bir yana, dünyada hemen hemen her ülkenin elverdiğince bol ve ucuz enerji kaynaklarını araştırması ve daha verimli enerji dönüşüm sistemlerini geliştirmek istemesi, bu ana sorunlara çözüm getirmek arzusundan kaynaklanmaktadır. Tükenmeyen ve çevre kirliletmeyen enerji kaynağı denilince de, özellikle son yıllarda ilk akla gelen tür GÜNEŞ ENERJİSİ olmaktadır. Petrol ve kömür fiyatlarında son zamanlarda görülen büyük artışlar ve bu artışların doğal sonucu olarak kendini gösteren enerji darboğazı ve ekonomik bunalım, güneş enerjisini güncel bir konu haline getirmiştir.

İnsanoğluna yüzyıllar boyunca ilk ve tek enerji kaynağı olarak hizmet veren güneş, ucuz ve kolay bulunabilen organik yakıtların yaşama girmesi sonucu, enerji kaynağı olarak önemini hemen tümüyle yitirmiş idi. Ancak 1970'lerden sonra petrol fiyatlarındaki anormal artışlar, alışılagelmiş kaynakların hızla tükenmeye yüz tutması ve temiz bir çevreye duyulan bilinçli gereksinme sonucu, güneş enerjisi yeniden önem kazanarak yaşamımıza girmeye başlamıştır.

Bilindiği gibi yapılar, insanları doğal afetlerden koruyan ve barınmalarını sağlayan birer sığınak vazifesi görürler. Yapılar bu görevlerini yerine getirmek için, insanların her türlü ihtiyaçlarına ve konforlu yaşama özelliklerine göre dizayn edilirler.

Özellikle binalarda, ısıtma, soğutma ve aydınlatma için kullanılan geleneksel enerji kaynaklarına alternatif olarak düşünülen, yeni ve temiz enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisinden faydalanmanın bir yolu da pasif güneş enerjili sistemlerdir.

Pasif güneş enerjisi sistemleri, binaların yapı elemanlarını birer toplayıcı gibi kullanarak ve herhangi bir mekanik ekipmana ihtiyaç duymadan ısı depolayan, muhafaza eden ve ileten fonksiyonel bir mekanizmadır. Ayrıca bu mekanizma, yukarıda sayılan özelliklerini yerine getirirken herhangi bir ek enerjiye gereksinim duymadan yazın minimum ısı kazancı, kışın ise maksimum ısı kazancı sağlayacak şekilde dizayn edilir. Bunun için de güneşe yönlendirilmiş geniş cam alanlarından, sistem performansını artırıcı malzemelerden meydana gelen ısıtıcı kütlelerden ve enerji korunumlu binalardan yararlanılır [10].

Bugüne kadar pasif sistemle bina ısıtmasıyla ilgili olarak yapılan en kapsamlı proje, Almanya'nın Darmstadt Şehri'nde gerçekleştirilen, Darmstadt Kranichstein Pasif Evleri projesidir. Darmstadt Kranichstein Pasif Evleri, tüm enerji kullanım alanlarında minimum enerji harcanacak şekilde planlanarak, en son bilgilerin ışığında tasarlanmış ve inşa edilmiş binalardır. Pasif sistemle bina ısıtmada karşılaşılan problemler ve çözümleri irdelenirken, Darmstadt Kranichstein Pasif Evleri'ndeki uygulamalardan, ölçümlerden ve ölçüm sonuçlarından faydalanılmıştır.

## 2. PASİF SİSTEMLER

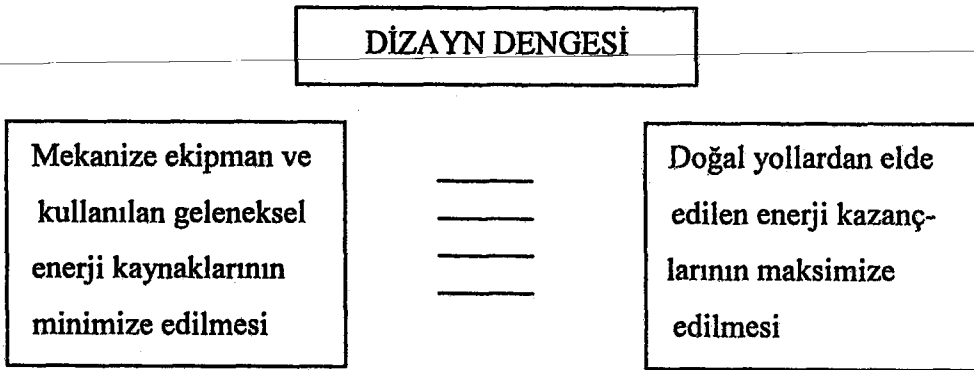
Pasif sistemleri iki ana grupta inceleyebiliriz.

1. Pasif güneş enerjisiyle ısıtma sistemleri,
2. Doğal soğutma sistemleri.

Pasif sistem dizaynında bu iki grup beraber düşünülerek, binayı yazın soğutmada, kışın ısıtmada işlev görecektir şekilde uygulanır.

Pasif güneş enerjisiyle ısıtma sistemleri, genelde güneşe yönlendirilmiş cam alanlarının içinde enerji toplanması, bina kütleindeki veya özel depolama elemanlarında depolanması, mekanik ekipmanlar (pompalar, düşük güçlü fanlar v.s.)'dan minimal faydalanarak, radyasyon, kondüksiyon (iletim) ve konveksiyon (taşınım) gibi doğal yollarla enerjinin dağıtımını, yüksek ve düşük sıcaklıklardaki enerji akımını yine doğal yöntemlerle kontrol edebilme olgularını içeren uygulama türüdür.

Pasif güneş enerjisi sistemi ile ısıtılan bir binada, mekanik ekipmanların ve geleneksel enerji kaynaklarının minimize edilmesi gerekir ve doğal enerji akımlarının karlılığı maksimize edilerek dizayn yapılmalıdır. Buna da pasif sistemlerin dizayn dengesi diyebiliriz [10].



## 2.1 Pasif Sistem Tipleri

Pasif sistem tiplerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

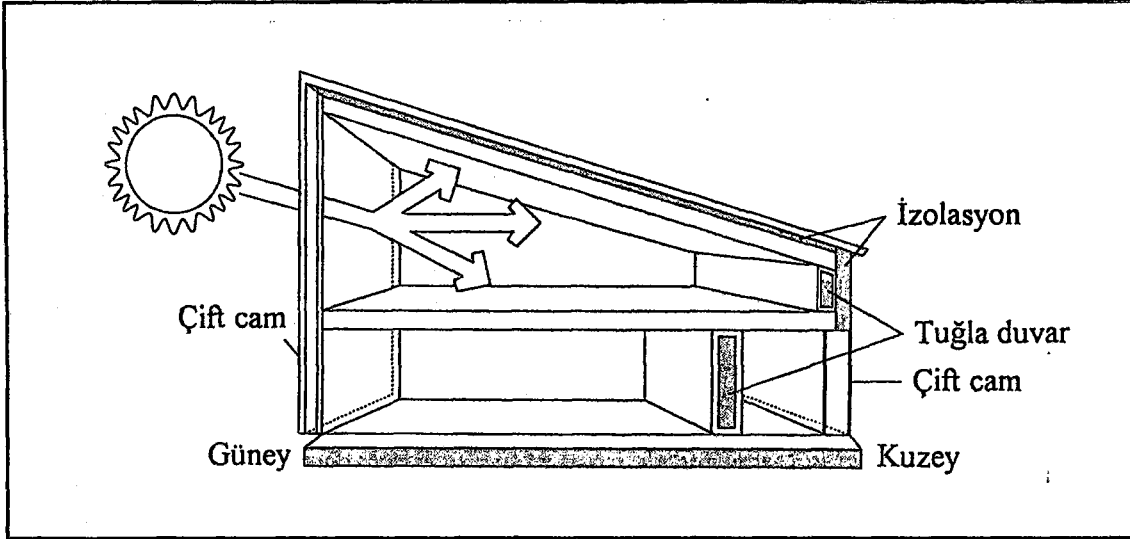
- Direkt kazanç sistemleri
- İndirekt kazanç sistemleri
  - Isı depolayıcı duvarlar
  - Çatı havuzları
  - Entegre sera sistemleri
- Ayrılmış kazanç sistemleri

### 2.1.1 Direkt kazanç sistemleri

Güneş enerjisini toplamak ve depolamak için kullanılan en basit sistemdir. Güneş radyasyonunun direkt olarak güneşe doğru yönlendirilmiş geniş cam alanlarına vurması, camın fiziksel özelliğinden yararlanılarak hacme kısa dalga boylu ısı ışınları şeklinde geçmesi prensibine dayanmaktadır. Güneşe yönlendirilmiş geniş cam alanlarından geçen enerji, gündüz mimarının izin verdiği ölçüde yapının duvarlarında, döşemesinde veya çatısında ya da hepsinde birden depolanır ve gece bu enerji, ihtiyacın ortaya çıkması halinde iç mekanlara konveksiyonla dağılır.

Isı kazançlarının çok olduğu ve ısıtmaya ihtiyaç duyulmayan yaz aylarında sistem, ısı girişinin gerçekleştiği pencerelerin dışardan mimari özellik taşıyan veya taşımayan gölge araçları (panjurlar, storlar, dikey ve yatay güneş kırıcıları v.s.) ile gölgelendirilerek ısı kazançları minimuma indirilmeye çalışılır. Yapı içerisinde yapılacak hareketli ve sabit gölgeleme araçları da düşük güneş radyasyonu periyotlarında aşırı ısı kayıplarını önlemede önemli bir yer tutar. Ayrıca bu gibi gölgelemeler, direkt güneş radyasyonunun yapı içerisinde kullanılan malzemelere zarar vermesini önler [10].

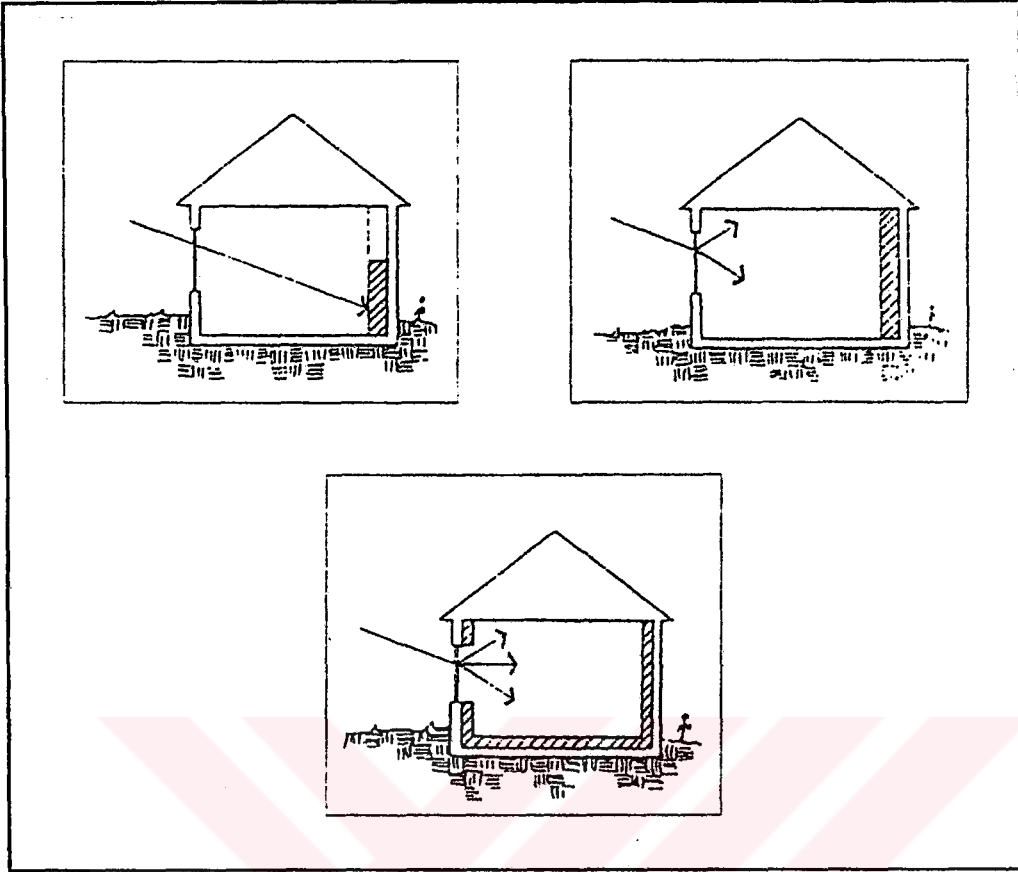
Örnekleri dünyada pek çok olan direkt kazanç sistemlerinin en çarpıcı örneği, İngiltere Liverpool yakınlarındaki Wallese'deki St. Georges Okuludur. Mimar Emslie A. Morgan tarafından dizayn edilen yapı 1962 yılında tamamlanmıştır. Yapının %50'si güneş enerjisiyle, geri kalanı ise ışık ve solunum ile ısıtılmaktadır (Şekil 2.1).



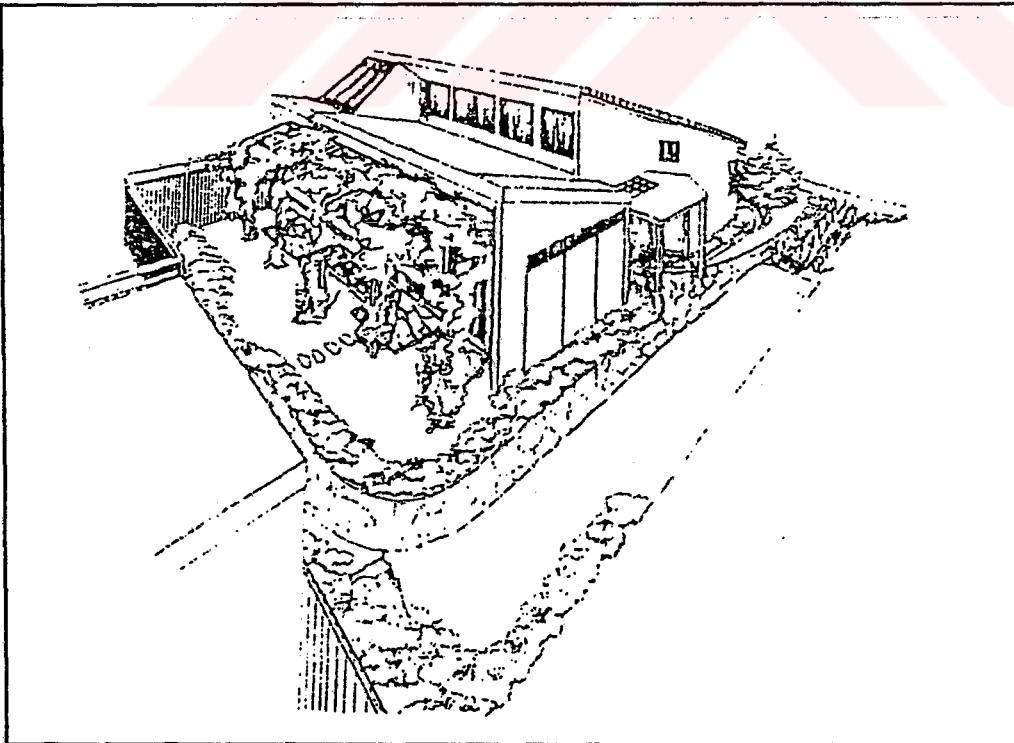
Şekil 2.1 Wallese'deki St. Georges Okulu, şematik [10]

Direkt güneş ışıınımlı kazanımlı sistemler, dünyada en yaygın olarak kullanılan pasif sistemlerdir. Çünkü direkt kazanımlı pasif sistem, temelde basit bir pencereden ibarettir. Dolayısıyla maliyetleri, diğer sistemlere göre daha düşüktür.

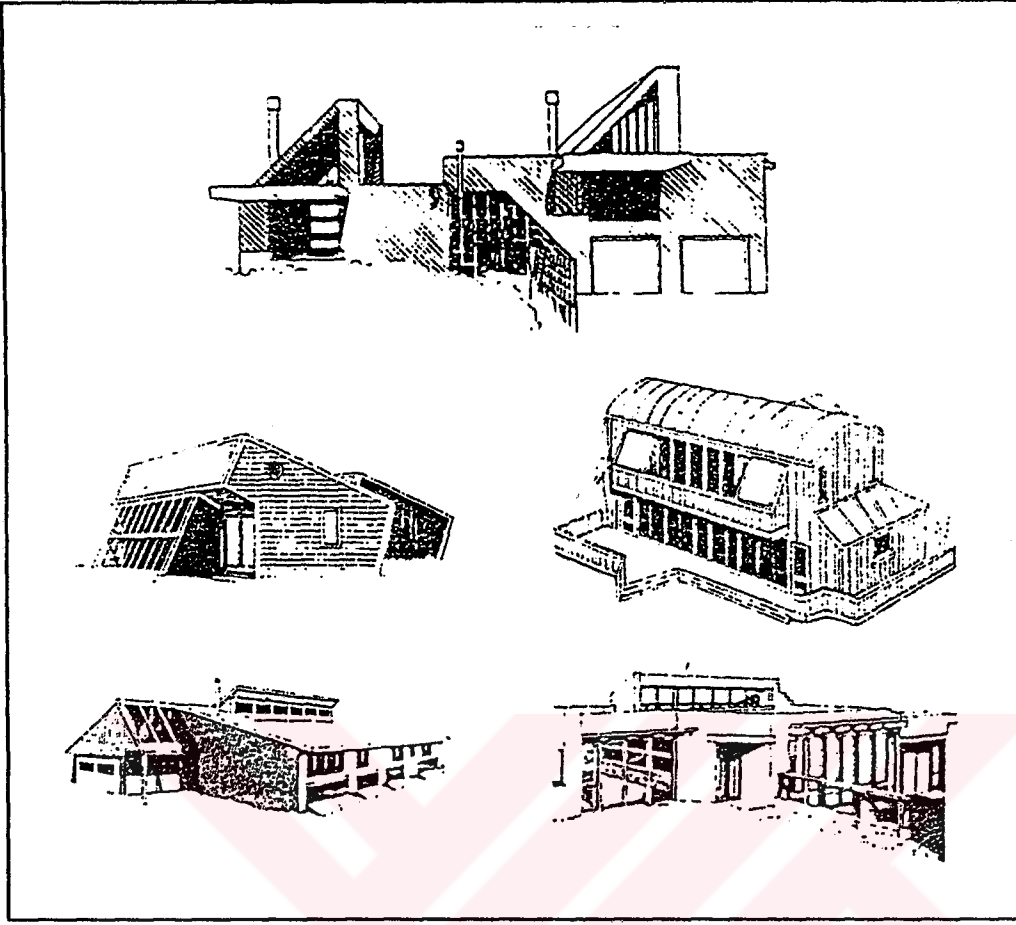
Bu sistemlerde, güneş ışıınımlı pencereden geçerek içeriye girer ve direkt olarak tavana veya masif bir duvar üzerine düşer. Şekil 2.2'de masif duvarın yerleştirilme tarzı ile ilgili üç alternatif dizayn görülebilir. Döşemede veya duvar olarak bulunan masif kütle güneş ışıınımlı sayesinde ısınarak sıcaklığı artar ve bunun sonucu olarak doğal taşınım ile ortama ısı verir. Yine şekil 2.3 ve 2.4'de çeşitli direkt kazanımlı pasif sistem örnekleri görülmektedir.



Şekil 2.2 Pencereye göre masif duvarın konumu [7]



Şekil 2.3 Direkt kazanımlı pasif sistem [7]



Şekil 2.4 Bazı direkt kazanımlı sistemler [7]

### 2.1.2 İndirekt kazanç sistemleri

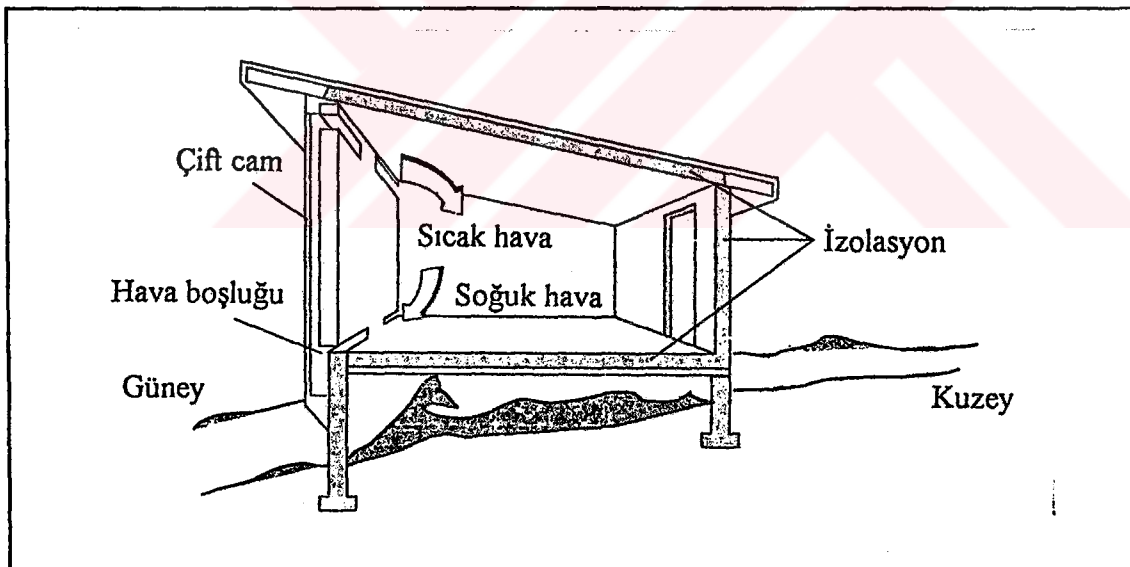
İndirekt kazanç sistemlerinde güneş enerjisi, direkt kazanç sistemlerinin aksine, yapılardaki yaşam hacimlerinin dışında toplanır ve depolanır. Depolanan enerji daha sonra doğal taşınım yollarıyla yaşam hacimlerine iletilir. İndirekt kazanç sistemlerinde de enerji depolayıcı sistemler, yapının mimari özelliğini bozmayacak şekilde dizayn edilmeli ve yapıya herhangi bir ek yükümlülük getirmemelidir.

İndirekt kazanç sistemlerini üç ana başlık altında incelemek mümkündür.

### 2.1.2.1 Isı depolayıcı duvarlar

Isı depolayıcı duvarlar, yapıların güney cephesine yerleştirilmekte ve öñü bir miktar hava boşluğu kalacak şekilde tek veya çift camla kapatılmaktadır. Isı depolayıcı duvarlar, mimarinin izin verdiği ölçüde beton, tuğla, taş, kerpiç gibi malzemelerin yanında, su tanklarından da imal edilmekte ve güneş radyasyonunu en yüksek düzeyde absorblamak amacıyla, koyu bir renkle boyanmış masif duvarlardan oluşturulmaktadır. Camdan geçen ve duvarla cam arasında kalan ısıyı konveksiyonla yaşam hacmine iletebilmek için masif duvarın alt ve üst kısımlarına transfer kanalları açılır. Güneş enerjisi ile kazanılan ısı, depolayıcı duvardan yaşam hacmine radyasyon ve konveksiyon ile, yaşam hacmindeki soğuyan ısı da cam ve masif duvar arasındaki hacme doğal veya zorlanmış konveksiyonla transfer edilir.

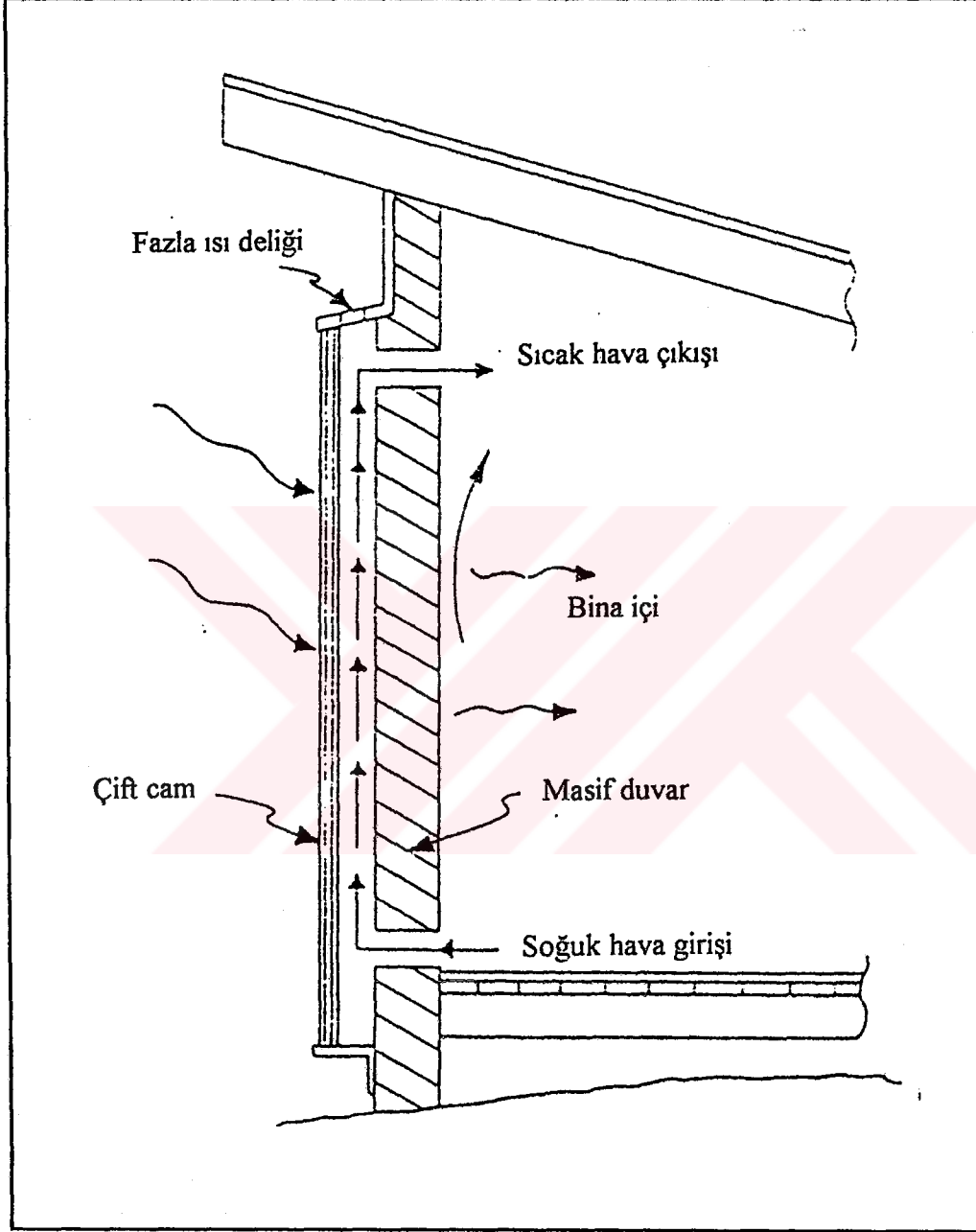
Isı depolayıcı duvarlara en güzel örnek Fransa Odeillo'da mimar Jacques Michel ve Felix Trombe tarafından 1967'de dizayn edilen ve yapılan Michel-Trombe evidir (Şekil 2.5).



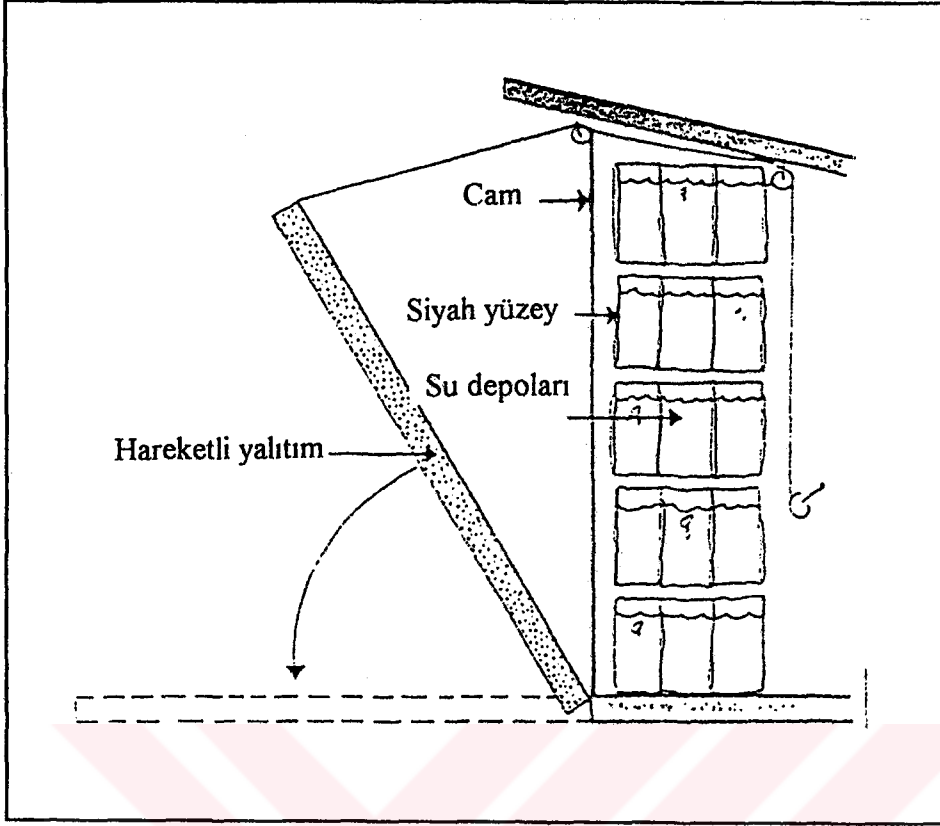
**Şekil 2.5 Michel -Trombe Evi'nin kesiti, şematik [10]**

Michel - Trombe evinin çalışma prensibi, evin güney cephesindeki masif duvarın gündüz ısıyı depolaması, geceleyin de bu ısıyı masif duvardan yaşam hacmine radyasyon ve konveksiyonla iletmesi şeklindedir. Gündüz yaşam hacmindeki soğuk hava, masif duvarın alt tarafındaki transfer kanallarından ara hacme girer, ara hacimde soğuk hava ısınarak

yukarıya doğru çıkarak, masif duvarın üst tarafındaki transfer kanallarından tekrar yaşam hacmine dönerek doğal bir sirkülasyon sağlar. Şekil 2.6 ve Şekil 2.7’de Trombe duvarı ve su depolu duvarın detayları görülmektedir.



Şekil 2.6 Trombe duvarı [7]

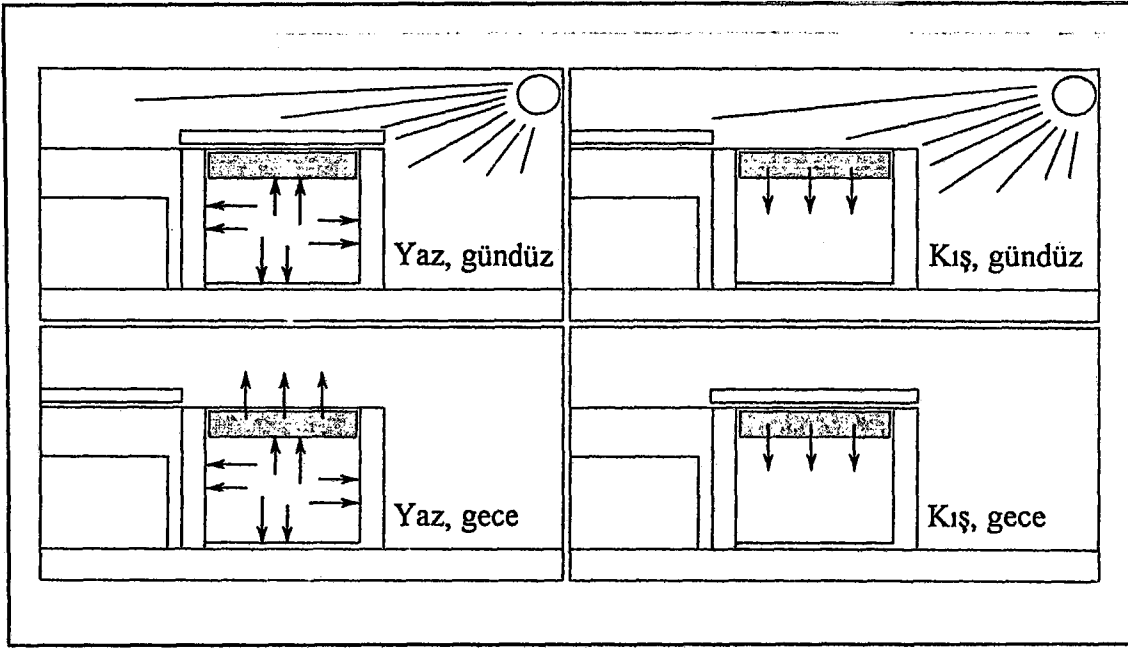


Şekil 2.7 Su depolu duvar [7]

#### 2.1.2.2 Çatı havuzları

Literatürde Dam Havuz Sistemi olarak da ifade edilen bu sistem aslında bir ısı depolama sistemidir. Ancak sistem çok özgün bir fikre sahip olduğu için ayrı bir başlık altında sunulmaktadır. Çatı havuzları ile ısınan bir bina içinde konfor şartlarının çok iyi olduğu söylenmektedir.

Bu sistemde, binanın çatısına yerleştirilmiş içi su dolu havuzun veya plastik torbaların doğrudan depoladığı enerji, geceleri binaya aktararak ısı kaynağı oluşturulmaktadır. Ayrıca bunların üstüne açılıp kapanabilen kepenkler konmuştur. Kışın gündüzleri kepenkler açılarak su dolu torbalar güneş enerjisi ile ısıtılmakta, geceleyin ise örtü örtülerek ısınin dışarıya kaçması önlenmektedir. Gündüz radyasyonla ısınan torbalar, gece radyasyonla içerisini ısıtmaktadır. Yazın ise gündüzleri üzeri kapalı olduğundan güneşin olumsuz etkileri önlenmekte, gece ise kepenkler açılmakta ve bina içinden dışarıya doğru ısı geçişiyle soğutma yapılmaktadır [10]. Şekil 2.8’de çatı havuzlu sistem görülmektedir.



Şekil 2.8 Çatı havuzlu sistem [10]

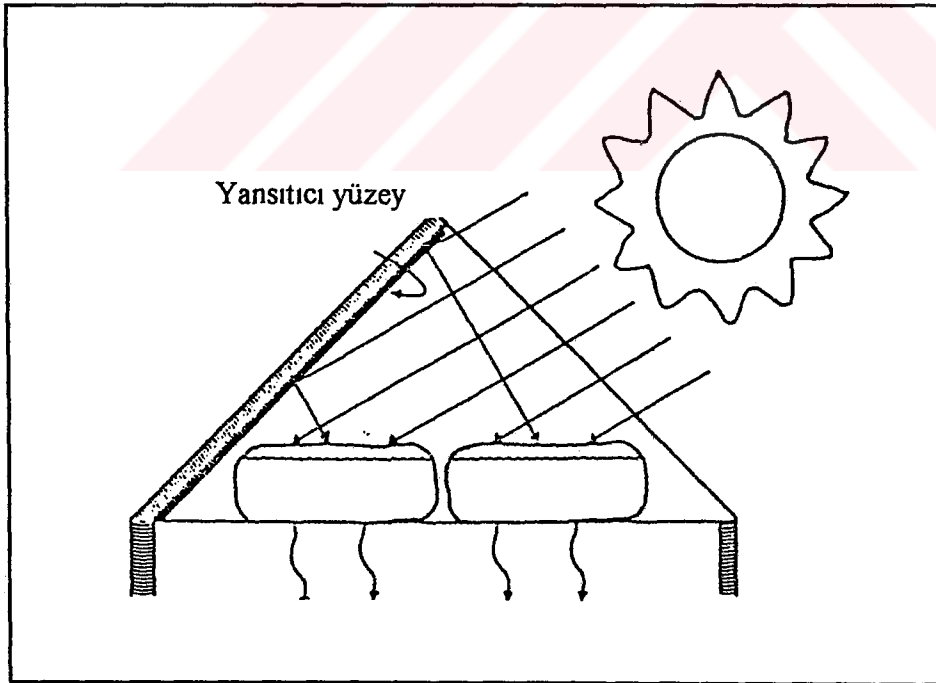
Çatı havuzları, dayanıklı metal tavanların üzerine yerleştirilen büyük plastik su havuzlarıdır. 15-30 cm derinliğindeki havuzlardaki su, binanın güneş enerjisiyle ısıtılması ve soğutulması için termik kütle görevi görmektedir. Koyu plastik bir kaplama, bu havuzun alt kısmına tavandan su akmasını önlemek için ve güneş enerjisinin toplanmasını sağlamak için yerleştirilir. Ayrıca havuzlar, mor ötesi ışınların yol açabileceği yıpranmalardan korunmak için genellikle düz plastik bir kaplama malzemesi ile kaplanırlar. Sera etkisine bağlı olarak, havuzun içindeki ısının hapsedilmesine de yardımcı olurlar. Hareketli sert bir yalıtım kışın geceleri, yazın da gün boyunca kullanılmaktadır.

Kışın güneşli günlerde yalıtım kaldırılmakta ve güneş ışınlamı su havuzlarına gelmektedir. Isı, havuzlardan tavana iletilmekte ve daha sonra alttaki odaya termik radyasyonla ısı geçişi sağlanmaktadır. Gece ise yalıtım yerleştirilmekte ve su, mekanı ısıtmaya devam etmektedir. Sadece havuzların altındaki mekanlar ısıtıldığından, bu sistemle ısıtılan binalar, ısı geçişini sağlayan bazı ayrıcalıklı binalar dışında tek katlıdır. Yazın süreç değişmekte ve yalıtım tabakası gün boyunca havuzun üzerinde kalmaktadır. Bu sayede su, mekandaki fazla ısıyı yutmaktadır. Gece ise yalıtım, havuzun üzerinden kaldırılmakta ve yutulan ısının gökyüzüne çıkması sağlanmaktadır [10].

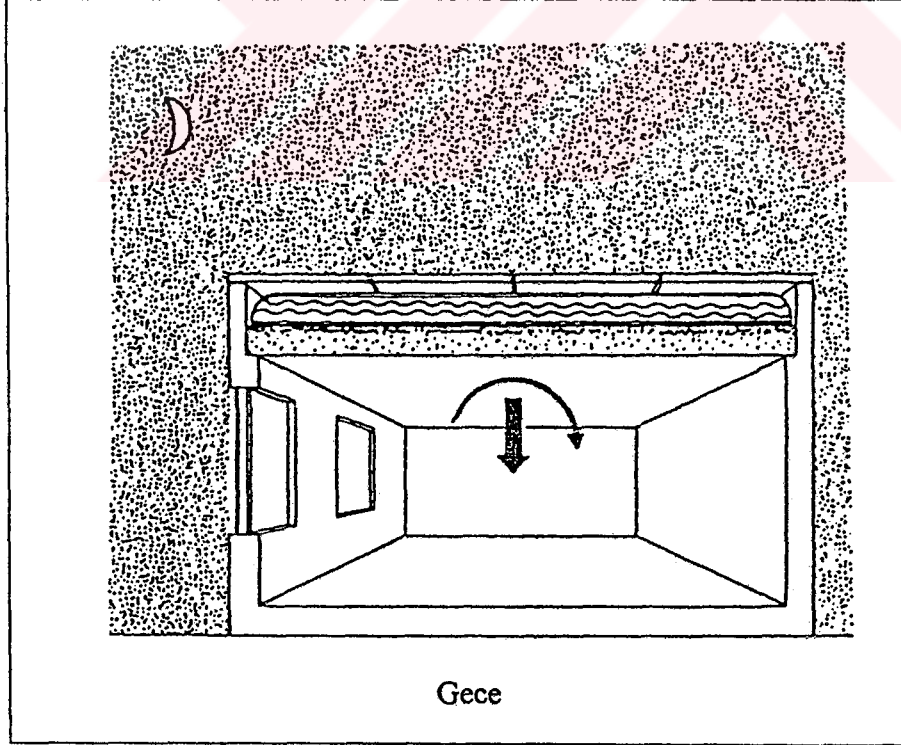
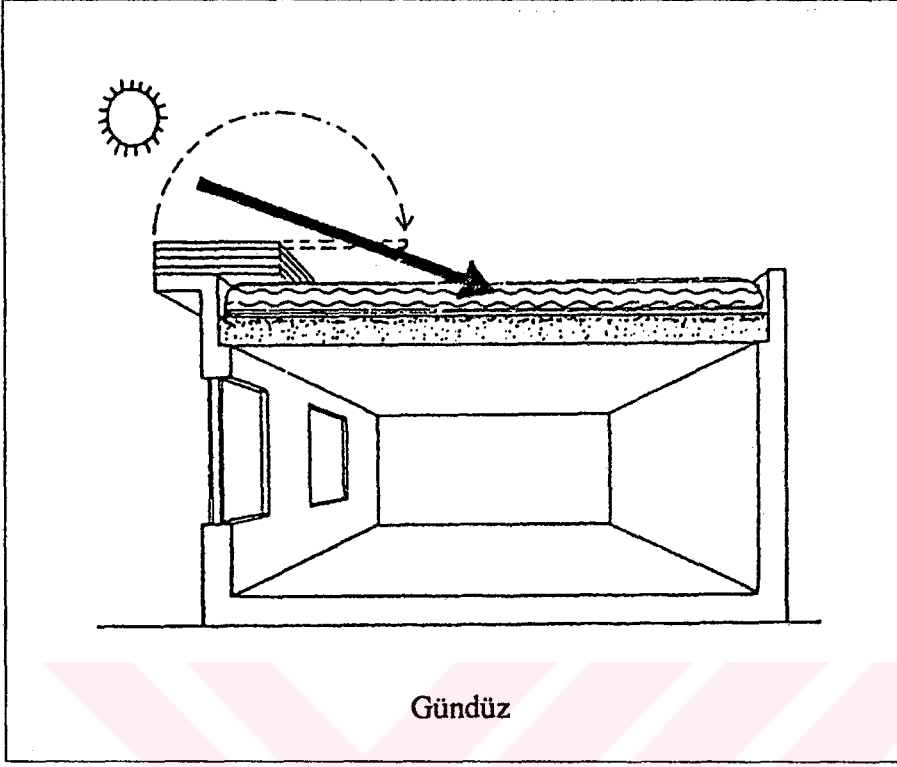
Yatay yüzeylerde, kışın güneş enerjisinin toplanması zayıf olduğundan, ayrıca donma ve kar yükü, potansiyel problemler olarak ortaya çıktığından, çatı havuzlarının en çok sıcak iklimlerde, 35 °C kuzey enlemi veya onun altındaki enlemlerde kullanılması uygundur.

Çatı havuzları mimari açıdan daha serbest imkanlar sağlarlar. Mimari açıdan söz konusu olan sınırlandırmalar sadece yüksek bir çatı gereksinmesi ve havuzun içindeki suyun taşınması için gerekli olan duvar ve tavan takviyesidir. Çatı havuzları dekoratif parapetlerle kolaylıkla gizlenerek, güneş enerjisi sisteminin çevreden görülmemesi sağlanabilir.

Çatı havuzları, nispeten soğuk iklimlerde, çatıda eğimli camların altına yerleştirilirler (Şekil 2.9). Eğimli bir cam yüzey, yatay yüzeylere nazaran daha fazla güneş ışıınımı sağlar. Çatının diğer iç yüzeyine konan bir yansıtıcı katman ise, toplanan güneş enerjisinin artmasını sağlayacaktır. Doğal olarak çatı, suyun ağırlığını taşımak üzere takviye edilmelidir [9]. Çatı havuzunun gündüz ve gece çalışma prensibi de Şekil 2.10'da görülmektedir.



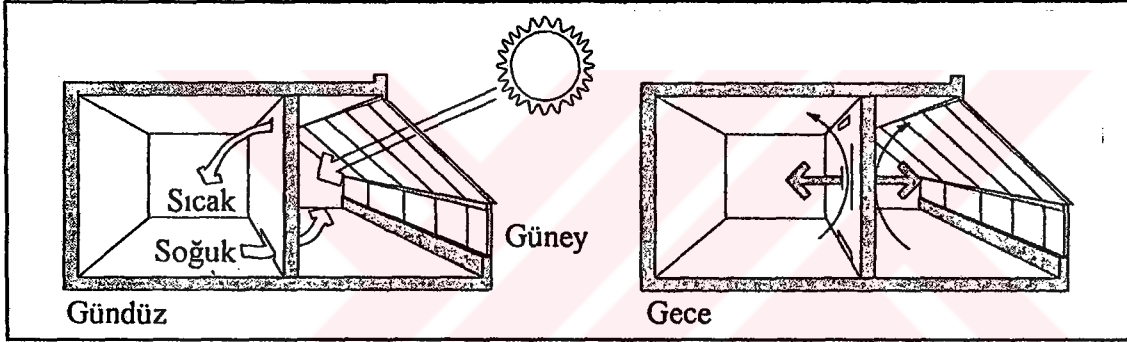
Şekil 2.9 Kuzey iklimleri için çatı havuzu alternatifi [9]



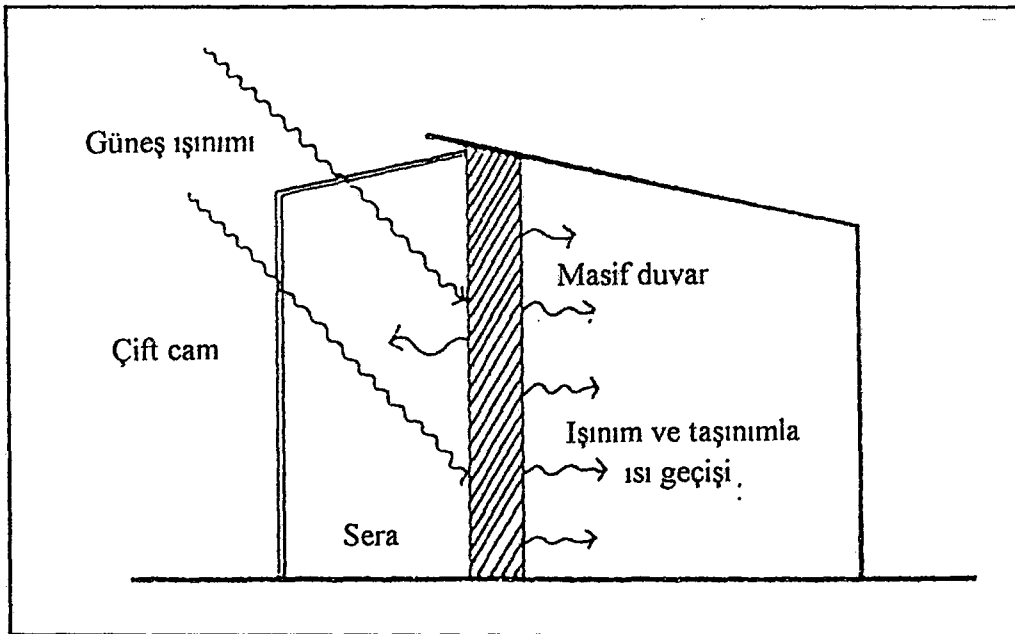
Şekil 2.10 Çatı havuzu gündüz ve gece [9]

### 2.1.2.3 Entegre sera sistemleri

Pasif güneş enerjisi sistemlerinden olan entegre seralar, direkt ve indirekt sistemlerin kombinasyonu olarak tanımlanmaktadır. Sera, yapılardan ayrılması için kitle duvarıyla yapının güney yönünde inşa edilir. Sera fonksiyonu gören direkt kazanç sistemleri, güneş ışınları ile direkt olarak ısıtılır. Temelde, güneş ışını seranın içinde depolanarak ısıya dönüştürülür. Burada ısının bir kısmı veya tamamı, yapının diğer hacimlerine veya yapı dışına gönderilir. Sistem, özellikle güneye bakan cephelere ve ısıtılması düşünülen hacimlere doğru orantılı olarak yerleştirilir. Komşu hacimlere ısı transferi de, entegre seralar ile ısıtılması düşünülen hacimle arasına açılacak olan küçük transfer kanalları yardımıyla gerçekleştirilir (Şekil 2.11).

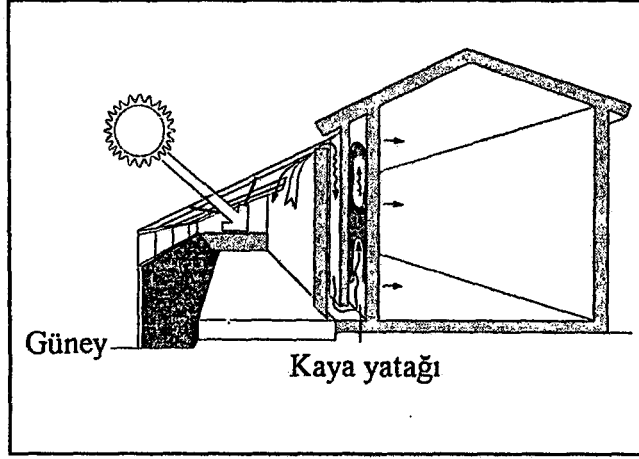


Şekil 2.11 Entegre sera sistemi ve transfer kanalları, şematik [10]



Şekil 2.12 Seralı pasif sistem [7]

Birleştirilmiş sera uygulamalarında, dizayn esnekliğinin izin verdiği ölçüde çeşitli olasılıklar mümkündür. Örneğin, seralardaki sıcak hava kanallarında, hacimlerde oluşan ısı, seranın kuzey duvarına yerleştirilen kaya yatağına depolanır. Isı daha sonra zemin yüzeyinden konveksiyonla ve radyasyonla hacimlerden geçirilerek dağıtılır (Şekil 2.13).



Şekil 2.13 Kaya depolamalı ve fan zorlamalı sistem, şematik [10]

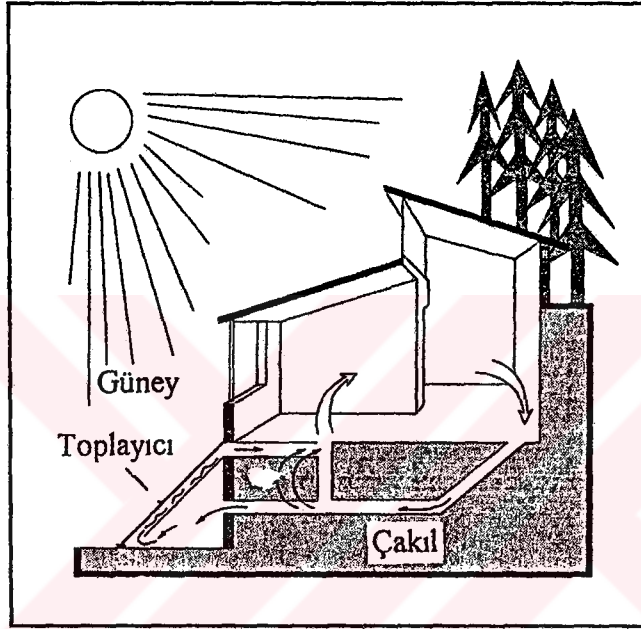
Entegre seralar hem daha önce yapılmış binalara, hem de yeni yapılacak olan binalara monte edilebilme özelliklerine sahiptirler. Ancak yeni yapılacak binalara sera entegre etmek pek fazla sorun çıkarmamaktadır. Çünkü binalar dizayn edilirken bu kez entegre seralarında fonksiyonel avantajları dikkate alınacak ve ona göre projelendirilecektir. Fakat yapılmış olan bir binaya entegre edilecek seralarda bazı problemler doğmaktadır.

Bunların başında, binanın güney cephesinde sera için gerekli alan olup olmadığı, seranın binaya monte edilmesi sırasında yapıya vereceği hasar ve seranın yapının mimari görünüşünü bozup bozmayacağı araştırılmalıdır. Bunları önlemek için, entegre seraların daha proje safhasında pre-fabrike olarak tasarlanması ve üretilmesi gerekmektedir. Entegre seraların pre-fabrike olarak tasarlanması ve üretilmesi, hem pazarlayıcı firmalar, hem de kullanıcı kişiler açısından büyük önem kazanmaktadır [10].

### 2.1.3 Ayrılmış kazanç sistemleri

Bu sistem, güneş enerjisini toplayıp depolayan kısmın yaşam hacimlerinden ayrı olarak ve ısı kayıplarını minimum düzeyde tutacak şekilde izole edilmesiyle imal edilmiştir. Doğal

dolaşım tekniğinde, ısınan akışkanın kendiliğinden yükselip yer değiştirmesi özelliğinden yararlanılmıştır. Bu teknik güneye eğimli arazilerde kolayca uygulanabilir. Çünkü toplayıcı yüzeyi ile ısı depo, binanın altında olacak şekilde yerleştirilmiştir. Toplayıcıda ısınan hava, depoya veya doğrudan binaya gitmekte ve burada soğuyarak tekrar toplayıcıya dönmektedir. Isı depolama malzemesi olarak çakıl taşları veya kaya bloklarından yararlanılmaktadır. Isı transfer akışkanı olarak su veya hava kullanılmaktadır (Şekil 2.14).



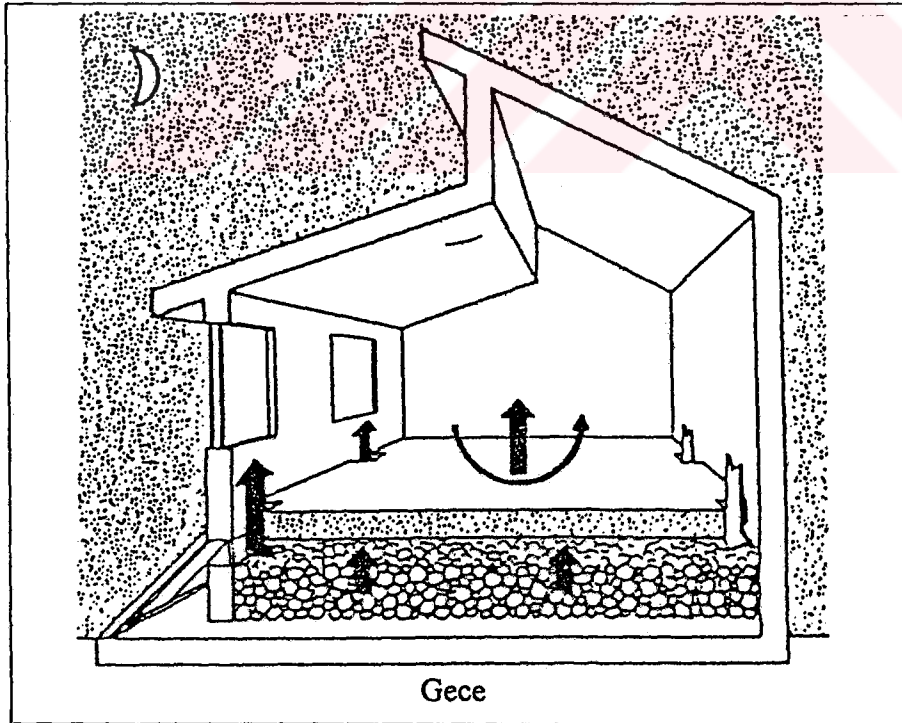
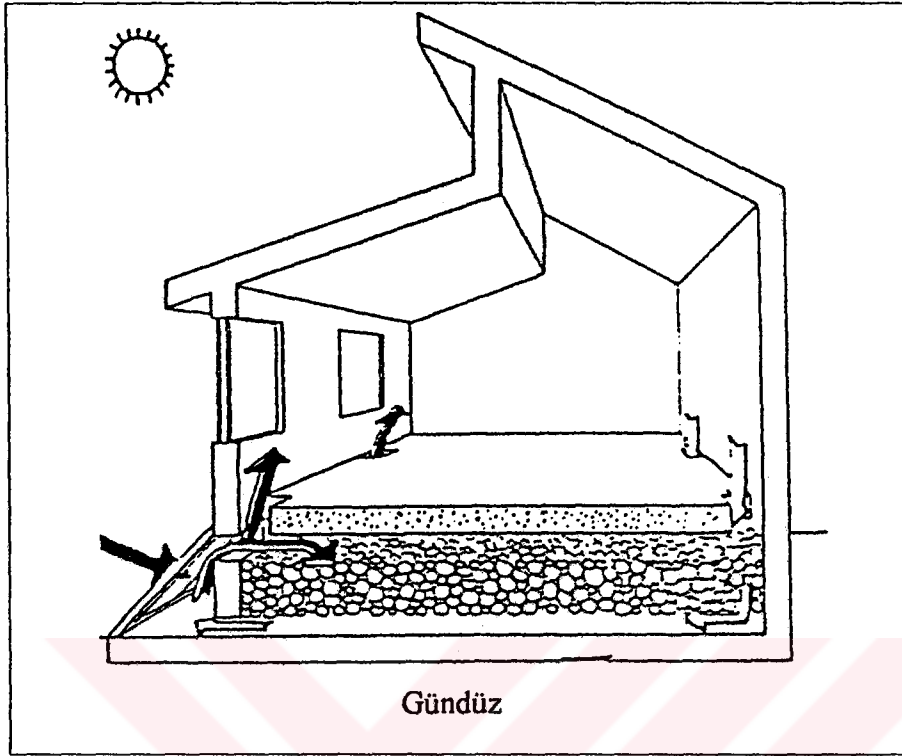
Şekil 2.14 Ayrılmış kazanç sistemi, şematik [10]

Bu sistemin en önemli örneği termosifon kollektörleridir. Çoğu termosifon veya doğal konveksiyon sistemleri, aktif hava tipi kollektörlere benzerler. Asıl fark, basınçlı hava sirkülasyonunun olmamasıdır. Termosifon kollektörünün pozisyonu ve konstrüksiyonu sistemin ne kadar iyi çalıştığını belirler [9].

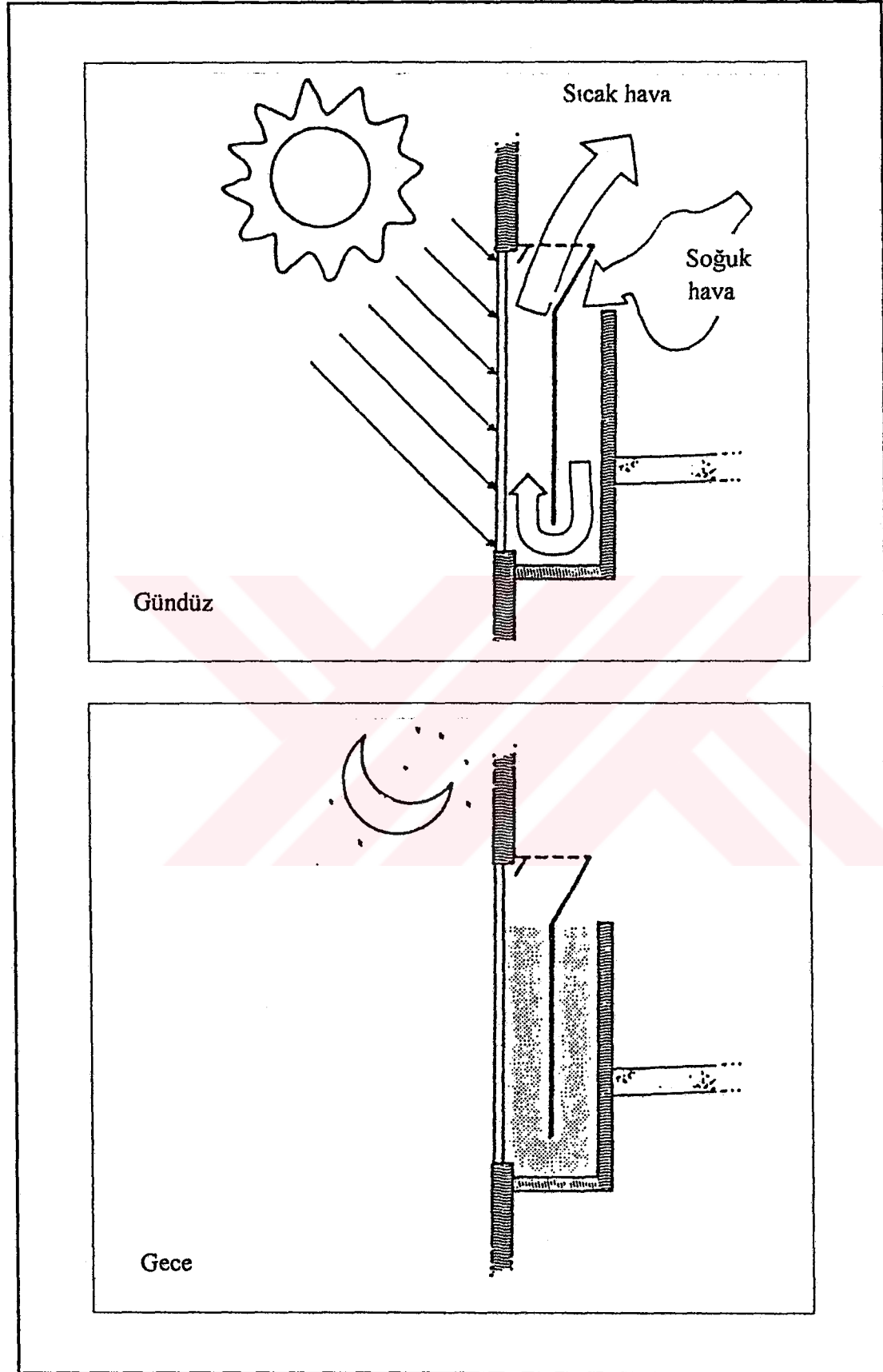
Termosifon sistemlerinde hava hareketi yavaş olduğundan hava boşluklarının ve kanallarının boyutlandırılması çok önemlidir. Depolama, Şekil 2.15’de görüldüğü gibi termosifon devresinin içinde de yer alabilir. Toplayıcı üzerinde mümkün olduğu kadar çok depolama alanı yerleştirilmeli, doğal konveksiyon yoluyla depolama malzemesi ısıtılmalı ve bina rahat ısıtılabilmesi amacıyla, depolama ünitesinin üzerine yerleştirilmelidir. Kollektör depolama ünitesi arasındaki ve depolama ünitesi ev arasındaki kapaklar çoğunlukla gereklidir.

Termosifon kollektörlerinin bir diğ er türü de U-t  p  d  r. Basit U-t  p   duvar, trombe duvarına benzer bir yöntemle çalışır. Gün boyunca cam içinde ısıtılan hava yükselir ve mekandaki soğuk hava ısıtılmak üzere içeri alınır. Fazla ısı, ısıtılan mekanların termik kütlelerinde depolanır veya direkt olarak bir depolama alanına gönderilir. Gece soğuk hava, eşit olarak kollektörün her iki tarafında    ekelmekte ve durgunla  maktadır. Ters termosifon hareketi ile de odanın soğuması önlenmektedir (  ekil 2.16).





Şekil 2.15 Termosifon toplayıcı [9]



Şekil 2.16 U-tüplü termosifon toplayıcı [9]

### 3. İÇ HAVA KALİTESİ ve HAVALANDIRMA TESİSATI

Darmstadt Kranichstein Pasif Evleri, giriş bölümünde de belirtildiği gibi minimum enerji kullanımı gerektirecek şekilde tasarlanmıştır. Isıtma, sıcak su ve havalandırma için gerekli olan tüm enerji ihtiyacı ortalama 32 (kWh/m<sup>2</sup>yıl) olup, bu değer Almanya'daki normal evlerin enerji tüketim ortalamalarının yaklaşık 10 kat altındadır.

Binanın inşaat hazırlıkları için bilimsel bir çalışma grubu oluşturulmuştur ve bu grup, binada enerjinin ekonomik olarak kullanımı ile ilgili çok sayıda yeni uygulama geliştirmiştir. Bu uygulamalar arasında, hava sızdırmazlığının sağlanması, ısı yalıtımı, iç hava kalitesi düzenlemesi ve atık havadan ısı geri kazanımı yer almaktadır.

Binanın inşası Hessen Eyaleti Çevre, Enerji ve Eyalet İşleri Bakanlıkları tarafından desteklenmiş ve Darmstadt'daki İmar ve Çevre Enstitüsü'nün yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Dört adet benzer daireden oluşan bina, 1991 yılının Ekim ayında tamamlanmış olup, şu ana kadar dört aile bu binaya yerleşmiş durumdadır. Binanın pasif sistemle ısıtılmasının temeli, konvansiyonel ısı yalıtımına dayanmaktadır. Ayrıca binada, araları kripton gazı dolgulu üç katlı ısı koruyucu cam ve atık havadan yüksek derecede etkili ısı geri kazanım sistemi kullanılmıştır. Elde edilecek sonuçlar ile ilgili olarak, Tübingen Şehri'ndeki Ebök Mühendislik Bürosu, ölçüm projesi ile görevlendirilmiştir.

Havalandırma sisteminde, binada oturanların ihtiyaçlarını karşılamaya dayanan bir prensip takip edilmiştir. Enerji kayıplarını düşük seviyede tutabilmek için ısı geri kazanımı ile ilgili bir sistem kullanılmış ve bir yeraltı değiştirgeci ile dış havanın ön ısıtılması gerçekleştirilmiştir.

Ekim 1991 ile Eylül 1993 tarihleri arasındaki iki yıllık ölçüm verilerinin (Çizelge 3.1) değerlendirilmesi sonucunda binanın, enerjinin etkin (ekonomik) şekilde kullanımı ile ilgili beklentileri karşıladığı tespit edilmiştir. Almanya'da pasif sistem kullanılmayan normal binaların enerji tüketim ortalamasına göre, ısıtmaya yönelik enerji tüketimi 20/1 oranında düşmüş durumdadır. Yine ısıtma, sıcak su ve elektrik gibi diğer enerji tüketim değerleri de Almanya'daki diğer binaların enerji tüketim ortalamalarının yaklaşık %10'u kadardır [3].

Çizelge 3.1 Pasif evde enerji sarfıyatı [3]

| Enerji Harcanan<br>Yer | Enerji Türü | 1.10.1991- 30.9.1992<br>Ölçümü (kWh/m <sup>2</sup> yıl) | 1.10.1992- 30.9.1993<br>Ölçümü (kWh/m <sup>2</sup> yıl) |
|------------------------|-------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Ev aletleri            | Elektrik    | 9.12                                                    | 8.27                                                    |
| Havalandırma           | Elektrik    | 2.65                                                    | 2.93                                                    |
| Pişirme                | Doğalgaz    | 2.43                                                    | 2.60                                                    |
| Sıcak su               | Doğalgaz    | 8.28                                                    | 6.12                                                    |
| Isıtma                 | Doğalgaz    | 20.81                                                   | 11.91                                                   |
| Toplam                 |             | 43.29                                                   | 31.83                                                   |

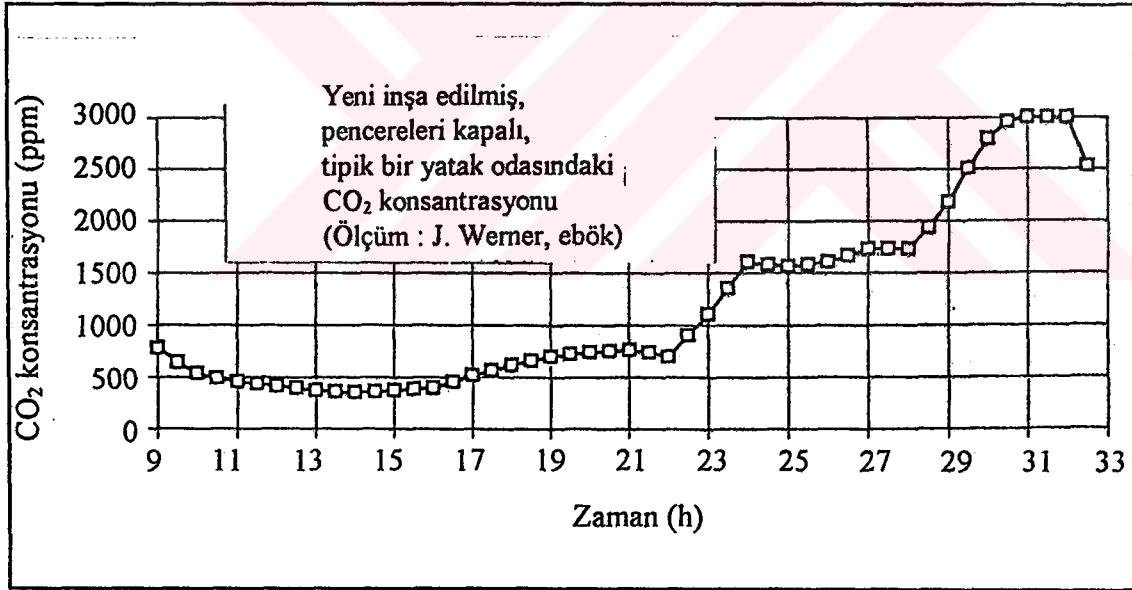
### 3.1 Havalandırma Kavramı

İç hava kalitesi ile ilgili verilen çeşitli konferanslarda, ortam havasında bulunan ve ürkütücü boyutlara ulaşan zararlı maddelerin varlığının ispatlandığı açıklanmıştır. Bu maddeler, formaldehit, benzol, tozlar ve mantar sporları gibi uçucu organik bileşikler ve radon gazı gibi radyoaktif maddelerdir. İlk olarak zararlı maddelerin etkisi kaynağında azaltılmalıdır. Ancak yine de, iç ortam havasında bulunan bu maddeleri tam olarak yok etmek mümkün değildir. Çünkü birincisi, insanın kendisi sürekli olarak su buharı, karbonmonoksit ve koku kaynağıdır. Ayrıca hiçbir yapı malzemesi radon gazından tamamen arınmış değildir. Yapı malzemelerinde mevcut olan ve oradan iç ortam havasına geçen maddeler, güvenli bir şekilde iç mekanlardan dışarı atılmalıdır. Kullanılmış iç ortam havası yerine geçen dış hava, genelde zararlı maddelerden tamamen arınmış olmamasına rağmen, iç ortam havasına oranla çok daha az kirlidir. Almanya'da pek çok yaşam ortamında bu tarz, hijyenik açıdan gerekli hava değişimi, yeterli derecede mevcut değildir.

Binalardaki iyi yalıtılmamış çerçeveler ve diğer çatlaklar çok daha fazla hava değişimi sağlamaktadır. Ancak bununla birlikte bu durum, çoğu kez hoş olmayan hava akımlarına neden olmaktadır. Bu da yüksek enerji tüketimine ve dolayısıyla daha çok hava kirliliğine yol açmaktadır. Ayrıca iyi yalıtılmamış binalarda, hava değişiminin her zaman olması garanti değildir. Rüzgarların az olduğu Mart ve Nisan aylarında havalandırma yeterli olmamakta, fakat soğuk Ocak ve Şubat aylarında hava akımı tersine çok fazla olmaktadır.

Hava akımının yönü de çoğunlukla uygun değildir. Dış ortam havası, zemin kattaki giriş kapısının altından girer ve zaten kirlenmiş olan iç ortam havası, merdivenlerden çatıya kadar çıkarak, oradan da çatı penceresinden dışarıya ulaşır. Gerçekleşen bu hava ve ısı akımı çok zor düzenlenebilir. Daha önceden çok soğuk kış günlerinde, geçici önlemler ile hava akımına neden olan çatlak ve delikler kapatılmaya çalışılmıştır. Ancak tam olarak önlemek mümkün olmamıştır [3].

Camların açılması suretiyle yapılan havalandırma da pratikte pek büyük bir düzelme sağlamaz. Çünkü düzenli olarak 2 saatte bir 10-15 dakika süreyle pencereleri tam olarak açıp evi havalandırmak pek mümkün değildir. Ayrıca bu yöntemin gece yatak odasında uygulanabilmesi de imkansızdır. Yatak odasında pencere kapalı kaldığında  $\text{CO}_2$  konsantrasyonu birkaç saat içinde 1000 ppm sınırını aşar (Şekil 3.1). Pencere açık veya aralık bırakıldığında ise hava akımı çok fazla olur ve ortam havası kışın soğuk ve kuru olur. Ayrıca ısı kaybı artacağından enerji tüketimi de çoğalır.



Şekil 3.1 Havalandırma tesisatı olmayan bir evin yatak odasındaki  $\text{CO}_2$  konsantrasyonu [3]

### 3.1.1 Atık hava tesisatlı hijyenik havalandırma

Havalandırma probleminin en basit ve güvenilir çözümü, kontrollü hijyenik havalandırmadır. İsveç’de 50 yılı aşkın süredir basit atık havalandırma tesisatları kullanılmaktadır. Yaklaşık olarak 1978 yılından beri, kontrollü havalandırma sistemi olmayan binalar inşa edilmemektedir. Havalandırma tesisatları çoğunlukla mutfak, banyo ve tuvalet gibi kirlenmiş alanlardan kirli havayı alıp dışarıya atarlar. Tavanda bulunan küçük bir vantilatör, kirli havanın sürekli dışarıya atılmasını sağlar. Temiz hava diğer odalardan gelir. Bu yöndeki hava akımı en uygun olanıdır. Böylece tuvalet kokusu veya mutfakta oluşan yemek kokusu, oturma alanlarına gitmez. Oturma alanlarına, en pratik olarak camların üzerinde bulunan açıklıklardan ve duvardaki mevcut yalıtımsız yerlerden temiz hava girişi olur. Kışın, içeri giren hava soğuk, çatıdan çıkan hava ise sıcak olur. Bu şekilde havalandırmanın esas amacı ortamdaki hava kalitesini iyileştirmektir.

İyi yalıtılmış bir binada hava, rüzgar ve ısı etkilerinden büyük ölçüde bağımsız olarak gerekli olan yerlere akın ettiğinden, atık hava tesisatı, kabul edilebilir ölçüdeki enerji tüketimiyle ve en uygun hava akımı ile temiz hava elde edilmesini sağlar. Pencere üzerinde bulunan temiz hava vanası ile temiz hava ve radyatör üzerinden yükselen sıcak hava birbirine karıştırıldığından, ortamda olumsuz hava akımları oluşmamaktadır. İsveç’de pasif sistemle ısıtılan binaların yaklaşık %80’i basit atık hava tesisatı ile donatılmıştır. Yeterli miktarda soğuk temiz hava girişine rağmen enerji tüketimi, iyi ısı yalıtımı sayesinde, yetersiz şekilde havalandırılan diğer binalara oranla %50’den daha azdır. İsveç’de pasif sistemle ısıtılan binalarda, kontrollü havalandırma sisteminin uygulanması, iç hava hijyeni nedeniyle zorunludur [3].

### 3.1.2 Isı geri kazanımlı havalandırma

Dış ortamdaki temiz ve soğuk hava, içerideki sıcak ve kirli havanın yerini aldığı anda, ısı kaybını önlemek mümkün olmamaktadır. Ancak hava kalitesini iyileştirmek adına ya bu durum kabul edilmelidir, ya da atık havadan ısının bir kısmı geri kazanılmalıdır. Isı geri kazanımı en uygun olarak, bir yüzünden atık ve sıcak hava, diğer yüzünden temiz ancak soğuk havanın geçtiği bir ısı değiştirgeci ile mümkün olmaktadır. Bu şekilde atık hava

senede bir kez değiştirilir. Hava herhangi bir şekilde işleme tabi tutulmaz ve hava sirkülasyonu gerçekleşmez. Temiz hava, oturma ve yatak odalarından verilir. Kirlenmiş olan hava ise mutfak, banyo ve tuvalet gibi ıslak hacimlerden emilir (Şekil 3.2).

Etkili bir karşı akımlı hava/hava ısı değiştirgecinde, atık hava ısısı %72 ile %90 arasında değişen oranlarda giriş havasına aktarılır. Bu sistem sadece enerji tasarrufuna değil, aynı zamanda bina içindeki hava kalitesinin iyileştirilmesine de yaramaktadır. Dış havaya, kışın yeraltı ısı değiştirgeci (EWT) ile ön ısıtma yapılır. EWT, toprağın yaklaşık 1 m altına döşenmiş olan borulardan oluşmaktadır. Bu borular sentetiktir ve radon gazı girişini önlemek amacıyla ek yerleri yoktur.

EWT'nin havalandırma tesisatına iki tane daha olumlu katkısı vardır. Bunlardan birincisi, kışın çok soğuk havalarda, yaptığı ön ısıtma sayesinde, karşı akımlı ısı değiştirgecinin donmasının söz konusu olmamasıdır. İkincisi ise yazın toprak sıcaklığı, dış hava sıcaklığından düşük olduğu için, bina içindeki havanın soğutulmasına yardımcı olmasıdır. Yani EWT, yazın ön soğutma yapar.

Yazın temiz hava, by-pass klapesinin (BK) açılması ile plakalı ısı değiştirgecinin yanından geçirilir, böylece giriş havası soğutulmuş (serinletilmiş) olarak bina içine ulaşır. Motorlu klapeler (ZKN, ZKS) yardımıyla giriş havası, zemin kattaki oturma mekanları ile üst ve çatı katındaki oturma ve yatak odalarına istenilen oranlarda dağıtılabilir. Böylece ihtiyaca göre havalandırma yapılabilir.

Temiz hava, oturma odalarından ve koridorlar üzerinden geçerek mutfak, banyo ve tuvalet gibi ıslak hacimlere ulaşır ve buralarda bulunan atık hava çıkışlarından dışarı atılır. Üst ve çatı katında bulunan banyo ile zemin katta bulunan mutfak ve tuvaletten dışarıya atılacak olan atık hava miktarı, yine motorla çalışan bir ayar klapesi (ZKA) ile istenilen oranlarda ayarlanabilir. Islak hacimlerden atılan kirli hava, bir kanalda toplanarak, atık hava vantilatörü (AV) tarafından, atık hava filtresi (AbF) üzerinden emilir. Atık hava daha sonra plakalı ısı değiştirgecinden geçerek çıkış havası kapağına (FA) iletilir. Mutfakta çok yüksek oranlarda havalandırma ihtiyacı olduğu zaman, dışarıya atılacak olan hava miktarı, davlumbaz (DA) sayesinde artırılabilir. Ayrıca davlumbaz üzerinde bulunan yardımcı bir körük (HV) ile, davlumbazın kapasitesi yükseltilebilmektedir.

Havalandırma tesisatının hava debisi ayarı üç aşamalıdır.

Birinci aşama (Temel havalandırma) = 60 m<sup>3</sup>/h

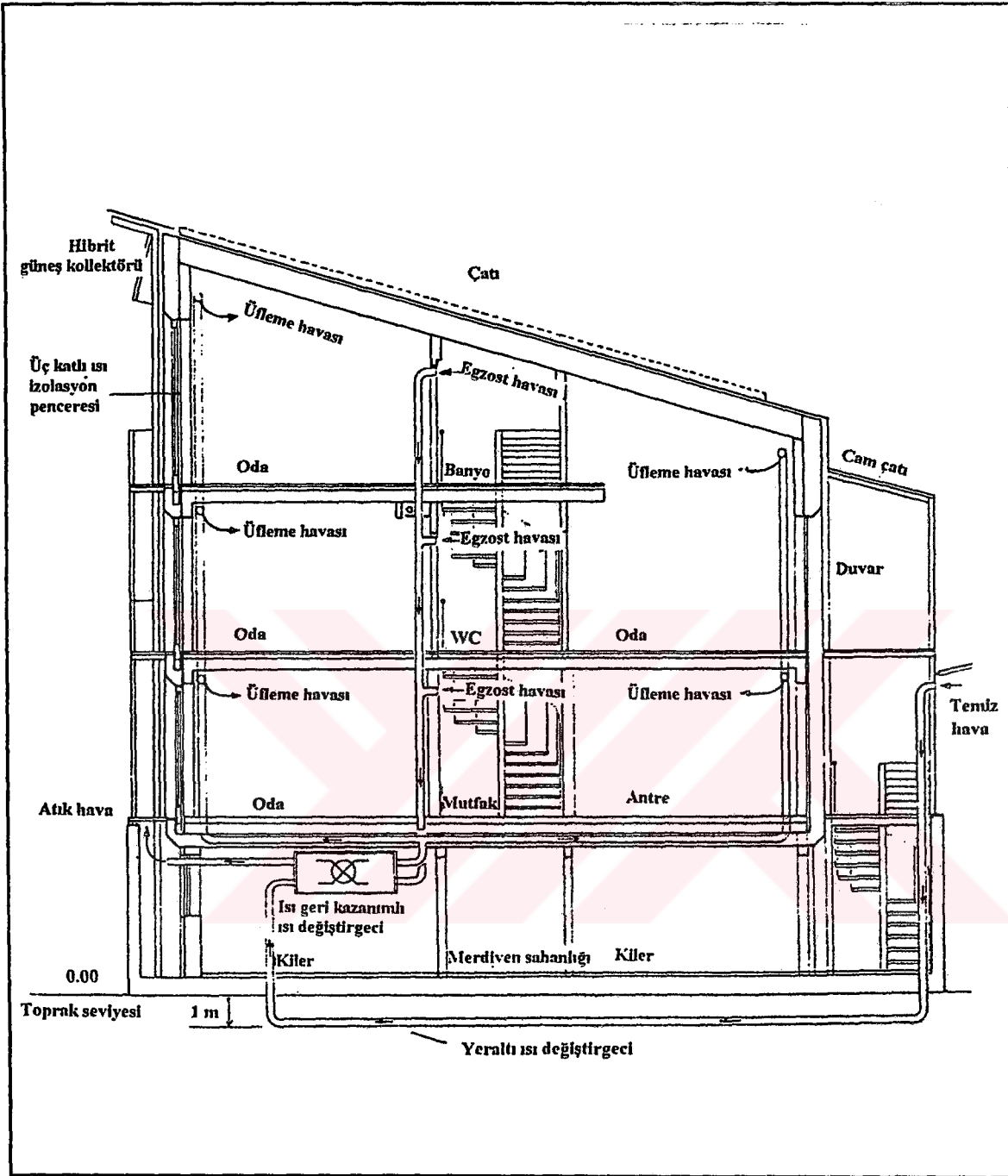
İkinci aşama (Standart havalandırma) = 100 m<sup>3</sup>/h

Üçüncü aşama (Maksimum havalandırma) = 180 m<sup>3</sup>/h

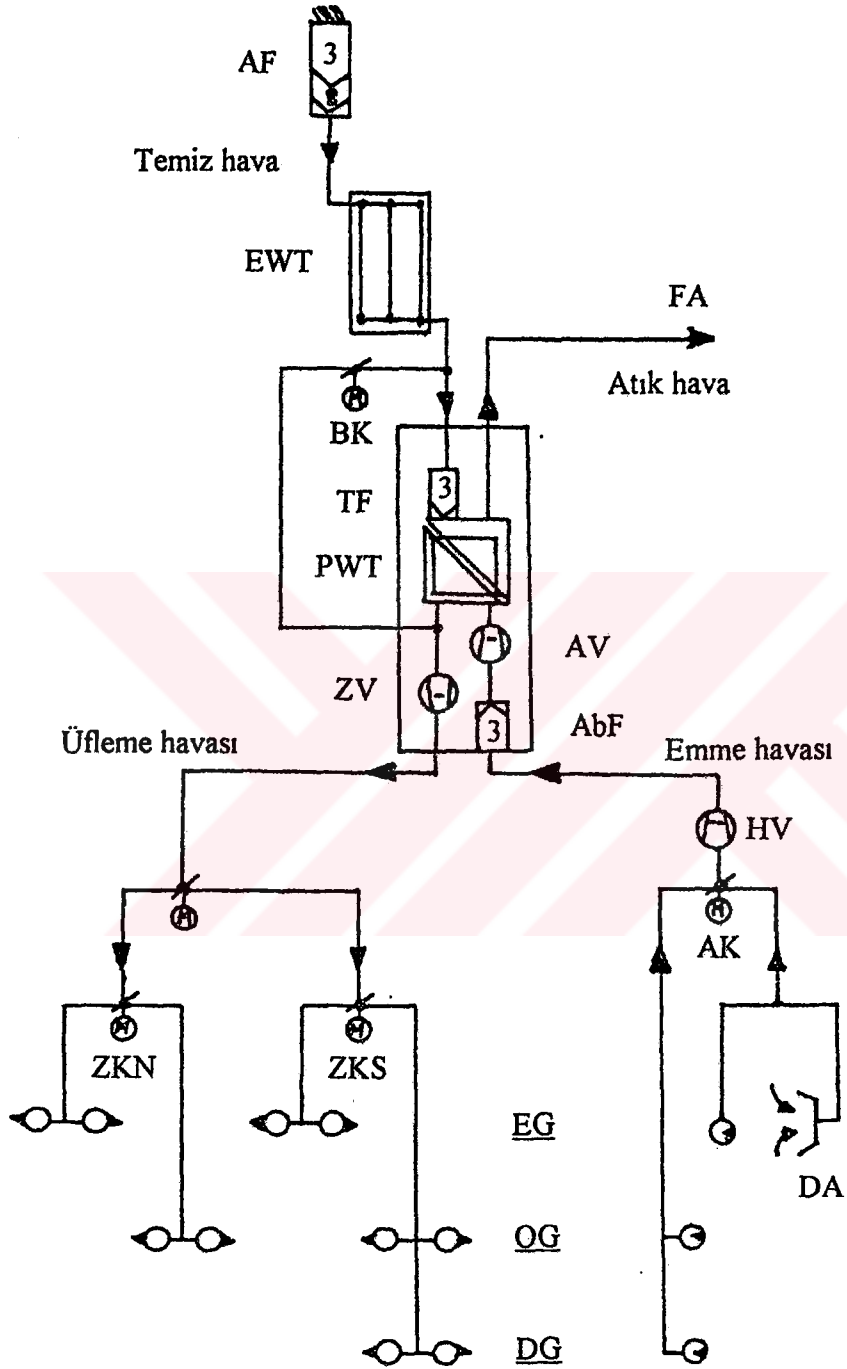
Havanın debisinin ve zemin ile üst katlar arasındaki dağıtım oranlarının ayarlanması, manuel veya otomatik olarak yapılabilir. Ayar sisteminin şekli (manuel/otomatik), binanın giriş bölümünde bulunan bir merkezi kumanda panosu üzerinden değiştirilebilir. Manuel işletim sisteminde, kirli havanın atıldığı mekanlarda (mutfak, banyo, tuvalet) bulunan ayar düğmeleri sayesinde, atık hava miktarları, istenilen oranlarda değiştirilebilir. Davlumbaz ve davlumbazın yardımcı körüğü, davlumbaz üzerinde bulunan şalterler ile çalıştırılabilir. Otomatik işletme sisteminde giriş havası debisi ve dağılımı, oturma ve yatak odalarındaki CO<sub>2</sub> konsantrasyonuna bağlı olarak ayarlanmaktadır. Çıkış havası debisi ve dağılımı ise mutfak (EG) veya banyo (OG) havasındaki bağıl nem oranına bağlı olarak ayarlanmaktadır.

Şekil 3.2’de şematik olarak havalandırma tesisatının binaya entegrasyonu görülmektedir.

Şekil 3.3’de ise havalandırma tesisatının prensip şeması görülmektedir.



Şekil 3.2 Havalandırma tesisatının binaya entegrasyonu, şematik [3]



Şekil 3.3 Havalandırma tesisatının prensip şeması [3]

### 3.2.1 Hava miktarları ve değişim oranları

Pasif evdeki hava miktarları, içinde yaşıyan kişilerin aktivitelerine göre ayarlanmıştır. Havalandırma, kişilerin aktivitelerine bağlı olarak oluşan hava kirliliğini (özellikle kokuları) dışarı atmaya yeterli olmalıdır. Yapı malzemeleri, mobilya ve ev araç gereçleri gibi etkenlerden kaynaklanan hava kirliliğinin hafifletilmesi, havalandırmanın birincil görevi olarak görülmemektedir. Bunlar mümkün olduğu kadar kaynağında azaltılmalıdır.

Pettenkofer tarafından, kişilerin oluşturduğu CO<sub>2</sub> konsantrasyonundan ileri gelen hava kirlenme sınırı %0.1 = 1000 ppm olarak belirlenmiştir. Bu değer baz alınarak, minimum temiz hava girişi kişi başına 25 m<sup>3</sup>/h olarak elde edilir. İçinde ortalama dört kişinin yaşadığı bir pasif ev için bu, saat başına 100 m<sup>3</sup> temiz hava girişi anlamına gelmektedir. Bu duruma dengeli olarak banyo, mutfak ve tuvaletten aynı miktarda, yani 100 m<sup>3</sup>/h hava dışarı atılmalıdır. Havalandırma yönlendirilebildiğinden, hava dağılımı ihtiyaca göre ayarlanabilir. Bu da temiz hava girişinin, gece ağırlıklı olarak yatak odalarına, gündüz ise oturma odalarına yapılacağı anlamına gelir. Bu şekilde temiz hava verimli bir şekilde kullanılmış olur.

Bunun dışında binada hazır havalandırma olduğundan (oturma mekanlarına hava girişi, mutfak, banyo ve tuvaletlerden hava çıkışı), tam kullanımda 100 m<sup>3</sup>/h toplam hava girişi sanıldığı gibi düşük bir miktar değildir. Bu değer, binanın toplam hacmi olan 465 m<sup>3</sup>'e oranlandığında, havalandırma tesisatı ile elde edilen hava değişim oranı, standart ayarda 0.22 h<sup>-1</sup>, maksimum ayarda ise 0.39 h<sup>-1</sup> olarak bulunur.

DIN 18017-3 standardında, iç kısımlarda bulunan banyo ve tuvaletlerin havalandırılması için, hava miktarlarının 24 saatlik çalıştırmada, tuvalet başına en az 10 m<sup>3</sup>/h ve banyo başına en az 20 m<sup>3</sup>/h olması istenmektedir. Bu tesisat istenilenleri karşılayabilmektedir. DIN 1946-6 standardına göre de, penceresi bulunmayan mutfaklarda günde 12 saat işleme süresi için, istendiğinde 200 m<sup>3</sup>/h çok havalandırma (pencere açılması ile) imkanı olan 40 m<sup>3</sup>/h temel havalandırma zorunlu kılınmaktadır. Bu talep de tesisat tarafından büyük ölçüde karşılanabilmektedir. DIN 4701'e göre sürekli oturulan mekanların, pencere havalandırması bulunan ve yüksekliği 10 m'nin altında olan binalarda, hijyenik nedenlerden dolayı minimum hava değişim oranı 0.5 h<sup>-1</sup> olarak verilmektedir.

Darmstadt Pasif Evleri'nin havalandırma sistemi, bunu normal (standart) ayarda sağlamakta ve ayrıca ihtiyaç duyulduğunda binadaki hava değişim oranını yükseltebilmektedir. Mekanik havalandırma, iyi yalıtılmış (hava sızdırmaz) bina dış kaplamasıyla birlikte mutfak, banyo ve tuvaletlerden, sürekli oturulan mekanlara hava geçişini de engellemektedir. Oysa bu durum mekanik havalandırma tesisatı bulunmayan normal binalarda, hava koşullarına bağlı olarak oluşur. Isı koruma nizamnamesinin ek maddesinin son satırında belirtildiği gibi evlerde  $0.8 \text{ h}^{-1}$  dolayındaki bir hava değişim oranı, konuyla ilgilenen uzmanlar tarafından bile enerji bilançosu tanzim ederken kullanılacak en üst sınır olarak görülmektedir. Özellikle mekanik bina havalandırmasında,  $0.3$  ve  $0.5 \text{ h}^{-1}$  arasındaki ortalama hava değişim oranları daha gerçekçi olarak tanımlanmaktadır.

$0.8 \text{ h}^{-1}$  veya daha yüksek hava değişim oranları gerçekleştirilecek olursa, özellikle soğuk havalarda içerideki hava, bağıl nem oranının çoğunlukla % 25'in altına düşmesiyle fazla kuru olmaktadır. Bu problem havalandırma tesisatı bulunan pasif sistemle ısıtılan binalarda da ortaya çıkmış ancak, hava miktarlarının azaltılması sonucunda ortadan kalkmıştır.

Bununla birlikte Darmstadt Pasif Evleri'nin hava değişim oranı, Almanya'daki normlara uygundur. Hijyenik ihtiyaçlara dayalı (su buharı,  $\text{CO}_2$ , kokular) hava değişiminin, hangi oranda yapılacağı ve bunun hava kalitesinin artırılmasına hangi oranda yardımcı olacağı fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik analizlere ve kullanıcıların görüşlerine dayanarak belirlenmelidir [3].

### 3.2.2 Havalandırma tesisatının diğer ayrıntıları

Havalandırma tesisatının planlanması ve uygulaması uygun şekilde yapılmıştır. Hava miktarları ve dağılımı, standart değerlere göre belirlenmiştir. Toprak altına döşenen boru ağı, genelde çinko kaplı sarma kordon borulardan (DIN 24145) ve bağlantı parçalarından (fittings) oluşmuştur. Susturucu olarak, sentetik reçine ile birleşmiş cam elyaf bantlı ve iç kısmı delikli levhalar ile kapatılmış fleksibül susturucular kullanılmıştır.

Kanal bağlantı yerlerinin sızdırmazlığı, uygun şekilde yapışkan bantlar ile yapılmıştır.

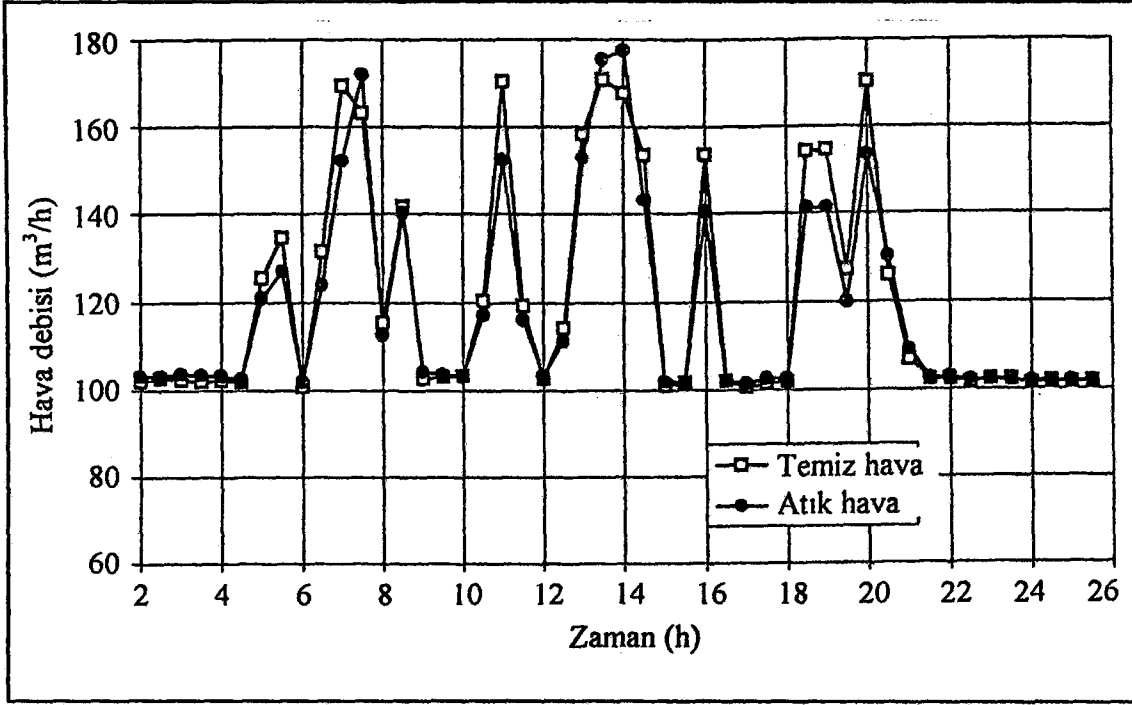
Binanın ısıtılmış kısmında kalan kanal bağlantı yerlerinin sızdırmazlığı, inşaat aşamasında hava yalıtımı denetimi kapsamında yapılmaktadır. Dış filtre ile havalandırma cihazı arasındaki kanal ağının sızdırmazlığı, ilk olarak ancak 1994 yılının Eylül ayında teknik denetime tabi tutulmuştur.

Toprağın yaklaşık 1 m altında bulunan yeraltı ısı değiştirgeci (EWT), kaynaksız sentetik ondülin borulardan oluşmaktadır. Tesisatın çalışmaya başlamasından bir sene sonra, 1992 yılının Ekim ayında, bir video kamera ile yapılan optik denetimde, boruların hiçbirinde mekanik bir arızanın bulunmadığı ve tüm boruların iyi durumda olduğu tespit edilmiştir. Optik denetim esnasında, suyun yoğunlaşması beklendiği gibi tespit edilmemiştir. Ses tekniği açısından da tesisat istenilen şartlara uygundur. Yaşam mekanlarına hiçbir şekilde, rahatsızlık verebilecek havalandırma veya hava akımı sesi gelmemektedir [3].

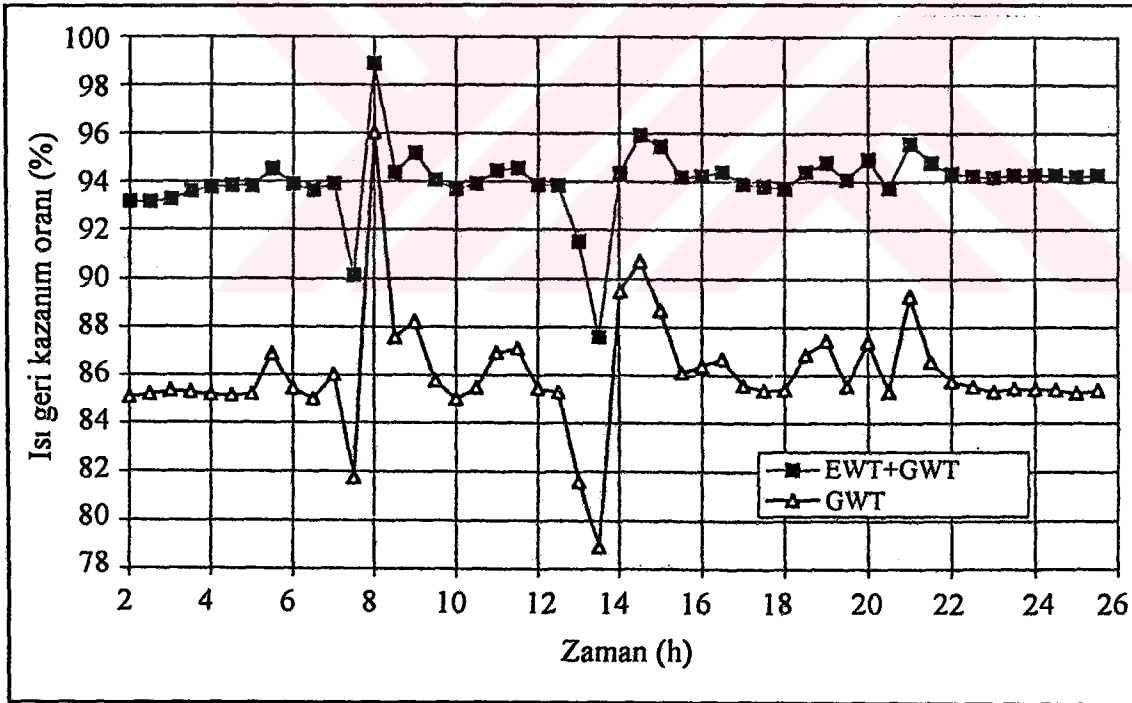
### 3.2.3 Hava miktarı, ısı geri kazanım oranı ve hava sıcaklığı ölçümleri

Şekil 3.4, pasiv evde 23.10.1993 tarihinde ölçülmüş olan hava debilerini göstermektedir. Ölçümler sırasında hava kapalıdır ve evde dört kişi bulunmaktadır. Gece boyunca giriş ve çıkış hava debileri  $100 \text{ m}^3/\text{h}$ 'in biraz üstünde ve nispeten sabit kalmaktadır. Gündüz ise ev sakinlerinin aktiviteleri sürekli olarak değiştiğinden, hava debileri belli olmamaktadır. Sabahları banyo çok kullanıldığı için, banyoda havalandırma maksimuma getirilmekte, öğlen saat 12'den itibaren de mutfak fazla kullanıldığı için, mutfaktaki davlumbaz çalıştırılmaktadır. Bu durumda çıkış havası debisi, giriş havası debisinden daha fazla olmaktadır. Bunların dışındaki zamanlarda gündüzleri giriş-çıkış havası debileri, yaklaşık  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  değeri ile daha düzenlidir [3].

Şekil 3.5'de, aynı zaman dilimi içerisindeki ısı geri kazanım oranları görülmektedir. Şekil 3.5'deki alt eğri, sadece karşı akımlı hava/hava ısı değiştirgeci ile kazanılan ısı oranını göstermektedir. Bu oran yaklaşık %85'dir. Üst eğri ise, yeraltı ısı değiştirgeci dahil olmak üzere tüm sistemin (EWT+GWT) ısı geri kazanım oranını göstermektedir. Bu oran da ortalama %94'dür. %94 ısı geri kazanım oranı, giriş havası sıcaklığını oda sıcaklığına yükseltmek için gerekli olan ısı miktarının sadece %6 kadarının kullanıldığı anlamına gelmektedir.



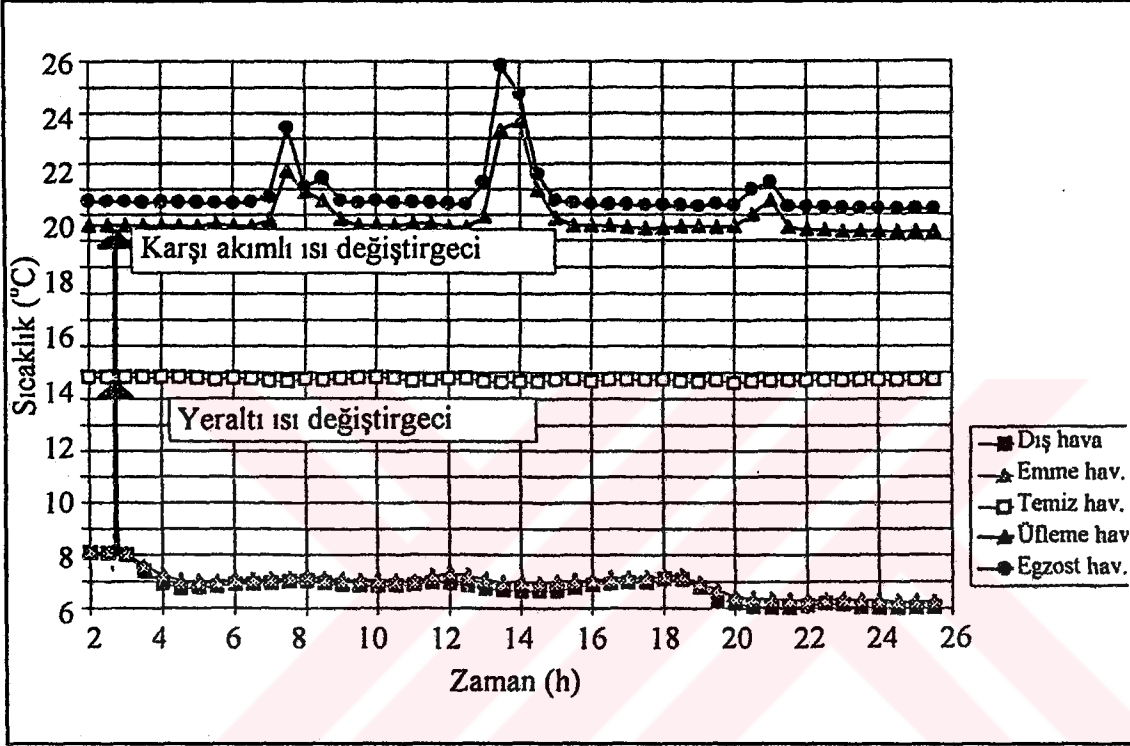
Şekil 3.4 Pasif evde havalandırma tesisatında ölçülen hava debileri [3]



Şekil 3.5 Isı geri kazanım oranları [3]

Şekil 3.6'da hava akımlarının zamana göre sıcaklık değişimleri görülmektedir. Giriş havasının ön ısıtılması ve binanın bodrum katına verilen ısı nedeniyle, toprak sıcaklığı azalmaktadır. Bu yüzden kış sonuna doğru, yeraltı ısı değiştirgecinden geçen dış havanın

sıcaklığı giderek düşer. Binanın zemininin 1 m altındaki en düşük toprak sıcaklığı yaklaşık 10 °C olarak belirlenmiş olup bu değere Mart ayının ilk yarısında ulaşılmıştır. Bu tarihlerde yeraltı ısı değiştirgecinden geçen dış havanın sıcaklığı da 9°C ile en düşük seviyede bulunmaktadır. Yeraltı ısı değiştirgecinin boru uzunluğu fazla olduğundan (yaklaşık 14 m), o dönemdeki havanın çıkış sıcaklığı, dış ortam hava sıcaklığından pek fazla etkilenmemektedir [3].



Şekil 3.6 Hava akımlarının zamana göre sıcaklık değişimleri [3]

### 3.2.4 Elektrik tüketimi, enerji bilançosu ve ısıtma sayısı

Binadaki her dairenin havalandırma tesisatının yıllık elektrik tüketimi, bağımsız bir elektrik sayacı yardımıyla belirlenir. Ortalama  $0.5 \text{ h}^{-1}$  hava değişim oranında, her türlü ölçüm ve otomatik kontrol sistemleri ile birlikte, yıllık toplam elektrik tüketimi 457 kWh olarak hesaplanmıştır. Bu kadar düşük bir elektrik tüketim değerine, farklı havalandırma cihazlarının kullanımı ile ulaşılmıştır. Tesisata, standart havalandırma tesisatlarında kullanılan alternatif akımla çalışan asenkron motorlu vantilatörler yerine, elektronik olarak kumanda edilebilen doğru akım motorlu vantilatörler monte edilmiştir. Çizelge 3.2'de, hava değişim oranı  $0.5 \text{ h}^{-1}$  olan havalandırma tesisatındaki enerji tasarrufu görülmektedir.

Standart pencere havalandırılmalı normal bir evde, kötü koşullarda bile kabul edilebilir hava kalitesi sağlanmak isteniyorsa, ortalama ısıtma süresi için hava değişim oranı en az  $0.65 \text{ h}^{-1}$  olmalıdır. Bu tarz bir havalandırmadan dolayı bazı zorluklar ortaya çıkmaktadır. Özellikle elde edilen hava değişim oranları çok değişken olmaktadır.  $0.2 \text{ h}^{-1}$ 'in altında çok düşük hava değişim oranları olduğu gibi,  $8 \text{ h}^{-1}$ 'in üstünde çok yüksek hava değişim oranları da gerçekleşebilmektedir. Bu şekildeki değişken hava değişim oranları nedeniyle, ısı kaybı çok yüksek olmaktadır.

İlk adım olarak (Çizelge 3.2, satır 3) bina itinalı bir şekilde yalıtılıp (hedef değer  $\leq 2 \text{ h}^{-1}$ ) bir de atık hava tesisatı monte edildiğinde, kalıcı ve her zaman yeterli olan bir hava değişimi garanti edilmiş olur. Atık hava, en çok kirlenmiş hava bulunduran ıslak alanlardan dışarı atıldığından ve buraya diğer mekanlardan hava girişi olduğundan, hava akım yönü, koku ve kirlenmiş havanın yayılmasını önlemek için en uygun olanıdır. Ortalama dört kişinin yaşadığı evlerde  $0.3 \text{ h}^{-1}$ , daha fazla sayıda kişinin yaşadığı evlerde de  $0.6 \text{ h}^{-1}$  hava değişim oranı, bu tarz bir sistemde kolayca ayarlanabilmektedir ve pasif sistemle ısıtılan binalarda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Garanti edilen hava değişim oranı aralığı, yeterli yalıtıma sahip bir binada, çok rüzgarlı dönemlerde bile, atık hava çıkış sisteminden dolayı, binada düşük basınç olduğundan aşılmamaktadır. Yeterince yalıtılmış ve atık hava tesisatı ile donatılmış binalarda, istenmeyen ekstra havalandırma ısı kayıpları neredeyse hiç görülmez. En uygun hava akımı yönleri sayesinde (giriş havası oturma mekanlarından, atık hava çıkışı ıslak mekanlardan olmak üzere) hava kalitesi, pencere havalandırmasına oranla daha yüksek olmaktadır. Ayrıca geceleri de, gerekli olan minimum havalandırmanın sürekli sağlanması garantilenmiş olur.

İkinci aşamada, atık hava tesisatından temiz hava girişi ve atık hava tesisatına geçişi incelenmektedir (Çizelge 3.2, satır 4). Pasif evde devreye sokulan bir karşı akımlı hava/hava ısı değiştirgeci tarafından, %75'lik ısı geri kazanım oranı elde edilmiştir. Bu şekilde salt atık hava tesisatına oranla elde edilen ısı kazanımı yıllık 3600 ile 3900 kWh arasındadır. Isı geri kazanımı, esas hava değişim oranında herhangi bir değişikliğe neden olmamaktadır. Pasif evde kullanılan havalandırma ayar sistemi (Çizelge 3.2, satır 5) sayesinde hava, bina içinde en uygun şekilde dağıtılabilir. Gündüzleri ağırlıklı olarak oturma odalarına, geceleri ise yatak odalarına olmak üzere, ihtiyaç duyulan yerlere temiz dış hava böylece iletilmiş olur.

Simülasyon hesapları, havanın uygun şekilde dağıtımı ile, gerekli olan toplam hava miktarının yaklaşık %15 azaltılabildiğini göstermiştir. Ancak bu şekilde elde edilen ısı tasarrufu çok düşüktür.

Pasif evde, dış havanın yeraltı ısı değiştirgeci (EWT) tarafından ön ısıtma yapılarak kullanımı, ısıtma dönemi sonunda tahmin edilenden daha fazla bir enerji tasarrufuna neden olmuştur. Teorik modellerle yapılan deneylerde tasarruf miktarı, temkinli bir yaklaşımla %16.7 olarak ve EWT'den sonraki minimum temiz hava sıcaklığı yaklaşık 6 °C dolayında hesaplanmıştır. Uygulanan havalandırma tesisatında yapılan ölçümler sonucunda, anlatılan sistemin ısı tasarrufu yaklaşık %38 ve EWT sonrası minimum temiz hava sıcaklığı ise 9 °C'nin üstünde bulunmuştur.

Pasif evdeki havalandırma tesisatının toplam etkinliği, karşı akımlı ısı değiştirgeci ile ısı geri kazanımı, havalandırma ayar sistemi ile hava debilerinin kontrolü ve yeraltı ısı değiştirgeci ile ön ısıtma sayesinde, varsayılan  $0.5 \text{ h}^{-1}$ 'lik hava değişim oranında, yıllık 5821 kWh'lik enerji tasarrufu ile birlikte %88'den yüksek olmaktadır. Bu nedenle, yukarıda açıklanan yıllık toplam elektrik tüketim değerinin de yardımıyla, tüm sistemin yıllık ısıtma sayısı,  $5821 (\text{kWh/yıl}) / 670 (\text{kWh/yıl}) = 8.69$  olarak bulunur.

Uygulamada pasif evdeki havalandırma tesisatında kullanılan ve Çizelge 3.2'de prensip olarak düşük tutulan sabit  $0.5 \text{ h}^{-1}$ 'lik hava değişiminin, toplam bina hacmi için gerekli olmadığı anlaşılmıştır. Gerçekte kusursuz iç hava kalitesine erişmek için, şahıslara dayalı temiz hava miktarı olan, kişi başına  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  değeri yeterli olmaktadır. Daha önce toplam bina hacmine bağlı olarak, normal işletme konumunda olan havalandırma tesisatındaki hava değişim oranı,  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  karşılığında sadece  $0.22 \text{ h}^{-1}$  düzeyinde bulunmakta idi. Bu değer,  $0.01 \text{ h}^{-1}$  değerindeki infiltrasyon, banyonun aşırı kullanımı ve mutfakta davlumbaz kullanımı gibi yüksek havalandırma yapılan dönemler de dahil edilecek olursa, yaklaşık olarak  $0.25 \text{ h}^{-1}$  düzeyine çıkmaktadır [3].

Pasif evdeki deneyimler sonucunda elde edilen bilgilere göre, ilk önce kullanıcılar tarafından yönlendirilen havalandırma sistemi imkanları araştırılmalı ve tartışılmalı, daha sonra da hava hijyeni şartlarına uygunluğu test edilmelidir.

**Çizelge 3.2 Hava değişim oranı  $0.5 \text{ h}^{-1}$  olan havalandırma tesisatındaki enerji tasarrufu [3]**

| 1 | Ortam Havaşı<br>Hacmi $465 \text{ m}^3$              | Eşdeğer Hava<br>Değişim<br>Oranı ( $\text{h}^{-1}$ ) | Enerji<br>Tasarrufu<br>(kWh/yıl) |
|---|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 2 | Basit havalandırma referans bina                     | 0.650                                                |                                  |
| 3 | Farklı bina                                          | 0.500                                                | 1504                             |
| 4 | Isı geri kazanımı (ısı geri kazanım oranı $> \%75$ ) | 0.135                                                | 3659                             |
| 5 | Havalandırma ayarı (enerji tasarruf oranı $\%15$ )   | 0.116                                                | 188                              |
| 6 | Yeraltı ısı değiştirgeci ( $\%38$ ön ısıtmalı)       | 0.076                                                | 405                              |
| 7 | Tüm sistemin etkinliği ( $> \%88$ )                  |                                                      | 5821                             |
| 8 | Elektrik tüketimi                                    |                                                      | 670                              |
| 9 | Isıtma sayısı (8.69)                                 |                                                      |                                  |

### 3.2.5 Havalandırma tesisatının genel değerlendirmesi

Pasif evdeki havalandırma tesisatı, hava miktarlarının, kişilerin aktivitelerine bağlı olarak ayarlandığı, ihtiyaca bağlı havalandırma olarak tasarlanmıştır. Mümkün olduğunca düşük enerji kullanımı için, karşı akım ısı değiştirgeçli hava giriş-çıkış sistemi, yeraltı ön ısıtma sistemi ve havalandırma ayar sistemi seçilmiştir. Bu tesisat ile elde edilen sonuçlar, pasif sistemle ısıtılan binanın her dört dairesinde de olumlu olmuştur. Havalandırma tesisatının olumlu ve başarılı tarafları şöyle sıralanabilir.

#### Pratiklik :

Havalandırma tesisatları, problem oluşmadan, yerel tesisatçılar tarafından monte edilmiştir.

#### Hava balansı :

Havalandırma tesisatında maksimum enerji tasarrufu için sağlanabilmesi için hava balansı, yani giriş ve çıkış havası debilerinin eşit olması önemlidir. Çıkış havası fazla olursa, iyi yalıtılmamış yerlerden ve boşluklardan fazladan soğuk dış ortam havası içeri girer. Bu durum infiltrasyon ısı kaybına yol açar. Giriş havası fazla olur ise, sıcak iç ortam havası, ısı değiştirgecinden geçeceği yerde eksfiltrasyon yolu ile dışarı çıkar ve ayrıca yalıtımsız

yerlerde yoğuşma riski oluşturur. Ne planları yapan havalandırma tekniği bürosunun, ne de tesisatı yapan firmanın, hava balansını doğru ayarlayabilecek durumda olmadığı görülmüştür. Bu konuda know-how ve ölçüm araçları eksikliği mevcuttur. Edinilen bilgilere göre bu durum, Almanya'da monte edilen tüm ev havalandırma tesisatları için geçerlidir. Pasif evdeki ölçüm programı süresince, hava balansının tam ayarı, hava debisi ve basınç farkı ölçümleri ile yapılabilmektedir. IWU (Yapı ve Çevre Enstitüsü) tarafından izlenen diğer bina inşa projelerinde de, havalandırma tesisatının hava balansı ayarı, çoğunlukla teknik ölçüm grubu tarafından yapılmıştır. Bu alanda eğitime ve planlama büroları ile meslek çalışmaları için uygun ölçüm cihazlarına ihtiyaç vardır.

#### Enerjinin verimli kullanımı :

Esas olarak tasarlanan %80'den büyük ısı geri kazanım oranına, karşı akımlı ısı değiştirgecinde yapılan tadilat ve sonrasında gerçekleşen teknik iyileşme sonucunda ulaşılabilmektedir. Edinilen bilgilere göre, istenilen nitelikte hava/hava ısı değiştirgecinin, endüstri tarafından seri olarak üretilmesi mümkündür. Elektrik tüketimi, elektronik olarak kontrol edilen alternatif akım motorlu vantilatörlerin kullanımı sayesinde,  $0.5 \text{ Wh/m}^3$ 'den küçük olacak şekilde gerçekleşmiştir.

#### İç hava kalitesi ile ilgili değerlendirmeler :

Pasif sistemle ısıtılan binanın, dört dairesinin hava kalitesinin değerlendirilmesi için başvuru beş eksper de, elde edilen değerleri, şimdiye kadar pasif sistemle ısıtılmayan ve havalandırma tesisatı olmayan evlerde elde edilenlere oranla düşük bulmuşlardır. Kısaca havalandırma tesisatı başarılı olmuştur.

#### Hava miktarları ve değişim oranları ile ilgili nihai değerlendirmeler :

Elde edilen sonuçların ışığı altında, kişi başına ortalama 25 ile 30  $\text{m}^3/\text{h}$  olan ve gerektiğinde iki katına kadar çıkartılabilen hava miktarları, uygun dağılım ve yönlendirme ile, başka kaynaklardan oda havasına, yapı malzemeleri, iç dekorasyon ve ev temizliğinde kullanılan kimyasallar gibi etkenlerden dolayı herhangi bir yüklenme olmadığı takdirde yeterli görülmektedir.

#### Hava akım yönü ile ilgili nihai değerlendirmeler :

Giriş havasını doğrudan oturma ve yatak odalarına yönlendirmek, çıkış havasını ise

sürekli ıslak mekanlardan dışarı atmak tekniği kendini çok iyi kanıtlamıştır. Giriş-çıkış havasının bu şekilde düzenlenmesi sayesinde, yukarıda açıklanan nispeten düşük hava miktarlarında bile iyi hava kalitesine ulaşılabilir.

Yeraltı ısı değiştirgeci ile ilgili nihai değerlendirmeler :

Yeraltı ısı değiştirgeci, %38'lik tasarruf ile asıl projede tasarlanandan çok daha ekonomik enerji kullanımı sağlamaktadır. Ancak EWT'nin, sıcak yaz mevsimlerinde küf oluşumuna sebep olup olmayacağı ve bunun hangi miktarda olabileceği ile ilgili olarak daha başka mikrobiyolojik testler yapılmalıdır. Bu testler sonuçlanıncaya kadar, düzenli olarak küf mantar sporu sayısı kontrolleri yapılmalıdır.

### 3.3 İç Hava Kalitesi Ölçümleri ve Değerlendirmesi

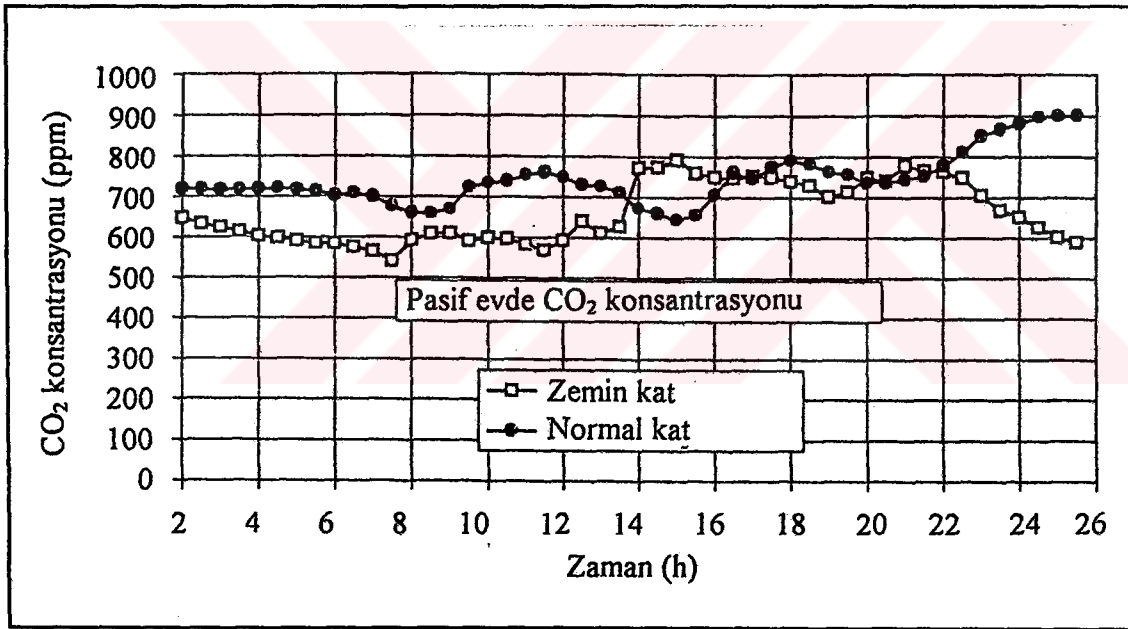
Havalandırma sistemleri, istenilen iç hava kalitesine gerçekten ulaşıldığında faydalıdır. Bunu test etmek açısından pasif ev en uygun şartları sunmaktadır. Bina ayrıntılarıyla planlanmış ve itinalı bir şekilde inşa edilmiş, bina dış cephesinin ve havalandırma tesisatının teknik özellikleri test edilmiş ve %100 uygun bulunmuş, sürekli yapılan ölçümler ile hava akımları ve havadaki bağıl nem oranı kaydedilmiştir. Havalandırma tesisatları yardımıyla, iç hava kalitesinin ne derece iyileştiği denetlenmek isteniyorsa bunun için pasif ev son derece uygundur. Bu nedenle Hessen Eyaleti Çevre, Enerji ve Eyalet İşleri Bakanlıkları'nın maddi desteğiyle, tarafsız ve bağımsız bir çevre laboratuvarı tarafından, pasif evde hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. İç hava kalitesi parametrelerinden olan bağıl nem oranı ve CO<sub>2</sub> miktarları sürekli ölçülmüştür. Uçucu organik birleşikler, toz, küf mantar sporları ve radon gazı ölçümleri ise 1993 ve 1994 yıllarında seçilen bazı dönemlerde yapılmıştır.

#### 3.3.1 CO<sub>2</sub> konsantrasyonu

Pettenkofer'e göre, bina sakinlerinden kaynaklanan hava kirliliğinin ölçümü için en uygun parametre CO<sub>2</sub> konsantrasyonudur. Bundan dolayı CO<sub>2</sub> konsantrasyonu, pasif evde sürekli olarak ölçülmüştür. Bu amaçla kullanılan sensörler, bilinen test gazları konsantrasyonları yardımıyla düzenli aralıklarla kalibre edilirler. Dolayısıyla elde edilen değerler  $\pm 50$  ppm farkla kesindir.

Şekil 3.7’de, 23.10.1993 tarihinde pasif evin zemin ve normal katlarında ölçülen CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun seyri görülmektedir. CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun insan sağlığı açısından sınır değeri, Petenkofer tarafından 1000 ppm olarak belirlenmiştir. Havalandırma tesisatı tarafından sağlanan havanın miktar ve dağılımının, sürekli 1000 ppm sınırının altında kalmak için yeterli olduğu anlaşılmaktadır. Bu özellikle yatak odasındaki hava kalitesi için önemlidir.

Havalandırma tesisatı bulunmayan normal binalardaki CO<sub>2</sub> konsantrasyonları ise 3000 ppm değerinin üzerine kadar çıkmaktadır. Böylece temiz hava girişi sayesinde, kaliteli iç hava şartlarına ulaşılabildiği anlaşılmaktadır. Bu durum bir bina sakininin şu ifadesinden de anlaşılmaktadır. Eski evimizde sabah banyodan yatak odamıza geri döndüğümüzde, koku belirgin bir şekilde fark edilmekteydi. Pasif evde artık kokmuyor [3].



Şekil 3.7 Pasif evde zemin ve normal katlarda yapılan CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ölçümleri [3]

### 3.3.2 Bağıl nem

Kışın pasif evde mevcut olan 18-23 °C sıcaklık aralığında, bağıl nem oranlarındaki değişiklikler, kişiler tarafından doğrudan fark edilmez. Yani kişilerin rahatlığı için doğrudan etki etmez. Ancak bağıl nemin hava kalitesine önemli dolaylı etkileri vardır. Bunları şöyle sıralayabiliriz.

i) Hava çok fazla kuru olacak olur ise, tozların kolayca havalandırılmasına ve hoş olmayan elektrostatik yüklenmelere neden olur. Yüzey materyallerinin özelliklerine göre %35'in altındaki bağıl nem oranının etkileri bu şekilde ortaya çıkabilir. Tozların havalandırılması, özellikle konvektif ısıtma sistemleri ile bağlantılı olarak olumsuz etkiler gösterir.

ii) Bağıl nem miktarı %60'ın üstünde olduğunda, ev tozunda bulunan mikroskopik canlılar için iyi yaşam şartları oluşmaktadır.

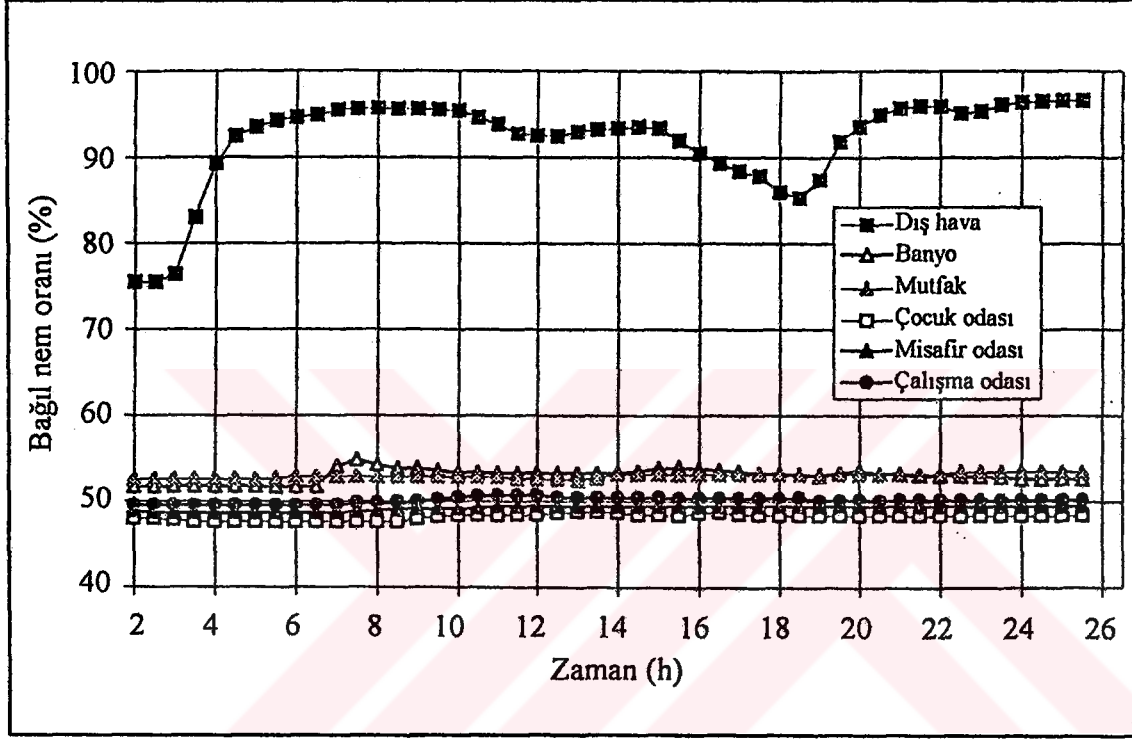
iii) Daha yüksek bağıl nem oranlarında ise küf mantarı oluşumu meydana gelebilir. Örneğin bağıl nem oranı %65'den büyük olursa bazı *Aspergillus* türleri, %80'den büyük olursa *Cladosporium Herbarum* ve *Penicillium* türleri gibi. Oluşan bu küf mantarları, sadece yapı malzemeleri için tehlike oluşturmakla kalmaz, aynı zamanda da bir alerji kaynağıdır. Hatta özellikle yaşlı ve zayıf kişilerde, doğrudan hastalık nedeni olabilir.

Bütün bu sebeplerden dolayı evlerdeki bağıl nem oranları düşük tutulmalıdır. 1988 yılında Stockholm'de yapılan "Healty Building" kongresinin en önemli sonucu "Keep the houses dry" (evleri kuru tutun) olmuştur. Burada sadece oda içindeki havanın değil, yapı bileşenlerinin yüzeylerinin bağıl nemi de önemlidir. Neme karşı iyi izole edilmemiş dış yapı bileşenleri ve ısı köprülerinde, bağıl nem miktarının (en kötü şartlarda %100 kadar) artmasına neden olan düşük yüzey ısıları mevcuttur. Sonuç ise terleme ve yapı bileşenlerinin nemlenmesidir. Ayrıca %85'in üzerindeki sürekli ve lokal bağıl nem oranlarında küf oluşumu meydana gelebilir [3].

Şekil 3.8'de, 23.10.1993 tarihinde pasif evin tüm iç mekanlarında ölçülen bağıl nem oranlarının zaman göre seyri görülmektedir. Bu tarih, Ekim ile Nisan arasındaki dönem için tipik bir gündür. Dış havanın bağıl nem oranı %75 ile %98 arasında değişmektedir. Oturma, çocuk, misafir ve çalışma odası gibi temiz hava girişi olan mekanlarda bağıl nem oranı %50'nin biraz altında ve neredeyse sabit bulunmaktadır. Sabah banyonun ilk kullanımından sonra, bağıl nem oranında hafif bir yükselme belirlenmiştir. Banyonun tavan veya duvarında, absorpsiyon nedeniyle oluşan nem tamponları, banyonun kullanımı nedeniyle oluşan ve zaman zaman son derece yüksek değerlere ulaşan nemi kısa süre için çekmeye yeterlidir. Ayrıca havalandırma tesisatı da 3 saat içinde, yükselen bağıl nem

oranını dengeler ve yaklaşık olarak başlangıç değerlerine ulaştırır. Pasif evde %60'ı aşan bağıl nem oranları, sadece yazın boğucu sıcaklarda gerçekleşmiştir.

Isıtma dönemlerinde, pasif evde hiçbir yerin yüzeyinde yoğuşma görülmemiştir. Hatta pencere camlarının kenarları bile her zaman kurudur. Ayrıca oluşan difüzyon şartlarında bile hiçbir yapı bileşeni kesitinde terleme oluşmamıştır [3].



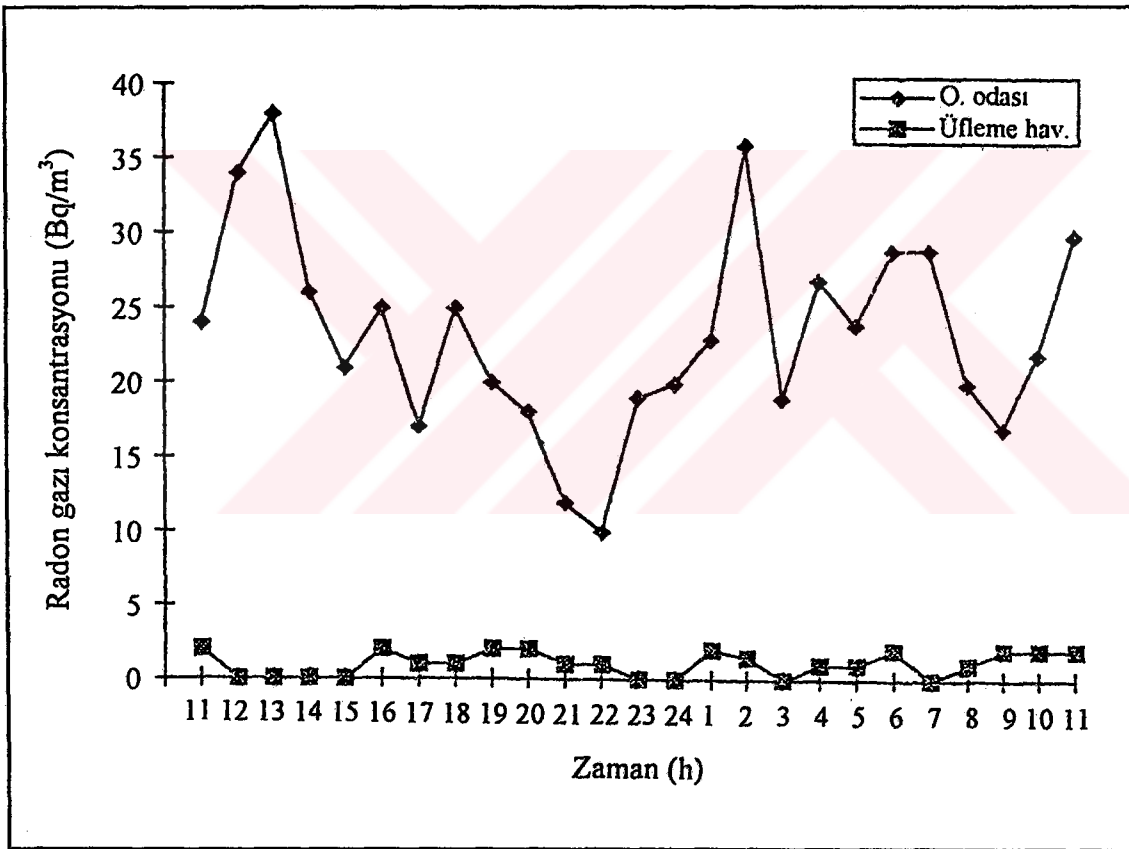
Şekil 3.8 İç ortam havası bağıl nem oranının zamana göre seyri [3]

### 3.3.3 Radon gazı

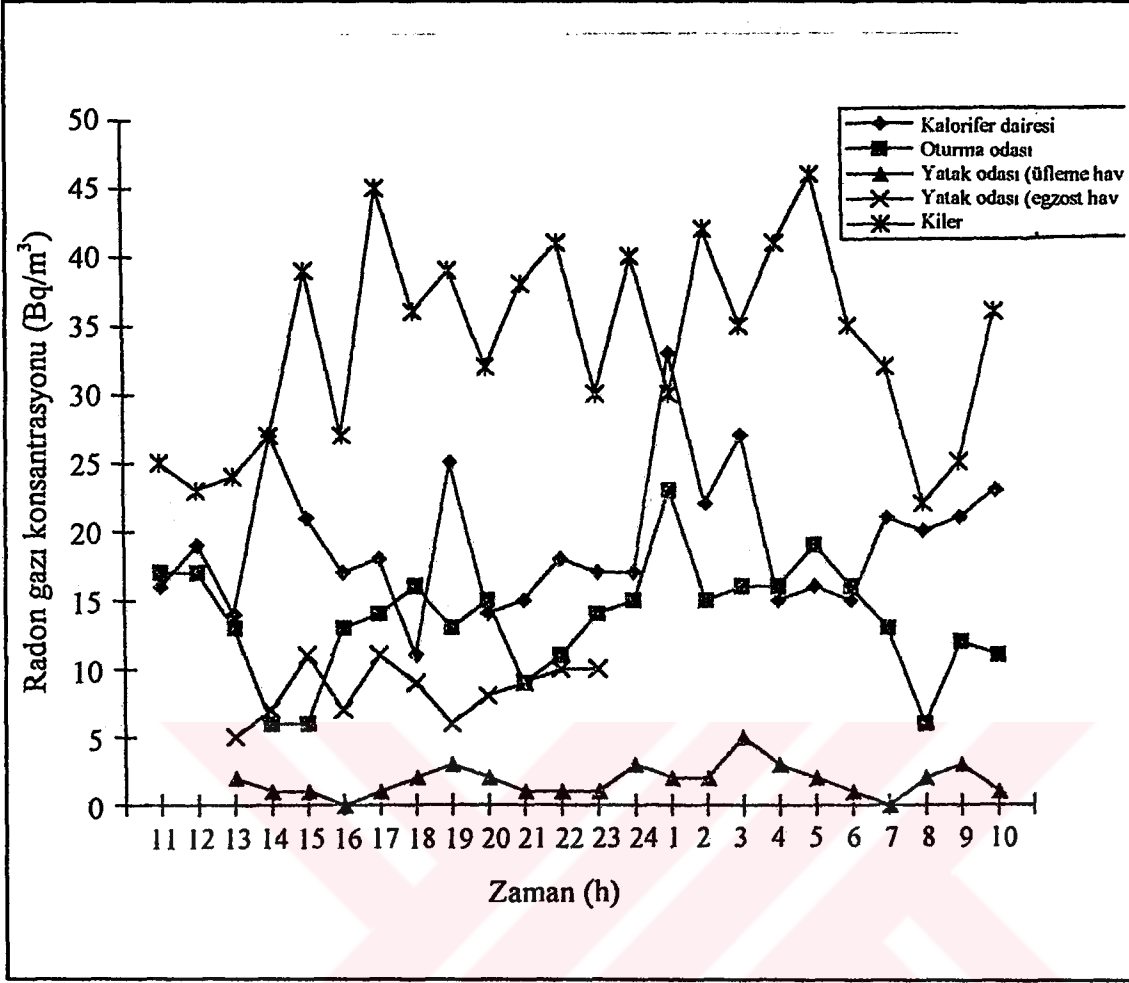
Radyoaktif radon gazının, sigara dumanından sonra iç mekanlara bağlı kanser yapıcı maddeler sıralamasında ikinci sırada olduğu konusunda fikir birliği mevcuttur. EPA (Amerikan Çevre Bakanlığı) tarafından toplam radon gazı konsantrasyonunun sınır değeri  $140 \text{ Bq/m}^3$  olarak belirlenmiştir. Darmstadt Şehri için ise radon gazı konsantrasyonunun sınır değeri  $45 \text{ Bq/m}^3$ 'dür. Pasif evin her dört dairesinde, odalara yerleştirilen aktif kömür dozimetreleri ile her biri üç gün süren beş adet ölçüm yapılmıştır. Hiçbir evde  $50 \text{ Bq/m}^3$ 'ü aşan değerlere rastlanmamıştır. 11 ile 18.2.1994 tarihleri arasında yapılan ölçümler daha kesin bilgiler vermektedir. Bu ölçümlerde dairelerdeki radon gazı konsantrasyonu,

ortalama 15 ile 25 Bq/m<sup>3</sup> arasında bulunmuştur. Böylece elde edilmiş olan bu değerler sayesinde, pasif evdeki radon gazı kirlenmesinin son derece düşük olduğu sonucuna varılmaktadır. Evin bodrum kat tavanı kesin olarak sızdırmaz olduğundan, infiltrasyon önemsiz ölçüdedir. Dolayısıyla buradan radon gazı geçişi mümkün değildir. Bu nedenle evde ölçülen çok düşük miktardaki radon gazının kaynağı da yapı malzemeleridir [3].

Şekil 3.9'da pasif evin oturma odasındaki ve havalandırma tesisatının üfleme havasındaki radon gazı konsantrasyonları görülmektedir. Şekil 3.10'da ise radon gazı konsantrasyonunun, oturma odası, yatak odası üfleme ve egzost havası ve kilerde, zamana göre değişimi görülmektedir.



Şekil 3.9 Oturma odası ve üfleme havasındaki radon gazı konsantrasyonları [6]



Şekil 3.10 Pasif evin muhtelif bölümlerinde ölçülen radon gazı konsantrasyonları [6]

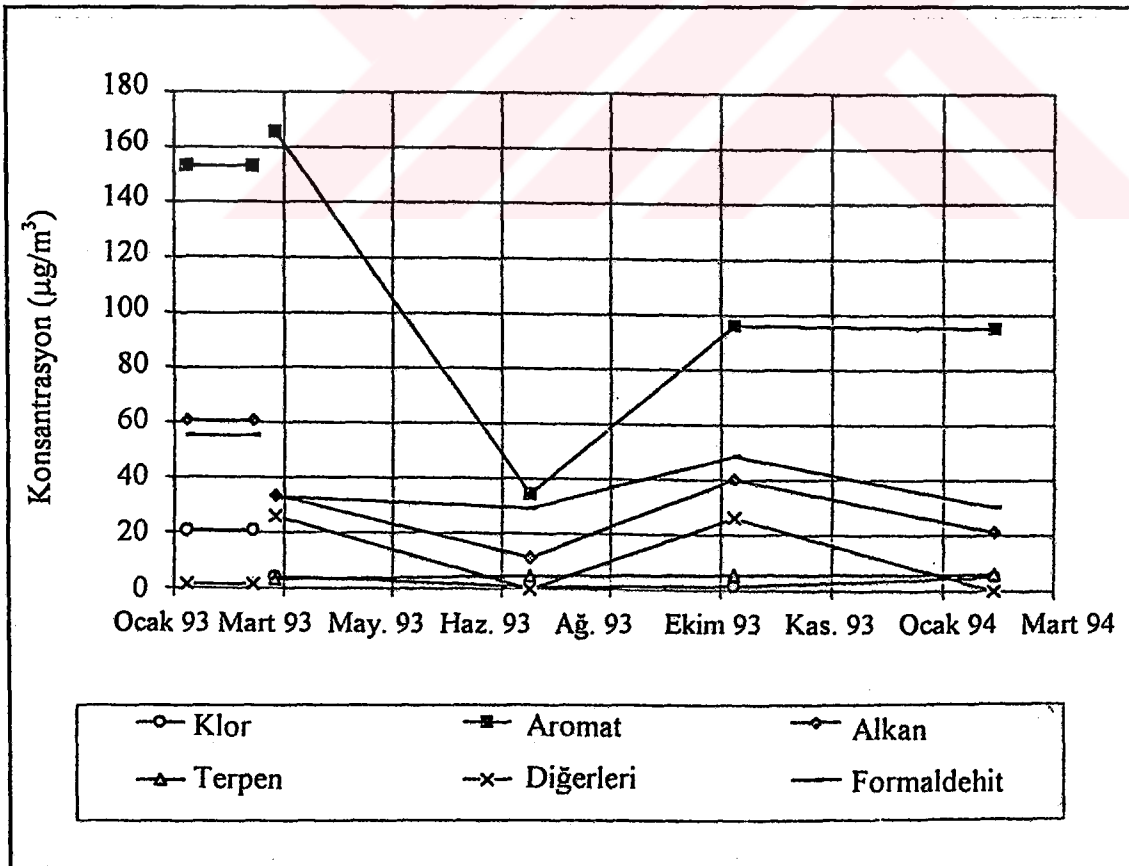
### 3.3.4 Çabuk buharlaşan (uçucu) organik bileşikler

Pasif evin iç ortam havasında, dört farklı zamanda, VDI (Alman Mühendisler Birliği)'nin 3484 sayılı nizamnamesine göre formaldehit ölçümü ve 3482 sayılı nizamnamesine göre de, diğer çabuk buharlaşan (uçucu) organik maddeler ile ilgili genel ölçümler yapılmıştır. Şekil 3.11, iç ortam havasındaki klorlu hidrokarbonların, aromatik maddelerin, terpenlerin, formaldehit ve diğer bileşiklerin toplam konsantrasyonlarını göstermektedir.

Yapılan 16 ölçümden elde edilen değerlerin ortalaması, uçucu organik bileşiklerin, terpenler dışında, Almanya'daki sınır değerlerden düşük olduğunu göstermektedir. Birkaç ölçümde bazı hidrokarbonların miktarları, BGA (Sağlık Kuruluşları Birliği) tarafından verilen sınır değerlere oranla yüksek bulunmuştur. Örneğin styrol  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve etilbenzol

53  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüş idi. Her iki madde de büyük bir olasılıkla, dış izolasyondaki polystyrolün artık monomerlerinden kaynaklanmaktadır. Fakat konsantrasyonlar, hiçbir dönemde sağlığa zararlı değerlere ulaşmamıştır. Çünkü 800  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'e kadar styrol, WHO (Dünya Sağlık Örgütü) tarafından kabul edilebilir değer olarak görülmüştür. Ayrıca bu konsantrasyonlar, araştırmalar süresince azalmış ve son olarak 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülerek, sınır değerlerinin çok altına indiği tespit edilmiştir [3]. Şekil 3.12'de, muhtelif pasif evlerde ve dış ortam havasında ölçülen styrol konsantrasyonlarının aylara göre seyri görülmektedir.

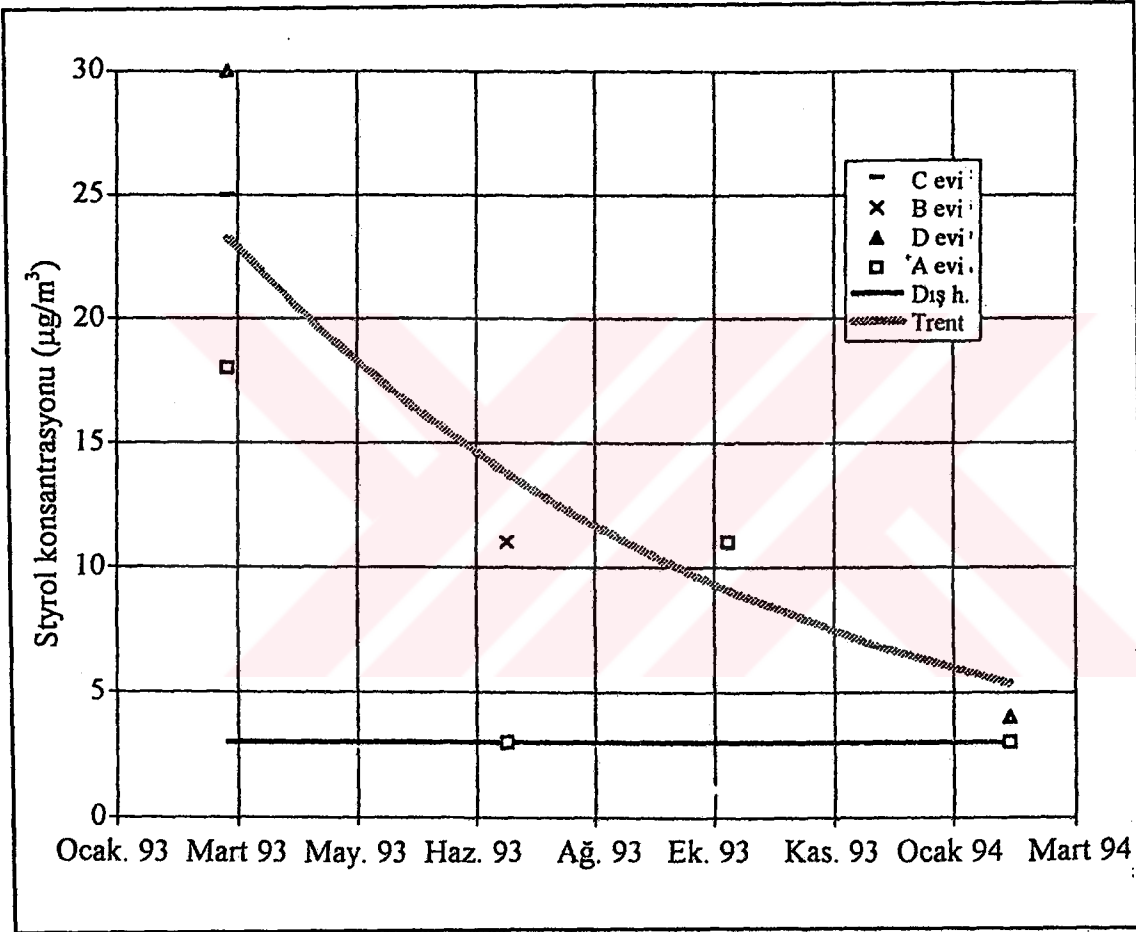
İç ortam havasında ölçülen formaldehit konsantrasyonu ise, 34  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ortalama ile, BGA tarafından belirlenen sınır değerinin altındadır. Ölçülen en yüksek formaldehit konsantrasyonu olan 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (16 ölçümden biri) bile, BGA'nın sınır değeri 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün altındadır. Fakat WHO tarafından tavsiye edilen 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  değerinin biraz üzerindedir. Çizelge 3.3'de, değişik pasif evlerde iç ortam havasında ölçülen formaldehit konsantrasyonları görülmektedir.



Şekil 3.11 İç ortamdaki uçucu organik bileşik konsantrasyonlarının aylara göre seyri [3]

Çizelge 3.3 Formaldehit konsantrasyonları [6]

| Formaldehit Konsantrasyonu ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Ev / Ölçüm                  |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 70.5                                                    | D / Dört ölçümden üçüncüsü  |
| 51.4                                                    | B / İki ölçümden birincisi  |
| 40.6                                                    | A / Dört ölçümden birincisi |
| 34.6                                                    | C / İki ölçümden birincisi  |



Şekil 3.12 Styrol konsantrasyonları [6]

### 3.3.5 Uçucu tozlar

Uçucu tozların konsantrasyonlarının belirlenmesi, VDI'nın 2463 sayılı nizamnamesine göre yapılmıştır. Ölçümler sırasında kullanılan cam elyaf filtre tipi (DIN 24184), >%99.5 oranında ayırma garantisi sağlamaktadır. Konsantrasyonların, çapları 0.5 ile 100  $\mu\text{m}$  arasında olan partiküllerinin kesin sayısı, laser ışık dağılımı ölçümleri yardımıyla tespit edilmiştir.

Toz partiküllerinin karakteristiği, VDI'nın 3492 sayılı nizamnamesine göre, gözenek açıklığı 0.8  $\mu\text{m}$  olan filtreden alınan örneğin altın buharına tutularak, elektron mikroskopunda incelenmesi ile belirlenmiştir. Odalardaki uçucu toz konsantrasyonları 18 ile 48  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında bulunmuş ve bu değerlerin, dış ortam havasındaki değerlere (16-51  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) yakın olduğu görülmüştür. İç ortam havasında,  $3.0 \times 10^6$  ile  $4.6 \times 10^6$  arasında değişen sayılarda partikül bulunmuştur. Bulunan bu partikül sayıları, aşırı toz yüklenmesi olmayan normal evlerdeki kadardır. Dış ortam havasında ise  $7.1 \times 10^6$  partikül sayısı ölçülmüştür. Dolayısıyla iç ve dış ortam havasının partikül sayıları arasındaki bu fark, havalandırma tesisatının etkisinin belirli bir ölçüde görüldüğünü göstermektedir.

İç ortam havasındaki partiküllerin, elektron mikroskobu ile yapılan karakterizasyonu, toplam konsantrasyondaki organik maddelerin, belirgin bir ağırlığının olduğunu göstermektedir. Toplam partikül konsantrasyonunda, yaklaşık 10:1 ile 100:1 arasında değişen oranlarda organik maddelere rastlanmıştır. Suni mineral lif konsantrasyonu, dış ortam havasında zaman zaman ve dağınık olarak maksimum 510 lif/ $\text{m}^3$ , iç ortam havasında ise 180 lif/ $\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür. Bu konsantrasyonlar ortalama değerler dahilindedir. Pasif evin yapımında, asbest içeren malzeme kullanılmamış olmasına rağmen, 14 ölçümden iki tanesinde, filtre üzerinde bir adet asbest lifine rastlanmıştır. Bu bir adet lif, matematiksel olarak iç ortam havasında 50 lif/ $\text{m}^3$  değerine karşılık gelmektedir. Bulunan bu asbest liflerinin, yakında bulunan demiryolundan geçen trenlerin fren kaplamalarının aşınması sonucu açığa çıktığı tahmin edilmektedir. Burada dikkat çekici olan bir başka nokta ise, tüm evlerde yaklaşık 5-15  $\mu\text{m}$  çapında, 2000 ile 6000 partikül/ $\text{m}^3$  arasında değişen oranlarda, yastık formunda partiküllerin bulunması olmuştur. Bunların kaynağının, ısı değiştirgecinde kullanılan polietilen test filtreleri olduğu tespit edilmiştir. Bu filtreler daha sonra partikülleri açığa çıkarmayan cinsleri ile değiştirilmiştir [3].

### 3.3.6 Mikrobiyolojik incelemeler

Standart kullanım şartları altında, iç ortam havasındaki mikrop ve spor konsantrasyonlarını ölçmek için iki aşamalı bir Anderson-İmpaktör kullanılmıştır. İncelemelerin yapıldığı mekanların hacmi 100 ile 200  $\text{m}^3$  arasında değişmektedir. Ölçümler altı ayrı zamanda, iç ve dış ortam havasında yapılmıştır.

### 3.3.6.1 Küf mantarı sporları

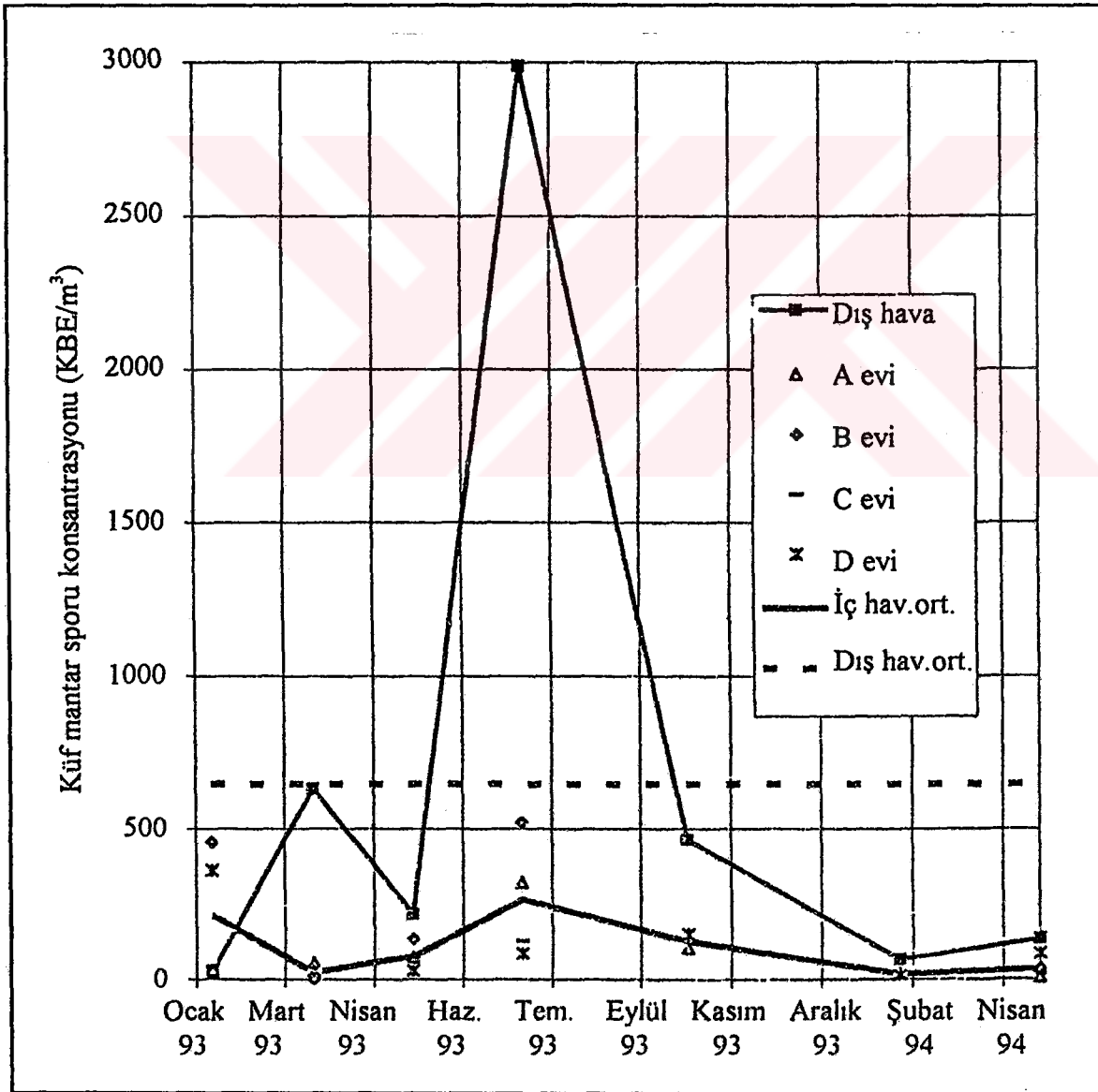
Dış ortam havasındaki küf mantar sporu miktarları, özellikle mevsimlere göre değişiklik göstermektedir. Yazın (Temmuz 1993) 2988 KBE/m<sup>3</sup> değeri ile maksimum noktaya ulaşmaktadır ve diğer mevsimlerde 20 ile 630 KBE/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Tüm yıl ortalaması ise 646 KBE/m<sup>3</sup>'dür. 24 ölçümden 20'sinde oda havasında 15 KBE/m<sup>3</sup>'ün altında olmak üzere çok düşük seviyede küf mantar sporu konsantrasyonu bulunmuştur. Geriye kalan dört ölçümden iki tanesinde 320 ve 521 KBE/m<sup>3</sup> değerleri ile 20.1.1993 tarihinde yapılan son iki ölçümde de 360 ve 453 KBE/m<sup>3</sup> olmak üzere yüksek değerler bulunmuştur. Son iki yüksek değerlerin kaynağının, küflenmiş biyo çöp kutusu ile küflenmiş meyve ve sebzeler olduğu tespit edilmiştir. Son yüksek dört değer de dahil olmak üzere, pasif evdeki ortalama küf mantar sporu konsantrasyonu yaklaşık 115 KBE/m<sup>3</sup>'dür. Bu ortalama değer, dış ortam havasındaki küf mantar sporu konsantrasyonunun %82 altında bulunmaktadır. Giriş havasındaki küf mantar sporu konsantrasyonları ise genellikle 5 KBE/m<sup>3</sup> değeri ile sınır değerinin çok altındadır. Giriş havasında ölçülen maksimum küf mantar sporu konsantrasyonu ise 20 KBE/m<sup>3</sup>'dür. Ayrıca karşı akımlı ısı değiştirgecinde kullanılan polietilen test filtrelerinden alınan örneklerde, dağınık olarak maksimum 370 KBE/m<sup>3</sup> küf mantar sporu tespit edilmiştir. Sıcak yaz dönemlerinde temiz hava girişi sırasında yeraltı ısı değiştirgecinde, olası bir yoğunlaşmada, küf oluşup oluşmayacağı ve bunun ne miktarlarda olabileceği ile ilgili soruların cevaplandırılabilmesi için daha ayrıntılı biyolojik araştırmalar öngörülmüştür [3]. Çizelge 3.4, 3.5 ve Şekil 3.13, 3.14 ve 3.15'de, küf mantar sporu konsantrasyonlarının ölçüm sonuçları görülmektedir.

Çizelge 3.4 İç ve dış ortam havasındaki küf mantar sporu konsantrasyonları (KBE/m<sup>3</sup>) [6]

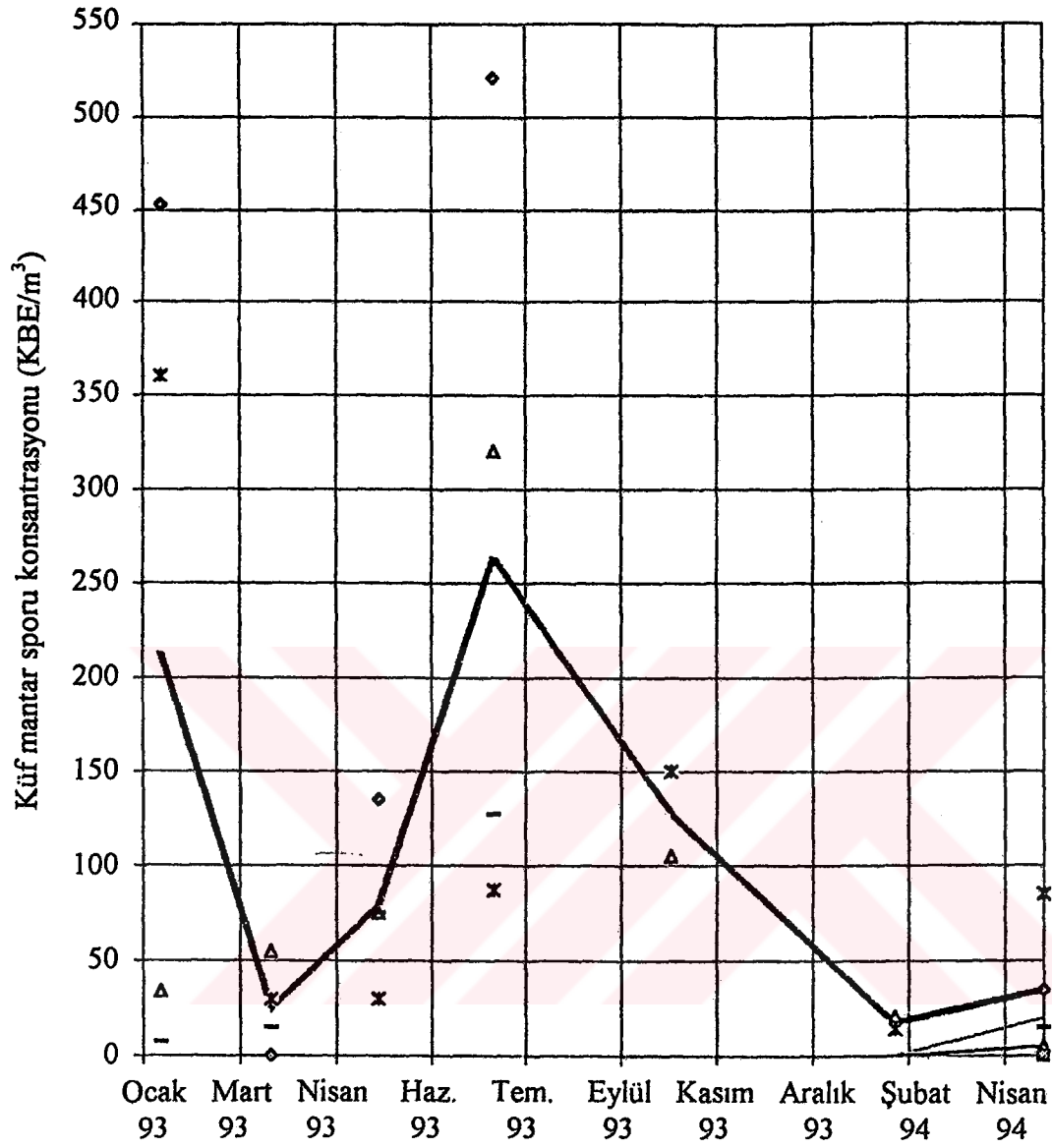
| Ölçüm Tarihi  | 20.01.93 | 18.03.93 | 13.05.93 | 13.07.93 | 14.10.93 | 08.02.94 | 26.04.94 |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Ölçüm Yeri    |          |          |          |          |          |          |          |
| C evi         | 7        | 15       | 75       | 127      |          |          | 15       |
| B evi         | 453      | 0        | 135      | 531      |          |          | 35       |
| D evi         | 360      | 30       | 30       | 87       | 150      | 14       | 85       |
| A evi         | 34       | 55       | 75       | 320      | 105      | 21       | 5        |
| Ev ortalaması | 214      | 25       | 79       | 266      | 128      | 18       | 35       |
| Dış hava      | 30       | 630      | 215      | 2988     | 460      | 67       | 135      |

Çizelge 3.5 Test filtrelerinde ölçülen küf mantar sporu konsantrasyonları (KBE/mg) [6]

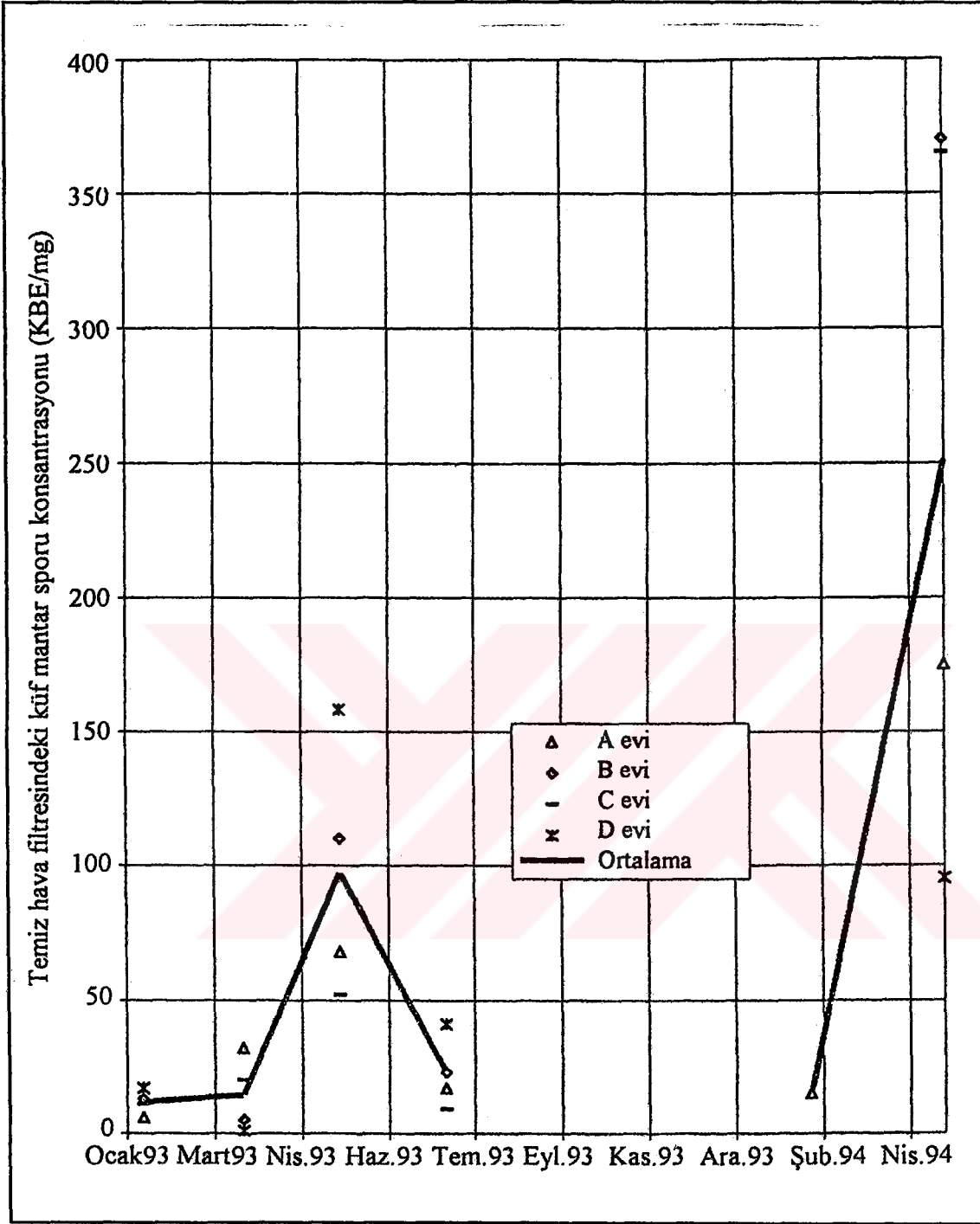
| Ölçüm Tarihi      | 20.01.93 | 18.03.93 | 13.05.93 | 13.07.93 | 08.02.94 | 26.04.94 |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Ölçüm Yeri        |          |          |          |          |          |          |
| C evi             | 11       | 20       | 51       | 9        |          | 365      |
| B evi             | 13       | 5        | 110      | 23       |          | 370      |
| D evi             | 17       | 1        | 158      | 41       |          | 95       |
| A evi             | 6        | 32       | 68       | 17       | 15       | 175      |
| Ev ortalaması     | 12       | 15       | 97       | 23       | 15       | 251      |
| Dış hava filtresi |          |          |          |          |          | 1250     |



Şekil 3.13 İç ve dış ortam havasındaki küf mantar sporu konsantrasyonları [6]



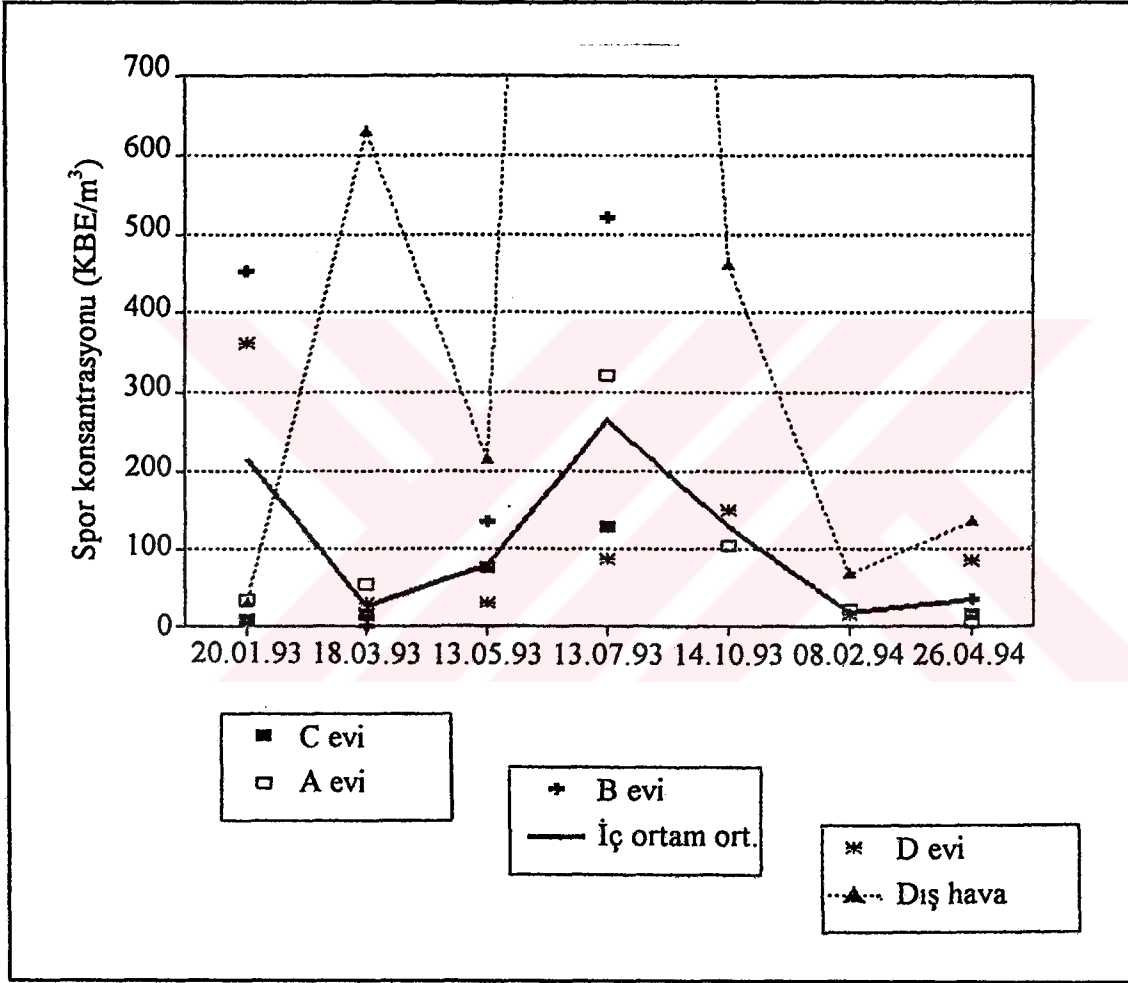
Şekil 3.14 Küf mantar sporu konsantrasyonunun iç ortam ortalama değerleri [6]



Şekil 3.15 Temiz hava filtresinde ölçülen küf mantar sporu konsantrasyonları [6]

### 3.3.6.2 Bakteriyal sporlar

Araştırmalarda dış ortam havasında, 30 ile 179 KBE/m<sup>3</sup> arasında değişen oranlarda bakteriyal sporlara rastlanmıştır. İç ortam havasındaki bakteriyal spor konsantrasyonları ise büyük oranda kullanıma bağlı olmaktadır. Pasif evde tespit edilen toplam spor konsantrasyonları sağlık açısından kabul edilir ölçülerdedir [6]. Şekil 3.16'da çeşitli pasif evlerde, iç ve dış ortam havasında ölçülen spor konsantrasyonları görülmektedir.



Şekil 3.16 Spor konsantrasyonları [6]

### 3.3.7 İç hava kalitesinin genel değerlendirmesi

Yapılan ölçümler sonucu elde edilen bilgiler ışığında, pasif evdeki iç hava kalitesinin değerlendirilmesi için, beş adet tanınmış eksperden oluşan bir komisyon görevlendirilmiş ve aşağıdaki analiz ve değerlendirmeler yapılmıştır.

i) Pasif evde tekrar tekrar yapılan ölçümlerde, iç ortam havasındaki yüklenmenin (kirlenmenin) nispeten düşük olduğu anlaşılmıştır. Havalandırma tesisatı, bugüne kadar edinilen bilgilere göre hijyenik oda havası şartlarını yerine getirmektedir.

ii) Ölçülen CO<sub>2</sub> konsantrasyonları, havalandırma tesisatının, pasif evdeki aktivitelerden kaynaklanan kirlenmenin dışarıya atılmasını garanti ettiğini göstermektedir.

iii) Sürekli olarak yapılan ölçümler, bağıl nem oranlarının %35 ile %60 arasında olmak üzere, daima tavsiye edilen oranlarda bulunduğunu ve mevcut iyi ısı yalıtımından dolayı hiçbir yerde yoğunlaşma olasılığının olmadığını göstermektedir.

iv) Evlerdeki radon gazı konsantrasyonları son derece düşüktür.

v) Kolay buharlaşan bir birleşik olan styrol, başlangıçta 30 µg/m<sup>3</sup>'lük bir değer ile yüksek bulunmuş ancak, ölçümler sürdükçe, belirlenen 3 µg/m<sup>3</sup> sınır değerinin altına düşmüştür. Ancak başlangıçtaki yüksek değerler bile günümüz bilgileri doğrultusunda, sağlık ile ilgili herhangi bir tehlike oluşturmamaktadır.

vi) İç ortam havasındaki formaldehit konsantrasyonları, 34 µg/m<sup>3</sup> değeri ile, WHO tarafından tavsiye edilen 60 µg/m<sup>3</sup> sınır değerinin altında bulunmuşlardır. Ancak yapılan 16 ölçümden birinde, formaldehit konsantrasyonu 70 µg/m<sup>3</sup> olarak tavsiye edilen sınır değerin biraz üzerinde bulunmuştur. Bu durum farklı şekillerde değerlendirilmektedir.

vii) Uçucu toz araştırmalarının sonuçları olumludur. Rastlanan polietilen taneleri burada bir istisna oluşturmaktadır. Bunlar havalandırma tesisatındaki test filtrelerinden kaynaklanmaktaydı ve filtre materyalinin değiştirilmesi ile ortadan kalkmış idi. Akciğerleri etkileyen kaya yünü ve asbest lifi konsantrasyonları ise bulunmamıştır.

viii) Küf mantar sporu konsantrasyonları, evlerde yapılan 24 ayrı ölçümden dördü dışında 150 KBE/m<sup>3</sup>'den düşük değerlerde bulunmuştur. Dört ölçümde ise 320 ile 531 KBE/m<sup>3</sup> arasında değişen oranlarda yüksek küf mantar sporu konsantrasyonları bulunmuştur. Bu yüksek konsantrasyonların sebebi, pencere havalandırması, küflenmiş meyve, sebze ve

biyo çöp kutusu gibi kullanımdan kaynaklanan farklılıklardır.

ix) Temiz hava girişi sırasında, yeraltı ısı değiştirgecinde sıcak mevsimlerde gerçekleşen yoğunlaşma nedeniyle küf oluşumu ve bu oluşumun boyutları ile ilgili sorular için ayrıca mikrobiyolojik araştırmalar planlanmıştır.

### 3.4 Isıl Konfor

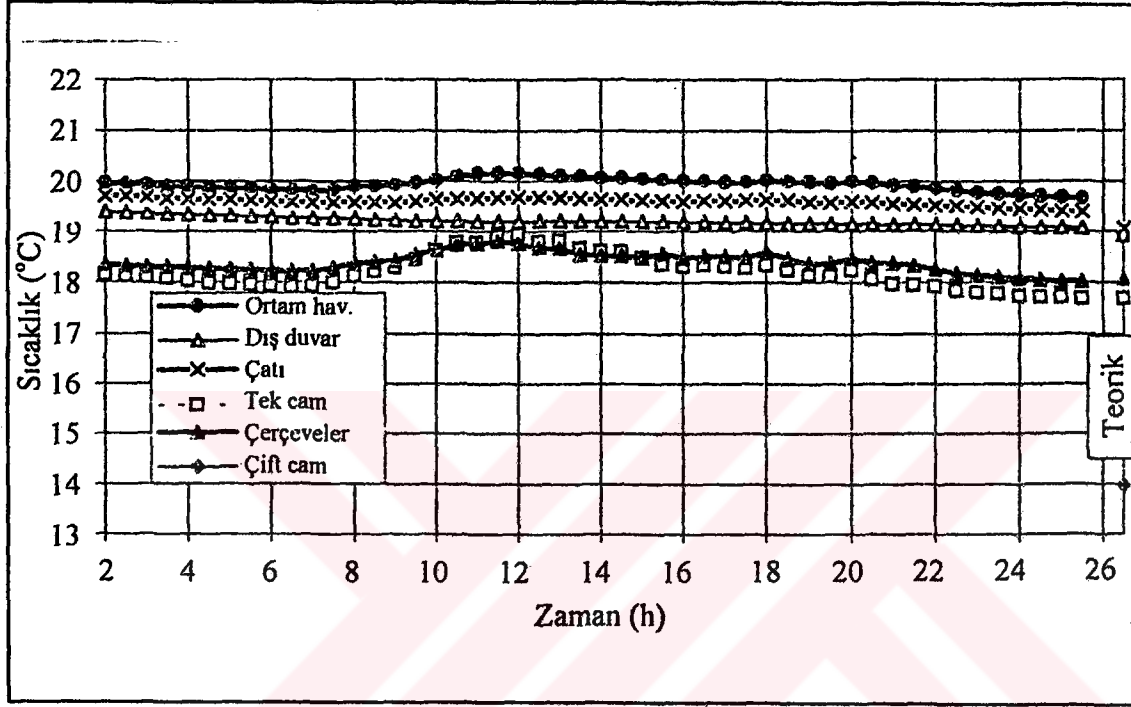
İç mekanlardaki ısı konforu, kendisini “rahatsız” hisseden kişilerin mümkün olduğunca az sayıda olmasına dayanmaktadır. Fanger, çok sayıda denekle yaptığı deneylere dayanarak, ısı konforunun belirleyici unsurlarını tarif etmiştir [6]. Elde ettiği sonuçlara göre burada önemli olan, insanların ürettikleri ısıyı dışarıya atması ile bir denge sağlanmasıdır. Bu durumda ısı konforu, iç ortamdaki bağıl nem oranı ve hava hızı tarafından etkilenmektedir. Oda sıcaklığı 23 °C’nin altında kaldığı sürece, bağıl nem oranı, ısı konforu için büyük ölçüde önemsizdir. Ayrıca hava hareket hızı 0.1 m/s’nin altında olmalıdır. Bu şartlarda hava hareket hızı 0.1 m/s’nin altında olursa, rahatlık hissi sadece sıcaklık tarafından belirlenir [6].

#### 3.4.1 İç ortam ve yüzey sıcaklıkları

Şekil 3.17’de, 23 Ekim 1993 tarihinde pasif evin çatı katındaki iç ortam ve muhtelif yüzey sıcaklıklarının zamana göre seyri görülmektedir. Söz konusu günde hava kapalı, güneş ışınları son derece az ve dış hava sıcaklığı 5 ile 6 °C arasında değişmektedir. Bundan önceki 8 günde de hava durumu benzer şekilde ve ortalama sıcaklık 6.1 °C olarak bulunmuştur.

Bu şartlara rağmen pasif evin ısıtılmasına gerek duyulmamıştır. Tespit edilen iç ortam ve yüzey sıcaklıkları, daima mevcut olan dahili ısı kaynaklarından, pencerelerden içeri sızan güneş ışınlarından ve daha önceden duvarlarda depolanmış olan ısıdan kaynaklanmaktadır. Isıtma olmadan da iç ortam sıcaklığı 20 °C civarında bulunmaktadır. Son derece iyi ısı yalıtımı sayesinde, oda çevresindeki elemanların yüzey sıcaklıkları, çok az miktarda daha düşük olarak belirlenmiştir. Bu sıcaklıklar, pencere camlarında 18 ile 19 °C, dış duvarda

19.2 °C, çatıda 19.5 °C ve pencere çerçevesinde yaklaşık 18 °C'dir. Akşamları pencereden 1 m uzaktaki mesafenin sıcaklığı ise 19.2 °C olarak ölçülmüştür. Mevcut şartlardaki bu sıcaklıklar, teorik olarak beklenen ortam ve yüzey sıcaklıklarına uymaktadır. Şekil 3.10'da pencere camının yüzey sıcaklığının, gündüz düşük güneş ışınlarında bile artış gösterdiği görülmektedir. Tüm bunlara göre pasif ev sıcaklığı, ısıtma olmadan bile konfor şartları dahilinde kalmaktadır.



Şekil 3.17 Çatı katındaki iç ortam havası ve yüzey sıcaklıklarının zamana göre seyri [6]

### 3.4.2 Hava hızları

14.10.1993 tarihinde pasif evin oturma odasında, hassaslığı 0.01 m/s olan bir termoanemometre ile değişken güneş ışınları girişi ve 22 °C iç ortam sıcaklığında bir hız profili oluşturulmuştur. Odanın her yerinde ve odayı çevreleyen alanların 30 cm uzağında hava hızı, konfor sınırı olan 0.01 m/s'nin altında elde edilmiştir. Duvarların dış yüzeyinde, yerden 2.2 m yüksekte hava hızı 0.03 m/s'ye çıkmaktadır. Buna benzer bir profil pencerede de ölçülmüştür [6].

Pencerede ve yerden 2.4 m yüksekte bulunan bir temiz hava girişinin hemen çevresinde hava hızları şu şekilde ölçülmüştür. Çanak vanada 3.2 m/s, duvar boyunca ve çanak

vanadan 3 cm mesafede 1.7 m/s, 6 cm mesafede 0.6 m/s, 15 cm mesafede 0.15 m/s, 30 cm mesafede 0.25 m/s. Çanak vanaya 30 cm mesafede ve duvara 10 cm uzak olan tüm noktalarda hava hızı yeniden 0.1 m/s'nin altında bulunmaktadır. Böylece pasif evdeki hava akım hızlarının, konforu etkilemeyecek şekilde düşük olduğu ortaya çıkmaktadır.



#### 4. YAZIN AŞIRI ISINMA

Pasif sistemle bina ısıtmada karşılaşılan problemlerin en önemlilerinden bir tanesi de, yazın aşırı ısınmadır. Bütün gün gelen güneş ışınları direkt olarak yaşam hacimlerine girdiği için, iç ortam sıcaklığı rahatsız edici boyutlara ulaşmaktadır. Aşırı sıcaklık yükselmesi, havalandırma tesisatı ile kısmen giderilmiş olsa da, tam olarak yeterli değildir. Bu nedenle aşırı ısınmayı önlemek için ek önlemler almak gerekmektedir.

Darmstadt Kranichstein Pasif Evleri'nde, bu sorunu çözmek amacı ile yeni bir panjur sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yeni sistem, yazın aşırı ısınmayı önlerken, kışın da ısı kaybına engel olmaktadır. Ayrıca pasif sistemle ısıtılan binalarda, yazın aşırı ısınmayı önlemek amacıyla alınan tedbirlerden bazıları da, çeşitli tipte gölgeleme elemanları, yansıtıcılar ve pencere camları kullanmaktır.

##### 4.1 Panjur Sistemi Hakkında Genel Bilgiler ve Kullanılan Panjur Çeşitleri

Panjurlar, konutların güvenliğinin sağlanması, mekanik korunma ve güneş ışığından korunma gibi amaçlarla, uzun zamandır konutlarda kullanılmaktadır. Darmstadt Kranichstein Pasif Evleri projesi ile birlikte geliştirilen bu yeni panjur sistemi, hem yazın hem de kışın verimli bir şekilde kullanılabilir.

###### 4.1.1 İzoleli sürgülü panjur

**Tanımı :** İzoleli sürgülü panjur, sürgülü panjurlarda, yaprak levhalı izolasyonların kullanılmış halidir.

**Avantajları :** Düşük maliyeti ve piyasada rağbet görmesi, aranan sistemler arasına girmesini sağlamıştır.

**Dezavantajları :** Çok sayıda yaprak levha kullanımı ve klasik pervaz kapakları nedeni ile, sızdırmazlık kabiliyeti azalmaktadır. Ön cepheye iyi yerleştirilememesi halinde ısı köprüsü oluşur. İşletme, mekanik olarak iç kısma doğru yapılmalıdır [5].

#### 4.1.2 Açılır kapanır panjur

**Tanımı :** Açılır kapanır panjurlarda izolasyon elemanı, pencerenin açıldığı kısımda yer alan bir dönme merkezi ile açılıp kapanır.

**Avantajları :** İzolasyon elemanlarının daha kolay kurulabilmesi ve açma kapama mekanizması.

**Dezavantajları :** İzolasyon elemanları daima açık kısımlara yerleştirilir. Özellikle geniş ebatlı cam kullanımında, pencere önüne konulmak istenmesi halinde, önemli çapta yer gerektirir. Yeterli sıkıştırma basıncı (sızdırmazlık) sağlanması için pahalı bir mekanizmadan yararlanılması gerekmektedir.

#### 4.1.3 Kompakt yapıda sürgülü panjur

**Tanımı :** Sürgülü panjurlarda kullanılan izolasyon elemanları, pencerenin açıldığı kısımda yer alan lineer bir hat boyunca sıralanır.

**Avantajları :** İzolasyon elemanlarının daha kolay kurulabilmesi.

**Dezavantajları :** İzolasyon elemanları daima açık kısımlara yerleştirilir. Özellikle geniş ebatlı cam kullanımında, pencere önüne konulmak istenmesi halinde, önemli çapta yer gerektirir. Yeterli miktarda sıkıştırma basıncı (sızdırmazlık) sağlanması için pahalı bir mekanizmadan yararlanmak gerekmektedir. İzolasyon elemanlarının, dış cephede yer alan pencerenin açıldığı kısmın yanına kolayca yerleştirilememesi halinde, mekanizmanın maliyeti önemli ölçüde yükselir [5].

#### 4.1.4 Lamelli sürgülü panjur

**Tanımı :** Lamelli sürgülü panjur, izolasyon malzemesinin birbirine girift konumdaki yaprak levhaları üzerine kuruludur. Yaprak levhaların sabitlenmesiyle oluşturulmuş olan levha paketi, pencerenin açıldığı kısımdan içeri doğru yerleştirilmiştir.

**Avantajları :** İzolasyon elemanları, dış cephenin izolasyon etkisini azaltmayacak ve dış cephede bulunan panjurun entegre durumda kalmasını sağlayacak şekilde, havanın etkilerinden korunmuş durumdadır.

**Dezavantajları :** Levha paketlerinin kompleks ve girift yapısı, üretim maliyetinin yükselmesine neden olmaktadır. Ayrıca sabit ve hareketli levha paketleri arasındaki tolerans açısından, levhaların rutubet ve/veya ısı akımlarının etkisi ile şeklinin bozulması halinde, güç gereksinimi artar.

#### **4.1.5 Lamelli sürgülü panjurun özellikleri**

Yukarıda açıklanmaya çalışılan panjur tiplerinin en kullanışlı ve verimlisi, lamelli sürgülü panjurdur. Lamelli sürgülü panjurların, dış cephede izolasyon açısından dikkate değer bir dezavantaj yaratmadan entegre edilmesi ve dışarıdan görünmemesi özel önem taşır. Lamelli yapı, montaj açısından önemli bir farklılık arzetmeden, farklı izolasyon uygulamalarının gerçekleştirilmesine imkan sağlar [5]. Lamellerden dolayı doğan yüksek üretim maliyeti, sanayi tipi üretimde daha az levha kullanımı ile düşürülebilir. Bu nedenlerden dolayı lamelli sürgülü panjur, en çok tercih edilen panjur sistemidir.

##### **4.1.5.1 Mekanik yapı**

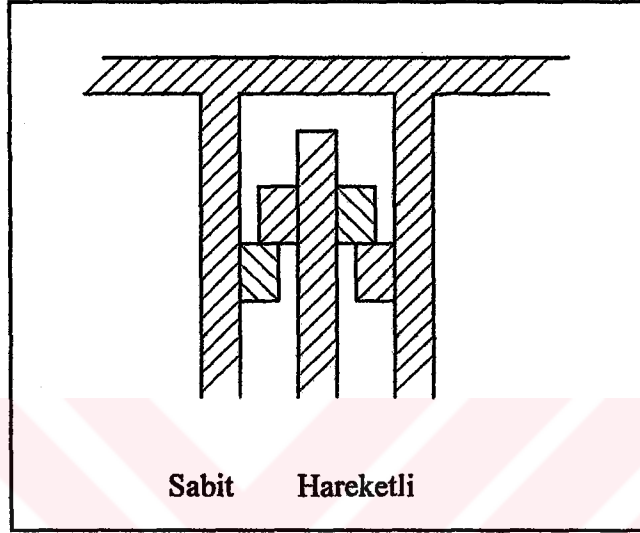
**Sökülme kabiliyeti :**

Lamelli sürgülü panjurun önemli parçalarının, bakım ve onarım işlemleri için kolay sökülme kabiliyetine sahip olması gerektiği açıktır. Bu hususun, lamelli sürgülü panjurun yapısal teşekkülü açısından da önemli bir etkisi mevcuttur. Özellikle tahrik ve çalıştırma elemanlarının kablo makarası ve levha paketi kolay ulaşılabilir nitelikte olmalıdır.

**Malzeme seçimi ve maliyeti :**

Dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta da, yerleştirilecek tahrik elemanlarının ve levhaların malzeme maliyetidir. Daha önce de belirtildiği gibi, panjurun sızdırmazlığı, özel kalafatlama ile değil, tahrik elemanları ve levhaların girift şekilde düzenlenmesi ile sağlanmıştır. Şekil 4.1’de sızdırmazlık ve kılavuz elemanlarının kesiti görülmektedir.

Bu sistemin fonksiyon açısından güvenliğini sağlanması, gerek tahrik elemanlarının, gerekse levhaların, ısı veya nem etkisi ile deforme olmaması halinde mümkündür. Deformasyonu önlemek amacıyla, imalat esnasında kullanılacak olan malzeme miktarı artırılabilir. Ancak bu durum maliyeti olumsuz yönde etkileyecektir. Bu soruna, hafif ve ucuz metal malzemelerin kullanılması ile çözüm getirilebilir.

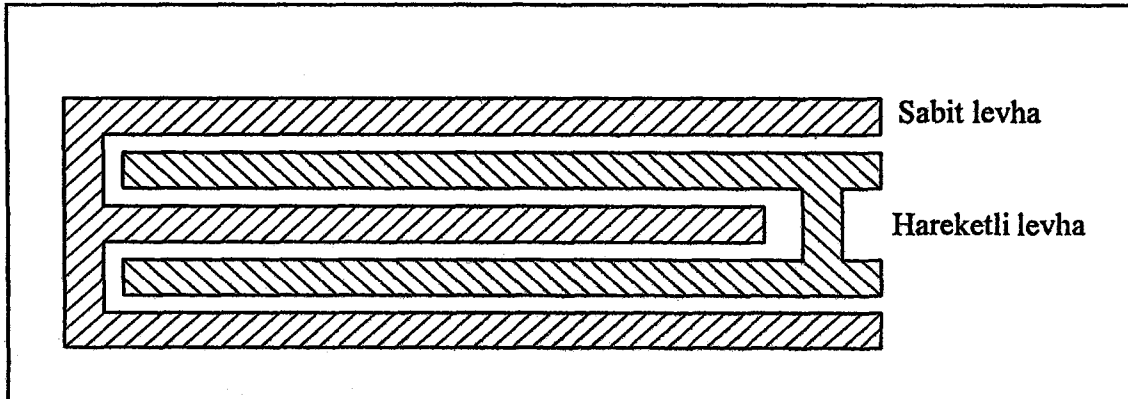


Şekil 4.1 Sızdırmazlık ve kılavuz elemanlarının kesiti [5]

#### 4.1.5.2 Mekanik yer değiştirme kabiliyeti

Ana yapı :

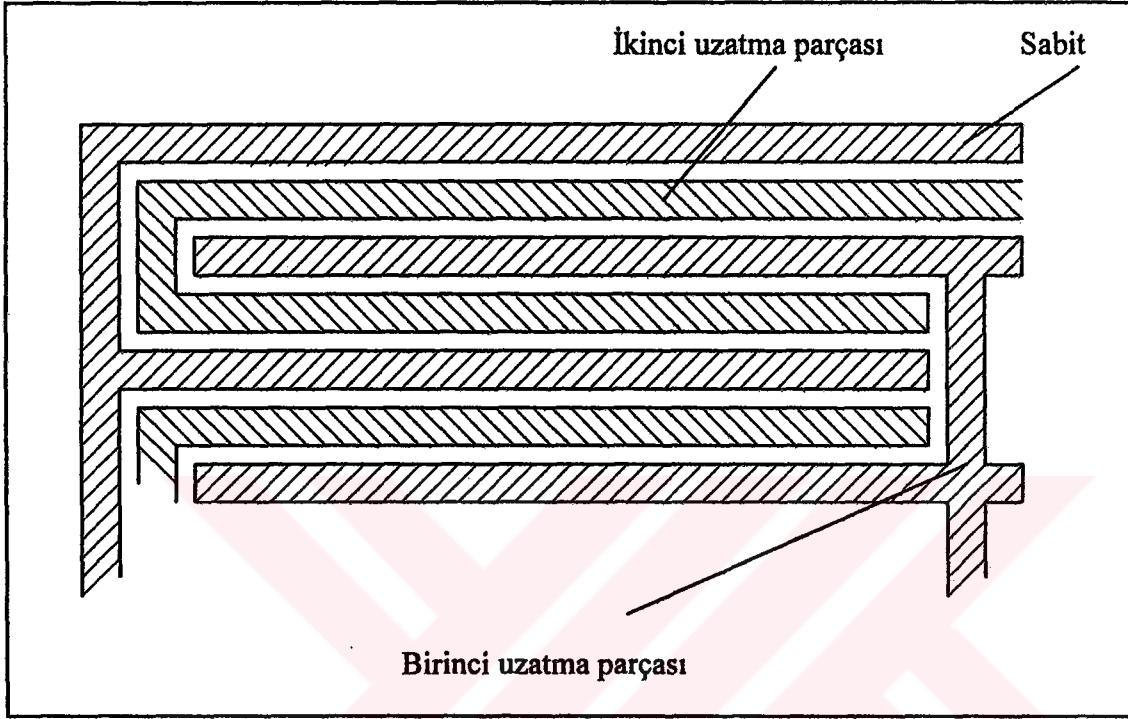
Lamelli sürgülü panjurun yapısında başlıca iki tane önemli eleman vardır. Bunlar, biri sabit, diğeri hareketli olmak üzere, iki adet lamel (levha) takımıdır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Lamelli sürgülü panjurun basit modeline ait yatay kesit [5]

#### Teleskop sistemi :

Teleskop sistemi kullanıldığında panjurun maliyeti yükselir. Ana yapı elemanları için, ikinci mekanizmaya fazladan bir levha paketinin eklenmesi gerekir. Şekil 4.3'de bu sisteme ait yatay kesit görülmektedir.

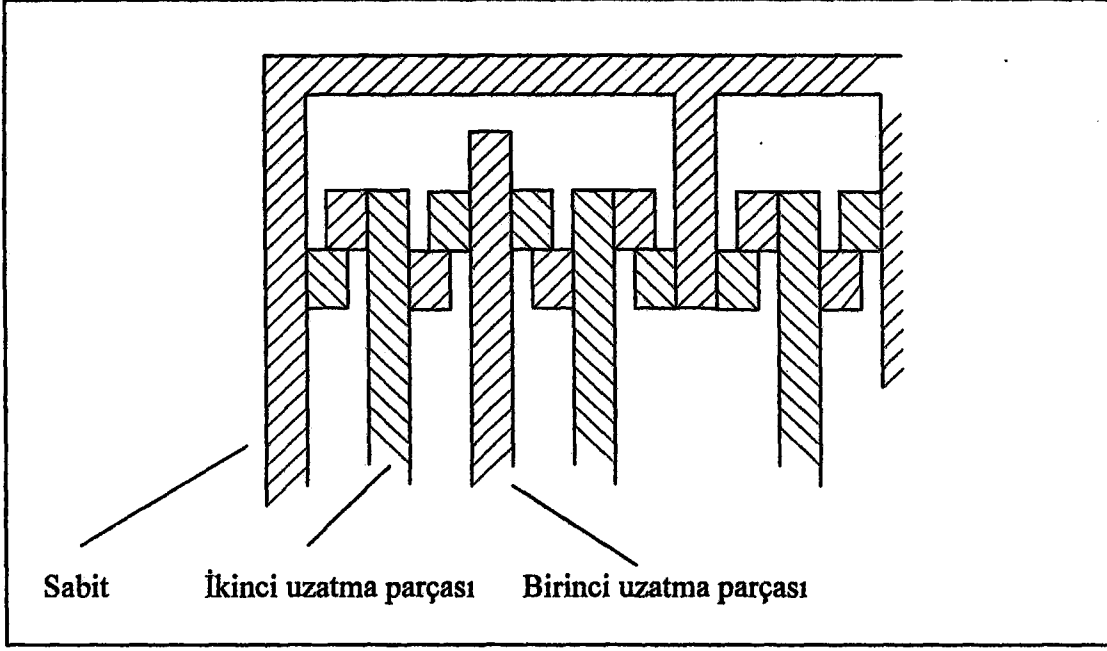


Şekil 4.3 Lamelli sürgülü panjurun teleskop modeline ait yatay kesit [5]

#### 4.1.5.3 Sızdırmazlık

##### Üst kısımlarda :

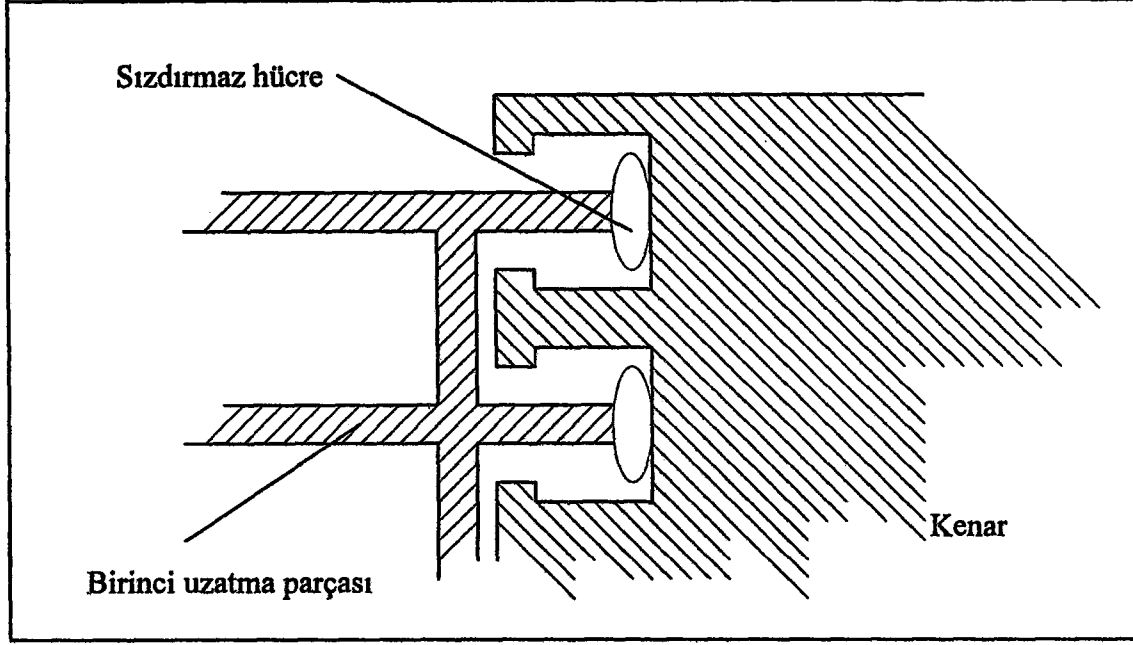
Üst kısımların sızdırmazlığı, tahrik elemanlarının girift kısımları ve hareketli levha paketlerinden oluşan labirent sızdırmazlığı yöntemi ile sağlanır. Şekil 4.4'de teleskop modeline ait kılavuz ve sızdırmazlık elemanlarının kesiti görülmektedir.



Şekil 4.4 Teleskop modeline ait sızdırmazlık ve kılavuz elemanlarının dikey kesiti [5]

Kapama parmağı ile :

Kapama parmağı ile, hareketli levha paketlerinin kapalı duruma geldiği nokta saptanabilir. Bu noktanın sızdırmazlığı, muhtelif yöntemlerle sağlanabilir. Bu yöntemlerin birinde, köpüklü kauçuk veya oyuk hücre sızdırmazlığından faydalanılırken, diğerinde labirent sızdırmazlığı kullanılabilir [5]. Yüksek seviyeli sızdırmazlık elde etmek için, labirent ve oyuk hücre sızdırmazlığından oluşan bir kombinasyondan yararlanılması uygundur. Bununla beraber, konu ile ilgili bir sistemin kullanımında, oyuk hücre sızdırmazlığında, sıkıştırma basıncının önemli olup olmadığı hususuna dikkat edilip edilmeyeceği açıkça belirtilmiş değildir. Daha yüksek bir sıkıştırma basıncı sağlamak için, ekstra mekanik elemanların kullanılmasına gerek olabilir. Şekil 4.5'de labirent sızdırmazlığına ait yatay kesit görülmektedir.



Şekil 4.5 Kenarların labirent sızdırmazlığına ait yatay kesit [5]

#### Alt kenarlarda :

Alt kenarların kalafatlanması, pencere pervazlarındaki kirlenme nedeni ile zordur. Bu nedenle labirent sızdırmazlığı kullanılmamıştır. Diğer sızdırmazlık yöntemlerinde de, normal olarak düzgün bir sıkıştırma yüzeyi gereklidir. Bununla beraber, yeterli bir sızdırmazlık sağlamak için geniş hacimli bir borulu sızdırmazlık düzeni oluşturulmuştur. Kalafat, hareketli levhaların alt kısmına sabitlenmiştir. Açma kapama sırasında, alt kirişlerin kalafatları birbirine temas etmeyecek şekilde, kapalı konuma gelene kadar levhalar indirilerek kalafat kirişlerine oturtulur. Levhaların açılıp kapanması, hareket sistemi elemanlarının uygun şekilde konumlandırılması ile sağlanmıştır [5].

#### 4.1.6 Lamelli sürgülü panjurun hareket sistemleri

##### 4.1.6.1 Dişli raylı (kremayer) sistem

**Tanımı :** Kremayer sistemi, dişli bir ray ve küçük bir dişli çarktan oluşur. Küçük dişli çark, elektrikli tahrik motoruyla birlikte monte edilmiş olup, dişli ray, hareketli kısımda yer alır.

**Avantajları :** Mekanik olarak montajı kolaydır.

**Dezavantajları :** İstenen ebatlarda dişli ray temini çok güçtür. Ayrıca kremayer sisteminin teleskop sistemine adaptasyonu mümkün değildir.

#### **4.1.6.2 Vidalı sistem**

**Tanımı :** Vidalı sistem, bir adet vida ve bir adet somundan oluşur. Vida somunu bilyalı olabilir. Vida tahriki sağlar ve vida somunu hareketli kısımda yer alır.

**Avantajları :** Kısa mesafelerde ayarlanması ve montajı kolaydır. Ayrıca maliyeti diğer sisteme göre düşüktür.

**Dezavantajları :** Uzun mesafeli ayarlarda, bükülme riski olduğu için, maliyeti yüksek olan ve yer darlığı nedeniyle lamelli sürgülü panjura monte edilmesi mümkün olmayan, çok kalın bir vida mili kullanımı gerektirir [5].

#### **4.1.6.3 Döner kablolu sistem**

**Tanımı :** Döner kablolu sistem, iki adet sabit makara ve bir adet kapalı kablodan oluşur. Kablo, hareketli parçaya bağlıdır ve hareketin iletilmesini sağlar. Nakledilen gücün artması halinde kablo, bazen tahrik makarasına yerleştirilebilir.

**Avantajları :** Düşük güç ile kullanımda montajı kolaydır ve maliyeti çok düşüktür.

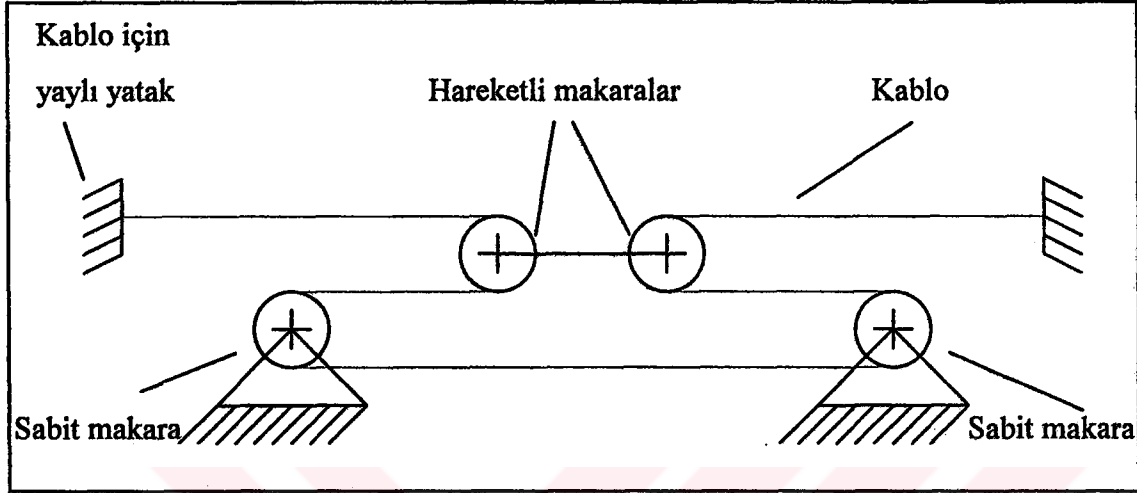
**Dezavantajları :** Yüksek güç ile kullanımda, makaralardan birinin, aşınmadan dolayı kablolardaki uzunluk farklılığını eşitlemek germe makarası olarak kullanılması gerekir [5].

#### **4.1.6.4 Kontra palangalı sistem**

**Tanımı :** Kontra palangalı sistem, kontra şekilde çalışan ve çekme kabloları ile birbirine bağlı iki adet palangadan oluşmaktadır. Sabit makaralardan biri ile tahrik sağlanır. Panjurun hareketli parçası, palanganın birbiri ile bağlantılı çözümlü kablosuna tespit edilmiştir. Şekil 4.6'da kontra palangalı sistemin prensip şeması görülmektedir.

**Avantajları :** Düşük güç ile kullanımda montajı kolaydır ve maliyeti düşüktür.

**Dezavantajları :** Bu sistemde de kablo boylarının eşitlenmesi gerekir. Bu işlem, palangaların sabit kablo uçlarına yay konularak gerçekleştirilebilir [5].



Şekil 4.6 Kontra palangalı sistemin prensip şeması [5]

#### 4.1.6.5 Hareket sistemi seçim kriterleri

Yukarıda açıklanan hareket sistemlerinden, döner kablolu hareket sistemi, düşük maliyeti ve panjur boyları ile ilgili olarak da esnekliği açısından tercihe şayandır. Kontra palangalı hareket sisteminin ise yüksek yüklerle çalışma özelliği vardır. Bu nedenle yüksek güçle çalışması gereken panjurlarda, kontra palangalı hareket sisteminin tercih edilmesi uygun olacaktır.

#### 4.1.6.6 Lamelli sürgülü panjurla ilgili özel bilgiler

Lamelli sürgülü panjurun yapısı kapalıdır. Bu nedenle herhangi bir arıza sırasında, hareket sistemindeki şalterin veya kablonun değiştirilmesi gerektiğinde, ya da kablonun ön gerilimlerinde ayarlama yapmak gerektiğinde, kapalı sisteme giriş imkanı sağlayacak bazı tedbirlerin alınması gerekmektedir. Bu amaçla panjurun geniş ölçüde demonte durumda tutulması gerekir. Alternatif olarak panjurun hareket sisteminin kompakt modül şeklinde tasarlanması düşünülebilir.

Hareket sisteminde kullanılan elektrik motoru da, sistemin fonksiyonel çalışması açısından önemlidir. Elektrik motorunda aranan en önemli özellik, işletme esnasında oluşabilecek farklı yüklerle göre ayarlanabilmesidir. Herhangi bir arıza sırasında kolay müdahale edebilmek amacıyla, elektrik motorunun kompakt yapıda olması da aranan özellikler arasındadır. Kompakt yapıdaki elektrik motorlarının kapasitesi yüksek olup tahrik motoru olarak kullanılması uygundur. Ancak doğru akımlı motorları kullanabilmek için, özel bir şebekeye ihtiyaç vardır. Yalnızca kullanım sırasında oluşanlarla sınırlı olmamak üzere, sürekli elektrik kaçakları meydana geldiğinden, yalnızca şebek gerilimi 220 V - 50 Hz olan motorlar kullanılmalıdır [5].

#### **4.1.7 Lamelli sürgülü panjur modeli**

##### **4.1.7.1 Malzeme yapısı ve ölçüler**

Model olarak, üç levhali, teleskop sistemli, lamelli sürgülü panjur seçilmiştir. Levha paketlerinde, 4 mm kalınlığında polystyrol levhalar kullanılmış olup, daha sonra levhalar arasında oluşan radyasyon ısı değişikliklerini azaltmak amacı ile bir tarafı, alüminyum astarla kaplanmıştır. Dış kaplamalarda, mekanik dayanıklılığı arttırmak amacı ile, cam elyaf örgü ve epoksit reçinesi kullanılmıştır. Levha paketlerinin muhafazalarında çam kaplama kullanılmıştır.

Tüm hareket sistemi elemanları, masif ahşap ile kapatılmıştır. Hareket sisteminde 10 mm çapında kablo makarası ve 0.5 mm kalınlığında çelik kablo kullanılmıştır. Kablo makaraları plastikten yapılmış olup, yalnızca tahrik makaralarında pirinç kullanılmıştır. Tahrik motoru ile bu motora ait tahrik donanımında, oyuncak bir otodan esinlenilmiştir. Elektrikli tahrik motoru, 4.5 V'lık bir blok batarya ile çalışır. Elektrikli tahrik motorunu iki yönlü olarak hareket ettirebilmek amacıyla, model üzerinde iki yönlü bir şalter mevcuttur. Model, 540 x 363 mm boyutlarındaki bir pencere için 1:1 ölçeğinde hazırlanmıştır.

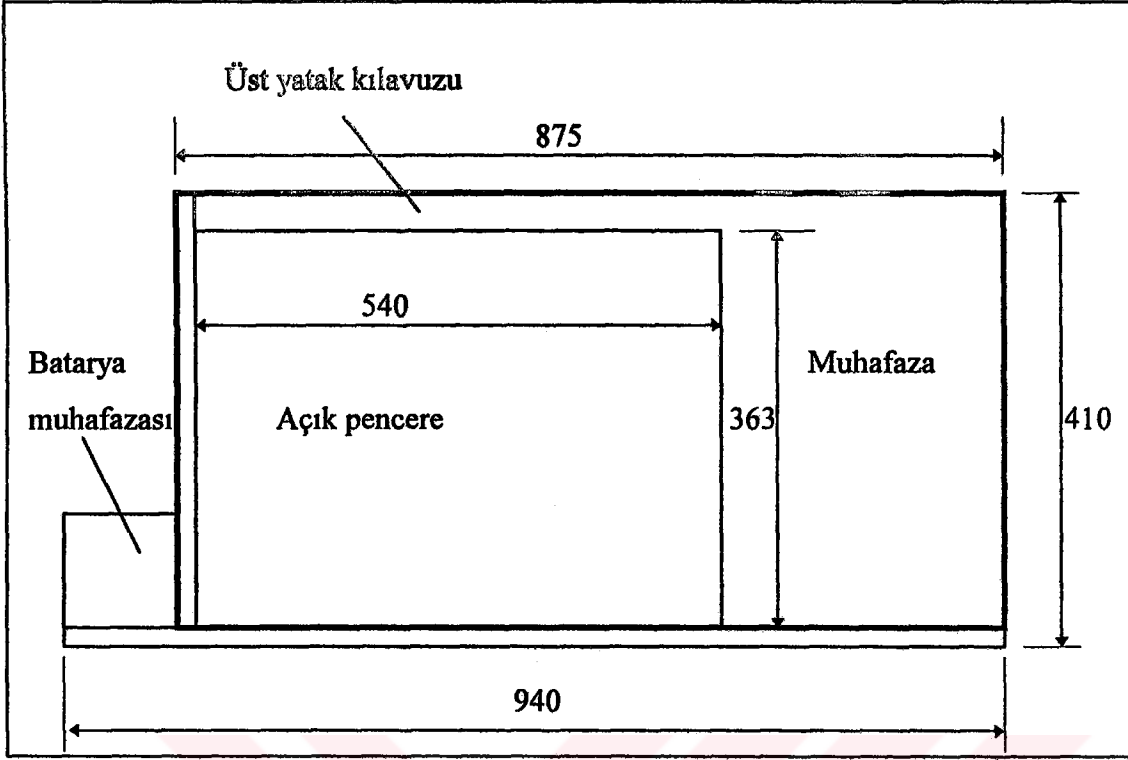
Hareket sisteminde kullanılan elektrik motoru da, sistemin fonksiyonel çalışması açısından önemlidir. Elektrik motorunda aranan en önemli özellik, işletme esnasında oluşabilecek farklı yüklere göre ayarlanabilmesidir. Herhangi bir arıza sırasında kolay müdahale edebilmek amacıyla, elektrik motorunun kompakt yapıda olması da aranan özellikler arasındadır. Kompakt yapıdaki elektrik motorlarının kapasitesi yüksek olup tahrik motoru olarak kullanılması uygundur. Ancak doğru akımlı motorları kullanabilmek için, özel bir şebekeye ihtiyaç vardır. Yalnızca kullanım sırasında oluşanlarla sınırlı olmamak üzere, sürekli elektrik kaçakları meydana geldiğinden, yalnızca şebek gerilimi 220 V - 50 Hz olan motorlar kullanılmalıdır [5].

#### **4.1.7 Lamelli sürgülü panjur modeli**

##### **4.1.7.1 Malzeme yapısı ve ölçüler**

Model olarak, üç levhalı, teleskop sistemli, lamelli sürgülü panjur seçilmiştir. Levha paketlerinde, 4 mm kalınlığında polystyrol levhalar kullanılmış olup, daha sonra levhalar arasında oluşan radyasyon ısı değişikliklerini azaltmak amacı ile bir tarafı, alüminyum astarla kaplanmıştır. Dış kaplamalarda, mekanik dayanıklılığı arttırmak amacı ile, cam elyaf örgü ve epoksit reçinesi kullanılmıştır. Levha paketlerinin muhafazalarında çam kaplama kullanılmıştır.

Tüm hareket sistemi elemanları, masif ahşap ile kapatılmıştır. Hareket sisteminde 10 mm çapında kablo makarası ve 0.5 mm kalınlığında çelik kablo kullanılmıştır. Kablo makaraları plastikten yapılmış olup, yalnızca tahrik makaralarında pirinç kullanılmıştır. Tahrik motoru ile bu motora ait tahrik donanımında, oyuncak bir otodan esinlenilmiştir. Elektrikli tahrik motoru, 4.5 V'lık bir blok batarya ile çalışır. Elektrikli tahrik motorunu iki yönlü olarak hareket ettirebilmek amacıyla, model üzerinde iki yönlü bir şalter mevcuttur. Model, 540 x 363 mm boyutlarındaki bir pencere için 1:1 ölçeğinde hazırlanmıştır.



Şekil 4.7 Modelin görünüşü ve ölçüleri, şematik [5]

#### 4.1.7.2 Yapısal özellikler

Modelin hareket sisteminde kompakt modüler yapı kullanılmıştır. Hareket sistemine, üst kısımda yer alan bir açıklıktan giriş yapılması mümkündür. Tahrik elemanlarının devreye girmesinin gecikmesi sorun çıkarabilir. Muhafazalar için kullanılan çam kaplama, önemli çapta devreye girme gecikmesine neden olduğundan kullanımı uygun değildir [5]. Model, esasen lamelli tip panjurun mekanik yapısının ortaya konması amacını taşıdığından, hareket sistemleri, alt kenar ölçüleri ve tespit (sabitleme) konularında ayrıntılı bilgi verilmemiştir.

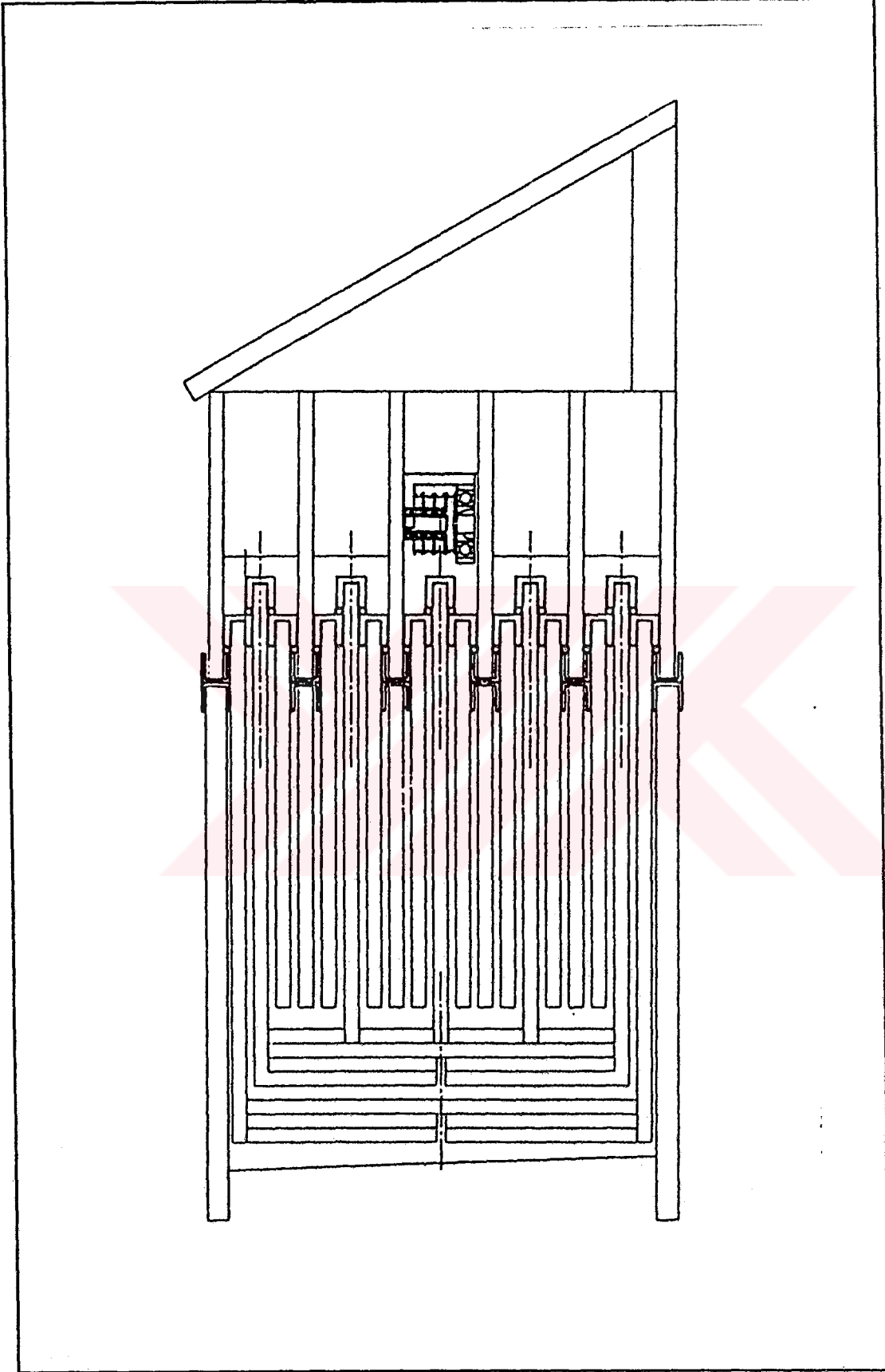
#### 4.1.7.3 Devreye girme süresi

Önceden bahsedilen açıklık, önemli bir devreye girme gecikmesine neden olmaktadır. Gecikme, panjurun hareketi esnasında oluşan gürültüden saptanabilmektedir. Bu durum, önemli ölçüde yüksek güç harcanmasına sebep olmakta ve hatta panjurların tamamen bloke olması ile sonuçlanabilmektedir. Panjurun bloke olmasına sebep olan, kabloların ön

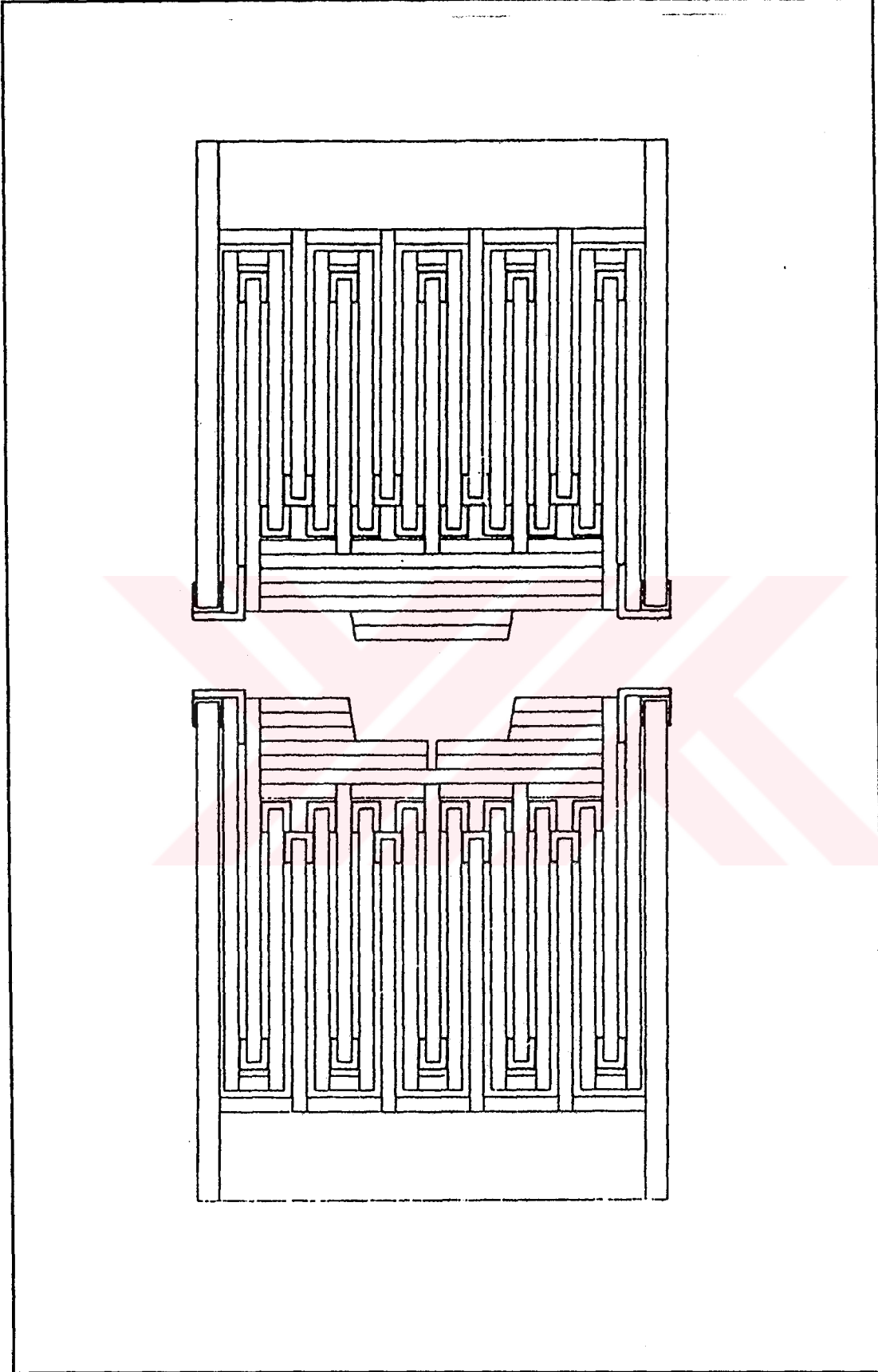
geriliminin artmasını önlemek için her iki kablo ucunda da esnek bir eleman (lastik halka) kullanılmıştır. Böylece panjurun bloke olma durumu ortadan kalkmıştır [5].

Sonuç olarak modelin yapısı, lamelli sürgülü tip panjurlar ve hareket sistemi konusunda uygulanan metotların yararlı olduğunu göstermektedir. Ancak çalışma gecikmesini ortadan kaldırmak için, hareket sistemi konusunda ek önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu önlemlerin başlıcaları, ilk aşamada farklı malzeme kullanımı, ikinci aşamada da yapısal değişikliklerin uygulanması olabilir. Şekil 4.8 ve 4.9’da lamelli sürgülü panjurun dikey ve yatay kesit resimleri görülmektedir.





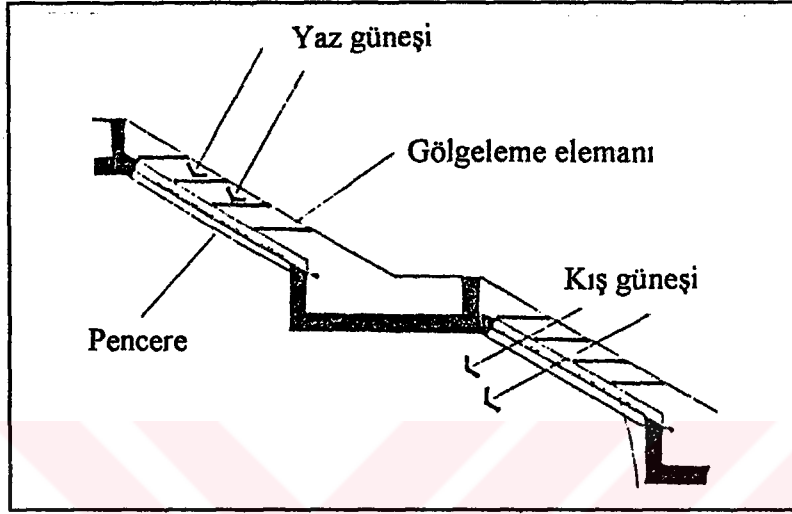
Şekil 4.8 Lamelli sürgülü panjurun dikey kesiti [5]



Şekil 4.9 Lamelli sürgülü panjurun yatay kesiti [5]

## 4.2 Gölgeleme Elemanları

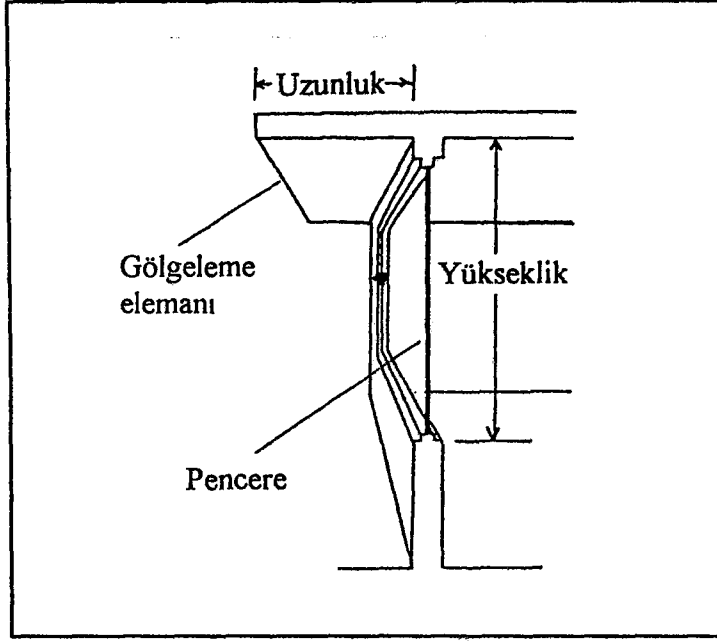
Kışın güneş ışınlarının içeriye girmesine müsaade edecek, yazın ise ışınların içeriye girmesini ve güneşin parlaklığını engelleyecek şekilde, geliş açıları da göz önüne alınarak monte edilen elemanlardır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 Gölgeleme elemanı [2]

Fakat amaç güneşin parlaklığından kaçınmak ise gölgeleme elemanını içeriden monte etmekte fayda vardır. Çünkü gelen güneş ışıını bu eleman tarafından absorbe edilecek ve depolanan ısı bir süre sonra oda içine verilecektir. Bunun sağlanabilmesi için de bu elemanların koyu renklerde seçilmesi gerekmektedir [2].

Gölgeleme elemanının uzunluğu, binanın bulunduğu enleme ve pencere yüksekliğine göre değişmektedir. Örneğin,  $36^\circ$  enlemde uzunluk, pencere yüksekliğinin  $1/4$ 'ü,  $48^\circ$  enlemde ise pencere yüksekliğinin  $1/2$ 'si kadardır. Şekil 4.11'de yine bir gölgeleme elemanı görülmektedir.



Şekil 4.11 Gölgeleme elemanı [8]

Ayrıca gölgeleme elemanının uzunluğu aşağıdaki abak formülle de hesaplanabilir.

Gölgeleme elemanı uzunluğu = Pencere yüksekliği / Gölgeleme katsayısı [8]

Bu formüldeki gölgeleme katsayısı, binanın bulunduğu enleme göre Çizelge 4.1'den seçilebilir.

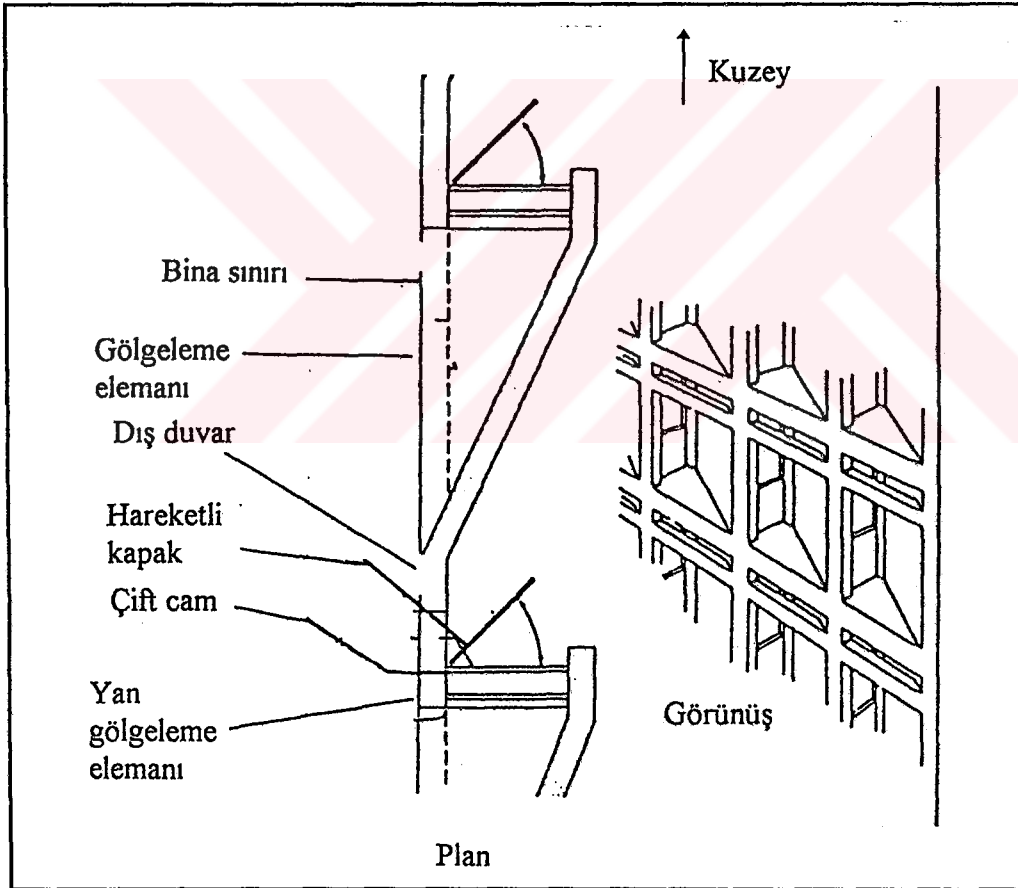
Çizelge 4.1 Gölgeleme katsayıları [8]

| Enlem | Gölgeleme Katsayısı |
|-------|---------------------|
| 28°   | 5.6-11.1            |
| 32°   | 4.0 - 6.3           |
| 36°   | 3.0 - 4.5           |
| 40°   | 2.5 - 3.4           |
| 44°   | 2.0 - 2.7           |
| 48°   | 1.7 - 2.2           |

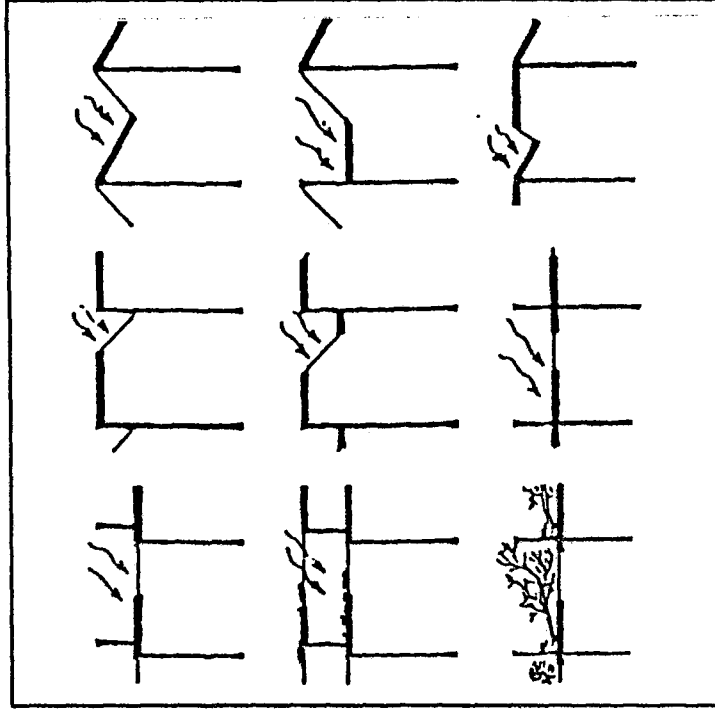
Elle kumanda edilen gölgeleme elemanları daha uygundur. Fakat dışarıya monte edilen elemanlar, bakım ve yıpranma açısından kullanılması zor olan elemanlardır. Bununla birlikte, insanların kullanabileceği uygunlukta tasarlanmalı ve hatta kullanıcıların kendi

konfor koşullarını kendileri ayarlayarak sisteme katılımda bulunmaları sağlanmalıdır.

Doğu ve batı cephelerine bakan camların gölgelendirilmesi, yazın ve kışın, güneş gökyüzünde alçak olduğu için oldukça zordur. Doğu ve batı cephelerindeki camları, kuzeye ve güneye yönlendirerek gölgeleme imkanları yaratmak olası bir metottur. Camı kuzeye yönlendirerek sadece indirekt güneş ışınımının bina içerisine girmesi sağlanır. Aynı şekilde cam güneye yönlendirilirse, kışın bina içerisine ısı kazancı da sağlanacaktır. Şekil 4.12’de batı cephesinde ısıtmanın istendiği dönemde ısı kazanılmasına, ısıtmanın istenmediği dönemde ise ısı kazanılmamasına imkan veren nişli pencere sistemi görülmektedir [9]. Yine Şekil 4.13’de güney penceresi için çeşitli gölgeleme alternatifleri görülmektedir.



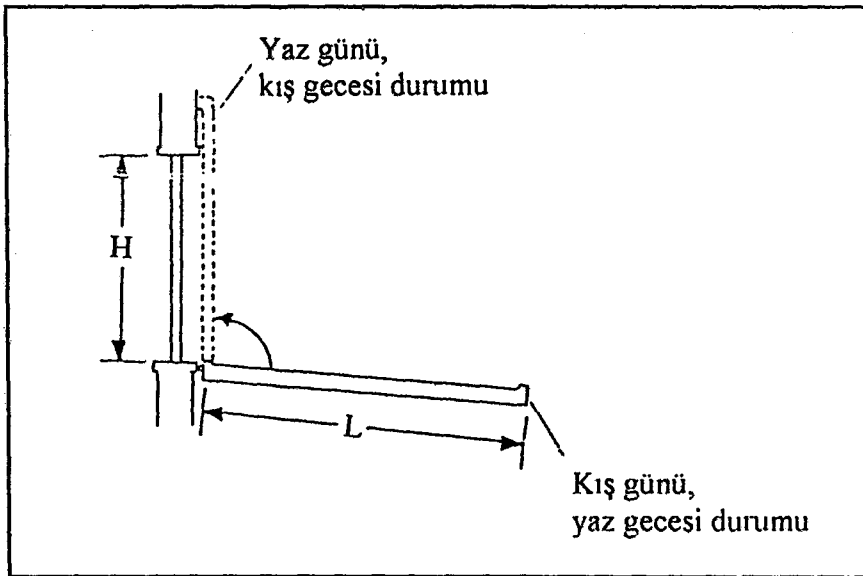
Şekil 4.12 Nişli pencere sistemi [9]



Şekil 4.13 Güney penceresi için çeşitli gölgeleme alternatifleri [9]

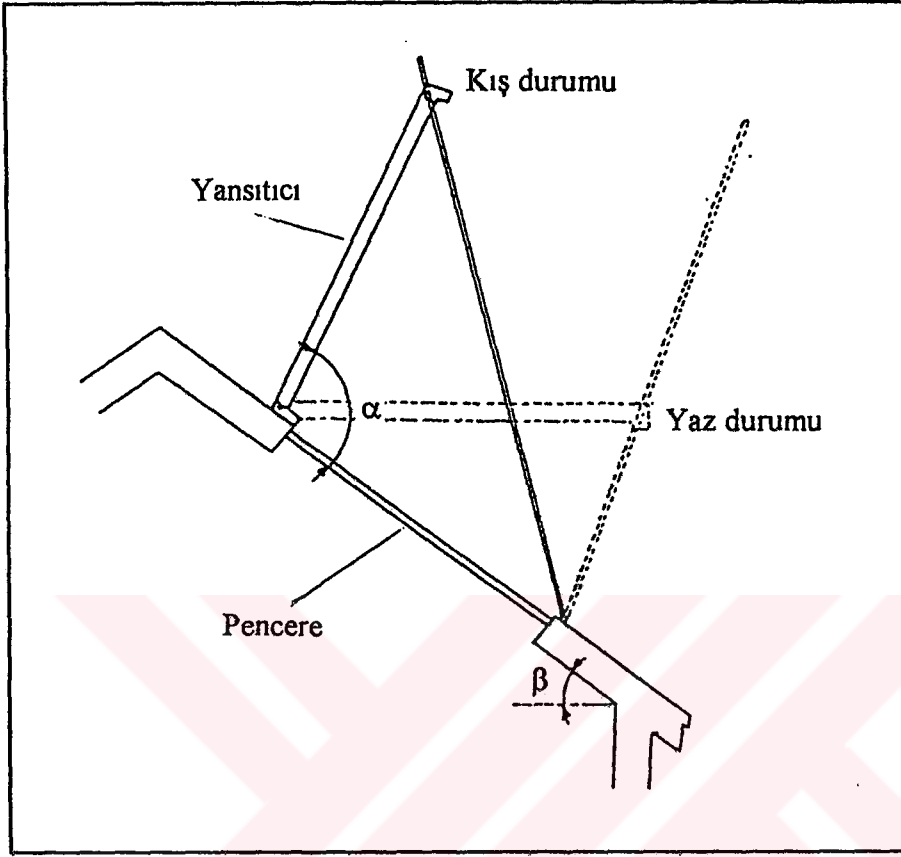
#### 4.3 Yansıtıcılar

Pencerelere yansıtıcıların eklenmesi, yazın bu yansıtıcıların gölgeleme elemanı gibi davranarak, ısı kazancını azaltıcı bir etki yapmasına neden olmaktadır. Şekil 4.14’de dikey yüzey yansıtıcısı görülmektedir.



Şekil 4.14 Dikey yüzey yansıtıcısı [8]

Şekil 4.15’de ise eğimli aydınlatma pencerelerinde kullanılan yansıtıcının yaz ve kış pozisyonları görülmektedir.



Şekil 4.15 Eğimli pencere yansıtıcısı [8]

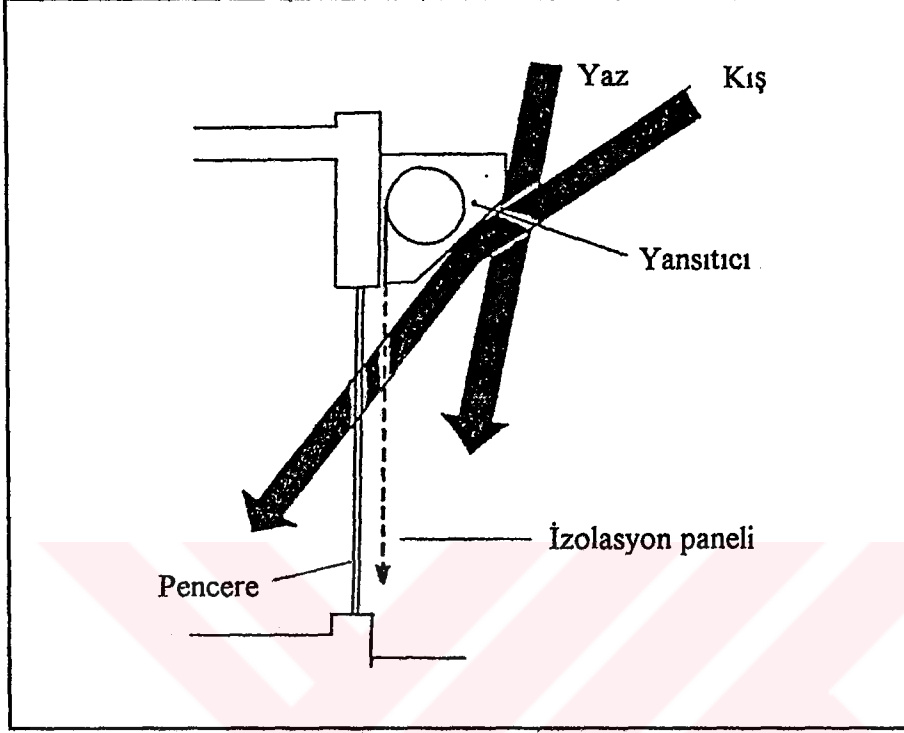
Aydınlatma penceresinde kullanılan yansıtıcıların eğim açısı ( $\alpha$ ) değeri, pencere açısı ( $\beta$ ) ve enleme bağlı olarak Çizelge 4.2’den belirlenebilmektedir.

Çizelge4.2 Güneyebakan aydınlatma pencereleri için tavsiye edilen yansıtıcı eğim açıları[8]

| Pencere Açısı ( $\beta$ ) | 36° Enlem | 42° Enlem | 48° Enlem |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 0°                        | 80°       | 76°       | 71°       |
| 30°                       | 100°      | 97°       | 93°       |
| 40°                       | 107°      | 103°      | 100°      |
| 50°                       | 113°      | 110°      | 107°      |

Yansıtıcı konstrüksiyonu Şekil 4.16’daki gibi yapılırsa, ısı kazancı kışın artmakta, yazın ise azalmaktadır. Şöyle ki : Yazın dik gelen güneş ışınlarının, yansıtıcı nedeni ile direkt

olarak pencereye vurması engellenmektedir. Kışın ise eğik gelen güneş ışınları, yansıtıcının konstrüksiyonu sayesinde engellenmeden pencereye vurmakta ve mahal içine alınmaktadır.



Şekil 4.16 Yansıtıcının güneş ışınlarına yaz ve kış durumunda etkisi [8]

#### 4.4 Saydam Yüzeyler (Cam)

Yazın ısı kazancını azaltabilmek için çift camlı bir pencerede yansıtıcı cam dış yüzeye ve düz cam içeriye konmalıdır. Bu durum aynı zamanda kışın ısı kaybını da önler fakat düz camın dış tarafta, yansıtıcı camın iç tarafta olduğu konumda daha fazla ısı kazancı sağlanır.

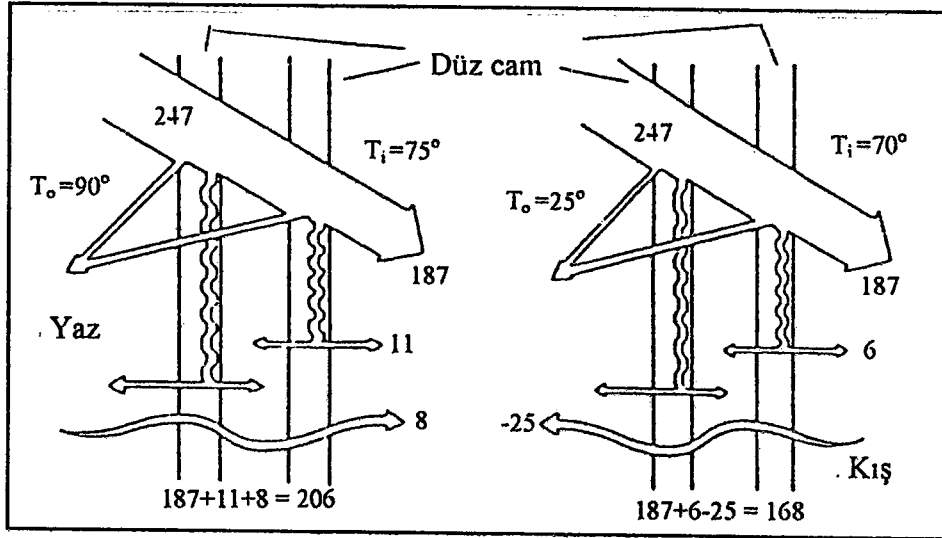
Kışın ısı kazanım kazancının maksimize edilmesi ve ısı kaybının minimize edilmesi gereken durumlarda, iki tabakalı düz camlar kullanılmaktadır. Bu oluşum yazın dikkate alınabilecek miktarda ısı geçirgenlik yaratabilir, fakat ağaçlar, tenteler veya panjurlar gibi gölgeleme elemanları ile ısı kazancı önlenabilir. Bu pahalı camlar doğu ve batı yüzeylerinde daha çok gözönüne alınmalıdır. Çünkü bu cephelerin gölgelendirilmesi, güney cephelerine nazaran daha zordur. Senenin uygun zamanlarında güneş ışınımının bina içine girmesini sağlamak gibi, diğer zamanlarda güneş ışınımının binaya girmesini

engellemek de çok önemlidir. Birçok iklim bölgelerinde, kritik hava koşullarında güneş ışıınının binaya girmesini engellemek, soğuk havalarda içeri almaktan insan konforu açısından çok daha önemli olmaktadır [9].

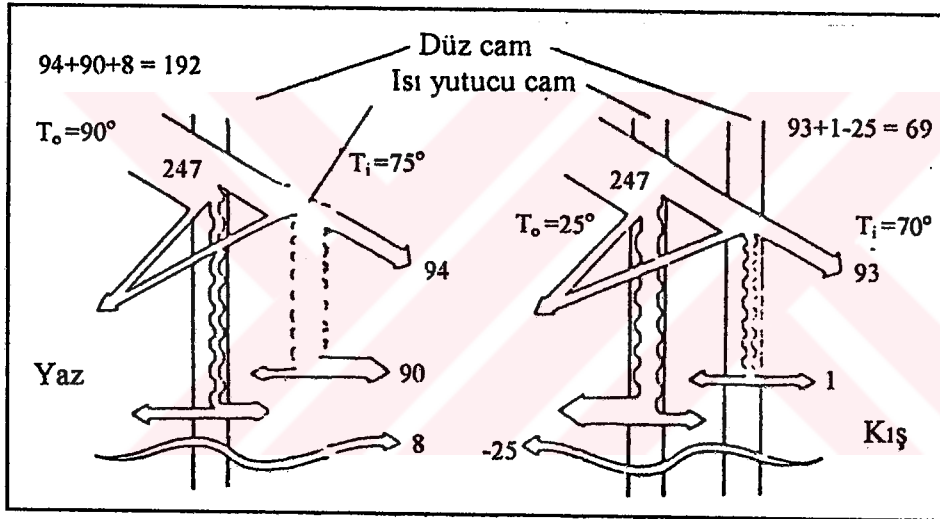
Değişik güneş yönlendirmelerine göre, farklı cam türleri kullanarak gölgelemeyi sağlamak ve dolayısıyla ısı kazancını azaltarak aşırı ısınmayı önlemek en uygun metotlardan birisidir. Özellikle doğu,batı cephelerinde ve ısı kazancının azaltılmasının kritik olduğu bölgelerde, ısı yutucu ve yansıtıcı cam kullanmak çok yararlıdır. Isı yutucu ve yansıtıcı cam türlerinin seçilmesinde aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- i) Yansıtıcı türden olan camlar ısı kazancını azaltırlar. Ancak yazın avantaj olan bu sistem kışın daha çok dezavantaj olur.
- ii) Parıltı kontrolü dışında, yansıtıcı ve ısı yutucu türden camların kuzey, kuzeydoğu ve kuzeybatı yönlerinde kullanılması hemen hemen gereksizdir. 30° kuzey enleminin daha güneyinde bulunan bölgeler dışında, daha kuzey bölgelerdeki bu cephelerde, dikkate alınmayacak kadar az bir ısı kazancı vardır.
- iii) 40° kuzey enleminin daha kuzeyinde kalan enlemler dışında, hemen hemen bütün bölgelerde ısı yutucu ve yansıtıcı cam türleri, güneşe bakan cephelerde kullanılmamalıdır.
- iv) Güney, güneydoğu ve güneybatı cephelerinde, ısı yutucu veya yansıtıcı cam türleri kullanmak yerine, bitkilerden veya elle kumanda edilen gölgeleme elemanlarından yararlanmak daha hassas çözümler getirmektedir [9].

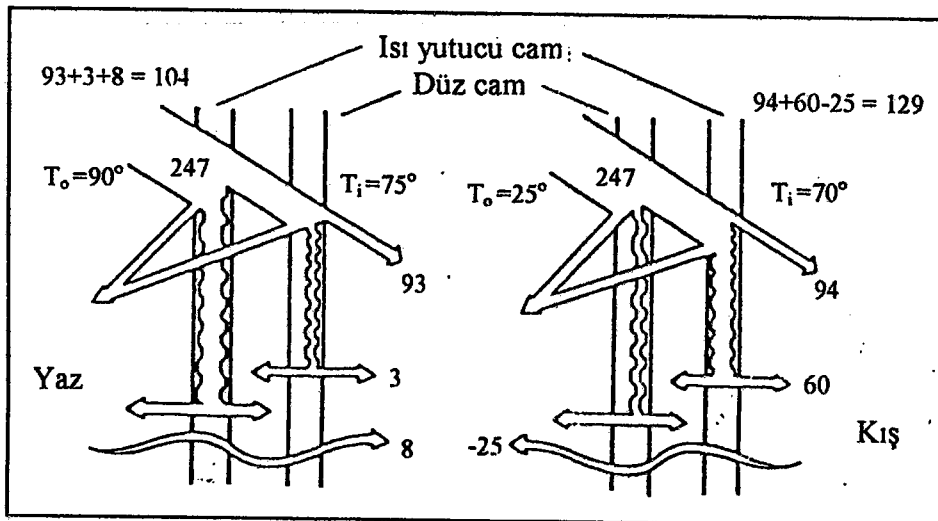
Şekil 4.17, 4.18, 4.19, 4.20 ve 4.21’de, değişik türdeki camların farklı kombinasyonlarının sağladığı ısı kazançları görülmektedir.



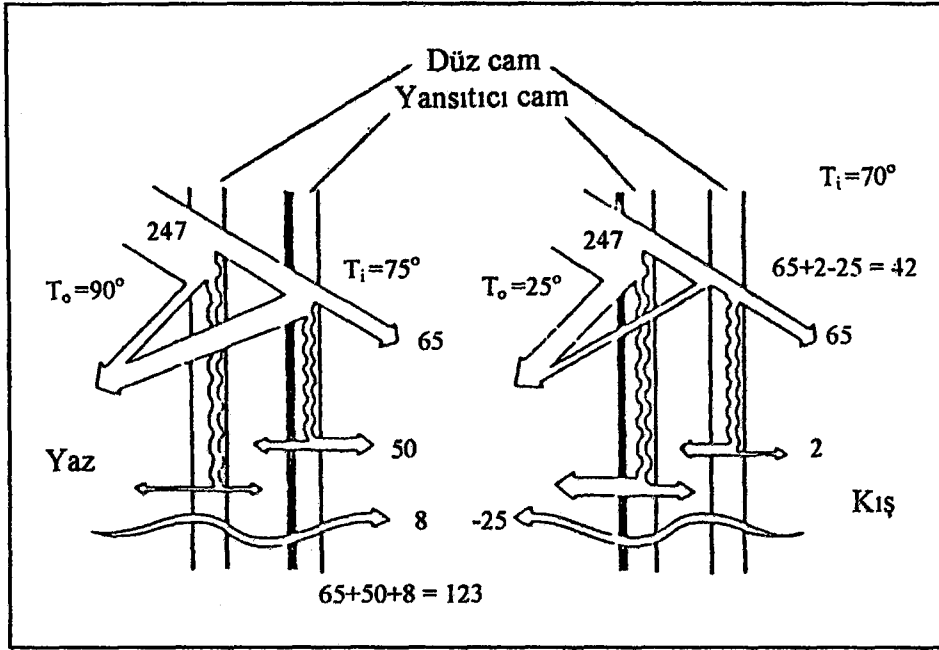
Şekil 4.17 Düz çift cam ile güneş enerjisi kazancı [9]



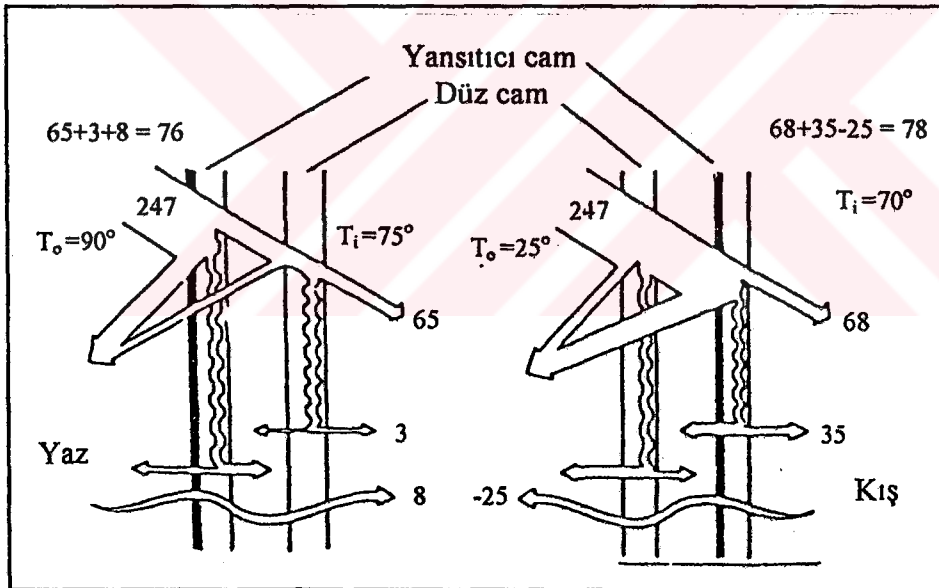
Şekil 4.18 Isı yutucu çift cam ile güneş enerjisi kazancı (ısı yutucu cam önde) [9]



Şekil 4.19 Isı yutucu çift cam ile güneş enerjisi kazancı (ısı yutucu cam arkada) [9]



Şekil 4.20 Yansıtıcı çift cam ile güneş enerjisi kazancı (yansıtıcı cam önde) [9]



Şekil 4.21 Yansıtıcı çift cam ile güneş enerjisi kazancı (yansıtıcı cam arkada) [9]

## 5. HAVA SIZDIRMAZLIĞI

Pasif sistemle ısıtılan binalarda karşımıza çıkan sorunlardan bir tanesi de hava sızdırmazlığının sağlanmasıdır. Hava sızdırmazlığının sağlanması için başlıca iki tane sebebimiz vardır. Bunlardan birincisi infiltrasyonla gerçekleşen ısı kaybını önlemektir. Diğer sebep ise kuvvetli ve soğuk esen rüzgarlarda oluşan rahatsız edici hava akımlarıdır. Binalardaki hava sızıntıları çoğunlukla, binanın dış yapı bileşenlerindeki aralıklardan gerçekleşmektedir. Bu nedenle dış yapı bileşenlerinin, mümkün olduğunca sızdırmaz konstrüksiyonlardan yapılması gerekmektedir.

### 5.1 Hava Sızıntısı Testi

Binanın toplam sızıntı oranının saptanması amacı ile basınç testleri yapılmaktadır. Bu testlerden birinde, kapı veya pencere aralığına bir vantilatörlü körük yerleştirilerek evin tamamında alçak veya yüksek basınç oluşturulur. Test sırasında, öncelikle tüm pencerelerin kapalı olmasına ve öngörülen havalandırma deliklerinin ağzının kapatılmasına dikkat edilmelidir. Daha sonra, 10 ile 50 Pa arasında değişen basınç farkında oluşan hava akımının, alt ve üst basınç değerleri körük aracılığı ile ölçülerek, ayar eğrileri yardımıyla değerlendirilir. Sonuçta 10 ile 50 Pa arasında değişen basınç farkında, iç ve dış kısımlar arasında oluşan hava değişim oranı bulunur [4]. Elde edilen bu değer, hava sızdırma oranını ve sızdırmazlık için yapılan işlemlerin başarısını göstermesi açısından önemlidir.

### 5.2 Hava Sızdırmaz Bağlantılar

Pasif sistemle ısıtılan binalarda, dış yapı elemanlarının ve izolasyon kaplamalarının sızdırmaz özellikte olması gerekmektedir. Buradaki hava sızdırmazlık terimi, difüzyon (yayılma) yolu ile taşınan ve konut dengesini bozmayan cüzi miktarlardaki maddelerin, difüzyon sızdırmazlığını ifade etmez. İzolasyon kaplamalarında olduğu gibi, binanın hava sızdırmaz kaplamaları da eksiksiz ve aralıksız şekilde yerleştirilmelidir. Hava sızdırmaz kaplamaların sızdırmazlık yüzeyleri, gerekli havalandırma delikleri de unutulmadan, plan üzerinde belirtilmelidir. Hava sızdırmaz kaplamalar, izolasyon kaplamaları yönünde yerleştirilmedi. Ayrıca hava sızdırmaz kaplamalarda difüzyon deliği bulunmalıdır.

Hava sızdırmaz kaplamaların izolasyon yönünde yerleştirildiği binalarda, iç sızdırmazlık ve dış izolasyon esasına göre rutubetlenme oranları ölçülür. Hava sızdırmaz kaplamalar, izolasyon tabakalarına doğru, uzunlamasına yerleştirilmemelidir. Esas olan, hava sızdırmaz tabakanın tamamen kaplı olmasıdır. Bu konuda çok iyi şekilde kaplanmış bir sızdırmaz düzlemin tasarlanması önemlidir. Bir düzlemin geçirgenliği önlenmek istenirken, sıklıkla meydana gelen bir hata da, örneğin pencerelerdeki çift budak sızdırmazlığında olduğu gibi, diğer sızdırmaz düzlem bölümlerine nüfuz edilmesidir. Bu konuda uygulanacak başka bir yöntem ise, muhtelif sızdırmaz düzlemlerden en az birinin yeterli ölçüde sızdırmaz olması halinde başarılı olabilir. Bu düzlemin şüphesiz yeterli olması gerekir. Olayı şu örnekle açıklayabiliriz. Sızıntı yapan bir kovanın sızıntısını, sızıntı yapan bu kovanın dışına yine sızıntı yapan başka bir kova koyarak önlemeye çalışmak gibi [4].

### 5.3 Hava Sızdırmazlık Malzemeleri

#### 5.3.1 Alçı sıva

Binanın tüm kaplama yüzeyleri açısından, alçı sıva ile içten yapılmış bir sıva, hava sızdırmazlığını sağlamak için yeterlidir. Böyle bir alçının sızdırmazlığı, hava sızdırmazlığı konusundaki tüm çalışmalara kriter teşkil eder. Alçı sıva ile sağlanan sızdırmazlığın avantajları şunlardır.

- i) Emici bir malzeme olan alçı, su buharı için kısa süreli bir tampon görevi görür.
- ii) Alçı, nispeten difüzyona açık bir malzeme olup su buharı geçişini önler. Sıvadan sonra oluşan nem iyi bir şekilde kurur.
- iii) Sıva malzemesi olarak alçının, kuruma sonucunda eksilmeme gibi bir özelliği olup, aksine az miktarda genişleme yapar [4].

Yapılan sıvanın yüzeyden tamamen perdahlanması önemlidir. Ayrıca sert alçı konulmadan önce, merdiven arkaları, çatı yanları veya ahşap kaplamalar gibi kaba döşemelerde, bu uygulama önemlidir. Perdahlanma yapılmamış sıva önemli ölçüde geçirgendir.

### 5.3.2 Alçı tabakası (elyaf / karton)

Elyaf veya karton alçı tabakaları da yüzey olarak sızdırmaz özelliğe sahiptir. Bu uygulamada ki sorun ise, tabakaların alt konstrüksiyona (örneğin ahşaba) tespiti sırasında ek yerlerinin sızdırmazlığının sağlanmasıdır.

Alçı tabakalarının hava sızdırmazlığına sürekli olarak güvenilmesi mümkün değildir. Ahşap ayaklarda ve hafif yapı konstrüksiyonlarında sağlam ve güvenilir bir sızdırmazlık düzeni oluşturulması gerekmektedir. Alçı tabakaları ile alçı kaplı duvarlar arasında kalan kenar bağlantılarının yapılması daha zordur. Bu bağlantılar yalnızca, yeterli genişlikte ve dayanıklı elastik bir aksam kullanımı ile sağlanabilir [4].

### 5.3.3 Alüminyum folyo

Alüminyum folyo, yüzey olarak mutlak hava ve nem sızdırmaz özelliğe sahiptir. Bu folyoların elastikiyeti düşüktür ve aynı zamanda da hafiftirler. Saf alüminyum folyoların binalarda sızdırmazlık için kullanımı uygun değildir. Paslanmaya yol açacağından, alüminyum folyo sıvanmamalı ve sıva ile teması önlenmelidir. Alüminyum folyo bağlantılar arasındaki ek yerleri, alüminyum yapışkan bant ile kapatılmalıdır.

### 5.3.4 Polietilen folyo

Ahşap esaslı konstrüksiyonlarda, hava sızdırmazlık elemanı olarak, en az 0.2 mm kalınlığında, yıpranmaya dayanıklı polietilen folyo kullanılmaktadır. Polietilen folyolar içten ve tek yönlü olarak konstrüksiyona monte edilmelidir. Polietilen folyonun pek çok avantajı mevcuttur. Bu avantajları şu şekilde sıralayabiliriz.

- i) Temizlenmesi mümkündür. Polietilen folyolar iç ve dış kenarlardan doğru temizlendiğinde, ek yerleri tamamen sızdırmazlığını korur.
- ii) Yüksek derecede esneklik arzeder. Böylece konstrüksiyondaki mevcut akıntıların aralıklara girmesi önlenir.

- iii) İşlenmesi kolay olup yüksek derecede dayanıklılığa sahiptir.
- iv) Kolaylıkla kenarlara kaydırılabilir.
- v) Butil yapıştırma bantı ile kolayca yapıştırılabilir.
- vi) Şeffaf olduğundan izole konstrüksiyon, folyoların yapıştırılması sırasında kolaylıkla kontrol edilebilir [4].

Polietilen folyo bazlı komple sızdırmazlık sistemleri, yapışkan bant, kenarlar için sıkıştırma bantı, boru bağlantısı için bilezik v.b. gibi aksesuarları ile birlikte, muhtelif üreticiler tarafından piyasaya arz edilmektedir.

#### **5.3.5 Mumlu ve polietilen astarlı kağıt**

Biyolojik oryantasyonlu olarak üretilen mumlu ve polietilen astarlı hava geçirmez kağıtlar, polietilen folyolara alternatif olarak sunulabilir. Bu kağıtların yüzeyleri yeterli ölçüde sızdırmazlığa sahiptir. Ancak kopmaya karşı dayanıklı değildirler. Ayrıca çatı duvarı gibi bağlantı yerlerinin olduğu tüm kısımlarda, zamanla genişleme sonucunda aralıklar oluşabilir. Yeterli ölçüde güçlü bir polietilen astar ile istenen esneklik sağlanabilir. Polietilen, saf yağ hidrokarbürlerinden oluşup, hiç bir zararlı madde içermez [4]. Polietilen astarlı kağıt kullanılarak, ahşap yapı konstrüksiyonlarına zarar vermeden, sürekli hava sızdırmazlığı sağlanabilmektedir.

#### **5.4 Hava Sızdırmaz Konstrüksiyonlar**

Önceki bölümde bahsedilen sızdırmazlık malzemeleri ile, yüzeysel sızdırmazlık kabiliyetli yapı elemanları da üretilebilir. Aynı şekilde yapı elemanlarında yer alan ek yerlerinin hava sızdırmazlığı da sağlanabilir. Hava sızdırmaz malzemeler kullanılarak yapılan konstrüksiyonlar ve bunların esasları şöyledir.

#### 5.4.1 Hafif yapı konstrüksiyonları

Bu tür konstrüksiyonlarda genellikle, sızdırmazlık malzemesi olarak polietilen folyolar kullanılmaktadır. Polietilen folyolar döşendikten sonra butil yapıştırma bantı ile yapıştırılmalıdır. Folyolar yeterli genişlikte ( $> 200$  mm) üstüste bindirilerek, butil yapıştırma bantı ile iki taraftan yapıştırılır.

#### 5.4.2 Kagir konstrüksiyonlar

Kagir konstrüksiyonların sızdırmazlığı alçı sıva ile sağlanır. Alçı sıva, yapı elemanının her iki yanından 10 ile 20 mm arasında değişen kalınlıklarda uygulanır. Mevcut aralıkların sürekli esnek kalması silikon ile sağlanır. Kagir konstrüksiyonlarda polietilen folyolar, kagir konstrüksiyondan en az 150 mm taşacak şekilde yapıştırılır. Üstteki folyonun bulunduğu yerde, kagir kısımda, genleşme katsayısı yüksek metalden yapılmış bir çivi, sıva taşıyıcı olarak kullanılır. Kullanılan çivi, içeriye 50 mm kadar girmelidir [4]. Birleşen kaba sıvada folyo, iç sıvaya gömülür. Yapılan ölçümler, bu şekilde mutlak hava sızdırmazlığı sağlandığını göstermektedir.

Diğer alternatifler ise, önceden sıvanmış duvarlarda uygulanabilir. Folyolar, kagirin kenar kısmında yine en az 150 mm taşacak şekilde yerleştirilir. Kagir duvar üzerine bir yapıştırma bantı ile folyolar yapıştırılır.

## 6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Pasif sistemle bina ısıtmada karşılaşılan problemlerden en önemlisi olan, iç hava kalitesinin düzenlenmesi, havalandırma tesisatı uygulaması ile çözülmüştür. Havalandırma yapılmayan binaların iç ortam havasında bulunan insan sağlığına zararlı maddelerin, havalandırma ile giderildiği, tesisatın uygulandığı örnek binada gösterilmiştir. Havalandırma sisteminin, temiz havanın oturma ve yatak odalarına verilmesi, kirli havanın ise banyo, mutfak ve wc gibi ıslak hacimlerden dışarı atılması prensibine dayandırılması sebebiyle, düşük hava miktarlarında bile kaliteli iç hava şartlarına ulaşılmıştır. Böylece pasif sistemin bina ısıtmasında kullanılmasının esas sebebi olan enerji tasarrufu sağlanması ilkesi de bozulmamıştır. Havalandırma tesisatında kullanılan enerjiyi en aza indirmek amacıyla, yeraltı ısı değiştirgeci ve çapraz akımlı plakalı ısı değiştirgeci gibi ısı geri kazanım araçları kullanılmıştır. Ancak bu arada havalandırma tesisatı, kullanılan ısı geri kazanım araçları nedeniyle kompleks ve karmaşık bir hale geldiği için, ilk yatırım maliyeti oldukça artmıştır. Bu nedenle bundan sonra bu konuda yapılacak araştırmalarda, havalandırma tesisatı maliyetlerinin azaltılması önerilir.

Pasif sistemle ısıtılan binaların yazın aşırı ısınma problemi, havalandırma tesisatı ile kısmen çözülmüştür. Kışın iç hava kalitesini iyileştirmek amacı ile yapılan havalandırma, yazın iç ortam sıcaklığını düşürmek amacıyla kullanılmıştır. Ayrıca yalıtımlı panjurlar, gölgeleme elemanları, yansıtıcılar ve değişik cam kombinasyonları kullanılarak, yazın aşırı ısınma önlenabilmektedir.

Binanın dış kapı ve dış pencerelerinde değişik sızdırmazlık malzemeleri kullanılarak hava sızması yoluyla oluşan ısı kayıpları da önemli ölçüde azaltılmıştır.

Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

[8] Onur, Y., (1983), Pasif Sistemlerde Modelleme Üzerine Deneysel Bir Çalışma, Bitirme Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü.

[9] Özgen, M.N., (1990), Güneş Enerjisinden Isıtmada Yararlanma, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

[10] Ülgen, K., (1995), “Binaların Pasif Güneş Enerjili Sistemler Yardımıyla Isıtılması”, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 3 (22) : 35-42.



**ÖZGEÇMİŞ**

|                      |            |                                                                                                                  |
|----------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Doğum tarihi         | 24.09.1974 |                                                                                                                  |
| Doğum yeri           | Isparta    |                                                                                                                  |
| Lise                 | 1985-1992  | Üsküdar Anadolu Lisesi                                                                                           |
| Lisans               | 1992-1996  | Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik<br>Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü                                  |
| Yüksek Lisans        | 1996-1998  | Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri<br>Enstitüsü Makina Mühendisliği Ana<br>Bilim Dalı, Isı Proses Programı |
| Çalıştığı kurum(lar) | 1996-1998  | Teknik Isı Koll. Şti.                                                                                            |

