

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HAVA TABAKALI DIŞ DUVARLAR
TUĞLA ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Dilek TOKGÖZ**

Anabilim Dalı : Mimarlık

Programı : Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojileri

NİSAN 2010

**HAVA TABAKALI DIŞ DUVARLAR
TUĞLA ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Dilek TOKGÖZ
(502961246)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 Nisan 2010
Tezin Savunulduğu Tarih : 27 Nisan 2010**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Nihal ARIOĞLU (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Fevziye AKÖZ (YTÜ)
Doç. Ayşe Nil TÜRKERİ (İTÜ)**

NİSAN 2010

Eşime ve çocuklarıma,

ÖNSÖZ

Çalışmalarım süresince tecrübelerini paylaştığı ve anlayışını esirgemediği için değerli danışmanım Prof. Dr. Nihal ARIOĞLU'na, Jüri üyelerim Prof. Dr. Fevziye AKÖZ ile Doç. Ayşe Nil TÜRKERİ'ne teşekkür ederim.

İncelemiş olduğum örnek konutun kullanıcıları aynı zamanda uygulayıcısı da olan Zeynep Bilgi BULUŞ ve Sunay BULUŞ'a tüm paylaşımlarından dolayı teşekkür ederim.

Özveri ve desteklerinden dolayı sevgili eşim Mehmet TOKGÖZ'e, manevi destekleri için aileme ve anlayışını esirgemeyen şefim Sevgi SIRMA'ya teşekkür ederim.

Nisan 2010

Dilek TOKGÖZ
(Mimar)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
SEMBOLLER.....	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç ve Yöntem.....	3
2. HAVA TABAKALI DIŞ DUVARLAR	5
2.1 Hava Tabakalı Dış Duvarların Tarihçesi.....	6
2.2 Hava Tabakalı Dış Duvarların Konstrüksiyon Özellikleri	8
2.2.1 Duvar Şekli ve Tasarım Esasları	10
2.2.2 Yardımcı Elemanlar.....	13
2.2.2.1 Metal Bağ	13
2.2.2.2 Yatay Oluk	15
2.2.2.3 Havalandırma Deliği ve Savak	16
2.2.3 Yapım Kuralları.....	16
2.3 Hava Tabakalı Dış Duvarların İrdelenmesi	19
3. HAVA TABAKALI TUĞLA DIŞ DUVARLAR.....	23
3.1 Tuğlanın Tarihçesi.....	24
3.2 Tuğlanın Teknik Özellikleri.....	24
3.3 Hava Tabakalı Tuğla Dış Duvarların Performans Özellikleri	28
3.3.1 Isı Yalıtımı	28
3.3.1.1 Yapılarda Isı Geçişi Olan Yerler ve Önlemler	30
3.3.1.2 Isı Yalıtım Malzemeleri ve Yapının Isıl Performansı	31
3.3.1.3 Yapı Malzemelerinin Isı Depo Etme Yeteneği	33
3.3.1.4 Enerji Verimli Bina Tasarımı	35
3.3.1.5 Tuğlanın Enerji Verimli Bina Tasarımındaki Rolü	37
3.3.1.6 Isıl Kütle Performans Testi	38
3.3.2 Su Yalıtımı	42
3.3.2.1 Yağmur Geçişine Yardım Eden Etkenler	42
3.3.2.2 Yağmur Geçışı ve Duvar Bünyesindeki Çatlak ve Delikler	44
3.3.2.3 Tuğlanın Suya ve Donma Etkisine Karşı Dayanımı	45
3.3.2.4 Derz Harcı	46
3.3.2.5 Yağmurun Duvar İç Yüzüne Geçişini Önlemek İçin Uygulanan Metotlar	48
3.3.3 Su Buharı ve Nem Etkileri.....	50
3.3.3.1 Kılcallık (Kapilarite) Yolu ile Suyun Etkileri	55
3.3.4 Hava Sızdırmazlığı	57
3.3.5 Ses Yalıtımı.....	58
3.3.5.1 Sesin Açıklıklardan Geçmesi	58
3.3.5.2 Sesin İletim ile Geçmesi	59
3.3.5.3 Sesin Yüzey Titreşimi ile Geçmesi	59

3.3.5.4 Sesin Dolaylı Geçmesi	61
3.3.5.5 Sesin Hava Tabakalı Tuğla Duvarlardan Geçmesi	62
3.3.6 Yangına Dayanım	62
3.3.6.1 Yangın Dayanımı ile İlgili Standartlar	65
3.3.6.2 Yangında Çıkan Duman ve Zehirli Gazlar	65
3.3.7 Taşıyıcılık (Mukavemet)	67
3.3.8 Estetik	71
3.3.9 Ekonomi	72
3.3.10 Hava Tabakalı Tuğla Duvarların Performans Analizi.....	73
3.3.10.1 Hava Sızdırmazlık	74
3.3.10.2 Hava Tabakalı Duvar Tasarımı ve Uygulamasındaki Kritik Noktalar	78
3.3.10.3 Ortam Sıcaklığına Bağlı Isıl Tepki	79
3.3.10.4 Nem Performansı	80
3.3.10.5 Hava Tabakası Yalıtım Malzemesi ile Tamamen Dolu Olan Duvarlar	80
3.3.10.6 Ses Geçirimsizlik	82
3.3.10.7 Hizmet Süresi	83
3.3.10.8 İncelemenin Sonuçları	83
4. HAVA TABAKALI DUVAR UYGULAMA ÖRNEĞİ: SAMSUN / BAFRA	
KOŞU KÖYÜ.....	85
4.1 Örnek Konut Uygulamasında Yapılan Kabuller.....	85
4.1.1 Tuğla Duvarlar	86
4.1.2 Hava Tabakalı Duvarların Havalandırılması.....	89
4.1.3 Hava Tabakalı Duvar Arası Tesisatlar	90
4.1.4 Yalıtımın İstenmeyen Etkileri.....	91
4.1.5 Buhar Kesici – Buhar Dengeci	92
4.1.6 Zemin ve Temel	93
4.2 Örnek Konut Dış Duvarlarının Performans Özelliklerine Göre	
Değerlendirilmesi	95
4.2.1 Örnek Konut Dış Duvarlarının Kesiti için Isı Geçiş Hesapları	102
4.2.2 Örnek Konut Dış Duvar Kesiti için Terleme Hesapları	105
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	107
KAYNAKLAR.....	111
EKLER	115

KISALTMALAR

ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers
BRE	: Building Research Establishment
DIN	: Deutsches Institut für Normung
DPC	: Damp Proof Course
NHER	: National Energy Services
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
MDF	: Medium Density Fiber Board (Orta Yoğunlukta Lif Levha)
HDF	: High Density Fibreboard (Yüksek Yoğunluklu Elyaf Levha)
OSB	: Oriented Strand Board (Yönlendirilmiş Yonga Levha)
PF	: Fenol Formaldehit (Fenolik Köpük)
PS	: Polistren Köpük
PU	: Poliüretan Köpük
PVC	: Polivinil Klorür Köpük

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Isı kaybı karşılaştırması.....	30
Çizelge 3.2 : Yığma duvarlar için R-değerleri [30].....	32
Çizelge 3.3 : Harç oranlarının tuğla duvar mukavemetine etkisi [12].	47
Çizelge 3.4 : Kuru durumdaki bazı malzemelerin nem oranları [6].....	53
Çizelge 3.5 : Sıva türlerine göre bazı malzemelerin nem depolama ve geri verme kapasiteleri [6].....	53
Çizelge 3.6 : Ses izolasyonu ile ilgili bazı değerler [12].	63
Çizelge 3.7 : Duvarların ateşe dayanıklılıkları (zaman ve en az kalınlık olarak) [12].	63
Çizelge 3.8 : Yangın dayanım sınıfları ve süreleri [39].	65
Çizelge 3.9 : Yapı malzemelerinin yanıcılık sınıfları [39].	66
Çizelge 3.10 : Yangın koruma malzemeleri ve süreleri [39].	67
Çizelge 3.11 : Korunmuş bazı malzemelerin yaklaşık duman çıkarma süreleri.....	67
Çizelge 3.12 : Sıcaklık ve kütle, akustik ve hizmet ömrü için dış cephe performans kriterleri [8].	73
Çizelge 3.13 : Hava tabakalı duvarların hava geçirimsizliğini gösteren varsayılan değerler [8].	75
Çizelge 3.14 : Isı köprüsü oluşumu, sıcaklık oranları ve pencere boşluklu duvarın U-değeri [8].	79
Çizelge 3.15 : Boyalı ve sırlı yüzeylerin rutubet geçirimsizliği	82
Çizelge 4.1 : Örnek konut uygulamasında kullanılan tuğlanın özellikleri [59].	90
Çizelge 4.2 : Örnek konut duvar bileşenine ilişkin bilgiler ve kabuller	103
Çizelge 4.3 : İç ortam ile iç yüzey sıcaklıkları arasındaki sıcaklık farklarının konfora etkisi [40].	105
Çizelge B.1 : TS 825'e göre tuğla duvarların ısı iletkenliği hesap değerleri ve su buharı difüzyon direnç faktörleri [41].	118
Çizelge B.2 : TS 825'e göre tavsiye edilen bölgesel U değerleri [41].	120
Çizelge B.3 : TS 825'e göre farklı derece gün (DG) bölgeleri için aylık ortalama dış sıcaklık değerleri [Td (°C)] [41].	120
Çizelge B.4 : TS 825'e göre hesaplanmış yüzeysel ısı iletim direnç değerleri [41]	121
Çizelge B.5 : Hava tabakalarının ısı geçirgenlik dirençleri [39].	122
Çizelge B.6 : Isıtılacak hacimler ve ideal iç sıcaklıkları [39].	122
Çizelge B.7 : TS 825'e göre havanın sıcaklık ve bağıl nemine bağlı olarak yoğunlaşma noktası sıcaklığı (Ts) [41].	123

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Çok katlı yapılarda hava tabakalı dış duvarın dış tabakasının, ısısal çalışmaları göz önünde tutularak, döşeme ile bölünmesi [12].	9
Şekil 2.2 : Hava tabakalı tuğla dış duvar kesiti.	11
Şekil 2.3 : Hava tabakalı tuğla dış duvar düşey zemin kat döşemesinde rutubet izolasyonu.	11
Şekil 2.4 : Hava tabakalı tuğla dış duvarda çatı parapet duvarı düşey kesiti.	11
Şekil 2.5 : Duvar tabakaları betondan yapılmış hava tabakalı dış duvar [12].	11
Şekil 2.6 : Duvar tabakası taş kaplanmış hava tabakalı dış duvar [12].	12
Şekil 2.7 : Duvar tabakası moloz taş duvar olan hava tabakalı dış duvar [12].	12
Şekil 2.8 : Kırılmaç kuyruğu lama, kelebek ve çift üçgen tip bağ şekilleri (İngiliz Standardı'na göre).	14
Şekil 2.9 : Çeşitli bağ şekilleri ve duvardaki konumu (plan olarak) [12, 18, 19].	14
Şekil 2.10 : Hava tabakasında harç birikmesi,yatay su köprüsü ve yatay olukta deformasyon	18
Şekil 2.11 : Hava tabakalı tuğla duvarda içe açılan pencere detayları	19
Şekil 2.12 : Hava tabakalı tuğla duvarda dışa açılan pencere detayları [12].	19
Şekil 3.1 : Tuğla boyutları farklı hava tabakalı tuğla duvarlar [10].	23
Şekil 3.2 : Pasif tasarım esasları [30].	37
Şekil 3.3 : Tuğla gibi yoğun duvarların iç sıcaklığı sabit tutması [30].	37
Şekil 3.4 : Tuğla malzemenin ısı kütle özelliğinin iç sıcaklıkları açısından sağladığı fayda (Avustralya) [30].	38
Şekil 3.5 : Yalıtımlı hafif duvar modülü hava tabakalı tuğla duvara göre daha yüksek sıcaklık değişimleri göstermektedir (Avustralya) [30].	39
Şekil 3.6 : Isıl kütle kapasitesi yüksek olan tuğla duvarların ısı salınım süresi uzundur [30].	40
Şekil 3.7 : Yazın hava tabakalı tuğla duvarlarda sıcaklığın %1'den daha az bir kısmı duvarı aşarak yapı içerisine geçebilmektedir [30].	40
Şekil 3.8 : Diğer yapı bileşenlerinin ve ısıl kütlenin etkileri [30].	41
Şekil 3.9 : Hava boşluğu ve dış kaplamada yoğunlaşma oluşumu yardımıyla duvardan nem iletimi [39].	57
Şekil 3.10 : Hava tabakalı tuğla dış duvarda tabakalarda farklı tuğla ve blok kullanımı [12].	69
Şekil 3.11 : Hava tabakalı tuğla dış duvarlar pek çok avantajları yanında estetikdir.	72
Şekil 3.12 : Hava tabakalı duvarlarda farklı hava akışı [8].	74
Şekil 3.13 : Yanlış uygulanmış yalıtımlı hava tabakalı duvar [8].	76
Şekil 3.14 : Hava tabakalı bir duvarda sıvasız bir iç duvar için hava akımına göre iç yüzeyden ölçülen ısı geçirimsizliği değerindeki artış ve azalışlar [8].	77
Şekil 3.15 : Yalıtılmış hava tabakalı duvarda hava basıncı farkı olması durumunda duvarın ısı geçirimsizliği değerinde oluşan değişimler [8].	77
Şekil 3.16 : Doğru ve yanlış uygulanmış pencere detayları	78
Şekil 3.17 : Tuğla kaplamadan geçen iç ve dış hava akımı, boşluktaki hava akımı	81

Şekil 4.1 : Örnek konutta kullanılan hava tabakalı tuğla duvar.....	88
Şekil 4.2 : Örnek konut duvar tabakalarının bağlantısı.....	88
Şekil 4.3 : Örnek konut cepheler	94
Şekil 4.4 : Örnek konutta duvar tabakalarını birbirine bağlayan kafes teller.....	96
Şekil 4.5 : Örnek konut duvar havalandırması	97
Şekil 4.6 : Örnek konut hava tabakalı tuğla duvarlarda tuzlanma	97
Şekil 4.7 : Hava tabakalı duvar içerisinden geçen tesisatlar	98
Şekil 4.8 : Güney cephedeki çatı – duvar birleşimi.	98
Şekil 4.9 : Ahşap hatıl ve tuğla duvara oturan döşeme kirişleri	99
Şekil 4.10 : Giriş saçağının ahşap karkasları ile duvar birleşimi.....	100
Şekil 4.11 : Zemine oturan ve normal pencere açıklığı.	101
Şekil 4.12 : Örnek konut mutfak üstü teras ve yapının genel görünümü.	101
Şekil A.1 : Hava tabakalı dış duvar temel detayı [60, 61].....	116
Şekil A.2 : Hava tabakalı dış duvarlarda kat seviyesinde yatay genleşme derzi [14, 38, 60, 61].	116
Şekil A.3 : Hava tabakalı dış duvarda düşey genleşme derzi [60, 61].....	116
Şekil A.4 : Hava tabakalı dış duvarda denizlik detayı [60, 61].	116
Şekil A.5 : Alın duvarı ile çatı birleşimi [60, 61].	117

SEMBOLLER

C	: Özgöl ısı
B	: Isıl atalet
U	: Yapı bileşeninin ısıl geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)
U_D	: Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)
U_T	: Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)
U_t	: Döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)
U_p	: Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)
1/U	: Yapı bileşeninin ısıl geçirgenlik direnci (m^2K/W)
Λ	: Isıl geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)
1/Λ	: Isıl geçirgenlik direnci (m^2K/W)
R	: Isıl geçirgenlik direnci (m^2K/W)
λ_h	: Isıl iletkenlik hesap değeri (W/mK)
d	: Kalınlık (m)
q	: Isı akış yoğunluğu (W/m^2)
T_i	: Dahili havanın yüzeyle temas halinde olduğu sıcaklık ($^{\circ}C$)
T_{yi}	: Yapı bileşeninin iç yüzey sıcaklığı ($^{\circ}C$)
T_d	: Harici havanın yüzeyle temas halinde olduğu sıcaklık ($^{\circ}C$)
T_s	: Yoğuşma noktası sıcaklığı ($^{\circ}C$)
α	: Yüzeysel ısıl taşınım katsayısı (W/m^2K)
1/ α	: Yüzeysel ısıl iletim direnç değerleri (m^2K/W)
1/ α_i	: İç yüzeyin yüzeysel ısıl iletim direnci (m^2K/W)
1/ α_d	: Dış yüzeyin yüzeysel ısıl iletim direnci (m^2K/W)
ϕ	: Bağıl nem
ga	: İç ve dış hava akımı
C	: Hava geçirgenlik sabiti,
n	: Hava geçirgenlik katsayısı ve
ΔPa	: Duvar üzerinde havanın basınç farkı

HAVA TABAKALI DIŞ DUVARLAR - TUĞLA ÖRNEĞİ

ÖZET

Fiziksel çevrenin denetimi için mekanik ısıtma ve soğutma araçlarının bulunmadığı ve yapı malzemelerinin basit ham maddeler olduğu zamanlarda, yapı tasarımında iklim çok önemli bir etkendi. Bu dönemin, özellikle kullanıcıları tarafından tasarlanıp uygulanan yapıları incelendiğinde, yağanabilir bir evre oluőturabilmek için iklim Şartlarının nasıl değerlendirildiği izlenebilir. Sınırlı kaynaklarla ve hiçbir iklim denetim aracı olmaksızın, yılların verdiği deneyimle dünyanın birçok yerinde yaratıcı çözümler oluşturulmuştur. Bu bağlamda hava tabakalı duvar sistemi kullanılan çözümlerden biridir ve bu çalışma ile ülkemizde uygulamasına az rastlanan hava tabakalı duvar sistemlerinin etkinlikleri güncel bilgiler ışığında yeniden değerlendirilerek, yapım ayrıntılarının ortaya çıkarılması ile günümüzde daha sık uygulanmasını sağlamak çabasına katkı getirileceği dőnlmőtur.

Hava tabakalı duvar sisteminin amacı, hava ve su geçirimsizlik sorunlarının ayrı ayrı çözüldüğü bir duvar oluşturmaktır. Bunu sağlamak için aralarında hava tabakası olan iki duvar örülür. Dıştaki duvar yağmur engeli görevi yapar, içteki duvar ise taşıyıcılık, ısı yalıtım v.b. gibi görevlerle birlikte rüzgar geçirimsizliği görevini yerine getirir. Yağış sularının büyük bir bölümü dıştaki duvarla engellenir, yağmur dış duvardan içeri sızsa bile iki duvarın arasındaki hava tabakasının alt kesimindeki etekler ve deliklerle tekrar yapının dışına çıkartılır. Bu delikler aynı zamanda boşluktaki nemin kurumasında ve rüzgarın duvar kesiti boyunca oluşturabileceği basınç farkını azaltmaya yardımcı olmaktadır.

Hava tabakalı duvar sisteminde malzeme olarak tuğlanın kullanılması, sistemi daha da etkin hale getirmektedir. Geleneksel mimaride kullanılan tuğla, yapı tasarımında aynı zamanda enerji korunumu sağlayan bir yapı malzemesidir. Konutlardaki en büyük enerji tüketimi ısıtma ve soğutmadan kaynaklanmaktadır. Tuğlanın ısıl ktle özelliği kullanılarak yapılan tasarım doğal enerjiyi kullanarak mekanik ısıtma ve soğutmaya olan ihtiyaın azaltılmasını sağlar. Isıl ktle, sıcaklık değişimlerinin doğal olarak orta seviyede tutulmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmada, hava tabakalı tuğla duvarlar; bina dış kabuğundan beklenen performans özellikleri, konstrüksiyon prensipleri, i konfor Şartları ve ısı korunumu açısından deėerlendirilmiő ve duvar sistemi tuğla malzemesinin ısıl ktle özelliği ile birlikte ele alınarak incelenmiştir.

Çalışmanın birinci ve ikinci bölümlerinde; hava tabakalı dış duvarların konstrüksiyon özellikleri, bileşenleri ve yapım esasları incelenmiştir.

Üçüncü bölümde; ısı, nem ve ses korunumu sağlayan, doğal, nefes alan, estetik bir yapı malzemesi olan tuğla ile birlikte oluşturulan hava tabakalı duvarların, karşılaması gerekli performans özellikleri tanımlanmıştır. Hava tabakalı tuğla duvarların laboratuvar araştırmaları, saha tecrübeleri ve modelleme çalışmalarından elde edilen sonuçların yer aldığı, yalıtımlı ve yalıtımsız olarak performans analizlerinin belirlendiği bir çalışma örnek olarak verilmiş ve bu çalışma sonuçları hava tabakalı tuğla duvarların genel olarak performans değerlendirmesinde kullanılmıştır.

Dördüncü bölümde; uygulama örneği olarak, Samsun İli -Bafra İlçesi-Koşuköyü'nde hava tabakalı tuğla duvar sistemi kullanılarak yapılan bir konut yapım aşamasında incelenmiştir. Kullanıcıların bu sistemi tercih ederken benimsedikleri kabuller ve yapım aşamasında hatalı uygulamadan kaynaklanan sorunlar fotoğraflar ile tespit edilmiştir.

Tezin son bölümünde; dördüncü bölümde ele alınan hava tabakalı tuğla duvar bina örneği, üçüncü bölümde belirlenen bilgiler ışığında - karşılanması gerekli performans kriterleri ve konstrüksiyon prensipleri açısından- değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak; hava tabakalı duvar sistemi dış duvarlardan beklenen performans kriterlerini yerine getirebilecek kapasiteye sahiptir. Hava tabakalı duvar sistemi tuğla yapı malzemesi kullanılarak, tasarım ve işçilik açısından sorunsuz bir şekilde uygulandığında duvar sisteminin performansı daha da artmaktadır.

CAVITY WALLS – BRICK VERSION

SUMMARY

During the times when there were no mechanical instruments to check the physical environment, and the building materials were elementary raw materials, the climate was very important factor in the building . When the buildings of this time period, especially those ed and built by their occupants, are examined, it can be traced that how the climate factor had been used to form a sustainable environment. With the experience of the past years, creative solutions have been composed at the several places of the world with limited sources and without any climate control instrument. The cavity wall system is one of the solutions that are used in that manner. By re-evaluating the effectiveness of the cavity wall systems under the lights of recent knowledges, and via explaining the building details of this system, it has been thought that this study will be helpful to increase the recent implementation amount of the cavity wall system, whose applications are rarely encountered in our country.

The aim of the cavity wall system is to form a wall solving the air and the moisture impermeability problems seperately. In order to obtain this, two external walls have been built with a cavity in between. The outside wall acts as a rain barrier; the inside wall, on the other hand, acts as a wind barrier together with the othe roles such as load bearing, thermal insulation etc. Most of the rain water is stopped with the outside wall, even if the rain penetrates thorough the outside wall, it will be converted to the outside again by the help of the trays and the joints at the bottom of the cavity between the walls. Those joints also help in drying of the moisture inside the cavity and decreasing the pressure difference that might be formed by the wind through the wall's profile.

Besides all of the above mentioned advantages of the cavity wall system, constructing the wall with bricks makes the system more effective. The brick which is also used in the traditional architecture, is the building material supplying energy efficiency in building , at the same time. The major sources of household energy consumption are heating and cooling. By using the thermal mass property of the brick enables natural energy to help reduce dependence on mechanical heating and cooling. Thermal mass acts to moderate temperature fluctuations naturally.

In this thesis, the brick cavity walls have been evaluated in terms of performance properties expected from the external building envelop, construction principles, inside comfort conditions and thermal conservation, and the wall system has been dealt with the thermal mass property of the brick material.

Within the first and the second parts of this thesis; the external cavity wall has been evaluated with construction properties, construction materials and construction principles of the wall system.

In the third part; the performance requirements that are needed to be supplied by the cavity walls, have been explained together with the properties of the brick construction material which is natural, breathing, aesthetic, supplying thermal and sound preservation. A study in which the laboratory researches of the brick cavity walls, construction experiences and results of the simulation studies take place and the performance analyses of the brick cavity walls with and without insulation have been defined, has been given as an example, and results of this study have been used to evaluate the performance of the brick cavity walls.

In the fourth part; as an application example, a domestic building in Samsun/Bafra Koşuköy village which has been built by using the brick cavity wall system, has been investigated during the construction period. The assumptions of the occupants while preferring this system and the problems encountered as a result of the wrong applications during the construction have been determined by taking photos.

In the final part of this thesis; the brick cavity wall building example, which has been discussed in the fourth part, has been evaluated under the lights of the informations – according to the performance criteria and construction principles that have to be supplied – mentioned in the third part.

As a result; the cavity wall system has got the capacity to supply the performance criteria expected from the external walls. When the cavity wall system has been constructed without any design and workmanship defect by using brick construction material, performance of the wall system increases more.

1. GİRİŞ

Yapıda dış kabuk, kullanıcının yapıdan beklediği temel gereksinimlerin karşılanmasında olduğu kadar ülke genelindeki enerji tasarrufu ve hava kirliliği konularında da önemli rol oynamaktadır. Bina dış çevrede etkili olan iklimsel elemanların etkilerinin yılın belirli dönemlerinde kontrol altına alınması ancak ilave yapay enerji sistemleriyle sağlanabilmektedir. Ancak günümüzde enerji kaynaklarının azalması ve dolayısıyla enerji maliyetlerinin artması, bunun yanı sıra enerji üretimi ile neden olunan hava kirliliği gibi hususlar enerjinin ekonomik kullanımını ve tasarrufunu zorunlu kılmaktadır.

Yapı kabuğunun ısısal direncinin yüksek olması, binalardaki ısı kayıplarının azaltılması ve buna bağlı olarak aktif sistemlerin yükünün dolayısıyla enerji kullanımının ve hava kirliliğinin de azaltılması anlamına gelmektedir. Bununla birlikte, yapı kabuğunun göstereceği performans kabuğun kendi sağlığı ile de doğrudan ilişkilidir. Yapı fiziksel olarak ele alındığında, kabuğun sağlığını etkileyen fiziksel etkenlerden en önemlilerinin ısı ve nem olduğu bilinmektedir.

Isısal özelliklerin beraberinde getirdiği sorunlar yapı içinde ısısal deformasyonlar sonucu yapının kısa zamanda tahrip olmasına yol açmaktadır. Ayrıca, ısısal etkilere bağlı olarak yapı kabuğunda, yüzeysel terleme veya iç yoğuşma ve donma gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Dış kabuk bileşenleri bünyesinde bulunan nem miktarının yoğuşma olayı nedeniyle artmasına bağlı olarak bileşende oluşacak hasarlar, yapı kabuğunun sağlığını buna bağlı olarak da bina içinde temel gereksinimlerin gerçekleştirilmesinde göstereceği performans düzeyini etkilemektedir. Bu nedenle, yapı dış kabuğunun fiziksel etkenlere karşı sağlığının korunmasında ısı ve nem kontrolünün sağlanması zorunluluk halini almıştır.

Bir bütün olarak yapı kabuğunda, ısı, nem ve su akışının kontrolünün sağlanmasında en önemli rolü, kabuğun yüzey alanı olarak en fazlasını oluşturan, yapıyı karakterize eden ve yapıdan beklenileni karşılamada en fazla payı olan düşey kabuk oynamaktadır [1].

Düşey kabuğun, diğer bir anlatımla dış duvarların tasarım, yapım ve kullanım aşamalarında değişik nedenlere bağlı hatalar oluşmaktadır. Genel olarak bu hatalar 3 temel esasa dayandırılmaktadır. Bunlar tasarım, işçilik ve kullanım (amaç dışı kullanım) hatalarıdır. Tasarım hatası olarak üç boyutlu malzemelerin ne oldukları, birbirine nasıl uyum sağlayacakları ve proje hataları söylenebilir. İşçilik ise kullanılan malzemelerin kalite ve özelliklerini ifade eder. Kullanım hataları binanın amaç dışı bir şekilde kullanılmasıdır. Yapılan araştırmalarda binalarda görülen hataların %42'sini tasarım hataları, %47'sini işçilik ve %11'inin beklenmeyen amaç dışı kullanım hataları oluşturmaktadır. Dikkat çekici olan, tüm bu hataların oluşmasında veya ortaya çıkmasında %50 oranında nemin etkili olmasıdır [2].

Binalarda nem kaynaklarının en etkin şekli içerideki su buharıdır. Çünkü konutlarda yaklaşık olarak günde 7 kg su buharlaşır. Eğer çamaşır kurutma var ise bu rakam 15-20 kg/gün'e ulaşabilmektedir. Ayrıca doğal havalandırma ile içeri giren atmosfer gazları da yoğunlaşabilir. Bu nedenle, binalar suyun içeride buharlaşıp, dışarıda yoğunlaşmasını sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu işlemin yerine getirilmesi için, su buharını yoğunlaşmadan dışarı atılmasını sağlayabilecek bir havalandırma yapılmalıdır. Ayrıca, havanın daha fazla su buharı taşıyabilmesi için yapı elemanlarının su buharının yoğunlaşmasına izin vermemesi gerekir [2].

Harç, sıva, ince beton, yıkanmış beton, seramik, gibi dış korunum tabakalarının ortak yanı, duvarla tamamen yapışık olmalarıdır. Bu uygulamada tabakalar arasında karşılıklı kimyasal, mekanik ve fiziksel etkileşimler doğmaktadır. Dış kabuktan beklenen iki önemli fonksiyon nem almaması ve dışa nem vermesidir. Bu durum dış duvara yapışık olan hiçbir malzeme tabakası tarafından tatmin edici ölçüde sağlanamaz. Buna karşın dış kabuk duvardan ayrılıp, hareketlerinde özgürleştirilirse bu açıdan daha doğru şartlar gerçekleştirilmiş olur. Duvarla cephe arasında kalan hava boşluğunun baca etkisi ile sağladığı düşük oranda havalandırma, duvarı sürekli kuru tutmaya ve yağmurdan korumaya yetebilmektedir, ayrıca duvarın nefes alması da engellenmemiş olmaktadır. Bu tür uygulamada cephe malzemesinin buhar geçirgenliği özelliği taşımasına gerek yoktur. Aksine en sızdırmaz ve sağlam malzeme kullanılabilir. Dış sıvaların iyi sonuç vermediği kıyı ve yüksek dağlık bölgelerde, binalar genellikle tuğla gibi koruyucu dış kaplamalar ile korunmaktadırlar [3].

Hava tabakalı duvarların prensip ve avantajları genel olarak bilinmektedir. Hava tabakalı duvar, arasında hava boşluğu olan iki ayrı duvardan oluşmakta ve genellikle az katlı konutların dış duvarlarında kullanılmaktadır. Hava tabakalı duvarda dış katmanın işlevi duvarın iç yüzeyine yağmur suyu geçişini önlemektir. Bunun için hava boşluğu içerisinde rutubeti iç duvara iletecek köprüler bulunmamalıdır. Bazen boşluk havalandırılarak dış duvarı geçen rutubetin kurutulması sağlanmaktadır. Duvar çok rutubetli bir ortamda değilse, boşluğun havalandırılması duvarın ısı ve ses yalıtımını olumsuz olarak etkilediği için önerilmemektedir [4].

Genel olarak yalıtım ve ısı kütlesi değeri kullanılan yapı malzemesinin türüne bağlı olarak değişir. Bir yapı malzemesinin termal performansını ölçmek için kullanılan en yaygın ölçüt o malzemenin ısı iletkenlik (R) değeridir. Bu değer malzemenin termal direncini göstermektedir. R -değeri malzemenin sadece yalıtım kabiliyetini göstermektedir. Yapının tüm termal performansını ortaya koymak için yeterli değildir. Yapının termal performansı farklı özelliklerin karmaşık etkileşimleri sonucu ortaya çıkmaktadır. Yaygın olarak bilinen faydalı termal özelliklere sahip malzemeler; yalıtım malzemeleri ve ısı kütleye sahip malzemelerdir [5].

Yalıtım ve ısı kütlenin uyumlu bir şekilde kullanılması ile (havalandırma, yerleşim ve tüm performans kriterleri ile birlikte) iyi tasarlanmış bir yapı oluşturulabilir.

Sıcak bir ortamda tutulduklarında tuğla gibi yoğun malzemelerin ısıyı depolama yeteneğinin olduğu, ısının geçişini yavaşlattığı bilinmektedir. Termal depolama ve ısı iletimi özellikleri bu malzemelerin çok etkin bir “termal pil” gibi davranmalarını sağlamaktadır. Diğer pasif tasarım bileşenleri ile birlikte, ısı kütlesi sıcaklık değişimlerini dengelemektedir [6].

Tuğlanın ısı kütlesi özelliğinin sıcaklığı doğal olarak dengelediği ve suni olarak yapılacak ısıtma ve soğutma ihtiyacını azalttığı bilindiği için enerji verimli konut tasarımında dış kabuk malzemesi olarak tuğla kullanmanın doğru bir yaklaşım olacağı düşünülmektedir.

1.1 Amaç ve Yöntem

Bu çalışmanın amacı, günümüzde uygulamasına çok az rastlayabildiğimiz hava tabakalı tuğla dış duvarların, sağlaması gerekli performans özellikleri yönünden güncel bilgiler ışığında yeniden değerlendirilmesidir.

Çalışmada, hava tabakalı tuğla duvarların konstrüksiyon prensipleri, iç konfor şartları ve ısı korunumu açısından karşılaması gerekli performans özellikleri tuğla malzemesinin ısı kütlesi özelliği ile birlikte ele alınarak incelenmiştir.

Çalışmada; Öncelikle hava tabakalı tuğla duvarların konstrüksiyon özellikleri, bileşenleri ve yapım esasları incelenmiştir. Doğal, nefes alan, estetik, ısı ve ses korunumu sağlayan tuğla yapı malzemesinin hava tabakalı duvar sistemi şeklinde kullanıldığında duvarın karşılaması gerekli performans özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için; hava tabakalı tuğla duvarların laboratuvar araştırmalarını, saha tecrübelerini ve modelleme çalışmalarından elde edilen sonuçların yer aldığı yalıtımlı bir çalışma örneği incelenmiş ve bu çalışmadan, hava tabakalı tuğla duvarların performans değerlendirmesinde kullanılabilecek sonuçlar çıkarılmıştır.

Değerlendirme yapabilmek amacıyla hali hazırda yakın geçmişte uygulanmış bir örnek araştırıldığında, Samsun/Bafra Koşu Köyünde yeni yapılan bir konutta hava tabakalı tuğla duvar uygulamasının yapım aşamasında olduğu belirlenerek yerinde araştırmaya gidilmiştir. Araştırmada, kullanıcıların bu sistemi seçim kararları karşılıklı görüşme ile belirlenmiş ve yapım aşamasındaki sorunlar fotoğraflar ile tespitler edilmiştir.

Değerlendirme yapabilmek amacıyla incelenen hava tabakalı tuğla duvar bina örneği, önceden belirlenen kriterler çerçevesinde – karşılaması gerekli performans kriterleri ve konstrüksiyon prensipleri açısından – değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak; hava tabakalı duvar sistemi dış duvarlardan beklenen performans kriterlerini yerine getirebilecek kapasiteye sahiptir. Hava tabakalı duvar sistemi tuğla yapı malzemesi kullanılarak, tasarım ve işçilik açısından sorunsuz bir şekilde uygulandığında duvar sisteminin performansı daha da artmaktadır.

2. HAVA TABAKALI DIŞ DUVARLAR

Hava tabakalı duvar sistemleri aralarında hava tabakası bulunan iki duvar katmanından oluşmaktadır. Dıştaki duvar yağmur engeli görevi yapar, içteki duvar ise taşıyıcılık, ısı yalıtım v.b. gibi görevlerle birlikte rüzgar geçirimsizliği görevini yerine getirir.

Hava tabakalı dış duvar sisteminde herhangi bir hapsedilmişlik, durgunluk ve nem depolama niteliği olmayıp aksine bir serbestlik, sürekli bir hareket, dolayısıyla da nem taşıyıcılık ve yapıdan aldığı nemi beraberinde yapıdan uzaklaştırıcılık gibi olumlu nitelikler söz konusudur. Duvar sisteminde gövde hem konstrüksiyon hem de işlev yönünden hareketli olan bir hava tabakası tarafından bölünmüştür.

Hava tabakalı dış duvarlar, özellikle rüzgar ve yağmur yönünden zengin Almanya, Danimarka, İngiltere ve Belçika’da yalın duvarların yağmur tutma işlevinin yeterli olmaması nedeni ile geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Yetmişli yıllarda gündeme gelen enerji kriziyle birlikte, artık yalnız enerji üretiminin değil, enerji tüketiminde savurganlığın bilinçli olarak kaldırılması için enerji tasarruf eden yapılara ve dolayısıyla, ısı kayıplarını azaltan yapı elemanlarına yönelik araştırmalar başlamıştır. Bu amaçla, önceleri yalnız hava tabakalı olarak kullanılan, dış kabuğu her türden masif yapı malzemeleri ile oluşturulan hava tabakalı dış duvarlara, ısı geçirgenlik direncini arttırmak için bir ısı yalıtım tabakası da ilave edilmiş ve böylece “ısı yalıtımlı hava tabakalı dış duvar” kavramı doğmuştur.

Isı yalıtımlı hava tabakalı dış duvarlar iki farklı şekilde uygulanabilmektedir. Bunlar; düşey hareketli bir hava katmanıya ayrılmış iki masif duvar ve ısı yalıtım tabakasından oluşan bir havalandırılmalı - soğuk dış duvar sistemi ile hava boşluğu içermeyen, iki masif duvar ve ısı yalıtım tabakasından oluşan bir havalandırmasız - sıcak dış duvar sistemidir. Isı yalıtımlı ve hava tabakalı dış duvarlar, yağmur geçişinin önlenmesi ve yapı içindeki su buharının yoğuşmaya neden olmadan dışarı atılması yönünden daha uygun olan sistemlerdir [7].

2.1 Hava Tabakalı Dış Duvarların Tarihçesi

Hava tabakalı duvarların kullanımı çok daha eskiye dayanmakla birlikte, 2. Dünya Savaşı sonrasında önem kazanmıştır. Özellikle Kuzeybatı Avrupa'nın soğuk ve rutubetli ikliminde yaygın olarak kullanılan bir dış duvar tipi olmuştur.

1973 yılının ilk enerji krizine kadar hava tabakalı tuğla duvar sisteminin genelde üç katmandan oluşturulduğu görülmektedir. Dış kabuk olarak kullanılan bu üç katman; 1) gelen yağmur sularının yüzey üzerinden ve emilen suların hava tabakası tarafındaki yüzeyinden akışını sağlayan 9–12 cm kalınlığında tuğla, 2) ortada zeminden kılcallıkla gelen suların duvar içerisinde yükselmesini engelleyen hava tabakası ve 3) iç kabuk olarak da beton bloklar, büyük boyutlu ve daha hafif ve geçirimsizliği daha az önemsenen tuğlalar veya kalsiyum silikat bloklar ile oluşturulmuş 9–19cm kalınlığında sıvalı bir iç duvardır.

Hava tabakalı duvar sisteminde, dış duvar tabakasının ıslaklığının dış duvar tabakasının ısı geçirgenliğini ciddi bir şekilde etkilemesine rağmen, iç duvar tabakası ısıl direncini dışarıdaki havanın durumundan bağımsız olarak muhafaza etmektedir. Ancak, ısı yalıtım malzemesi kullanılmadan oluşturulan hava tabakalı duvarların rutubet toleransı çok iyi olmasına karşın, hesaplama ve test sonuçları ısı yalıtımı yönünden bazı iklim bölgelerinde, örneğin Kuzeybatı Avrupa'da, zayıf bir performans sergilediğini göstermiştir.

1970'lerde yaşanan enerji krizinden sonra ve enerji verimliliğinin artırılmasının gerekliliği sonucunda, hava tabakalı duvarlarda yalıtım malzemesinin kullanılması çok büyük bir gelişme olarak ortaya çıkmıştır. Sonraları, birçok test sonucunda hava tabakası içerisinde yalıtım malzemesi kullanılmasının beklenenden daha az performans gösterdiği belirlenmiştir. Yalıtım malzemesinin içinde veya etrafında oluşan hava akımı ile ısı köprüsü etkilerinin birleşmesi sonucunda yalıtımlı hava tabakalı duvarların ısıl performans kalitesinin azaldığı anlaşılmıştır.

Bu durum, yüksek performanslı hava tabakalı duvarların inşa edilebilmesi için bir dizi önerinin ortaya çıkması ile sonuçlanmıştır. Dış duvarın ısı geçirgenlik değerinin $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 'e eşit veya bu değerin biraz altında olması başarı olarak görülmüştür.

1990'lı yıllarda, Kyoto antlaşmasının etkisi ile ortaya çıkan düşük enerji tüketimi ve pasif yapılar kavramlarına bağlı olarak dış duvarlar için $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ civarındaki bir ısı geçirgenlik değeri Belçika'nın soğuk iklimi için yeni bir referans olmuştur.

Hava tabakalı duvarları 1963 yılında, duvar sisteminin sorunlarından biri olan boşluk havalandırması ile birlikte bir bütün olarak analiz eden ilk araştırmacı B.H. Vos'dur. Araştırma sonucuna göre; boşluk havalandırması, daha iyi bir rutubet toleransı elde edilmesinde fazla bir fayda sağlamamıştır [8].

Bu sırada İngiltere'de, BRE (Building Research Enstitute) tarafından ciddi şekilde su emmiş ve $< 65 \text{ mm}$ genişliğinde bir hava boşluğu olan bir tuğla kaplamaya sahip mevcut konutların hava tabakalı dış duvarlarında yağmur suyunun duvar içerisine girmesi ile ilgili testler yapılmıştır. Testlerden çok kötü sonuçlar elde edilmiştir. Yalıtımsız bir hava boşluğuna sahip her duvarda su sızıntısı olduğu ve aynı zamanda hava boşluğu içerisinde yalıtım malzemesi kullanılmasının problemi daha da kötüleştirdiği görülmüştür. Yalıtım malzemesi içermeyen hava tabakalı dış duvarlar detaylı bir şekilde incelenmiş ve dikkatsizce yapılan tuğla duvar işçiliği sonucu bağ tellerinin yaklaşık %55'inin dış tuğla kaplama ile iç duvar arasında harç köprüleri oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu köprülerin birçoğunun yalıtım malzemesi uygulanmadan önce temizlenmesine rağmen su geçişi meydana gelmiştir.

H. Künzl tarafından 1983 yılında yalıtım malzemesi içeren hava tabakalı dış duvarlar hakkında gerçekleştirilen çalışma 1984'te Almanya'daki Fraunhofer Enstitüsü tarafından çok kapsamlı bir araştırma raporu olarak yayınlamıştır. Bunları izleyen birkaç makalede, Künzl hava tabakasının havalandırılmasının anlamlı olmadığını, çünkü hava tabakasının tamamen yalıtım dolgulu sistemin yalıtım malzemesinin kısmi olarak uygulandığı sistemlerle aynı oranda rutubet toleransına sahip olduğunu ortaya koymuştur. Künzl'in 1990 ve 1991 yılında yaptığı çalışmalarda, standart bir rüzgar destekli yağmur testi uygulandığında tamamı yalıtımlı hava boşluklu duvarlarda daha çok hata ortaya çıktığı tespit edilmiştir.

Belçika'daki K.U. Leuven Yapı Fiziği Laboratuvarı 1970'lerin sonlarında hava tabakalı dış duvar araştırmasına başlamıştır. İlk incelenen konu başlığı ısı köprüsü oluşumudur. 1973'ten sonraki ilk yıllarda hava boşluğuna yerleştirilen bir yalıtım malzemesi sisteme yapılan bir ilave olarak ortaya çıkmıştır.

Bunun öncesinde, tuğlalar yalıtımsız bir şekilde örülmekte, hava boşluğu pencerelerin çevresinde hiçbir yalıtım malzemesi kullanılmadan dış tuğla kaplamaya birleşen lentolarla, denizliklerle ve döşemelerle sonlandırılmaktaydı.

1980'lerin ikinci yarısında, dikkatler duvarın boşluğu içerisindeki yalıtım malzemesi etrafındaki hava döngüsüne çevrilmiştir. Lecompte (1989) kötü işçilik nedeniyle iç duvar ile hava boşluğu içerisindeki yalıtım malzemesi arasında kalan hava tabakasının, bu duvarın normalde sağlaması beklenen U- değeri üzerinde yok edici bir etkisinin olduğunu ispatlamıştır. Elde edilmesi beklenen $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ değeri ile karşılaştırıldığında %250'lere varan bir artış tespit edilmiştir. Bu sonuç, yapı inşasındaki uygulamayı değiştirmiştir. Daha sonra, duvar içerisindeki boşluğun havalandırılması, tasarımcılar ve inşaatçıların öngörülen faydalarına inanmaları üzerine tekrar değerlendirilmiştir.

1990'ların ikinci yarısındaki araştırmalar hava tabakalı duvarlarda $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 'lik bir U-değeri hedefi ile saha testlerine kadar ulaşmıştır. 2000 yılından sonra ise, beton bloklar arasında hava boşlukları bırakılan duvarlar tüm dikkatleri toplamıştır [8, 9].

2.2 Hava Tabakalı Dış Duvarların Konstrüksiyon Özellikleri

Hava tabakalı duvar sisteminin amacı, hava ve su geçirimsizlik sorunlarının ayrı ayrı çözüldüğü bir duvar oluşturmaktır. Hava tabakalı duvar sistemi bunu sağlamak için, birbirlerinden sürekli bir hava tabakasıyla tamamen ayrılan ve metal duvar kenetleri ve yatay derz donatılarıyla bağlanan ön ve arka yüzde birer masif veya boşluklu duvar kütesinden oluşur. Bu duvar sisteminin iki avantajı vardır:

1. Hava tabakası, duvarın ısı yalıtım değerini artırır ve ek ısı yalıtım malzemesi için yer sağlar.
2. Hava tabakasının temiz tutulması ve yeterli sayıda su atma deliği ve sızdırmazlık profili kullanılması durumunda hava boşluğu su sızıntısına karşı bariyer görevi görür [10, 11].

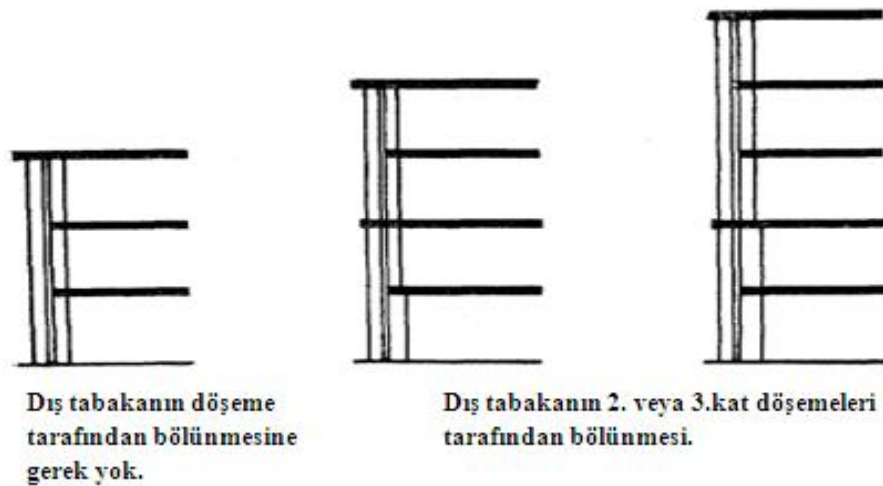
Dıştaki duvar yağmur engeli görevi yaparken içteki duvar ise taşıyıcılık, ısı yalıtım v.b. gibi görevlerle birlikte rüzgar geçirimsizliği görevini yerine getirir.

Yağış sularının büyük bir bölümü dıştaki duvarla engellenir, yağmur dış duvardan içeri sızsa bile iki duvarın arasındaki boşluğun alt kesimindeki etekler ve deliklerle tekrar yapının dışına çıkartılır. Bu delikler aynı zamanda boşluktaki nemin kurumasında ve rüzgarın duvar kesiti boyunca oluşturabileceği basınç farkını azaltmakta yardımcı olmaktadır.

Duvarın yük altında deformasyon yapmaması için ya kalınlık yeterli olmalı ya da payandalama yapılmalıdır. İki duvarı metal bağlarla birbirine bağlayarak birbirini desteklemeleri sağlanabilir. Ayrı ayrı çalışmalarında ise duvarların kalınlıklarının artırılması gerekebilir.

Genellikle duvarın iki tabakalı yapılmış olması, daha iyi bir ısı izolasyonu sağlamasına karşılık, iç dış ısı farkları dolayısıyla iki tabakanın farklı ısısal çalışmasını doğurmaktadır. Mevsimlere de bağlı olarak dış tabakanın ısı sebebiyle genişleme - daralma davranışı metal bağların kalın veya ince olmasının da etkisiyle konstrüksiyonu zorlamaktadır. İnce ve zayıf bağlar bu ısısal hareketi kolaylaştırıcı olmakla beraber dış tabakanın ısısal hareketine müsaade edilmelidir. Bu bakımdan geniş yüzeylerde dış tabaka düşey ve yatay doğrultuda bölünmelidir (Şekil 2.1).

Duvar dış tabakasının yatay istikamette bölünmesi kat hizasında yapılmalı ve genellikle her iki veya üç normal kat yüksekliğinde bu bölünme sağlanmalıdır. Düşey bölümde bölünme ise genellikle her 12-15 m. de yapılmalı ve dilatasyon su ve rüzgar geçirmemelidir [12, 13, 14].



Şekil 2.1 : Çok katlı yapılarda hava tabakalı dış duvarın dış tabakasının, ısısal çalışmaları göz önünde tutularak, döşeme ile bölünmesi [12].

2.2.1 Duvar Şekli ve Tasarım Esasları

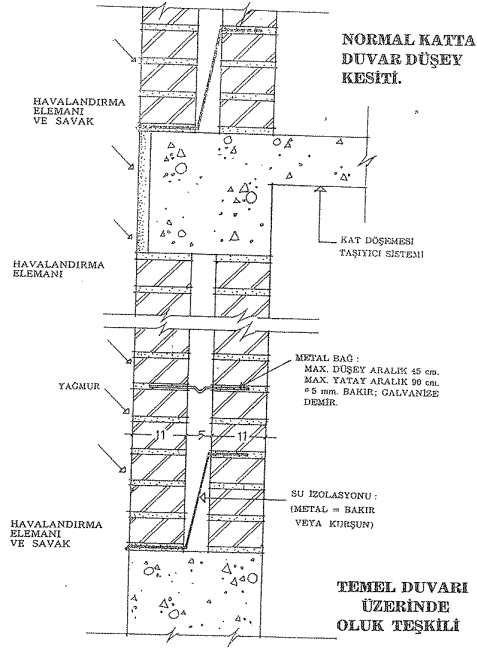
Hava tabakalı dış duvarlarda, duvar elemanı olarak birbirinden ayrı iki düşey duvar tabakası vardır. Bu iki duvar tabakası devamlı bir hava tabakası ile birbirinden ayrılmıştır. Aradaki hava boşluğu ölçüsü 50mm ile 150mm arasında değişebilir.

Duvarların ayrı ayrı çalışmaları durumunda kalınlıklarının artırılması gerekmektedir. İç duvarlar daha hafif bloklarla yapılırsa büyük boyutlu oldukları ve daha az işçilik gerektirdiği için daha ucuz olmakta ve ısı yalıtımı da artmaktadır. Standartlara göre 75mm duvar kalınlığı kabul edilebilmektedir. Ancak ısı yalıtım değeri düşmektedir. Dayanımının ve ısı yalıtım değerinin çok düşmemesi için genellikle 100mm duvar kalınlığı kullanılmaktadır [4, 6, 15].

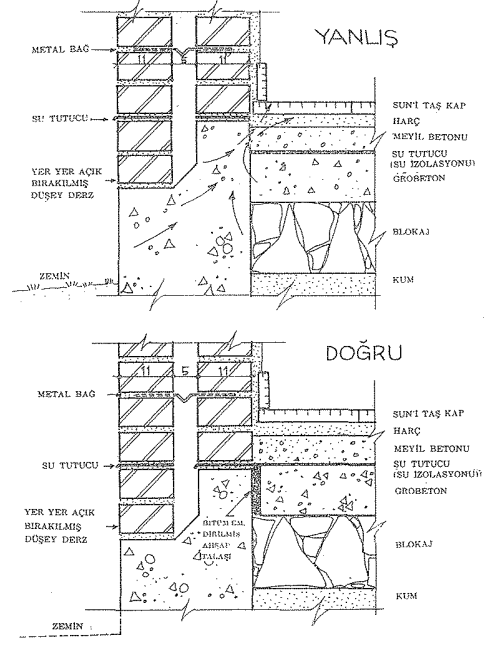
Serbest yükseklik veya uzunluğun kalınlığa oranı hesaplanırken kalınlık, iç ve dış katmanların kalınlıklarının toplamına eşit kabul edilir [10].

İki duvar tabakasının birlikte çalışması için gerekli strüktürel bağların kendi malzemeleri ile oluşturulması halinde suyun iç duvar tabakasına geçişi sağlanmış olacaktır (Şekil 2.2, 2.3, 2.4). Su geçişini engellemek için, her iki duvar tabakasının mekanik mukavemet yönlerinden strüktürel olarak birlikte çalışması için duvar tabakaları metal bağlarla birbirine bağlanmış ve su geçişini engellemek için de metal bağların ortalarında damlalıklar teşkil edilmiştir [12, 14].

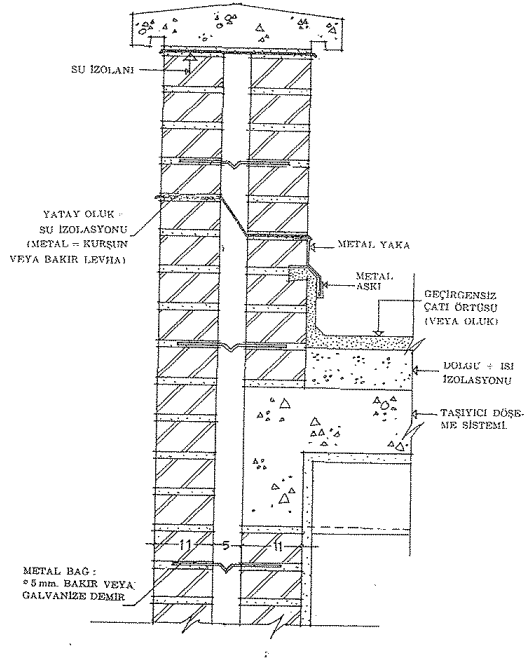
Hava tabakalı çift duvarlar çeşitli blok ve tuğla, taş ve beton gibi geleneksel yapı (duvar) malzemeleriyle çeşitli düzen ve tekniklerde yapılabilmektedir. Tabakalardan her ikisi tuğla duvar; tabakalardan birisi tuğla duvar diğeri moloz taş veya taş kaplama duvar olabileceği gibi her iki tabaka da beton duvar olarak yapılabilmektedir (Şekil 2.5, 2.6, 2.7). Yığma birkaç katlı yapıda, statik gereklilikten dolayı daha kalın duvarların yapımı gerektiğinde, tabakalardan birisi, özellikle iç tabaka, diğerlerinden daha kalın olarak tasarlanabilmektedir. Aradaki hava tabakası doğal bir engel olarak suyun iç tabakaya geçmesini önlemektedir. Yağmur alan dış tabaka, malzemenin bünyesine bağlı olarak su ile doymuş olsa bile, iç tabakayı tehdit edememektedir [4, 12].



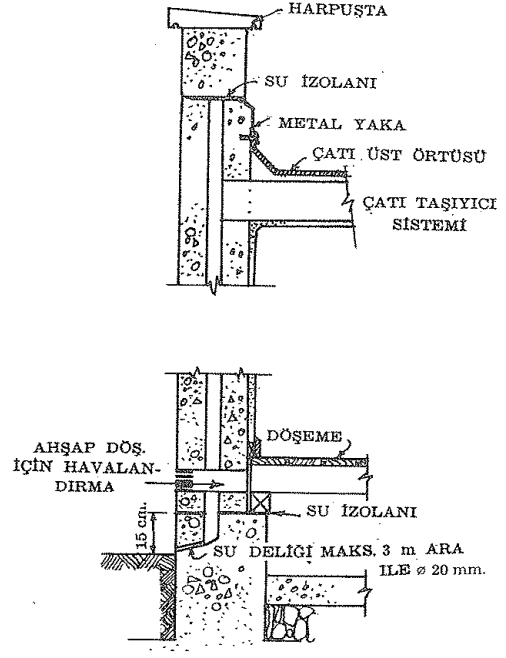
Şekil 2.2 : Hava tabakalı tuğla dış duvar kesiti.



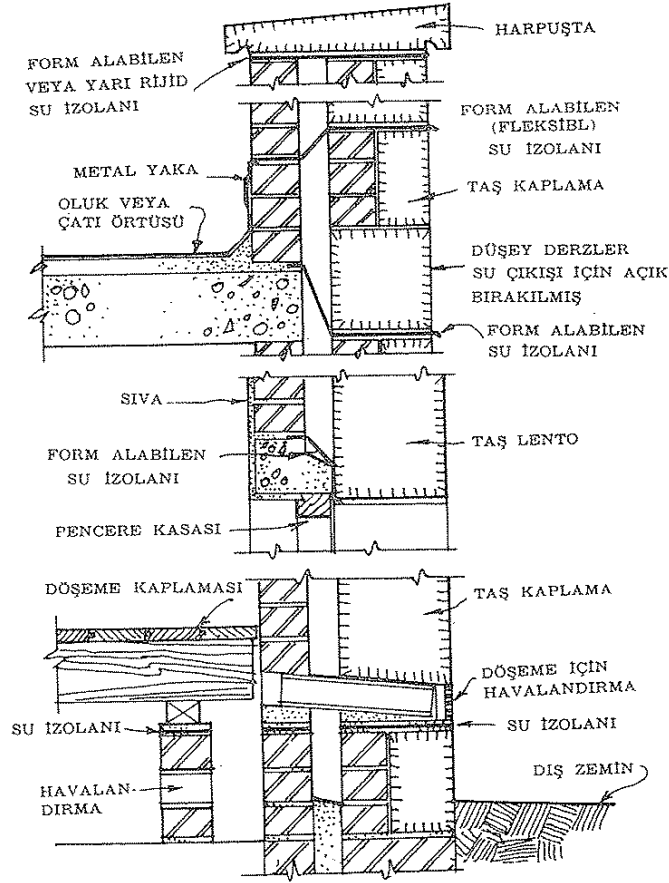
Şekil 2.3 : Hava tabakalı tuğla dış duvar düşey zemin kat döşemesinde rutubet izolasyonu.



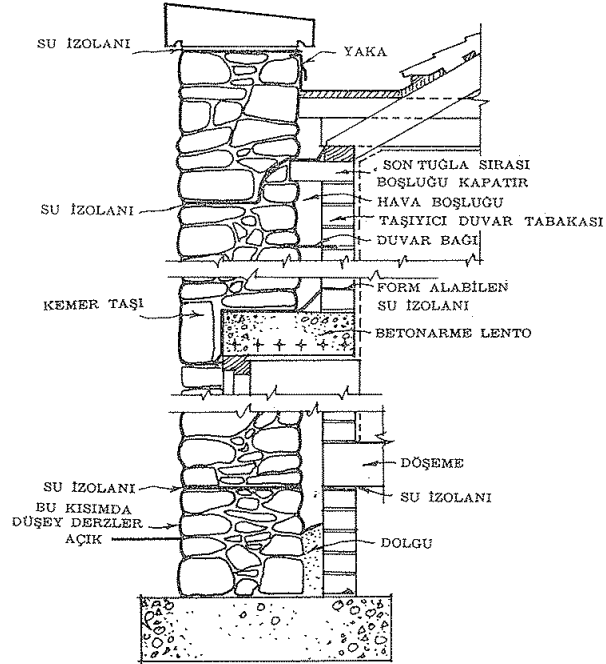
Şekil 2.4 : Hava tabakalı tuğla dış duvarda çatı parapet duvarı düşey kesiti.



Şekil 2.5 : Duvar tabakaları betondan yapılmış hava tabakalı dış duvar [12].



Şekil 2.6 : Duvar tabakası taş kaplanmış hava tabakalı dış duvar [12].



Şekil 2.7 : Duvar tabakası moloz taş duvar olan hava tabakalı dış duvar [12].

Hava tabakalı duvarın dış tabakasının geçirdiği yağmur suyu bu tabakanın iç yüzüne kadar gelir; iç tabaka ile bir temas olmadığı için aşağıya doğru süzülür, önüne gelen ilk engel (döşeme plağı, kiriş veya hatıl) üzerinde birikir. Burada biriken suların dışarı atılması zorunludur. Aksi takdirde bu engeller suyun iç tabakaya geçmesi için bir köprü vazifesi görürler. Suların bu engeller üzerinde ve ayrıca gerekli yerlerde yapılan su toplama oluklarında birikmesi ve bu oluk vasıtasıyla suların dışarı (sızma ve savaklar yoluyla) atılması sağlanacaktır. Böylece duvarın iç tabakası her zaman kuru kalabilecektir.

Dış tabakayı geçerek aşağı süzülen yağmur suyundan başka, hava tabakasında yoğunlaşma suyu da söz konusu olabilir. İç tabakanın ısısı genellikle az değişir ve soğuk mevsimlerde dış tabakaya göre daha yüksektir. Aradaki hava tabakasındaki su buharı, soğuk yüzey ve elamanlarda yoğunlaşacaktır, genellikle bu dış duvar tabakasıdır. Bu bakımdan havalandırma delikleri hava tabakasındaki buharın, havanın sirkülasyonu ile dışarı atılmasını sağlamış olacaktırlar. Yoğunlaşma suyu da, böylece, su tutucu yatay oluklarda birikerek dışarı atılabilecektir [4, 6, 11, 12, 16].

2.2.2 Yardımcı Elemanlar

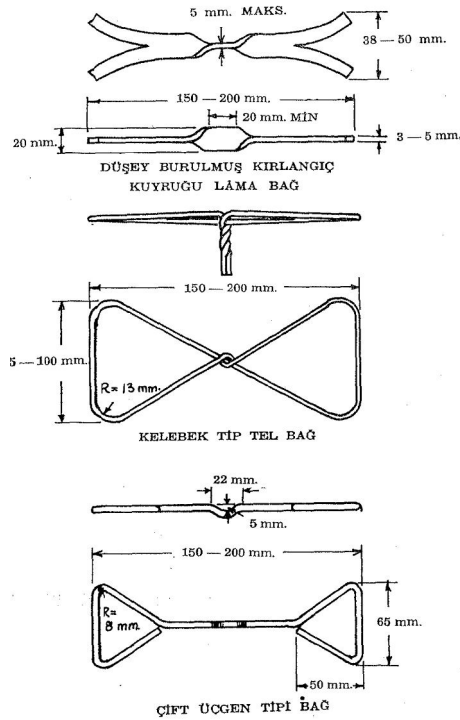
Hava tabakalı duvarlarda, duvar malzemesi olarak kullanılan yapı malzemelerinden başka malzeme ve elemanlar da vardır. Bunlar; metal bağlar, yatay oluk, havalandırma deliğı ve savak olarak sıralanabilir. Bu elemanlar, metal bağların duvarın mukavemetine olan katkısı dışında genelde duvarda yağmur suyuna karşı alınan tedbirden, yani yağmur suyunun uzaklaştırılması fonksiyonundan doğmuştur.

2.2.2.1 Metal Bağ

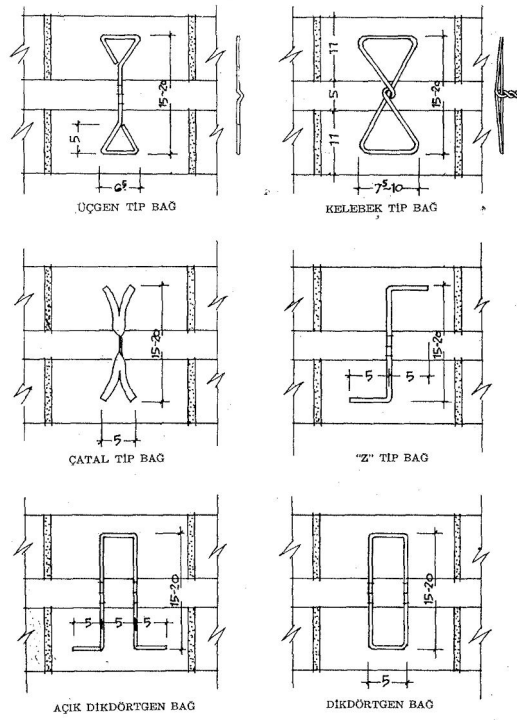
Hava tabakalı duvarlarda iki duvar tabakası bünyeleri ile temas etmeseler dahi, duvar bütünü içinde birbirlerine metal bağlarla bağlanmışlardır. Bu bağlama, iki tabakanın strüktürel olarak birlikte çalışması ve duvar mukavemeti yönünden zorunludur. Bağlanma duvar örülürken, bağların bir ucu dış, diğer ucu iç duvar tabakasına ve karşılıklı aynı hizadaki derzlere 5 veya 7,5 cm geçecek şekilde yerleştirilmesi ile sağlanmaktadır [12, 14].

75 mm genişliğe kadar olan boşluklarda, her 0.42 m² duvar alanı için bir adet min. 5mm çaplı paslanmaz metal kenet; daha geniş boşluklar için her 0.28 m² duvar alanı için bir metal kenet yerleştirilmelidir. Birbirini izleyen sıralarda, kenetler aralarındaki maksimum düşey mesafe 400 mm ve maksimum yatay aralık 900 mm olacak şekilde şaşırtmalı olarak yerleştirilmelidir. Açıklıkların çevresinde, açıklık kenarlarından 300 mm mesafe içerisinde, merkezden merkeze maksimum 900 mm ek kenetler yerleştirilmelidir. Yatay derz donatısı için min. 15 mm harç kaplama öngörülmelidir [10, 17].

Metal bağlar için en uygun metaller bakır veya galvanize demirdir. Metal bağlar için bronz ve paslanmaz çelik de kullanılabilir. Bağlantı için çok değişik boyut ve şekilde üretilmiş bağlar bulunmaktadır.



Şekil 2.8 : Kırangıç kuyruğu lama, kelebek ve çift üçgen tip bağ şekilleri (İngiliz Standardı'na göre).



Şekil 2.9 : Çeşitli bağ şekilleri ve duvardaki konumu (plan olarak) [12, 18, 19].

Bağların kalınlıkları (İngiliz Standartlarına göre) 3,5 – 6mm olacak kadar çeşitli boyutlarda olabilmektedir. Alman Normu'na (DIN) göre ise bu bağların çapı takriben 3mm'dir. Hava boşluğunun ortasına gelecek şekilde yerleştirilen metal bağların ortası eğilerek ya da uçları kıvrılıp sarkıtılarak, dış tabakadan geçerek bağ üzerinde ilerleyecek suyun damla halinde oluşa düşmesi sağlanmaktadır. Bağlar, yatay ve düşey istikamette çeşitli aralıklarla yerleştirilebilir.

Metal bağlar, ayrı iki duvar tabakasının iç ve dış hava ve ısı farklarından dolayı farklı çalışmaları yönünden önemli rol oynamaktadır. Kalın ve kuvvetli bağlar iki tabakanın farklı ısısal çalışmalarını (uzama - kılma) önleyici; ince ve zayıf bağlar ise ısısal çalışmaları kolaylaştırıcı görev yaparlar [12, 14, 19, 20].

Metal bağlara alternatif olarak, az su emen, düzgün yüzeyli, mekanik mukavemetleri yüksek özel boyutlu tuğlalar kenet tuğlası olarak kullanılabilir [18].

2.2.2.2 Yatay Oluk

Zemin kotunda toplanan yağmur sularının duvar dışına atılmasını sağlayan yatay oluk, su geçirmez bir levhadır. Bu levhalar kolay form alabilen ve büküm yerlerinde kırılmayan özelliğe sahip olmalıdır. Bunun için en çok kullanılanlar bakır ve kurşun levhalardır. Kurşun levha taze harç içine sokulmadan ve harçla temas etmeden önce yüzlerine bitüm sürülmüş olmalıdır. Aksi takdirde kurşun kopma, kayma ve basınç (normal bina yükü) altında yayılma yönünden oldukça dayanıklı olduğu halde, korozyon nedeni ile beklenen performansı göstermez. Bakır da form alabilir ve kaymaya karşı çok dayanıklıdır; aynı zamanda harç etkisi ile çok az aşındığından yüzeylerine bitüm sürmeyi gerektirmez [14].

Bu amaçla kullanılacak olan bakır ve kurşun levhaların kalınlıkları tespit edilmiştir. Örneğin İngiliz Standartları'na göre, kullanılacak kurşun levhanın kalınlığı 1 m²'de 19.53 kg. ağırlığı olacak şekilde seçilmektedir. Bakır ise, yine İngiliz Standartlarına göre ¼ mm. (0.01 inch) olarak tespit edilmiştir. İngiltere'de, 1934 de deneme duvarına yerleştirilmiş olan (0.022 inch) 1/2mm. kalınlığındaki bakır levha 18 yıl sonra çıkartıldığında gayet iyi durumda bulunmuş ve önemli bir deformasyon görülmemiştir.

Bu iki metal levhadan başka, bitüm asbest karışımı sert levhalarda kullanılmaktadır. Bu tür levhalara ısıtılarak form verilmektedir. Genellikle bitümlü malzemeler takviye edilmiş veya ortası metal folyolu levha halinde su tutucu olarak oluk yapımında kullanılmaktadır. Ancak bu malzemeler çok sıcakta ve ağır yük altında yayıldıklarından; bu şartlar altında kullanımları sakıncalı olabilir.

Bu levhalar yatay su köprülerinin meydana geleceği yerlerde, lento, kiriş, döşeme veya hatılların üzerinde, duvardan akan suyun dışarı atılması için yapılır. Oluk şekli verebilmek için levhanın bir ucu dış tabakanın derz içine ve ucu dış yüzeye çıkacak şekilde yerleştirilir. Diğer ucu ise iç tabaka dış katmandaki uca göre 1-3 sıra (normal tuğla sırası) yukarıdaki derze sokulur. Böylece “V” biçiminde bir yatay oluk elde edilmiş olur [4, 6, 12, 20].

2.2.2.3 Havalandırma Deliği ve Savak

İki tabaka arasında kalan hava boşluğu, istenirse, havalandırılabilir. Bu takdirde, rutubetli, su emmiş duvar dış tabakasının kuruması daha kısa zamanda olabilmektedir. Şekil 2.2’de görüldüğü gibi, tuğla sırası içine yerleştirilecek şekilde ve normal tuğla malzemesinden imal edilmiş havalandırma elemanları kullanılır.

Ayrıca yatay oluğun duvar dış tabakasına saplandığı yerde, muhtemel birikecek suyun sızmaya bırakılmaksızın dışarı atılması için yatay oluğun üzerindeki ilk tuğla sırasında yer yer düşey derzler harçsız olarak açık bırakılır (havalandırma delikleri). Böylece, bu açık düşey derzlerden hem suyun atılması hem de, dış tabakanın kuruması, havalandırılması sağlanmış olur. Özellikle duvar dış tabakası yarım tuğla duvar olduğu hallerde, az da olsa su toplanması ihtimali vardır. Dolayısıyla bu delikler, hava tabakalı duvarın ısı kaybını (havalandırılmamış olana göre) biraz artırmaktadır. Suyun dışarı atılması için düzenlenen savaklar duvar yüzeyinin genişliğine bağlıdır. Kesit alanları, Alman Normuna (DIN) göre 20 m² duvar yüzeyine (pencere ve boşluklar dahil) 150 cm² olacak şekilde kullanılacaktır [12].

2.2.3 Yapım Kuralları

Hava boşluklu duvar, yağmur suyu geçişine karşı aynı kalınlıkta ve aynı malzemedan yapılmış bir yalın duvardan daha dirençlidir ve daha yüksek bir ısı yalıtımı performansına sahiptir.

Hava tabakalı duvarların, özellikle hava tabakası etrafındaki detayları iyi tasarlandığında ve işçilik dikkatlice yapıldığında rutubet sızmasına karşı en güvenilir sistem olduğu ispatlanmıştır. Hava tabakalı duvarın fonksiyonunu yerine getirebilmesi rutubeti iç duvara taşıyacak hiçbir köprünün bulunmamasına bağlıdır.

Hava tabakalı duvarlar için kullanılacak masif yapı taşlarının don etkisine dayanıklı olması ve su geçirmez nitelik taşıması, buna karşılık iyi bir kılcal emicilik gücüne sahip olması, yani iyi bir nem depolayıcı olması gerekir. Bu malzemeler, buhar kesicilik özelliği de taşıyabilir. Bu durumda, kapalı ortamdaki difüzyon yoluyla gelen su buharı hareketli hava katmanına ulaştığında hava akımı ile uzaklaştırılacaktır, [19, 21].

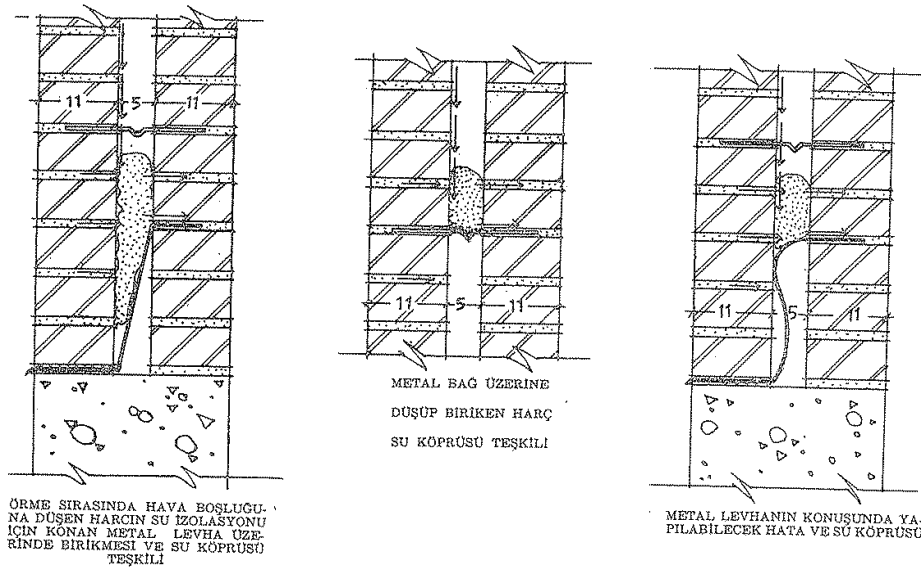
Hava tabakalı dış duvarlarda boşluk tabanında, olası yoğunlaşma ve kabuktan sızabilecek yağmur sularının her iki kabuğa zarar vermeden serbestçe dışarı atılmasını sağlayan bir sızdırmazlık katmanı uygulanmalı ve bu katman, hava giriş delikleri ile optimum düzeyde bağdaştırılmalıdır.

Hava tabakalı dış duvar sistemi, kullanım açısından en hassas ısı yalıtım malzemelerinin (son derece düşük yoğunluktaki camyünü vb.) istenilen düzeyde ısı iletkenlik değerleri içinde ve sağlıklı olarak kullanılmasına imkan vermektedir. Burada kullanılacak ısı yalıtım malzemesinin tam anlamıyla buhar geçirgen olmasında hiç bir sakınca yoktur. Ancak, bu sistemde cam köpüğü vb difüzyon direnci yüksek ısı yalıtım malzemeleri kullanılacaksa, bunlar açık derzli olarak uygulanmalı ve iç kabuk iç yüzeyine yakın bir bölgede güçlü bir buhar kesici katman ile birlikte yer almalıdır [22].

Duvarın yapımı sırasında göz önünde bulundurulacak en önemli husus dış tabaka ile iç tabaka arasında oluşabilecek köprüleri önlemektir. Bu köprüler en çok yapım sırasında hava tabakası içine düşen harç parçalarıdır. Bu yüzden hava boşluğuna harç düşürmemeye çok dikkat etmeli; düşenler alınmalıdır. Düşen harç ya metal bağlar üzerinde kalmakta ya da yatay olukta birikmektedir. Her iki durumda da su geçişi için yatay bir yol oluşturulmuş olmaktadır (Şekil 2.10). Özellikle toplanan suyun dışarı atılmasını sağlayan savakların harçla tıkanmamasına dikkat edilmelidir [4,12,15,21].

Duvarın yapımı sırasında araya harç düşmemesi için duvar tabakaları örülürken araya boşluk genişliği ve uzunluğunda kadron konur ve taşıp düşen harcın kadron üzerinde kalması sağlanır; duvar yükseldikçe kadron da yukarı alınır.

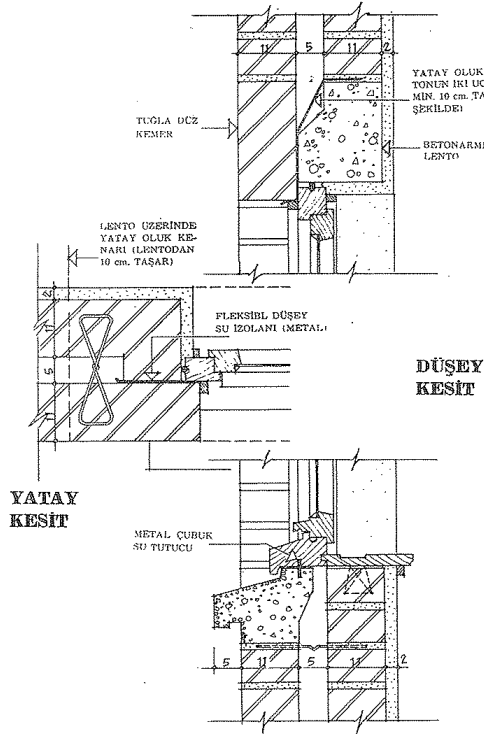
Yatay oluk malzemesi derzlere yerleştirilirken ve şekil verilirken yapım tekniğine uygun yapılmalı, “V” kesitli oluk şekli verilmelidir. Olukta meydana gelecek deformasyonlar ve aradaki hava boşluğuna harcın düşmesi nedeniyle su ve ısı geçişine neden olan köprüler oluşmaktadır.



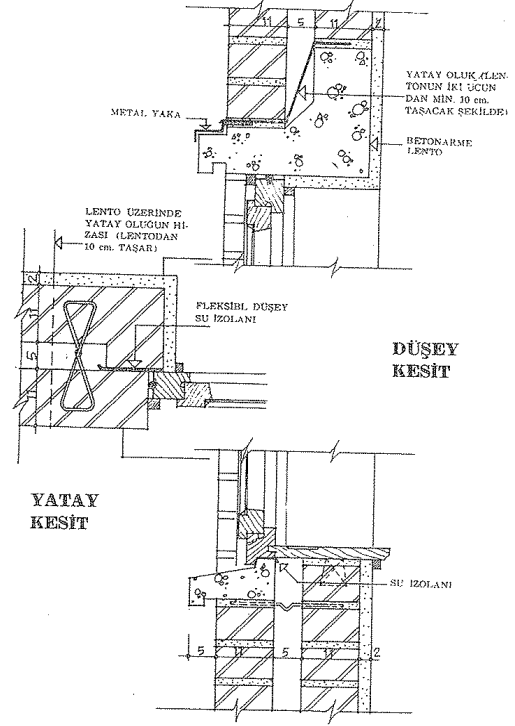
Şekil 2.10 : Hava tabakasında harç birikmesi,yatay su köprüsü ve yatay olukta deformasyon

Kapı ve pencere boşluklarında, hava tabakasının düşeyi iç duvar tabakası ile kapatılmalıdır. Bunun için iç duvar tabakası döndürülüp dış tabakaya yaslanır. Dış tabakadan su ve nemin bu tabakaya geçmemesi için araya su geçirimsiz malzeme yerleştirilmelidir (Şekil 2.11 ve 2.12) [4, 9, 12, 17].

Duvarın yük altında deformasyon yapmaması için ya kalınlık yeterli olmalı ya da payandalama yapılmalıdır. İki duvarı birbirine bağlayarak birbirini desteklemeleri sağlanmalıdır. Bağlantı elemanlarının yatay ve düşeydeki kullanılma aralıkları duvar kalınlıkları ve boşluk genişliğine göre belirlenmelidir. Bağlantı elemanlarının kapı ve pencere boşluklarında daha sık kullanılması gerekmektedir. Bağlantı elemanların duvar içerisine en az 5 cm geçmesi gerekmektedir. Paslanmaya açık yerlerde paslanmaz çelik veya demir içermeyen metal bağlantı elemanları kullanılır.



Şekil 2.11 : Hava tabakalı tuğla duvarda içe açılan pencere detayları



Şekil 2.12 : Hava tabakalı tuğla duvarda dışa açılan pencere detayları [12].

Zemin döşemesini tutan ahşap kirişler metal askılara oturtulabilir ancak daha sağlam olması için döşeme kirişlerinin doğrudan duvara oturtulması tavsiye edilmektedir.

Zeminden gelecek suyun dışarı atılmasını sağlamak amacıyla emniyet olarak zemin hizasında yatayda her üç tuğlada bir düşey derzlerde boşluklar bırakılmaktadır. Bu hizadan temele kadar boşluk beton ile doldurulmaktadır. Bu seviyenin döşeme hizasında kullanılacak geçirimsizlik tabakası (dpc = damp proof course) seviyesinden 15cm aşağıda olması gerektiği belirtilmektedir [12, 17].

Yalıtımsız boşluklu duvarlarda rutubeti engellemek için bırakılan küçük drenaj delikleri yeterli olup, ayrıca havalandırma delikleri bırakmak gerekli görülmemektedir [4, 6, 15].

2.3 Hava Tabakalı Dış Duvarların İrdelenmesi

Dış duvar fonksiyon ve özelliklerinin hepsi her zaman ve her malzeme ile tam olarak sağlanamayabilir. Bu durum seçilen yapı sistemi, malzeme ve işçilik şartlarından ve yeteneklerinden kaynaklanabilir.

Sağlanabilen ve sağlanamayan fonksiyon ve özellikler, teknolojik yönden avantaj ve dezavantaj olarak değerlendirilebilir. Yağmur suyu geçişine karşı getirmiş olduğu üstün bir çözüm şekline karşın, hava tabakalı tuğla duvarların diğer fonksiyon ve özellikler yönünden de değerlendirilmesi gerekmektedir.

Hava tabakalı duvarların ilk aşamada dikkat çeken özellikleri aşağıda sıralanmaktadır [4, 9, 12, 17, 23];

- Yağmur geçişinde çok önemli bir etken olan, duvarın iki yüzü arasındaki basınç farkı, sağlanan delikler yardımıyla yağmur engelinin her iki yüzünde eşitlenebilir. Ancak duvarın dış yüzeyi boyunca da basınç farklarının oluşması söz konusudur. Bunun duvar boşluğunda hava akımı oluşturmaması için, boşluğun yer yer bölümlere ayrılması gerekmektedir.
- Hava tabakalı dış duvarlarda ısı yalıtımı için en ideal bölge iç duvarın iç yüzüdür. Böylelikle taşıyıcı sistem dış ortamdaki aşırı sıcaklık değişimlerinden kurtarılmış olacaktır. Duvar bünyesindeki yoğunluğun önlenmesi için de ısı tutucu malzemenin bu bölgeye yerleştirilmesi gerekmektedir.
- Hava tabakalı sistem; rüzgar geçirimsizlik, ısı geçirimsizlik, su geçirimsizlik sağlayacak ve yapının kullanma ömrü kadar dayanabilecek nitelikte bir derz malzemesinin bulunmasını gerektirmemektedir.
- İki duvar katmanı arasında bir hava boşluğu sağlanmasıyla, yapım sırasında duvar bünyesinde kalabilecek katkı suyunun veya iç ortamdaki su buharının duvarda yoğunlaşması sonucu oluşan suyun (ıslaklığın), buharlaşma yoluyla kurutulması kolaylaştırılmaktadır.
- İki duvarı birbirine bağlayan bağlar su ve nem köprüsü oluşturmayacak ve galvaniz ve diğer koruma önlemleri alınarak paslanmayacak şekilde, boşluktaki suyu dışarı atan etek ve damlalıklar yeteri büyüklükte ve havalandırma delikleri yeterli sayıda tasarlanıp dikkatli olarak uygulandığında, en şiddetli yağış bölgelerinde bile etkin bir geçirimsizlik sistemi elde edilmektedir.
- Çatı yükleri, iki duvar üstüne yayıldığı için daha sağlam olmaktadır.

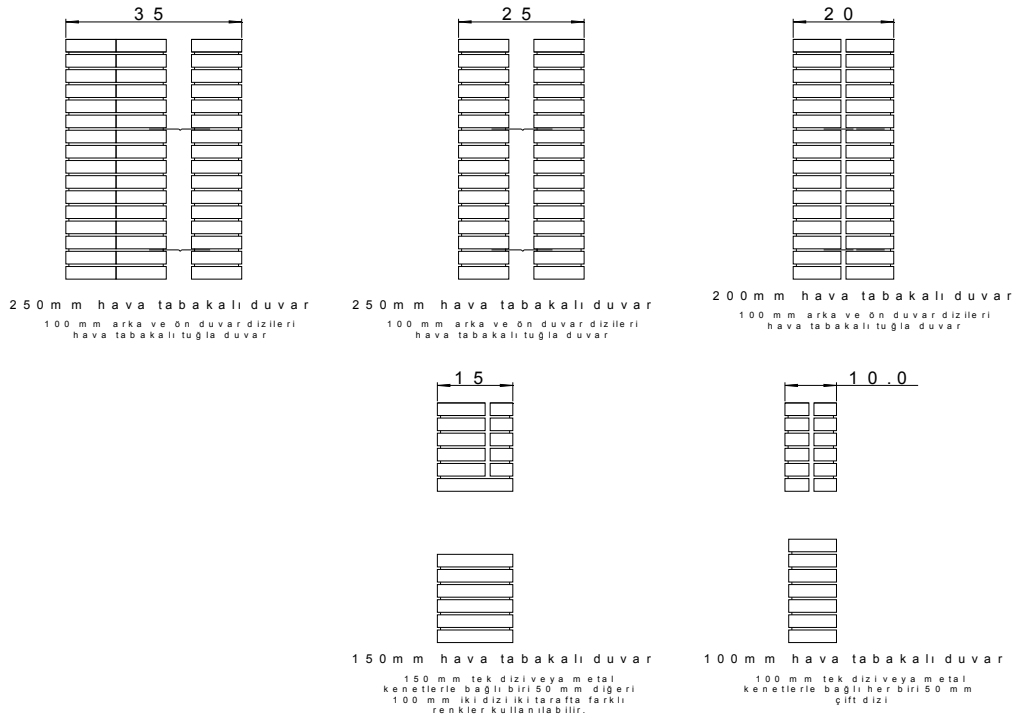
- Hava boşluğu tamamen yalıtım malzemesi ile doldurulduğunda bu yalıtım malzemesi çatlaklardan sızan suyu duvarın dış yüzeyinden iç yüzeyine taşımak için bir köprü oluşturmaktadır ve yağmurdan sonra ıslanan dış duvar yüzeyinin kuruması gecikmektedir. Bu durum don etkisi olan yerlerde daha çok zarar teşkil etmektedir.
- 12 m'den daha yüksek binalarda ve çok fazla yağmur alan bölgelerde boşluk içi yalıtımın tam dolgulu değil, arada en az 5 cm hava tabakası bırakılarak yarım dolgulu olarak yapılması önerilmektedir.

3. HAVA TABAKALI TUĞLA DIŞ DUVARLAR

Hava tabakalı duvar sisteminde malzeme olarak tuğla kullanılması, sistemi daha da etkin hale getirmektedir. Geleneksel mimaride kullanılan tuğla, yapı tasarımında enerji korunumu sağlayan bir yapı malzemesidir.

Birbirinden ayrı iki duvar katmanından oluşan hava tabakalı tuğla duvarlarda değişik türde tuğla veya blok kullanılabilir. Örneğin, iç tabakada daha hafif ya da değişik yapıda tuğla ve bloklar kullanılarak duvarın toplam ısı kaybı azaltılabilmektedir [10, 12].

9/19/5cm boyutlarındaki dolu tuğlalar taşıyıcı duvar olarak kullanıldıklarında kalınlığı en az 1 tuğla (19 cm) olabilir. Bu tuğlalar belirli kurallara göre örülerek duvarlar oluşturulur. Bu duvarların kalınlıkları 9 cm, 19 cm ve 29 cm olabilir. 19cm ve 9 cm kalınlıktaki tuğla duvarlar ikisi de taşıyıcı duvarlar olup, yan yana kullanılarak farklı kalınlıklarda hava tabakalı tuğla duvarlar oluşturulur. (Şekil 3.1) [24, 25].



Şekil 3.1 : Tuğla boyutları farklı hava tabakalı tuğla duvarlar [10].

Hava tabakalı tuğla duvarlar, taşıyıcılık görevi de üstlenecekleri için duvarın iç tarafındaki katmanı en az bir tuğla kalınlığında olmalıdır. Dış taraftaki katman $\frac{1}{2}$ tuğla kalınlığında olabilir. İç duvar katmanı döşemeden gelen yükü taşıyamayacak şekilde ise veya bina katı fazla ise döşemeler dış duvar üzerine oturacak şekilde düzenlenir. Statik hesaplamalarla ihtiyaç duyulduğu belirlendiğinde, taşıyıcılık görevi de görebilmesi için dış duvar katmanı da bir tuğla kalınlığında örülebilir [17, 26].

3.1 Tuğlanın Tarihçesi

Tuğla, imalatı yapılan ilk inşaat malzemesidir. Kil ve suyun karıştırılıp kalıplanmasından sonra ateşte pişirilmesi ile tuğla meydana getirilmektedir. Tuğla imalatı ilk olarak Mezopotamya’da başlamıştır.

Daha sonraları, M.Ö. 4. yüzyılda sağlam ve yüksek kuleler inşa etmek için pişmiş tuğla kullanılmaya başlanmıştır. Dünya’nın 7 harikasından biri olan Babil kulesinin de bulunduğu Babil şehrinde yapılan kazılarda halen günümüzdeki binalarda kullanılan tuğlalara benzeyen düzgün yapıda ve keskin kenarlı tuğlaların kullanıldığı görülmüştür.

Tuğla boyutlarında ilk standart Romalılar tarafından geliştirilmiştir. Tuğla’da oluşan kalınlık sebebiyle kurumada olan problemler çözülmeye çalışılmış ve bu konuda ilk defa araştırmalar yapılmıştır.

Anadolu’da ise ilk pişmiş tuğla M.Ö. 4. yüzyılda Lidyalılar tarafından imal edilmeye başlanmıştır. Bu dönem Babil kulesi ile aynı döneme rastlamaktadır. Tuğla, Yunanlılardan sonra Bizanslıların katkılarıyla daha da gelişmiştir. Selçuklular, Bizanslılardan sonra bu konuda oldukça ilerleme kaydetmişlerdir [5, 27].

3.2 Tuğlanın Teknik Özellikleri

Tuğlalar uzun bir hizmet ömrüne sahiptir. Çin Seddi’nden günümüzün şehir ve kasabalarına kadar, tuğlalar zamanın testine tabi tutulmuşlardır. Tutucu bir yaklaşımla bir tuğlanın 100 yıl hizmet süresine sahip olduğu söylenebilir, fakat eldeki veriler bunun daha da uzun olduğunu göstermektedir. Birçok yapı malzemesinin tamamen yenilenmesine ihtiyaç duyulurken, tuğla duvarlar kısmi yenileme ve eklemeler ile uzun süre dayanmaktadır.

Üretim ve kullanım kolaylığı olan tuğla, değişik ihtiyaçlara göre geniş bir ürün yelpazesine imkan sağladığı için her ihtiyaca karşılık verebilmektedir. Büyük bir ustalık, pahalı ve karmaşık araçlar gerektirmemesi üretiminde kolaylık ve ucuzluk sağlar. Tuğla, yağışlı havalarda hiç bir zaman tam ıslanmayan ve bünyesindeki rutubeti 24 saatte dışarı atan ve çabuk kuruyan bir malzemedir.

Çok az sayıda yapı malzemesi bir çok kullanım imkanı sağlar. Pek çok yapı malzemesi bir özelliği ile hizmet sunar; bazısı inşaat hızını artırmayı sağlarken, diğeri ısı yalıtım özelliği ile karşımıza çıkar, bir başkası ise ses yalıtımı ile ön plana çıkar. Tuğla ise bütün bu özellikleri bir arada bulundurmaktadır. Rutubeti bünyesinde barındırmadığından özgül ağırlığı bazı malzemelerde olduğu gibi artış göstermez. Su emme özelliği nedeniyle özgül ağırlığında artış görülen bir malzemenin gözenekleri su buharcıkları ile dolduğunda, malzemenin sahip olduğu ses ve ısı izolasyon özelliği ortadan kalkmaktadır.

Tuğlalar az veya hiç onarım / bakım yapılmadan görüntü ve performansını koruyabilen malzemelerden biridir. Sıva, boya veya izolasyon işlemlerinin parasal maliyeti yanında çevresel maliyeti de bulunmamaktadır. Örneğin boya, üretim ve kullanım aşamalarında enerji tüketilmesine ve içerisinde bulunan uçucu organik solventlerin bulunduğu ortamın havasını kirletmesine sebep olmaktadır.

Tuğlalar çok yüksek sıcaklıklarda fırınlандıkları için – örneğin 1000°C'nin üzerinde – çok fazla dayanıklıdırlar. Tuğlalar çarpmadan kaynaklı oluşabilecek hasarlara ve haşerat saldırılarına dayanıklıdır. Birçok tuğla çeşidi aynı zamanda, deniz sahilinde bulunan bölgelerde, yüksek hava kirliliğine sahip bölgelerde ve aşırı gübrelenmiş toprak zeminler üzerine inşa edilmiş binalarda tuz etkisine karşı uygun bir yapı malzemesidir [21, 27, 28, 29].

Newcastle Üniversitesi tarafından yapılan bir çalışma: iyi tasarlanmış bir evdeki tuğla duvarların yüksek seviyeli bir ısıl konforun sağlanmasında etkili olduğunu göstermiştir. Bu durum, yüksek bir ısıl kütleye sahip tuğla duvarın sıcak yaz güneşinin sebep olduğu ısının yapının dış duvarından geçerek bina içerisine ulaşmasını yavaşlatmasından dolayı olmaktadır. Ayrıca, aynı ısıl kütle etkisiyle kış aylarında bina içerisinde üretilen ısı dış duvar tarafından depolanır ve yavaşça bırakılarak ısınma için harcanan enerjinin verimli kullanılmasına katkı sağlanmış olur.

Tuğla, en önemli ve vazgeçilmez özelliklerinden olan yüksek ısı depolama özelliği sayesinde bina içindeki ısıнын dengelenmesini sağlamaktadır. Duvarlarda tuğla kullanımı ısı kaynağı açıldıktan sonra ani sıcaklık artışına engel olmakta ve tuğla duvar aşırı ısıyı bünyesine alıp daha sonra geri vererek bina içi konforun insan sağlığına uygun olmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca kaynağın kapatılmasından sonra ani soğumaya da engel olarak bünyesine depoladığı ısıyı 8 saat içinde geri verir. Bu da binada ani soğumaya engel olarak sağlık açısından uygun geçişi sağlamaktadır [28, 30, 31].

Yüksek sıcaklıklarda fırınlanmış oldukları için, tuğlalar yangından kaynaklanabilecek hasarlara karşı çok dayanıklıdır. Tuğlaların içsel yangın direnci, yangın tehlikesine açık alanlarda yapılacak yapılar için en doğru seçenek haline getirmektedir.

İster komşuları birbirinden ayıran bir ortak duvar, ister trafik gürültüsünü kesen bir dış duvar olsun, iyi tasarlanmış bir tuğla duvar mükemmel akustik özelliklere sahiptir. Yapı içerisindeki tuğla duvarlar sesin yapı içerisindeki yayılımını da sınırlar. Yapı iç duvarlarında da akustik faydasından dolayı tuğla kullanılabilir.

Topraktan yapılmış oldukları için, tuğlalar bulundukları ortama uçucu organik bileşikler gibi hiçbir gaz veya kimyasal buhar yaymazlar. Bazı malzemelerin yaydığı gazlar kötü bir havalandırma ile birleşerek yapı içerisindeki yaşam kalitesini düşürebilirler. Tuğlalar yapının nefes almasına imkân tanıyacak şekilde hafif gözeneklidir. Sonuç olarak, bu durum daha sağlıklı bir yapının ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

Tuğlalar orijinal özelliklerini koruyarak tekrar kullanılabilen birkaç yapı malzemesinden biridir. Birçok malzeme geri dönüştürülebilir fakat bu geri dönüşüm, enerji ve çevresel maliyetler getiren tekrar işleme gerektirmektedir.

Kimyasal olarak etkileşime girmedikleri için, diğer yapı malzemeleri üzerinde oluşan kirlilik veya kimyasal çözünme tuğlalarda görünmez. Tuğlalar kendisini meydana getiren toprağa tekrar dönüştürülebilir doğal bir yapı malzemesidir [28, 30, 31].

Tuğla üretiminde dikkate alınması gereken bazı unsurlar tuğlanın teknik özelliklerini etkilemektedir:

- i) Pişirme sıcaklığı; basınç dayanımı, birim ağırlık ve harca yapışma gibi tuğla özellikleri üzerinde etkilidir. Yüksek pişirme sıcaklıkları, basınç dayanımını

ve birim ağırlığını artırmakta, su emmesini azaltmaktadır. Buna karşın yüksek sıcaklıklar tuğlanın harca yapışma özelliğini düşürmektedir. Tuğlalar için pişirme sıcaklıkları 800 - 1000 °C arasında değişmekte olup, uygun sıcaklık değerleri ise 900 - 980 °C arasındadır.

- ii) Pişirme süresi; daha çok basınç dayanımı ve enerji kullanımı üzerinde etkili olmaktadır. Örneğin pişirme süresinin 30 dakikadan 480 dakikaya çıkartılması basınç dayanımını %11 artırırken, pişirme sıcaklığının 50°C artırılması ise basınç dayanımını %22 artırmaktadır. Pişirme süresinin artması basınç dayanımının yanı sıra, enerji yönünden de uygun değildir [21, 29, 32, 33].

Tuğla delikleri, yapılarda ses ve ısı yalıtımı yönünden fayda sağlayan boşluklardır. Deliklerin miktarı ve şekli ise tuğlaların basınç dayanımı üzerinde etki eder. Tuğlalarda delikler kare, dikdörtgen ya da daire kesitli olup, bulundukları tuğla yüzeylerine eşit aralıklarla ve simetrik olarak dağılır. Bu delikler, düşey delikli tuğlalarda tuğla yüksekliğine paralel, yatay delikli tuğlalarda ise, tuğla uzunluğuna paraleldir.

Delik oranı aynı, ancak göreceli olarak fazla sayıda deliği bulunan bir tuğlanın basınç dayanımı daha yüksek olur. Bunun nedeni, küçük boşlukları çevreleyen dolu kesitin burkulma boylarının da daha küçük olmasıdır. Ayrıca, delik oranı aynı kalmak koşuluyla, dairesel delikli tuğlaların basınç dayanımı daha yüksektir.

Duvar örülmesinde kolaylık sağlamak amacıyla, tuğlanın standart boyutlarda üretilmesi gerekir. Genel olarak, tuğla boyutları arasındaki ilişki $b=2a+c$ eşitliği ile gösterilir. Eşitlikte b; tuğla uzunluğu, a; tuğla genişliği, c ise; tuğlalar arasında bırakılan derz genişliğidir. Tuğla boyutları arasındaki bu ilişki, tuğla duvarların iki yönde örülebilmesine olanak sağlar [34].

Bina inşa ederken önemli konulardan biri de tuğla seçimidir. Projeye ve binanın yapılacağı bölgenin özelliklerine göre farklı tuğlalar tercih edilmelidir. Doğru bir seçim için:

Duvarlar taşıyıcı değilse; Yatay Delikli (TSE 4563) ve Düşey Delikli (TSE 4377) tuğla kullanılabilir. Bina yükünü duvarlar taşıyacaksa (TSE 705)'e uygun tuğla kullanılmalıdır.

1. Tuğla'nın ağırlığı önemlidir. Bina yüksekliği arttıkça daha hafif tuğlalar kullanmak gerekir.
2. Binanın yapılacağı bölgenin iklim koşulları da tuğla seçiminde etkindir. Isı yalıtımı projesi olan yapılarda bu durum dikkate alınmıştır. Isı yalıtımı sağlamak isteniyor ise TSE 4377 standartlarına uygun izolasyon tuğlası kullanılabilir.
3. Bina kat sayısı 7'den fazla olan durumlarda birim ağırlığı az olan TS 4563 standartlarına uygun yatay delikli hafif tuğla tercih edilebilir.
4. Bina kat sayısı 3-7 kat arasında ise TSE 4377 standartlarına uygun düşey delikli hafif tuğla tercih edilebilir.
5. Tuğla seçiminde, binanın inşa edileceği bölge de önemli unsurlardandır. Deprem bölgesi içinde olan yapılar için taşıyıcı özelliği olan tuğlalar tercih edilmelidir [5, 19].

3.3 Hava Tabakalı Tuğla Dış Duvarların Performans Özellikleri

Dış duvarlar bina iç hacmini dış çevreden ayıran elemanlardır ve iç hacim ile bu hacim içindeki hayatı birçok dış etkenlerden korur, bu etkenleri ayarlar ve onların etkilerinin konfor şartları içinde kalmasını sağlar. Aşağıda genelde dış duvarlardan beklenen performans özellikleri hava tabakalı dış duvarlar dikkate alınarak tanımlanmıştır.

3.3.1 Isı Yalıtımı

Türk Standartları TS 825'e göre ısı iletkenlik değeri (λ) 0.060kcal/mh°C değerinin altında olan malzemelere "ısı yalıtım malzemesi" olarak tanımlanmaktadır.

Soğuk hava koşullarında yapı içinden yapı dışına doğru (sıcaktan soğuğa doğru) ısı akışı dolayısıyla ısı kaybı söz konusudur. Bu ısı kaybının azaltılmasında en temel etmen yapı kabuğunun ısısal direncinin yüksek olmasıdır. Yapı kabuğunun ısısal direnci, yapı kabuğunda kullanılan gereçlerin ısı iletkenlik katsayılarına ve kalınlıklarına bağlıdır [35, 36].

Yalıtım işlevleri birden fazla yapı bileşeni tarafından üstlenilebileceği gibi, bir bileşen de birden fazla işlevi tümüyle veya kısmen üstlenebilmektedir. Yapıdaki bileşenlerin, bunların biçim ve malzemelerinin belirlenmesi, karşı koyduğu fiziksel etmenlerin kaynak, yön, şiddet ve süre özelliklerine bağlıdır. Dış duvarlar ışığı, güneş ve termal radyasyonları yeteri kadar düzenlemelidir. Duvar satırları, satırla kullanılan malzeme cinsinin ve renginin güneş ve termal radyasyonlar karşısında yansıtma, yutma ve iletme özelliklerine bağlı olarak ele alınmalıdır. Ayrıca, aynı veya farklı bileşenler arasında bulunan derzler de yalıtımda süreklilik ilkesi doğrultusunda uygulamanın yeterliliğini belirlemektedir. Yalıtım işlevinin ötesinde konumlarına göre bazı derzler hareket olanağını da sağlamak durumundadır [19, 37, 38].

Duvarların ısı performansı için malzeme seçimi ve seçilen malzemenin kalınlığı en önemli iki faktördür. Seçilecek olan malzemenin bünyesine kesinlikle su almaması, buhar difüzyon direncinin yüksek olması, üzerine doğrudan sıva uygulanabilir olması, basınç ve darbeye karşı dayanımının yüksek olması ve ısı iletim katsayısının çok düşük olması gerekmektedir. Ayrıca, ısı yalıtım kalınlığı seçilirken yoğuşma sorununun önlenmesi için gerekli hesapların yapılması gerekir [39].

Duvarların taşıyıcılığı duvarın yoğunluk ve ağırlığı ile ilgilidir. Yoğunluk arttıkça ısı geçirgenliği ve kaybı da artmaktadır. Bu durumda, çelişen özelliklerin en elverişli çözümü önem kazanmaktadır.

Hava tabakalı tuğla duvarın yağmur suyunun duvar iç yüzüne geçişini önlemenin yanı sıra getirmiş olduğu en büyük fayda daha yüksek bir ısı izolasyonu sağlamasıdır. İki duvar tabakasının arasına 5 cm kalınlıkta bir hava tabakasının girmesi duvarın toplam ısı direncini artırmakta; böylece ısı kaybı ($U = 1/R = \text{Toplam ısı kaybı}$) azalmaktadır. Bilindiği gibi arada hava boşluğu bulundurarak ısı izolasyonu sağlamak, dört ayrı ısı izolasyonu sağlama metodundan biridir. Bir tuğla kalınlığındaki tuğla duvarla, hava tabakalı duvarın 1 m² yüzeyinden 1°C'lik ısı farkında 1 saatte geçen (kaybolan) ısı miktarı (Kcal) Çizelge 3.1'de görülmektedir. Her iki duvarda aynı miktar ve cins tuğla yapı malzemesi olarak kullanıldığı halde hava tabakalı duvarda kaybolan ısı, 1 tuğla kalınlığındaki duvardakinden yaklaşık olarak %30 daha azdır [12].

Çizelge 3.1 : Isı kaybı karşılaştırması.

Duvar şekli	“U”, Toplam ısı kaybı, (Kcal/m ² /Saat/ C °)
1 tuğla kalınlığındaki sıvalı tuğla duvar	2,00
11+5+11 cm. Hava boşluklu sıvalı çift tuğla duvar (havalandırılmamış)	1,44

18 – 19mm’lik bir hava tabakası ile ısı izolasyonu yönünden daha iyi bir sonuç alınabilmekle birlikte, duvar işçiliği, iki duvar tabakasının metal bağlarla bağlanmasındaki zorluk, su köprülerinin ortadan kaldırılması gibi faktörler nedeni ile uygulamada 5 cm kalınlıktaki hava tabakası tercih edilmektedir.

Hava deliği elemanları ile havalandırılan hava tabakalı duvarlarda rutubet ya da suyun daha çabuk buharlaşarak kaybolması ile duvarın kuruması sağlanırken, havalandırılmamış olan duvar sistemine kıyasla daha çok ısı kaybına sebep olmaktadır [12].

Hava tabakalı duvarların ısı biriktirme kapasitesi yüksek olduğu için, duvar yüzeyinde ıslanma ve yoğuşmanın olduğu nemli iklim bölgelerinde ve özellikle kuzeye bakan cephelerde yalıtımlı ve havalandırılmalı duvar yapılması önerilmektedir. Bu tür uygulamada ısı yalıtım malzemesinin kalınlığının hesaplanmasında hava tabakası da göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, iç mekandaki su buharı hava tabakası yoluyla dışarı atılacağından buradaki hava hareketinin sağlanması için tuğla örgüde döşeme ve tavan hizasında bazı düşey derzler boş bırakılarak havalandırma delikleri oluşturulmalıdır [39].

3.3.1.1 Yapılarda Isı Geçişi Olan Yerler ve Önlemler

Bir hacmin ısı etkilerinden korunması aşağıdaki unsurlara bağlıdır:

- Hacmi çevreleyen yapı bileşenlerinin (duvarlar, döşemeler vb.) ısı geçirgenlik dirençleri,
- Bu çevre bileşenlerinin özellikle hacmi dış havadan ayıranlarının hava sızdırmazlığı (derz, yarık vb.) ve
- Çevre bileşenlerinin ısı depolama yeteneği.

Yapılarda ısı geçişlerine karşı alınacak önlemler kısaca şöyledir:

- Yapıları oluşturan duvar, döşeme, çatı vb. elemanları, ısı geçirme dirençleri ya da katsayıları uygun gereçler kullanarak inşa etmek,
- Bu elemanları ısı yalıtım gereçleri ile kaplamak,
- Elemanların içerisinde, durgun hava boşlukları oluşturmak, bu önlemlerin her iki ya da üçünü birlikte aynı bina elemanı üzerinde uygulamaktır [39].

3.3.1.2 Isı Yalıtım Malzemeleri ve Yapının Isıl Performansı

Günümüzde, ısı korunumu ve ısı yalıtımı denildiğinde binanın doğal olmayan, kullanımında bazı sakıncaları olan yalıtım malzemeleri akla gelmektedir. Isı iletkenlik değeri gibi tek başına çok anlam ifade etmeyen bir değer esas alınarak yapılan yalıtım sistemlerine tek çözüm gözü ile bakılması yerine; daha doğal, nefes alabilen ve ısı korunumlu alternatif duvar konstrüksiyonları tasarlanması mümkündür.

Yalıtım ve ısı kütlesi iki önemli pasif tasarım parametresi olup, yapı malzemelerinin özelliklerine bağlıdır. Bir yapı malzemesinin termal performansını ölçmek için kullanılan en yaygın ölçüt o malzemenin R-değeridir ve malzemenin termal direncini göstermektedir. Yüksek bir R-değeri ısı akımına karşı dirençli bir malzemeyi belirtir [30].

TS 825 standardına göre; ısı geçirgenlik direnci ($1/\Lambda$) veya (R) olarak adlandırılabilir. Isı geçirgenlik direnci, yapı elemanı kalınlık (d) değerinin, ısı iletkenlik hesap değerine (λ_n) bölünmesi ile hesaplanır. Çok tabakalı yapı bileşenlerinde, ısı geçirgenlik direnci ($1/\Lambda$), tek tek yapı elemanı kalınlıkları ($d_1, d_2, \dots, d_n$) ve bu yapı elemanlarının, ısı iletkenlik hesap değerleri ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$) kullanılarak hesaplanmaktadır [41].

Duvar kesitinin toplam ısı direnç değeri her bir malzeme için bulunur ve tüm R değerleri toplanarak duvar kesitinin toplam R değeri hesaplanır. Duvar kesitinin toplam ısı direnç değerinin (R) tersi alınarak ısı geçirgenlik katsayısı (U) değeri hesaplanır ($U=1/R$ toplam). TS 825 standardına göre yapılan hesaplamalarda bulunan duvar kesiti kalınlıklarının yeterlilikleri farklı iklim bölgeleri için verilen U değerleri ile mukayese edilerek belirlenir [40].

Isı yalıtımını yalnızca hesaplamalar ile elde edilen değerler ile tanımlamak çok doğru değildir. Bu değerler yalıtım malzemesinin ısı kaybını önleme kabiliyetini gösteren sanal bir sayıdır. Çünkü bir yalıtım malzemesi, su içerisinde kaldığında veya 30 km/saat hızla esen bir rüzgar yalıtımın içinden geçtiğinde malzemenin yalıtım değeri “0” olacaktır. Bir yalıtım malzemesinin ısıl performansı hakkında değerlendirme yaparken malzemenin ısıl performansının belirlenmesinde etkili olan hava geçirgenliğinin, suya ve buhara karşı direncinin ne olduğu bilinmelidir.

Malzemenin R-değeri laboratuvar testleri ile belirlenebilir ancak bu değerin belirlenmesi için yapılan testler de güvenilir olmayabilir. Çünkü bu testler hava akımı (rüzgar) veya su buharı (rutubet) gibi önemli faktörler dikkate alınmadan gerçekleştirilmektedir. Rüzgar, rutubet, su gibi etkenler doğal ortamlarda her zaman mevcuttur ve yapıyı etkileyen önemli faktörlerdir. Az miktarda su dahi lifli yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik değerini %50'lere varan oranlarda hatta daha fazla azaltmaktadır [42].

R- değeri, malzemenin sadece yalıtım kabiliyetini göstermektedir ve malzemenin tüm termal performansını ortaya koymak için yeterli değildir. Yapının termal performansı farklı özelliklerin karmaşık etkileşimleri sonucu ortaya çıkmaktadır. Yaygın olarak bilinen faydalı termal özelliklere sahip malzemeler;

- Yalıtım malzemeleri ve
- Isıl kütleye sahip malzemelerdir.

R-değeri tek başına dikkate alındığında, sadece yalıtım özelliği kullanılmış olur. Yalıtım ve ısıl kütlenin, havalandırma ve bina yerleşimiyle birlikte uyumlu bir şekilde kullanılması sonucunda iyi tasarlanmış bir bina oluşturulabilir.

Newcastle Üniversitesi'nde yapılan güncel çalışmalarla tipik yığma duvarların R-değerleri belirlenmiştir. Aynı R-değerine sahip duvarlar aynı yalıtım kabiliyetine sahiptir, fakat bu durum aynı şekilde termal performans için geçerli değildir [30, 42].

Çizelge 3.2 : Yığma duvarlar için R-değerleri [30].

Duvar	R-değeri
Yansıtıcı folyolu tuğla kaplama	1.14
Boşluklu Tuğla	0.82

Sadece ısı iletkenliği düşünülerek oluşturulan yapı elemanlarının istenen sonuçları vermediği görülmektedir. Isı yalıtımının yanında rutubet akımı ve yoğuşma olayının önemi yalıtım malzemesinde başka nitelikleri aramayı gerekli kılmıştır. Malzemede buhar difüzyon faktörünün büyük olması buhardan etkilenmeyi azaltmakta, sıcaklık değişimlerinden daha az etkilenmek ve ısıyı depo edebilmek için de yoğunluğunun büyük, ısınma ısıısının da yüksek olması beklenmektedir [39].

Katı malzemelerin ısı iletkenliği, malzemenin gözeneklilik derecesine, gözeneklerin büyüklük ve dağılım durumuna, malzemeyi meydana getiren maddelerin ısı iletim katsayılarına ve barındırdığı rutubet miktarına bağlıdır.

Gözenekler içindeki durgun havanın ısı iletkenlik değeri çok küçüktür. Gözenek miktarı arttıkça malzemenin birim hacim ağırlığı azalır. Birim hacim ağırlığı azaldıkça, ısı iletkenlik değeri de genellikle o oranda küçülür. Düzenli dağılmış, çok küçük gözenekleri olan bir yapı malzemesinin ısı iletkenlik değeri, düzensiz dağılmış, büyük gözenekli bir malzemeye oranla daha küçüktür. Ancak bazı hallerde küçük gözeneklerin uygun olmayan dağılımı ve birbiri ile bağımlı olması kılcal emme olayını yaratarak malzemenin nemlenmesini kolaylaştırır [34].

Isı yalıtımı açısından yapı bileşenlerini oluşturan malzemelerin ısı iletkenliği, ısı depolama ve soğuma-ısınma davranışı gibi özellikleri bir arada ele alınmalıdır.

Ayrıca, ısı yalıtım malzemeleri yangına, hasarata, koku ve buharlara karşı iyi bir dirence sahip olmalıdır. Diğer taraftan bazı yalıtım malzemeleri sağlık ve güvenlik açılarından potansiyel tehlike olabilmektedir. Bu sağlık etkileri, geçici sinirlilikten, vücut fonksiyonlarında ciddi değişimlere kadar uzanır. Sağlık açısından özellikle amyant içeren yalıtım malzemelerine dikkat edilmeli ve sentetik liflerle de ilgili bazı sorunlar olduğu unutulmamalıdır. Yalıtım malzemeleri ve yardımcı malzemelerinin yanması sonucunda ısı, tehlikeli gazlar, lifler ve tanecikler açığa çıkabilir [39].

3.3.1.3 Yapı Malzemelerinin Isı Depo Etme Yeteneği

Cisimlerin birim ağırlıklarına karşı, 1°C ısınmak için istedikleri ısı miktarının kcal olarak karşılığına “özüml ısı” denir ve “C” ile gösterilir. Özüml ısının birimi kcal/kg°C’dir. Bu değeri soğuma karşısında ısı depolama özelliği olarak düşünölmektedir. Suyun özüml ısıısı 1 kcal/kg.°C olarak kabul edilerek diğeri malzemeler değeriendirilirler.

Tuğla bünyeli malzemelerde $C=0.20\text{kcal/kg.}^{\circ}\text{C}$ alınabilir [39]. Lechner en düşük ısı depolama kapasitesine ($0,00025\text{ kcal/m}^3.^{\circ}\text{C}$) havanın sahip olduğunu, bir tuğlanın ortalama ısı depolama kapasitesinin ise $0,30\text{ kcal/ m}^3.^{\circ}\text{C}$ (suyun yaklaşık 1/3'ü kadar) olduğunu belirtmektedir [43].

Duvarlarda tuğla kullanımı, bir yapıda ısı kütlesi oluşturulması için uygulanan ekonomik ve kabul görmüş bir metottur.

Bütün yapı malzemeleri farklı seviyelerde de olsa ısı depolama özelliğine sahip olup, ısınma sırasında ısıyı depo etmektedir. Isı depolama özelliği, bir yapı bileşeninin özgül ısıya, yoğunluğuna, kalınlığına ve maruz kaldığı sıcaklık farkına bağlıdır ve ısı ataleti (B) ile gösterilir. Yapı bileşeninin ısı ataletinin yeterli olması, dış ısı değişimlerinin yapı dış kabuğu tarafından dengelenebilmesi bakımından, yapının iç elemanlarının ise asgari bir ısı depolama yeteneğinde olması, iç ortamdaki ani ısı değişimlerinin dengelenebilmesi bakımından istenir.

Isı ataletleri yüksek bileşenlerden oluşan yapılarda, kış aylarında iç mekanların havalandırılması veya ısıtma sistemlerinin durdurulması hallerinde soğuma kısa sürede olmaz, yaz aylarında da yapının ısınması geciktirilmiş olur. Yapılar ısı etkilerine karşı davranışları açısından incelenirken ısı iletkenliği ve ısı ataleti özellikleri birlikte düşünülmelidir.

Yaz aylarında özellikle suni iklimlendirme yapılmayan yapılarda iç ortam şartları tamamıyla dış kabuğun fiziki özelliklerine bağlı kalmaktadır. Bu bakımdan dış kabuğu oluşturan yapı malzemesinin ısı ataleti iç ortam konfor şartlarını belirleyen önemli bir özellik olarak ortaya çıkmaktadır. Isı atalet iki kavramdan oluşmaktadır. Bunlar;

- Salınım frenlemesi ve
- Faz gecikmesidir.

Dış duvar yüzeyindeki gece ve gündüz arasındaki sıcaklık salınımları malzemenin ısı iletkenlik değeri ve ısı depolama yeteneğine bağlı olarak belli bir süre gecikme ve belli bir frenleme ile duvar iç yüzüne geçerler.

Salınım frenlemesi dış salınım/iç salınım oranı olarak ifade edilmektedir. Konfor şartlarının sağlanması bakımından bu oranın mümkün mertebe büyük olması arzu edilmektedir. Faz gecikmesi ise duvar dış yüzündeki bir ısı dalgasının duvar iç yüzüne geçmesi için gereken zaman aralığı olmaktadır. Konfor şartlarının sağlanması bakımından faz gecikmesinin de 12 saat civarında olması istenir. Çünkü bu şekilde günün en sıcak saatinde duvar iç yüzü sıcaklığı en yüksek seviyeye ulaşmaktadır. Ancak, 9-10 saatlik bir gecikme de konfor şartlarını sağlamak için yeterli olmaktadır.

Yaz aylarında, yapının iç ortamında konfor şartlarının sağlanabilmesi için dış kabuğu teşkil eden yapı malzemelerinin ısı depolama ve ısı iletkenlik değerlerinin belli bir uyum içinde olması gerekmektedir. Yüksek ısı depolama yeteneğine sahip ancak ısı geçirgenlik direnci düşük olan beton ile yüksek ısı geçirgenlik direncine sahip ancak ısı depolama özelliği olmayan polistren malzemeleri bu özelliklerinin bir uyum içinde olmamasından dolayı düşük ısı ataleti değerlerine sahiptirler [39].

3.3.1.4 Enerji Verimli Bina Tasarımı

Enerji verimli bina tasarımı ve yapımının, binalardaki mekan ısıtması ve soğutması için harcanan enerji miktarını kalıcı olarak azalttığı bilinmektedir.

Enerji verimli bir bina tasarımında yalıtım malzemeleri kullanımından önce pasif tasarım yöntemlerinin uygulanması daha doğru bir yaklaşımdır. Pasif tasarım, basit yapım teknikleri kullanarak yapılarda doğal enerjinin değerlendirilmesini sağlayan bir yöntemdir. Pasif tasarım doğal enerjiyi kullanarak mekanik ısıtma ve soğutmaya olan ihtiyacın azaltılmasını sağlar (Şekil 3.2) [30].

Ülkemizde yürürlükte olan mevcut yönetmelik ideal olarak uygulansa dahi, gelişmiş ülkelere nazaran çok daha fazla yakıt sarf edilmektedir. Değişik ülkelerde yürürlükte olan, yapılarda ısı yalıtımı yönetmelikleri ile ülkemizdeki yönetmeliği karşılaştırmak amacıyla, farklı yönetmeliklere uygun olarak aynı mimari projeye göre yapılan bir binadaki ısı kayıpları incelenmiştir [35].

Bu çalışmadan çıkan sonuçlara göre;

- Derece-Gün sayıları olarak Türkiye'nin 1. İklim bölgesi, Fransa'nın 1. İklim bölgesine, Türkiye'nin 2. İklim bölgesi Fransa'nın 2. ve 3. İklim bölgelerine ve İngiltere'nin tamamına ve İsveç'in güney kısmına uymaktadır.

- Türkiye’de yürürlükteki ısı yalıtım kurallarına göre yapılan yapılardaki ısı kaybı, Almanya, Avusturya, Fransa, İsveç ve İngiltere gibi ülkelerin benzer iklim koşullarındaki yapılarıyla karşılaştırıldığında çok fazladır. Dolayısıyla, ülkemizde çok daha fazla yakıt sarfiyatı ve çevre kirlenmesi söz konusudur.

Bu çalışmada belirlendiği üzere;

- Ülkemizin 1. İklim bölgesinde Fransa’ya nazaran %46,
- Ülkemizin 2. İklim bölgesinde Fransa’ya nazaran %53, İngiltere’ye nazaran %27,
- Ülkemizin 3. İklim bölgesinde Avusturya’ya nazaran %20, Almanya’ya nazaran %25 ve İsveç’e nazaran %230 daha fazla ısı kaybı yani daha fazla yakıt sarfiyatı olmaktadır [35].

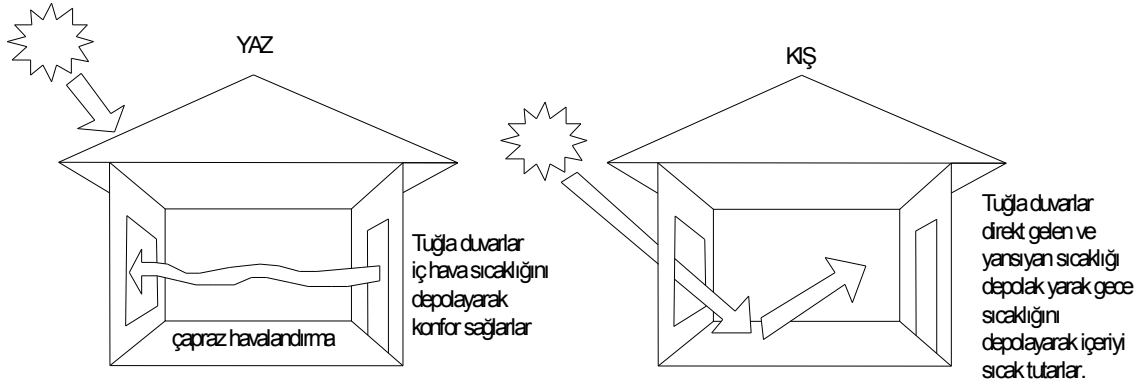
Yapının yapılacağı bölgenin iklimi ve evin doğal çevresine göre konumu elde edilecek ısı performansın ilk ve önemli etkenlerindendir. Bölge ikliminin yaz ve kış aylarındaki karakteri yapılacak yapının hangi duruma göre tasarlanması gerektiğini belirlemektedir [44].

Aşağıda sıralanan faktörler bir konutun pasif olarak ısıtılması ve soğutulması için bir arada düşünülmelidir:

Yerleşim, konutun doğal olarak ısıtılması ve soğutulmasına yardımcı olur. Örneğin çatı saçağı dik gelen yaz güneşini keserken, yatık gelen kış güneşi pencerelerden girerek evi ısıtır.

Yaz aylarında yaşanan aşırı elektrik tüketiminin, güneşin pozisyonuna uygun şekilde konumlandırılmış ve kalın tuğla duvarlarla oluşturulmuş yapılar yapılar azaltılabileceği düşünülmektedir [44].

Yalıtım, ısı kaybını önleyen bir bariyerdir. Kışın ısının içeride tutulmasını sağlarken, yazın da ısının içeriye girmesini engeller. Isı depolama kabiliyeti olan yoğun duvar malzemeleri kullanılarak konut içerisinde orta seviyede bir sıcaklık oluşması sağlanır [30].

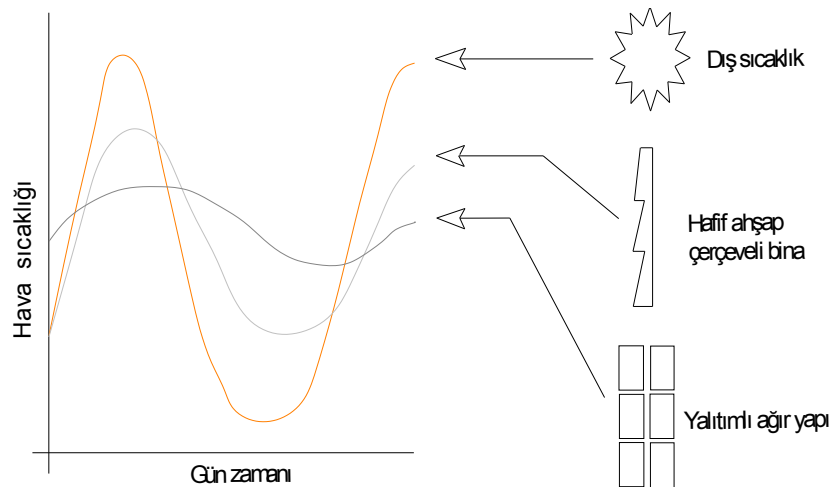


Şekil 3.2 : Pasif tasarım esasları [30].

3.3.1.5 Tuğlanın Enerji Verimli Bina Tasarımındaki Rolü

Konut tasarımında ısııl kütleden faydalanılması için yoğun yapı malzemelerinin kullanılması gerekmektedir. Hafif malzemeler düşük ısııl kütleye sahiptirler. Tuğla, bir yapının ısııl kütleye sahip olabilmesi için kullanılan kabul görmüş, ispatlanmış ve ekonomik bir yöntemdir.

Sıcak bir ortamda tutulduğunda yoğun malzemelerin (örneğin; tuğla gibi) ısıyı depolama yetenekleri vardır. Bu şekilde ısıının geçişini yavaşlatmış olurlar. Termal depolama ve ısı iletimi özellikleri bu malzemelerin çok etkin bir “termal pil” gibi davranmalarını sağlar. Diğer pasif tasarım bileşenleri ile birlikte, ısııl kütle sıcaklık değişimlerini dengeler (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 : Tuğla gibi yoğun duvarların iç sıcaklığı sabit tutması [30].

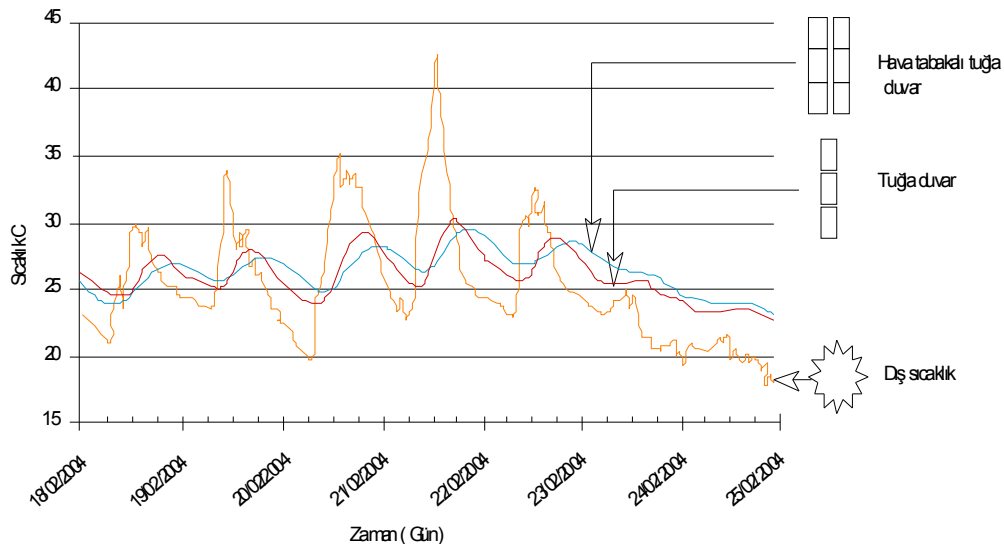
Isıl kütle yaz aylarında, dışarıdaki sıcaklığın duvarlardan geçişini yavaşlatarak yapı içerisindeki sıcaklığı orta seviyelerde tutmaktadır. Bu termal gecikme dışarıdaki sıcaklığın büyük bölümünün yapı içerisine girmesini engeller. Kış mevsiminde, ısıl kütle güneşten ve diğer ısı kaynaklarından gelen sıcaklığı depolar ve akşam olduğunda depoladığı ısıyı yapının içine geri verir. Isıl kütle kış güneşine doğru dönük olması durumunda kışın özellikle faydalı olmaktadır.

R-değeri ile yeterince sembolize edilemeyen ısıl kütleyi ölçmenin yaygın olarak kabul edilmiş bir yöntemi yoktur. Aslında ısıl kütleye sahip malzemeler R-değerinin gösterdiğinden daha çok termal performans gösterirler [30].

3.3.1.6 Isıl Kütle Performans Testi

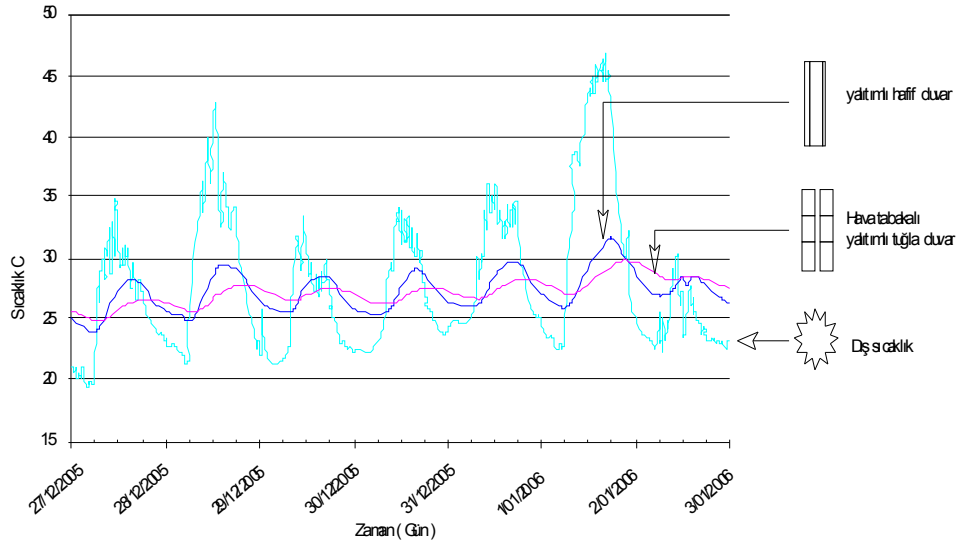
Newcastle Üniversitesi'nde yürütülen bir araştırma programı tuğlanın sahip olduğu yüksek kapasiteli ısıl kütlenin yapı içerisindeki sıcaklığı dengelediğini göstermiştir. Araştırma Avustralya'da yapılmış olup, bu araştırmada kapsamlı ölçme sistemleri kullanılarak büyük bir araştırma programı yürütülmüştür.

Tek kat tuğla ve hava tabakalı tuğla duvarlar üzerinde yapılan analizler göstermektedir ki; tuğlanın ısıl kütle özelliği dışarıda yaşanan sıcaklık değişimlerini yapı içerisinde insan konforunu artıracak şekilde dengelemektedir. Aşağıdaki grafik ısıl kütlenin yaz sıcakları sırasında sağladığı faydaları göstermektedir [30].



Şekil 3.4 : Tuğla malzemenin ısıl kütle özelliğinin iç sıcaklıkları açısından sağladığı fayda (Avustralya) [30].

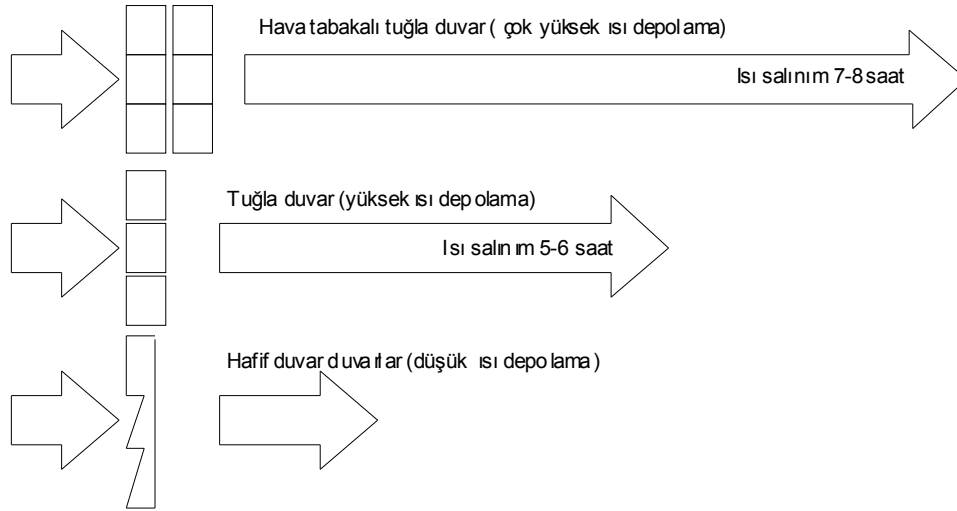
Şekil 3.4'te, hava tabakalı tuğla duvarın daha düşük bir R-değerine sahip olmasına rağmen tek kat tuğla duvara göre daha etkili olduğu görülmektedir. Elde edilen bilgiler başlangıç seviyesinde olmakla birlikte, aşağıdaki grafiğin gösterdiği gibi yalıtımlı hafif duvar modülü yalıtımlı hava tabakalı duvar modülüne göre daha yüksek sıcaklık değişimleri göstermektedir, (Şekil 3.5). Bu farklılığın hava tabakalı duvar modülünün daha yüksek ısıl kütesinden kaynaklandığı düşünülebilir.



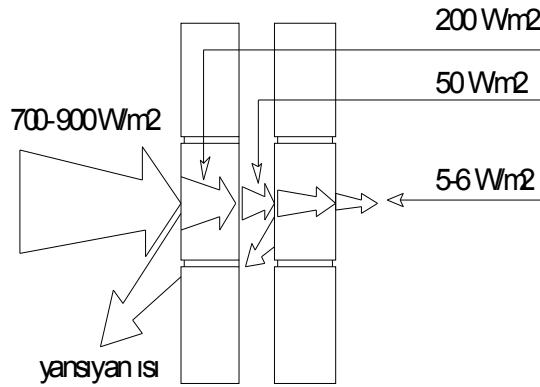
Şekil 3.5 : Yalıtımlı hafif duvar modülü hava tabakalı tuğla duvara göre daha yüksek sıcaklık değişimleri göstermektedir (Avustralya) [30].

Tek tabaka tuğla duvar ve hava tabakalı tuğla duvarın sağladığı termal gecikme miktarı bu araştırma sayesinde belirlenmiştir. Termal gecikme ısıl kütenin ısıyı depolaması ve geçişini yavaşlatmasının bir ölçüsüdür. Şekil 3.6'da gösterildiği gibi, ısıl kütle kapasitesi ne kadar yüksek olursa, gecikme zamanı da o kadar uzun olmaktadır.

Araştırma, ayrıca yaz güneşinin vurduğu hava boşluklu tuğla duvardan sıcaklığın sadece küçük bir miktarının geçtiğini göstermiştir, Şekil 3.7. Sıcaklığın çoğu yansımakta ve bir miktarı depolanmaktadır. %1'den daha az bir kısmı duvarı aşarak yapı içerisine geçebilmektedir. Aynı yöne bakan gölgelenmiş bir pencereden geçen 120 W/m^2 ile karşılaştırıldığında bu değer daha iyi anlaşılacaktır.



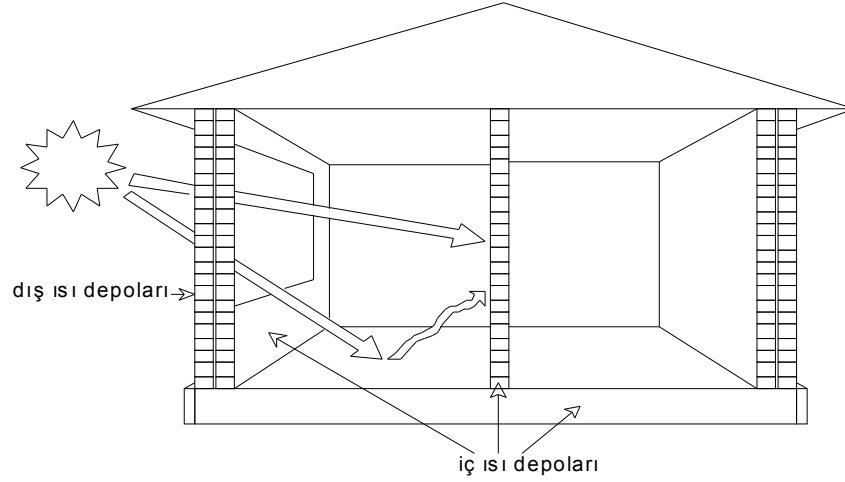
Şekil 3.6 : Isıl kütle kapasitesi yüksek olan tuğla duvarların ısı salınım süresi uzundur [30].



Şekil 3.7 : Yazın hava tabakalı tuğla duvarlarda sıcaklığın %1'den daha az bir kısmı duvarı aşarak yapı içerisine geçebilmektedir [30].

Özetle, bu araştırma tuğlanın ısıl kütle özelliğinin sıcaklığı doğal olarak dengelediğini ve suni olarak yapılacak ısıtma ve soğutma ihtiyacını azalttığını göstermektedir. Ayrıca, sıcaklık kaybının %49'una ve sıcaklık kazanımının %87'sine sebep olan pencereler yapının kritik bir elemanıdır. Newcastle Üniversitesi'nin araştırması çatı ve tavan yalıtımının önemini ortaya koymaktadır. Çatıda oluşan sıcaklıkların 70°C'ye kadar çıktığı tespit edilmiştir [30].

Yapı içerisindeki ısıl kütle konutun iç hacmiyle doğrudan etkileşime girmektedir. Konutun içerisindeki bölücü duvarlar tuğla ile oluşturulduğunda hem ses hem de ısı anlamında fayda sağlamaktadır [30].



Şekil 3.8 : Diğer yapı bileşenlerinin ve ısıtılmanın etkileri [30].

Türkiye’de yapılan bazı araştırmalarda da: binalardaki ısıtılmanın sakınımı, yalıtımdan daha önemli sayılmaktadır. Sadece ısı yalıtımı ile hesaplama yapıldığı takdirde çok ince ve hafif panolarla bir dış duvar yapılabilir. Bu tür bir yalıtım, enerji verildiği sürece etken olmakta, bünyesinde ısı saklayamamaktadır. Özellikle sabah akşam sıcaklık farkının büyük olduğu ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde, iç hacim sıcaklık farkı da büyük olmaktadır.

Aynı ısı yalıtım kurallarına göre tasarlanmış iki dış duvar karşılaştırıldığında:

- 1- Hafif ve yüksek yalıtkanlığı olan malzeme ile imal edilmiş dış duvarlı bir binada dışarıdaki sıcaklık $4 - 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında değişirken, iç sıcaklık ($15 - 25\text{ }^{\circ}\text{C}$) arasında değişmiş,
- 2- Aynı ortamda normal tuğla ile imal edilmiş bir binada ise, aynı ısı sarfiyatına karşılık iç sıcaklık ($18 - 22\text{ }^{\circ}\text{C}$) arasında değişmiştir.

Soğuk mevsimlerde iç sıcaklığı daha fazla tutabilmesi, sıcak mevsimlerde de günün en sıcak saatlerinde iç sıcaklığı serin tutabilmesi tuğla yapıya büyük avantaj sağlamaktadır.

Soğuk günlerdeki ılık tutabilme yeteneğini, gecenin en soğuk saatlerinde kendiliğinden yapması tuğlaya önem kazandırdığı gibi, aynı sıcaklığa sahip olabilmek için hafif yalıtkan malzemeli binanın 3-4 saat daha fazla ısıtılması gerektiği de düşünülürse, tuğla malzemesinin ısıtılma performansı yanında ekonomik olduğu da görülmektedir.

Tuğla'nın ekonomikliği, bir kış mevsimi boyunca 10-12 saat sürekli ısıtma yerine, 8-10 saatlik ısıtılmanın yeterli olması demektir. Bu yeterlilik %20 gibi önemli bir oranda enerji tasarrufu sağlaması ile çevre sorunlarının çözümüne katkı sağlamaktadır [34].

3.3.2 Su Yalıtımı

Yapılarda su - nem yalıtımı, nereden, ne şekilde, hangi şiddette gelirse gelsin, suyun veya nemin yapıya veya kapsadığı hacimlere zarar vermesini önlemek amacıyla uygulanır. Su yalıtımı, su ve nemin ahşap, metal, taş, tuğla gibi gereçler üzerindeki olumsuz etkilerine karşı uygulanır.

Bina bünyesine çeşitli biçimlerde giren su, yapı elemanlarında ve iç ortamda çeşitli sorunların oluşmasına neden olur. Bu sorunlardan bazıları; iç ortam nem dengesinin bozulması, çiçeklenme ve beyaz lekeler, duvar kaplamalarında kabarma ve dağılmalar, yüzey çatlakları, derzlerin belirginleşmesi, su basman bölgesinde lekelenmeler, korozyon, çürüme, küf ve mantarlar, bakterilerin ve böceklerin üremesi, mobilyaların çürümesi, ısı yalıtım ürünlerinin bozulması, ısı direncinin azalması ve iç ortam hava kirliliğidir. Bu sorunlar binayı kullanan bireyler üzerinde etkili olmaktadır [45].

Islak hacimlerde kullanımdan kaynaklanan kullanım suları ve buharlaşmalar, sıcaklık farklarından oluşan terleme suları ve yapı elemanları bünyesinde var olan nem iç ortamdan kaynaklanan su sorunları olarak ortaya çıkmaktadır.

Su yalıtımı, yapının ısıl performansını ve konfor şartlarını etkileyen önemli kriterlerden birisidir. Suyu maruz kalan dış duvarlar ve bünyesinde suyu hapseden ve kurummasına izin vermeyen yapı malzemeleri, ısı yalıtım malzemelerinin ısı yalıtım değerlerini de “sıfır”a düşürmektedir. Bu sebeple, tam ısı korunumu sağlamak ve suyun yapıya vereceği zararları bertaraf etmek için de suyun yapıdan uzaklaştırılması ve gerekli tedbirlerin alınması önemlidir [17, 29, 33, 45].

3.3.2.1 Yağmur Geçişine Yardım Eden Etkenler

Dış duvarlarda su yalıtımı, taşıyıcı veya taşıyıcı olmayan duvar için çok önemli bir özellik olup, malzeme ve konstrüksiyon sistemi seçiminde kararı etkileyecek bir kriterdir.

Bünyesi suya karşı yeteri derecede geçirimsizlik sağlamayan (yani geçirgen olan) taşıyıcı duvarlar, sünger yapıli malzemeler, ince duvarlar özel satih tedbirlerini gerektirir veya bir başka yeterli sistem seçimini zorunlu kılar.

Binayı tahrip edici etkilerinden korumak için alternatif stratejiler üretilmeden önce suyun yapı elemanlarına nüfuz etme mekanizmasını tanımlamak gerekmektedir. Suyun bina içine nüfuz etmesi için üç temel şartın var olması gerekir;

- Yapı elemanının bünyesine su alması için en az bir gözenek,
- Bu gözeneğin başlangıcında bir su kaynağı ve
- Suyu gözeneğe karşı itecek bir kuvvet.

Bu şartlardan herhangi biri mevcut olmazsa, örneğin; gözeneğin ağız kısmındaki suyu gözeneğe itecek bir kuvvet olmazsa su yapı elemanının bünyesine nüfuz edemeyecektir.

Bu kuvvetler;

- Yağmur damlasının kinetik enerjisi,
- Kapiler emme kuvveti,
- Yer çekimi kuvveti,
- Hava basınç farkları ve hidrostatik basınçtır.

Yapı elemanının yüzeyine rüzgar ile gelen yağmur damlasının sahip olduğı kinetik enerji, yağmur damlalarının boyutu 5 mm olan gözeneklerden içeri taşınmasına neden olur. Kapiler kuvvetler, çapı 0.5 mm'den daha az olan gözeneklerin mevcut olduğı ortamlarda, suyu gözenekli malzemenin yüzeyinden içeri doğru emerler. Kapiler emme, yerçekimi ve hava basınç farkları gibi diğer kuvvetler ile birlikte çalışabilir [23].

Yerçekimi kuvveti, suyun düşey yüzeylerden veya elemanların bünyesi içindeki, boyutu 0.05 mm'den büyük olan gözeneklerden aşağı doğru akmasına neden olur. Bir gözeneğin her iki tarafındaki hava basınç farkları, hareketsiz bir yağmur damlasını veya nemi, boyutu 0.5mm ile 5 mm olan gözenekler içine iter. Hidrostatik basınç ise suyu yapı toprak alt elemanlarının bünyesine, boyutu sıfırdan (0) büyük olan gözeneklerden içeri taşır [33, 39].

Rüzgar ve hava basıncı, duvardaki çatlak ve deliklerden yağmur suyunun girişini hızlandırır, kolaylaştırır; suyun çok daha içerilere nüfuzunu artırır. Duvarın çok daha içerisine nüfuz etmiş suyun buharlaşarak dışarı çıkması güçleşir, uzun sürer. Yağmur miktarı ile rüzgar hızına bağlı olarak belirlenen “Rüzgarla İtilen Yağmur” değeri arttıkça yapı dış kabuğunda havalandırmasız veya basınç dengeli (havalandırmalı) hava tabakalı duvar sisteminin kullanılması önerilmektedir [23, 46].

Suyun duvar içine nüfuzunda en önemli etkenler rüzgar hızı, hız ile orantılı olarak artan rüzgar basıncı ve bina içi ve dışındaki havanın ısı dereceleri arasındaki farktır. Bina, yüksekliği arttıkça daha yüksek bir rüzgar hızı ile karşılaşacaktır; daha yüksek rüzgar hızı ise satıhta daha çok basınç yaratacaktır. Bina içi ve dışındaki havanın farklı ısı dereceleri, yani dışarıda soğuk, içerde sıcak havanın yoğunluk farkları, dolayısıyla soğuktan sığa doğru bir hava akımı söz konusudur ki; bu da çatlak ve deliklerden yağmur suyunun içeriye itilmesine sebep olacaktır [12, 23, 27, 21].

3.3.2.2 Yağmur Geçişi ve Duvar Bünyesindeki Çatlak ve Delikler

Tuğla ve bloklarla yapılmış duvarlar yağmuru bir miktar emerler. Duvar bünyesi tarafından emilen yağmur suyu, yağmur periyoduna bağlı olarak duvar içinde kalır; sonrasında da buharlaşarak duvar gövdesini terk eder. Bu durum tam geçirimsiz satıhlı duvarlar hariç, hemen bütün duvarlar için geçerlidir.

Yağmur suyunun duvarın içine girişine duvar bünyesini meydana getiren tuğla ve harç sebep olur.

Denemeler yağmur suyunun daha çok, tuğla ile harcın yapışma yüzeyinde kalan aralıklardan ve rötre sebebiyle meydana gelen yine aynı yüzeydeki çatlaklardan geçtiğini göstermiştir.

Yağmur suyu, ayrıca, duvarda başka sebeplerle meydana gelen çatlak ve deliklerden yol bularak duvar iç yüzüne ulaşabilmektedir. Isı farkları, nemlilik (ıslaklık) ve bu faktörlerden kaynaklanan uzama – kısalmalar iç gerilmelere sebep olmakta; bunlar yapının diğer elemanlarının uzama-kısalmayı tutuculuğuna da bağlı olarak, çatlakları meydana getirmektedirler. Yüklerden doğan deformasyonlar da duvar bünyesinde bariz çatlakları yaratarak yağmur suyunun iç yüze geçişini daha da kolaylaştırmaktadır.

Duvar bünyesinde meydana gelen bu boşluk ve yolları kapatmak gerekmektedir. Bu boşluk delik ve çatlaklar aynı zamanda rüzgar geçişine de sebep olmaktadır. Nitekim sıvasız dolu tuğladan yapılmış 22cm'lik bir duvar, 16km/saat hızla esen rüzgar altında $0.112 \text{ m}^3/\text{saat}$ hava geçirmektedir. Bir başka teste göre, bir- buçuk tuğla kalınlığındaki (33cm.) gözenekli, sıvasız tuğla duvarın 9.29 m^2 'lik yüzeyinde boşluk sathı yaklaşık olarak 20 cm^2 'dir. Sıva bu boşluk ve çatlakları kapatan bir eleman ve tedbirdir. Bir buçuk tuğla kalınlığında aynı duvar sıvandığı takdirde boşluk ve delik alanı 0.03 cm^2 'ye düşmektedir. Görülüyor ki; sıvalar, çatlak ve delikleri kapatmak suretiyle su geçişini nispeten önleyebilmektedir. Ancak, çok yağışlı şartlarda bazı problemleri de (çatlama ve dökülme) birlikte getirerek etkinliklerini kaybetmektedirler. Bu bakımdan sıvaların da güvenilirliği tam değildir [12, 29, 33, 38].

3.3.2.3 Tuğlanın Suya ve Donma Etkisine Karşı Dayanımı

Yapı üretiminde kullanılan doğal taş, tuğla, kiremit, beton, harç v.b. malzemeler basınç dayanımı ile denetlenen gevrek ve gözenekli cisimlerdir, gözenekli oluşları nedeni ile su emme ve su geçirme özelliğine sahiptirler. Gözenekli yapı malzemelerinde donma, çözülme, ıslanma-kuruma gibi olaylar sonucunda hasarlar ve performans kayıpları söz konusu olmaktadır. Bu olayların önlenmesi için malzemelerin seçiminde ve üretiminde boşluğun azaltılmasına özen gösterilmeli, yapı elemanları sudan korunmalıdır [27, 47].

Tuğlaların pişirilmesi sırasında, içinde sonsuz sayıda mikroskobik çatlak, boşluk ve geçitler oluşur. Bu boşluklar tuğlanın bütün önemli özelliklerini etkilerler.

Porozite, tuğla içindeki boşluk hacminin tuğlanın dış hacmine oranıdır ve yüzde olarak belirtilir. Bunun için tuğla önce kuru olarak tartılır, daha sonra suyun içinde tutularak bütün deliklerin su ile dolması sağlanarak, tekrar tartılır. Aradaki ağırlık farkı suyun özgül ağırlığına bölünerek boşluk hacmi bulunur. Ancak tuğladaki boşluklar içinde bulunan hava, suyun boşluğa girmesini engelleyebilir. Bunun için tuğlaların su içinde kaynatılması ve soğuduktan sonra bu boşluklara suyun dolması beklenir. Genellikle tuğlanın porozitesi %25'den fazla ise, porozite değeri arttıkça basınç dayanımı azalır. Hava koşullarına açık ve sıva ile kaplanmayacak tuğlalarda porozite %15'ten yüksek olmamalıdır.

Tuğlanın içindeki boşluk ya da gözeneklere giren su donarsa tuğlayı çatlatır ve tuğla zaman içinde parçalanarak hasar görür. Tuğla su ile doymuş ise donmanın etkileri daha büyük olur. Kısmi olarak su ile doymuş tuğlalarda donan su, tuğlanın içindeki havayı sıkıştıracağı için donmadan dolayı çatlama tehlikesi daha azdır.

Donmaya dayanıklı tuğlaların özellikleri şu şekilde olmalıdır:

1- Beş saat kaynatmadan sonra ağırlık cinsinden su emme oranı % 7'den büyük olmamalıdır.

2- 24 saat suya batırılmış durumda hesaplanan su emme oranı ile 5 saat kaynatma sonucu bulunan su emme oranı arasındaki oran olarak tanımlanan “doyma katsayısı” 0.6 olmalıdır. Başka bir ifadeyle boşlukların %40'ı hava ile dolu olmalıdır.

3- Tuğlanın basınç dayanımı 500 kg/cm^2 'den yüksek olmalıdır. Tuğlanın su emme oranının yüksek olmasının bir başka sakıncası da yüksek su emme oranlı tuğlanın harcın suyunu emerek harcın sertleşmesine ve tuğlaya tam yapışmasına engel olmasıdır. Bunu önlemek için tuğlanın harcın suyunu emmeyecek kadar su ile doymuş olması gerekir. Tuğlanın su emme gücü yüksek ise uygulamadan önce tuğlanın ıslatılması yararlıdır [19, 21, 33, 38, 48, 49].

3.3.2.4 Derz Harcı

Duvar derz harçları kagir duvar elemanlarını birleştirmek, bu duvar elemanlarının yatay ve düşey boşluklarını doldurmak amacıyla kullanılan kireç, çimento veya melez harçlardır. Derz harçlarında iri kum kullanılır. Bağlayıcı malzeme miktarı ise yapının cinsine, zemin gerilmesine, duvarın taşıyıcı olup olmadığına göre değişir.

Çeşitli oranlarda kum, kireç ve/veya çimento karışımı harçlar ile tuğla duvar örülebilir. Yalnız çimento veya çimento-kireç ya da yalnız kireç, priz elemanı olarak, kumla karıştırılmak suretiyle çeşitli harçlar elde edilir. Priz elemanı olarak yalnız çimento kullanılan harçlar kuvvetli; yalnız kireç kullanılanlar zayıf; çimento – kireç karışımı olanlar da bu iki uç arasındaki çeşitli mukavemet değerlerine ve özelliklerine sahiptirler. Taşıyıcı duvarlarda 300 kg, zararlı su ile temasta olan yerlerde 400-600 kg dozajlı çimento harçları, taşıyıcı niteliği çok önemli olmayan yerlerde melez harç, taşıyıcı niteliği yanında su etkisinin de bulunmadığı yerlerde ise 250-300 kg dozlu kireç harçları kullanılır [27, 29, 32, 33, 38].

Bu özelliklere uygun tuğla kullanılmadığı takdirde harçla tuğla arasındaki yapışma (adhesion) yeterince olamamaktadır. (Örneğin, çok su emen tuğla ile kuvvetli harç kullanıldığında tuğla, harcın suyunu alarak prizi aksatmakta; priz ve yapışma tam olamamaktadır.) Böylece tuğla ile harç arasında kalan kılcal aralık ve satırlar yağmur suyunun geçişini kolaylaştıran yol olmaktadır. Harcın kendisinin suyu geçiren bir eleman olarak büyük bir problem olmak niteliği tuğlaya nazaran daha azdır.

Örneğin; 22 cm'lik tuğla ile örülmüş bir duvarda yapılan gözleme göre, duvarın iç yüzünde bağ sırasına isabet eden yerde yağmur suyu görülmüş, dizi sırasında ise iç ve dış taraf tuğla dizileri arasındaki harcın su geçişine bir miktar engel olduğu sonucuna varılmıştır. Duvarın yağmur geçirgenliğini azaltmak ya da ortadan kaldırmak için kuvvetli harçla (çimento-kum karışımı) yoğun tuğla kullanmak en uygun çözüm şekli olarak görülmektedir. Ancak işçilikteki aksaklıklar ve rötre çatlakları bu çözümü de etkisiz kılabilmektedir. Rötre çatlaklarının ortadan kaldırılması uygulamada pek mümkün olamamaktadır. [12, 17, 19, 45, 49]

Duvar yapımında çimento-kum harcı kullanılması durumunda, işleme (duvar örme) kolaylığı ortadan kalkmaktadır. Pres tuğla duvarlarda, tuğla harcın suyunu hemen emmekte ve tuğla ile harç arasındaki yapışma sağlanamamaktadır. Oysa biraz kireç ilavesiyle harçta işleme kolaylığı sağlanacak; buna karşılık duvar mukavemetinde çok önemli bir azalma olmayacaktır. Bu durum, Çizelge 3.3'deki bağlayıcı - kum oranı birbirinden farklı 5 harç içerisindeki çimento-kireç oranı değiştirilerek örülen duvarların mukavemet değerlerinde meydana gelen değişimlerden anlaşılmaktadır.

Çizelge 3.3 : Harç oranlarının tuğla duvar mukavemetine etkisi [12].

Çimento ve kirecin, kuma oranı (hacim olarak)	Aşağıdaki kireç:çimento (hacim olarak) oranlarındaki harçla örülmüş tuğla duvarın, 1:3 çimento harcıyla örülmüş tuğla duvarın mukavemetine oranla mukavemeti.						
	Tümü çimento	50:50	60:40	70:30	80:20	90:10	Tümü kireç
1:1	—	72	70	66	58	47	— 48 —
1:1½	—	87	84	77	68	56	
1:2	96	94	90	84	74	60	
1:3	100	96	92	87	79	65	
1:4	—	92	87	81	71	59	

Bağlayıcının (çimento veya kirecin) kuma oranı 1:3 olduğu zaman bağlayıcı olarak yalnız çimento kullanıldığında tuğla duvarın mukavemetine 100 denilirse, yine aynı oranda, fakat bağlayıcı olarak yarı yarıya kireç/çimento kullanıldığında bulunan mukavemet % 4 oranında azalmaktadır. Oysa bağlayıcı olarak yarı yarıya kireç/çimento kullanılarak elde edilen melez harç daha işlenebilir özelliktedir [12].

Performansa dayalı tasarım ve uygulama yapılması amacıyla; tuğla ile uyumlu bir harç birleşimi belirleyerek yapım aşamasında ve yapının ömrü boyunca yaşanabilecek sorunları en aza indirmek için yapım öncesinde deneme duvarları yapılabilmektedir [50].

3.3.2.5 Yağmurun Duvar İç Yüzüne Geçişini Önlemek İçin Uygulanan Metotlar

Yağmur suyunun duvar bünyesine ve duvar iç yüzüne geçişini önemli derecede etkileyen faktör rüzgardır. Yağmur suyunun bina içine geçişini binanın yer ve konumu ile birlikte düşünmek gerekir. Açık arazide rüzgar bina yakın çevresinde de çok şiddetli ve etkin olur; şehir içi meskun yerler rüzgardan daha çok korunmuşlardır. Açık arazide yapılmış çok alçak, ya da şehir içinde çeşitli binalarla korunmuş bir yapıda dış duvarlar, özellikle rüzgardan korunmuş olurlar. Yüksek binalar şehir içinde de yapılmış olsalar daha yüksek bir rüzgar hızı ve basıncına maruzdurlar. Deniz kıyısına ya da sahil sırtlarına yerleştirilmiş binaların dış duvarları, rüzgar sebebiyle, yağmur sularını çok daha kolaylıkla içeri geçirebilirler.

Binalarda geniş saçaklar yağmur suyundan duvarları kısmen korurlar. Yüksek binalarda bu saçaklar önemlerini kaybederler; çünkü koruyabildikleri yüzeyler rüzgar etkisiyle azalmıştır. Dış duvar yüzeyine adeta bir tabaka halinde yayılan yağmur suları ağırlıklarıyla aşağı süzülürler ve duvarın alt kısımlarında gittikçe artarak duvar içine doğru yayılmak ve ilerlemek isterler [12, 23].

Ayrıca, yağmur suyunun duvar iç yüzüne geçişini önlemek için değişik malzeme ve çeşitli metotlar uygulanabilmektedir. Bu metotlar:

- 1- Duvarın dış yüzeyini su geçirmeyen (impervious) bir malzeme ile kaplamak:

Bu metot bir satıh çalışmasıdır. İlk bakışta uygun bir tedbir olarak görülmektedir. Sıvı malzemeler kullanılmak suretiyle, duvar yüzeyinde bir film teşkil edilerek suyun duvar bünyesine geçişi önlenabilir; veya metal, çimentolu asbest levhalar ya da cam mozaik, sırlı karo seramik, tabii, suni taş gibi kaplamalar veya iyi dizayn edilmiş ahşap kaplama kullanılarak geçirimsizlik sağlanır. Ancak, duvar bünyesindeki ısısal genleşmeler, yüklerden dolayı meydana gelen deformasyonlar ya da binanın oturmasından dolayı meydana gelen bir takım çatlaklar, harçla tespit edilen veya sürülen su geçirmez satıh malzemesini de çatlatarak bu metodu başarısız kılabilir.

2- Duvar bünyesi geçirgen olduğuna göre, duvarı iki yağmur devresi arasında suyun buharlaşarak çıkabileceği ve böylece iç yüze erişemeyeceği kalınlıkta yapmak:

Bu metot asırlar boyunca uygulanmıştır. Aynı zamanda artan yükleri karşılamak gibi ikinci bir amaca hizmet eder. Ancak bu yöntem ekonomik olmamakla birlikte su emmiş kalın bir duvarın kuruması için gerekli açık havalı süre uzun olmalıdır.

3- Duvarı iç ve dış yüzleri arasında, düşey düzlemi içinde ikiye bölüp araya sürekli bir hava boşluğu koymak (hava tabakalı duvar):

Hava tabakalı tuğla duvar sistemi, su dış duvar tabakasından içeri girse bile aradaki hava tabakasından duvar dışına atılması ve sağlanan havalandırma sayesinde duvarın kuru kalması açısından uygulanabilir önemli sistemlerden biridir.

Hava tabakalı bir duvarın ön tabakası yağmur yağarken önce doyuncaya kadar su almaktadır. Rüzgâr basıncının etkisi ile suya doymuş derzli ön duvar tabakası ve derz harcından su girebilmekte ve arka tarafa aktarılmaktadır. Burada yağmur damlasının kinetik enerjisi ön duvar tabakasının tampon etkisi ile sönümlenmektedir. Bu durum yağmur döneminde ön duvar tabakasının su alma özelliğine bağlı olarak gerçekleşmektedir. Klinker tuğlalardan oluşturulan ön duvar tabakalarında malzemenin emme kabiliyeti daha az olduğundan su geçişi de daha az olmaktadır.

Rüzgara maruz bir binada, rüzgârın binanın etrafındaki dolaşımı nedeniyle, binanın geometrisine bağlı olarak bir yığılma basıncı oluşmaktadır. Pratikte rüzgâr belli ölçüde sapmakta ve hava tabakalı duvarın tabakaları arasında bulunan hava tabakasında da dengeleme akımları oluşmaktadır.

Pratik şartlarda bir binanın rüzgâr altında bulunması durumunda suyun akış yönü dış tabakaya paralel olmaktadır. Rüzgâr geçirmeyen iç tabaka (iç sıva) nedeniyle de dış tabakadan hiçbir akış bileşeni hava tabakasını geçerek iç tabakaya ulaşmamakta ve böylece iç tabakaya akışa bağlı su nakli olmamaktadır [23, 39].

3.3.3 Su Buharı ve Nem Etkileri

Enerji tasarrufu açısından, bütün yapı elemanlarında ve yapının büyük bir kısmını teşkil eden duvarlarda maksimum ısı iletkenlik direnci istenmektedir. Bu fiziki kalitenin sağlanmaması fazla enerji tüketimi, konforsuzluk gibi kullanıcılar üzerindeki kötü etkilerinin yanı sıra, yapı bünyesinde de su buharının yoğunlaşmasına neden olmaktadır [51].

Isı iletkenliği, malzeme içindeki nem miktarına büyük ölçüde bağlıdır. Bunun nedeni, gözeneklerde havanın yerine geçen suyun ısı iletkenliğinin, küçük gözeneklerdeki hareketsiz havanın ısı iletkenliğine göre yirmi beş kat fazla olmasındandır. Yapı bileşenleri içindeki nemlenme genellikle ısı akımı ile birlikte olan buhar akımı sonucunda oluşmaktadır [6].

Yapı bünyesinde yoğunlaşan su:

- Duvarı oluşturan malzemelerin ısı iletkenliğinin artmasına ve daha fazla enerji kaybına,
- Duvarı oluşturan malzemelerde çürüme, bozulma ve ayrışmalara [49].
- Islanan malzemelerde daha fazla ısı akımı ve buna bağlı olarak daha fazla yoğunlaşmaya sebep olduğu gibi iç ortamda daha düşük yüzey sıcaklığı oluşmasına,
- Duvar sudan etkilenmeyecek malzemeden teşkil edilmiş olsa dahi, kuruma mevsiminde, su buharının duvar kesitini zorlaması ile kabarmaların ortaya çıkmasına [17, 51].
- Duvarların ıslanması ile bazı zararlı kimyasal olaylara ve duvarda bulunabilecek zararlı mikro-biyolojik organizmaların canlanmasına da neden olmaktadır [25, 27].

Gaz veya katı ortamda belli sıcaklıklarda belli oranda su buharı miktarı veya basıncı taşınabilir. Bu basınca “ doymuş buhar basıncı” denir. Bağıl nem, normal koşullarda bir ortamdaki mevcut buhar basıncının doymuş buhar basıncına yüzde olarak oranı ile ifade edilir. Belli sıcaklıktaki bir ortamda ortam sıcaklığında taşınabilecek buhar basıncından (yani doymuş buhar basıncından) fazla basınç oluşursa, su buharı söz konusu sıcaklığın taşıyabileceği doymuş buhar basıncı değerine düşene kadar yoğunlaşır, yani su haline döner [25].

Su buharının yapı elemanı içinden yoğunlaşmadan geçerek dış ortama ulaşması halinde yapı elemanının gerek kullanım ömrü ve gerekse ısı performansını açısından problem söz konusu değildir. Ancak duvarı oluşturan malzemelerin su buharı geçişine gösterdikleri direnç ve malzemelerin sıralanışına bağlı olarak, yoğunlaşan su buharı duvarın fonksiyonlarını aksatır. Örneğin; ısı kaybını artırır [6, 52]. Yoğun malzemeler ısıyı daha fazla geçirdikleri için, ıslanarak yoğunluğu artan duvarlar daha fazla ısı iletir ve bunun sonucunda ısı kayıpları artacağından ve duvarda daha düşük sıcaklıklar oluşacağından yoğunlaşma da artacaktır [25].

Çeşitli tabakalardan yapılmış yapı bileşenlerinde, tabakaların hatalı tasarlanması veya uygun malzeme seçilmemesi de, bileşenin ısı yalıtma yeteneğini azaltan yoğunlaşma olayının meydana gelmesine sebep olabilmektedir. Yapı bileşenlerinin bünyelerinde meydana gelen yoğunlaşma olayı, bileşenin ısı geçirgenlik direncini azaltabileceği gibi yapısal hasarlara da yol açabilmektedir. Bu tür yoğunlaşmaları önlemek için iyi bir havalandırma sağlamak yararlı olmaktadır [6].

Hava tabakalı dış duvarlarda, herhangi bir hapsedilmişlik, durgunluk ve nem depolama niteliği olmayıp aksine bir serbestlik, sürekli bir hareket, dolayısıyla da nem taşıyabilme ve yapıdan aldığı nemi beraberinde yapıdan uzaklaştırabilme gibi olumlu nitelikler söz konusudur. Burada yapı bileşeni hem konstrüksiyon hem de işlev yönünden hareketli hava katmanı tarafından ikiye bölünmüştür. Hacim içindeki nem miktarını (bağıl nemi) azaltmak iyi bir havalandırmayla sağlanabilir [6]. İyi bir şekilde havalandırılan hava katmanının ısı koşulları dış ortamla aynı kabul edilebilir [7, 39].

Yoğuşma oluşumu, konutlarda ve yapı konstrüksiyonlarında özellikle kışın, nemli sıcak oda havasının soğuk yüzeylere temas etmesi durumunda görülmektedir. Burada yoğuşma oluşumuna oda havasının su içeriği veya yoğuşma sıcaklığı neden olmaktadır. Buna karşılık, eğer dış havanın su içeriği veya dışarıdan gelen nem etkileri yüzeylerdeki veya bir konstrüksiyon içindeki yoğuşma oluşumuna neden oluyor ise, bu durumda “güneşlenme sonucu oluşan nem difüzyonu” söz konusudur. Hava tabakalı duvarlarda yazın gerçekleşen bu yoğuşma yağmurdan ıslanmış ön duvar tabakalarının güneşe maruz kalması durumunda oluşabilmektedir. Kırmızı renkli tuğla duvarların ön tabakalarda 40°C’ye varan yüzey sıcaklıkları ölçülmüştür. Isınma sonucunda suyun bir kısmı dışarı doğru buharlaşmakta, bir kısmı da sıcaklık farkları nedeniyle oluşan difüzyon yoluyla içeriye doğru nüfuz etmekte ve arka duvar tabakasının dış yüzeyinde yoğuşabilmektedir. Nem artışlarının bir nedeni de yazın gerçekleşen bu güneşleme sonucu oluşan yoğuşmadır [39].

Yapı elemanları içindeki nem hareketi üç şekilde gerçekleşmektedir: İnfiltrasyon, kapilarite etkisi, buhar difüzyonu.

İnfiltrasyon; sıcaklık farklarının oluşturduğu rüzgar etkisiyle veya hacimde yapılan mekanik vantilasyon etkisiyle oluşur. İçerideki sıcak ve nemli hava duvarlardaki küçük deliklerden ve çatlaklardan dışarı kaçar, bu kaçıışı sırasında çatlaklardan geçerken içindeki nemin bir kısmı yoğuşarak çatlaklar içerisinde birikir veya çatlakların eğimine göre içeri veya dışarı sızar.

Kapilarite etkisi; gözenekli bir yapı elemanının sıvı suya doymasıyla birlikte, suyun kılcallık etkisi ile dikey olarak yapı elemanı içinde yükselmesi ve yapı elemanının yüzeyinden buharlaşması olayıdır. Kapilarite etkisi ile oluşan nemin kaynağı genellikle üst tabakalarda birikmiş zemin suyu veya temelde bulunan sabit bir su kaynağıdır.

Buhar difüzyonu; su buharının basınç farkından dolayı yapı elemanı içerisinden geçip düşük basınçlı ortama ulaşmasıdır. Buhar, kış aylarında ısı geçişinde olduğu gibi sıcak iç ortamdan soğuk dış ortama yapı elemanı içerisinden geçerek dışarı ulaşır. Yaz aylarında ise iklimlendirilmiş binalarda buhar dışarıdan içeri geçer [52].

Difüzyon yolu ile gerçekleşen bir nemlenme veya nemden kurtulma olayı, çok zaman alır ve bu şekilde çok az miktarlarda nem taşınır. Nem akıcı halde, yani su halinde ise kısa zamanda fazla miktarda nem transferi ortaya çıkmaktadır [6, 27].

Bir malzemenin nemlilik kriteri önemli kriterlerden biridir. Nemlilik, ahşap, tuğla, sıva, çimento gibi bazı gözenekli malzemelerin kuru zamanlarındaki nem oranlarıdır.

Çizelge 3.4 : Kuru durumdaki bazı malzemelerin nem oranları [6].

Malzeme	Nem Oranı (%)
Kereste	10-20; Merkezi ısıtılmalı binalarda 8-14
Hafif beton	1,0-5,0
Yoğun beton	0,5-1,75
Sıva	0,2-1,0
Kil Tuğla	0,25-0,75

Bir dış duvarda çeşitli şartlarda nem artış değerleri önemli farklılıklar gösterebilir. Örneğin;

- Sağanak yağmur, sıvasız duvarda ortalama günde 4 kg/m², kireç sıvalı duvarlarda günde 3 kg/m², kireç-çimento sıvalı binalarda 1-2 kg/m²,
- Oda havasının aşırı soğuması; her aşırı soğuma devresi başına 0,01–0,05 kg/m²,
- Su buharı difüzyonu sonucu yoğuşma suyu oluşması; günde 0,05 kg/ m²'den fazla olmamalıdır.

Sıva türlerine göre bazı malzemelerin nem depolama ve geri verme kapasiteleri Çizelge 3.5'teki gibidir.

Çizelge 3.5 : Sıva türlerine göre bazı malzemelerin nem depolama ve geri verme kapasiteleri [6].

Sıva Türleri	Nem Depolama Kapasiteleri (%)	Aldığı Nemi Geri Verebilme Kapasiteleri (%)
Hafif alçı Sıva	60	100
Alçı Sıva	40	90-95
Kireç Sıva	25	80
Çimento Sıva	15	50

Çizelge'den de anlaşılacağı gibi, alçı ve alçı-kireç sıvalar, yoğuşma suyu ile karşılaşsalar dahi, bu suyun tamamını bünyelerine alıp, buna rağmen kuru bir yüzey gösterebilmektedirler. Ancak sürekli yoğuşmanın olacağı ortamlarda, duvarın kendisinin ıslanması söz konusudur. Bu tür duvarlarda, çizelgede olduğu gibi önce buhar yavaşlatıcı, çimento - kireç sıva veya daha düşük dozlu çimento sıva uygulandıktan sonra, üzerine nem depolayıcı, kireç sıva uygulamak suretiyle sorun çözümlenebilir [6, 17, 27, 33].

Yoğuşma konusunda yapı fiziği açısından alınması gereken önlemler; genel planlama ve malzemeler arasındaki düzenlemeler şeklinde iki ana ilke çerçevesinde çözüme ulaşabilir.

Genel planlama önlemleri, yapı elemanları arasında yapılan havalandırma ve yüzeyi belli bir sıcaklık derecesinde tutabilmek için ısı yutucu malzeme kullanmak veya yüzeysel olarak ısıtılan malzemelerdir (sıcak hava püskürtme veya rezistans teli ile ısıtma, v.b).

İç havanın bağıl nemini azaltmak, terleyen yüzeyde hava sirkülasyonu sağlayarak havayı harekete geçirip konveksiyon katsayısını küçültmek yoluyla yüzey sıcaklığını yoğuşma sıcaklığının üstüne çıkartmak yoğuşmayı engellemektedir. Ayrıca, nem artışının yüksek olduğu hacimlerde iç nem azaldığında nemi geri veren bir nem emici tabakayla yüzeyleri kaplamak iyi sonuç veren önlemlerden biridir.

Islak kagir elemanların uygulanışında malzeme içinde kalan nemin de hasara yol açtığı bilinmektedir [38]. Bu nedenle, kurumanın sağlanması için, yapı bittikten sonra ısıtma ve havalandırma işlemleri yapılmasında yarar vardır.

Yapı bileşenlerinin içinde meydana gelen yoğuşmaya karşı koruma önlemleri şu şekilde sıralanabilir:

- Yoğuşma esnasında ilgili yapı bileşeninin içinde toplanan su miktarının, buharlaşma süresi boyunca buharlaşarak tekrar çevredeki atmosfere verebilmesi sağlanmalıdır.
- Yoğuşma suyu ile temas eden yapı malzemelerinde herhangi bir hasar (küf, mantar, korozyon vb.) meydana gelmemelidir [14, 27].
- Yoğuşma suyu kılcal olay dolayısıyla suyu absorbe edemeyen yapı malzemesi tabakalarının birbirine temas ettikleri yüzeylerde oluşuyor ise bu durumda suyun akma veya damlamasını önlemek amacıyla müsaade edilen yoğuşma suyu kütlesinin miktarı $0,5 \text{ kg/m}^2$ 'yi aşmamalıdır. Bu husus bir tarafta minereal yün ısı yalıtım malzemesi veya hava tabakası ile diğer tarafta buhar kesici veya beton tabakaları bulunan temas yüzeylerine uygulanır.
- Tavan, duvar ve yapı bileşenlerinde oluşan yoğuşma suyu kütlesinin miktarı $1,0 \text{ kg/m}^2$ 'yi aşmamalıdır. Bu şart yukarıdaki son iki madde için geçerli değildir.

- Yeterli buhar geçiş direncini oluşturmak için kullanılan buhar kesiciler kaliteli ve daima sıcak yüzeyde bulunmalıdır [39].

3.3.3.1 Kılcallık (Kapilarite) Yolu ile Suyun Etkileri

Atmosfere açık su yüzeylerindeki (havayla temas tarafındaki) sıvı molekül bağ kuvvetinin olmaması nedeniyle su yüzeyindeki moleküllerin hava basıncı etkisiyle aşağı doğru itilmesi sonucu malzeme içindeki suyun 0.1-0.0001mm arasındaki birbirine bağlı gözeneklerde yer çekiminin tersi doğrurultuda yukarıya doğru ilerlemesine kapilarite (kılcallık) denir.

Kapilarite;

- Suyla temas eden yüzey miktarına
- Suyun geçiş süresine
- Malzemenin kapilarite katsayısına bağlıdır.

Suyun kapiler yolla emilmesi için gözeneklerin birbirleriyle bağlantılı ve çaplarının 0.1 ile 0.0001mm arasında olması gerekir.

Kapiler ap yukarıdaki aralıkta ne kadar klrse suyun yukarı veya yana doğru tırmanma yüksekliği o kadar artar.

Kapilarite sadece düşey doğrultuda meydana gelmez, yatay veya yatay düşey arası açılarda da oluşabilir.

Bodrumlardaki gözenekli yapı malzeme ve elemanlarında çok sık karşılaşılan kapilaritenin yarattığı su zararları su yalıtımı uygulamaları ile çözülmektedir [38, 49, 53].

Kılcallık yapı hasarları yönünden önemli bir olaydır. Yağıştan sonra duvarlar kurumaya başladığında duvar çatlakları boyunca ıslaklığın uzun süre kaldığını kurumadığını görürüz. Kılcal çatlaklar yağış sularının rüzgarın da etkisiyle önemli ölçüde yapı içine geçmesine neden olur.

Dar açıklıklarda yükselme daha fazla olacaktır. 0.5mm ve daha geniş açıklıklarda ise kılcallığın önemi yoktur. Yapıya su geçişi olasılığının azaltılabilmesi için kılcal açıklıkların büyütülmesi, yapı yüzeyinin gereken yerlerinde dokunma açısını genişletici önlemler alınması, çatlak oluşmasını önleyici tasarım ve uygulama önlemlerinin alınması, duvar yüzeyinden yağmur suyunu geri sıratıcı önlemler alınması gerekmektedir.

Yağışa karşı geçirimsizlik sağlamak amacıyla; geçmişte de kullanılan genel geçirimsizlik ilkelerinin anlaşılması ve yeni çözümlere ışık tutması için ilgili fiziksel olayların bilinmesi gerekmektedir [23].

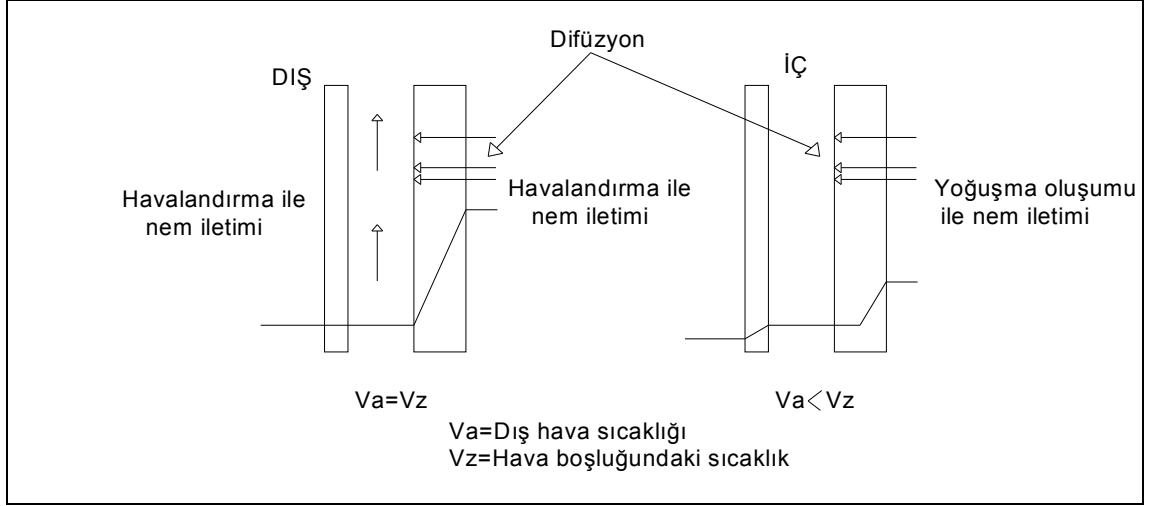
Dış duvarların kuruması konusunda yapının nemi, konut içindeki nem ve yağmur nemi ayırt edilmelidir. Yalıtımı bulunan ve bulunmayan, fakat doğru uygulanmış hava tabakalı duvarlarda yağmur sadece dış tabakayı etkilemektedir. Alınan yağmur suyunun büyük bir kısmı dışarıya verilmektedir. Binanın nemi ise kısmen içeriye ve kısmen de dışarıya taşınmaktadır.

Hava tabakalı duvarların iç tabakasındaki dışarı doğru olan nem iletimi kılcallık (kapilarite) etkisi ve su buharı difüzyonu ile malzemenin özelliklerine bağlı olarak gerçekleşmektedir. Genelde DIN 1053'e uygun duvarlar söz konusu olup bunlarda nem iletiminin önemli bir kısmı kılcallık etkisi ile olmaktadır. Dış tabakaya sınır teşkil eden hava veya yalıtım tabakası yardımıyla nem pratik olarak sadece su buharı difüzyonu ile dışarıya nakledilmektedir.

Burada nem havalandırılan hava tabakası bulunması durumunda doğrudan dış havaya verilmekte veya ara yalıtımlı durumda ön duvar tabakasının iç yüzeyinde yoğunlaşmaktadır. Nemin kılcallık etkisi ile ön duvar tabakası üzerinden dışarıya (dış ortama) doğru olan iletimin devamında duvar taşlarının emme kabiliyetine bağlı olarak farklılıklar oluşturmaktadır.

Emme kabiliyetli tuğlalarda kılcallık etkili iletim, taşlar ve derz harçları üzerinden, su emme özelliği olmayan klinker tuğlalarda ise önemli ölçüde derzler üzerinden gerçekleşmektedir. Havalandırma yoluyla nemin tahliyesi teorik olarak sadece ara yalıtımı bulunmayan, hava tabakalı duvar ile mümkündür. Daha önceki konularda da açıklandığı gibi, hava tabakalı duvarın alt ve üst kısmında bulunan delikler dış hava ile bağlantılı olmak zorundadır. Ancak burada da, dış hava şartlarına bağlı olan havalandırmanın yeterince olmaması durumunda, nem tahliyesi kısmen, dış tabakada oluşan yoğunlaşma (kondensasyon) ile gerçekleşmektedir.

Şekil 3.9'da dış hava sıcaklığı (V_a) ile hava boşluğundaki sıcaklık (V_z) aynı olduğu için nem doğrudan dışarı atılmaktadır. Fakat şeklin ikinci kısmında ise havalandırma olmadığı için nem dış kaplamanın arka yüzünde yoğunlaşmaktadır. Diğer bir deyişle, dış kaplama tarafından tamamen emilmekte ve dışarı itilmekte veya damlamakta ve drenaj deliği üzerinden tahliye edilmektedir [39].



Şekil 3.9 : Hava boşluğu ve dış kaplamada yoğuşma oluşumu yardımıyla duvardan nem iletimi [39].

3.3.4 Hava Sızdırmazlığı

Blok ve kompozit (panel) yapıli duvarlarda, taşıyıcı olsunlar veya olmasınlar, derzler ve aralıklar daima problem olmakta; bunlar bina iç hacmini ve iç hayatını su ve hava geçirerek tehdit etmektedirler. Buna karşı alınacak tedbirler her iki durum için de çok önemli olup bir iç ve dış hacim ayırıcı eleman olan dış duvarda aranması gereken başlıca özelliktir [12].

Üzeri sıvalı duvar ve döşemelerde ısı kaybına etkili hava akımı olmayacağı genellikle kabul edilmekle birlikte kapı ve pencerelerin aralıklarından sızan hava büyük ısı kayıplarına neden olmaktadır.

Pencere derzleri genellikle yaşam ve çalışma sağlığı için gerekli hava değişimini sağladığından hava geçirmez olarak kapanan pencere kanatlarının uygulanması halinde, yeterli hava değişimini sağlayacak, ayarlanabilir havalandırma düzenleri bulunmalıdır.

Sağlık ve yapı tekniği bakımından duvarların iç yüzeylerinin bir miktar nem alması istenen bir olaydır. Normal bir iç sıva bunu sağlayabilir. Sıva tabakası tarafından emilen nem, hacimdeki bağıl nem miktarının düşük olduğu zamanlarda, yeniden hacim içine dönerek dengeleyici görevi yaparlar [39].

Hava tabakalı duvarlarda uygulanan yalıtım malzemesinin içerisinde hava geçiyorsa tek başına bir anlamı yoktur. Birçok hava filtresinde camlıfi kullanılır. Çünkü hava akımına çok az engel olmaktadır. Bu konuda bilinen en iyi yalıtım poliüretan köpük gibi genleşmiş polistrendir. Tüm katı yalıtımlar rüzgar veya rutubetin bulunduğu ortamlarda lifli yalıtımlardan çok daha iyi performansa sahiptirler. Katı yalıtımların uygulanmasında karşılaşılan en büyük problem uygulandıkları yüzeye tam olarak temasın sağlanamaması durumunda hava akımının yalıtım plakasının arkasından geçmesidir. Bu durumda yalıtım işlevini büyük oranda yitirmektedir. Bunun için yalıtımın uygulandığı yüzeye tam olarak birleşmesi ve birleşim yüzeyine kesinlikle hava sızmasının önlenmesi gerekmektedir. Uygulandığı yüzey ile arasına hava girmesini engelleyen tek katı yalıtım malzemesi yerinde sprey ile uygulanan poliüretandır [42].

3.3.5 Ses Yalıtımı

Gerek dış ve iç, gerekse iki iç mekan arasında olsun, duvarların en önemli işlevlerinden biri kullanıcıları rahatsız edici oranda yüksek ses ve gürültülerden korumaktır. Mekan seslerini yoğun malzemeler daha az geçirirler. Dolayısıyla dolu tuğlalar deliklilerden daha iyi ses yalıtımı sağlarlar [25].

Duvarlarda ses ve gürültü kontrolü ile ilgili aşağıdaki esaslar geçerlidir:

- a. Ses ve gürültü geçirme
 - Ses ve gürültünün geçişi duvarın ağırlığı ile ters orantılıdır.
 - Ses ve gürültü izolasyonu titreşimlerin geçişini önleyen bir aralık veya kesinti ile sağlanabilir.
 - Devamlı hava geçitleri ses geçmesini sağlar.
- b. Ses Yutma:

Duvar sathı sesi, gözenekli yüzey ile yutar. Ses yutma ve ses izolasyonu kavramları birbirine karıştırılmamalıdır [12].

Ses, iç ya da dış mekana dört ayrı yoldan geçmektedir. Bunlar;

3.3.5.1 Sesin Açıklıklardan Geçmesi

Sesin duman gibi, havaya asılı olarak taşınmayacağı ve ses titreşimlerinin hava içinde, hava devinimlerine oranla, çok daha hızlı yayılmaktadır. Buna ek olarak ses düzeyinin logaritmik olarak algılanması da çok büyük önem taşımaktadır.

Örneğin; Kapı altındaki aralığın neden olduğu ısı kaybının çok önemsiz olmasına karşılık, böyle bir aralıktan geçen ses enerjisi diğer tarafta oldukça önemli bir ses düzeyi oluşturabilir. Açıklıkları yok etmek bu tür ses geçişlerini önleyici tedbirlerdir.

3.3.5.2 Sesin İletim ile Geçmesi

Sıcaklığı değişmiş hava gibi, ses titreşimleri ile yüklenmiş bir havanın, kendi devinimi ile bu titreşimleri taşıması söz konusu olamaz ve bu sebeple sesin iletim ile yayılması söz konusu değildir. Çünkü ses titreşimlerinin havada yayılma hızı yaklaşık 330-340 m/sn olmasına karşılık, hava devinimlerinin hızı saniyede birkaç metreyi geçmez. Ses kaynağının bulunduğu yerden gelen rüzgarın, sesi taşıyor sanılması bir yanılgıdır. Bu durum, yükseklikte artan rüzgar hızından dolayı, gelen ses enerjisindeki sıklaşmadır.

Sesin iletim yolu ile yayılmasında, ses basınç düzeyi, esneklik modülü çok farklı olan ortamlar arasında (katı cisim-hava, su-hava gibi) çok büyük (50db dolayında) kayba uğrar. Örneğin; sesin havadan duvara, duvardan diğer taraftaki havaya iletim yolu ile geçişinde yaklaşık $50 \text{ dB} + 50 \text{ dB} = 100 \text{ dB}$, hatta daha fazla bir kayıp söz konusudur. Bu nedenle sesin iletim yolu ile geçişi yapı akustiği ile ilgili hesaplarda dikkate alınmayacak kadar önemsiz kabul edilebilir.

3.3.5.3 Sesin Yüzey Titreşimi ile Geçmesi

Sesin en önemli geçiş biçimi yüzey titreşimi ile olandır. Döşeme, duvar, cam ya da herhangi bir yüzeyin bir yanında oluşan ses titreşimleri hava basıncında ufak değişimlere neden olur. Bu değişimler çok ufak genliklerle yüzeyin bütününe titreştirir. Böylece titreşen yüzey bir hoparlör membranı gibi diğer taraftaki havayı titreştirir ve ses böylece geçer. Bu geçiş biçiminde sesteki azalma, çok büyük oranda yüzeyin ağırlığına (kütlesine), yani hava basıncında oluşan ufak değişimlere (akustik basınca) kütlesi ile karşı koymasına bağlıdır. Buna “Berger Yasası” ya da “ Kütle Yasası” denir.

Tabakanın yapısı da (rijitliği, homojen ya da heterojen yapıda olması, ankastrelik durumu vb.) sesin geçmesini etkiler. Isı ve ses yalıtımı arasında tam bir zıtlık bulunur.

Tabakalar ses geçişine kütleleri ile karşı koyarlar yani ağır (dolu) olmaları gerekir. Oysa bu tür tabakaları ısı iletim yolu ile kolayca geçer. Isı yalıtımı içi dolu değil, içinde fazlaca hava bulunan hafif gereçlerle yapılır. Hafif gereçler ise, akustik basınç etkisi ile kolayca titreşebileceğinden sesi büyük oranda geçirir [34, 39].

Berger Yasasına göre bölmenin m^2 ağırlığının artması ses geçiş kaybını logaritmik olarak etkilemekte yani ses yalıtımını önemli oranda sağlayamamaktadır. Bundan dolayı önemli ses yalıtımları söz konusu olduğunda “hava tabakalı duvar” çözümüne gidilmektedir. Örneğın; tabakanın m^2 ağırlığının 2 katına çıkarılması, ses yalıtımında ancak 4dB kadar bir artış sağlayabilir. m^2 ağırlığı 100kg olan bir tabaka geçen seste yaklaşık 41dB azalma sağlarken, m^2 ağırlığı 200kg olan bir tabaka ancak 45.5dB bir azalma sağlayabilir.

Buna karşılık, birbirinden yeterince uzak ve her biri 100 kg/ m^2 ağırlığında iki tabaka, ikisini birden geçen ses de 2x41dB (82dB) bir azalma sağlayabilir. Ses yalıtımında hava tabakalı duvar böyle bir amaçla uygulanır.

Yalnızca bu sonuç, iki tabaka arasındaki hava katmanının tabakaları birbirine bağlayıcı hiçbir etkisi olmaması durumunda elde edilebilir. İki tabaka arasındaki hava katmanı, tabakaları birbirine bağlayan bir yay gibi düşünülebilir. Hava katmanı ne kadar kalınsa, yani tabakalar birbirinden ne kadar uzaksa, bu yayın o derecede yumuşak; hava katmanı ne kadar ince yani tabakalar birbirine ne kadar yakınsa yayın o oranda sert olduğunu düşünmek gerekir. Doğaldır ki, sert bir yayın bağlayıcılığı çok daha güçlüdür.

Genel bir anlatımla hava tabakalı duvar iki ucunda iki kütle bulunan bir yay benzetilebilir. Böyle bir sistemin dıştan gelen titreşimler (kütlelerden birini etkileyen eksi, artı periyodik kuvvettir) karşısındaki davranışı yalnızca yayın sertliğine bağlı olmayıp, aynı zamanda kütlelerinde büyüklüğüne yani eylemsizliğine bağlıdır. Bunun dışında verilmiş bir (kütle-yay-kütle) sisteminin tepkisi, etkiyen titreşim frekansına göre değışir. Gürültü denetiminde söz konusu olan frekansları yaklaşık 60 Hz den 4000Hz’e kadar değışmesi bu etkinin de önemini açıklamaktadır. Alçak frekanslar için daha büyük kütle ve daha yumuşak yaylar yani daha ağır tabakalar ve daha geniş hava katmanları gerekir.

Birçok durumda hava tabakalı duvar oluşturularak yaklaşık 7-8dB, hatta biraz daha fazla kazanç elde edilebilir. Ancak bunun içinde belli kurallara uymak gerekir.

Hava tabakalı duvarlarda ses yalıtım değeri çok büyük oranda;

- Tabaka ağırlıklarına,
- İki tabaka arasındaki mesafeye ve
- Gelen ses titreşiminin frekansına bağlıdır.

Bu değişkenlere göre, hava tabakalı duvarlarda ses geçiş kaybını veren formüller belli kabuller ile biraz daha basitleştirilebilmektedir. Bu durumda kütle ile yay, yani tabaka ağırlığı ile tabakalar arası uzaklık arasındaki ilişki şöyle açıklanabilir. Tabakaların toplam ağırlığı (kg/m^2) arttıkça, aynı sonucu elde etmek için gerekli tabaka arası uzaklık azalmaktadır.

Bu hesapları hızla yapabilmek için günümüzde bazı bilgisayar programları oluşturulmuştur. Örneğin; çift tabaka rezonans frekansının 75Hz'in altında olması için (genelde uygulanan değer) tabakaların toplam ağırlığı 20 kg/m^2 ise (4mm kalınlığında iki cam) iki tabaka arası uzaklık 130 mm olmalıdır.

Ara uzaklıkların yukarıdaki değerlerden daha az olduğu durumlarda, aradaki hava katmanı daha sert bir yay görevi görecek ve ara uzaklık azaldıkça iki tabaka birbirine daha sıkı bir biçimde bağlanmış olacak, ses geçiş kaybı da azalacaktır [34, 39].

3.3.5.4 Sesin Dolaylı Geçmesi

Dolaylı geçmede ses en az 50dB kayba uğrar. Çok özel durumlar dışında bu tür geçişler için önlem almaya gerek yoktur.

Ses yalıtımında en büyük yanlışlardan biri de sesin yalıtılması yani geçişinin azaltılması ile soğurulmasını (yüzeyde tutulması) yani bir enerjiye dönüştürülme olayının birbirine karıştırılmasıdır. Sesin gözenekli gereçlerde ya da titreşen levhalarda soğurulması ile bir bölmeyi geçerken azalması, oluş biçimleri, birimleri, hesapları, sonuçları ve alınabilecek önlemler ve kullanılacak malzeme bakımından büyük farklılık gösterir.

Bir yüzeye gelen ses enerjisinin yansımayan kısmı yutulmuş sayılır. Bir yüzeyde tutulan ses (yutulan ses) enerjisi, bu yüzeyden geri dönmeyen ses enerjisidir ve bir oranla verilir. Yüzeyin yutma çarpanı " α " ile simgelenir. Örneğin bir yüzey gelen sesin %60'ını yansıtıyorsa, o yüzeyin yutma çarpanı $\alpha=0.40$ ' dir. Açık pencerede ise, seste bir yansıma olmayacak, gelen ses tamamen dış ortama akacağından açık pencere, kapı, boşluk vb. kısımlar için yutma çarpanı $\alpha=1.00$ ' dir.

Elyafli malzemelerde frekansı yüksek olan ince seslerde bu yutma çarpanı $\alpha=0.90$ civarındadır. Buna neden, elyafli malzeme ile kaplı satırlarda çarpan ses, elyaf arasındaki hava moleküllerini ve ince lifleri titreştirerek ses enerjisinin az ya da çok bir bölümünün ısı enerjisine dönüşmesine yol açarlar. Liflerin sık ve ince olması titreşim hareketini olumlu yönde etkileyeceğinden yutulma daha fazla olur.

Bir yüzeyin ses yalıtım değeri ise, sesin bu yüzeyi geçerken uğradığı kayıp olup, “db” birimi ile verilir. Örneğin, kalın kumaştan yapılmış bir perdenin gürültü için yutma çarpanı yaklaşık 0.50’dir. Yani mikrovat/cm² cinsinden ses enerjisinin böyle bir yüzeyden ancak yarısı geri döner. Bu büyük bir yutuculuktur. Oysa aynı perdenin aynı gürültü için ses yalıtım değeri en çok 3dB’dir. Ses yalıtım değeri olarak bu anlamsızdır. Çünkü böyle bir perdenin arkasında bulunan kişi perdenin diğer tarafındaki tüm sesleri duyabilir. Ses yalıtımında en az 40-45dB’lik bir azalma amaçlanır. Bu nedenle ses yutucu gereçlerle ses yalıtımı sağlanamaz [34, 39].

3.3.5.5 Sesin Hava Tabakalı Tuğla Duvarlardan Geçmesi

Hava tabakalı tuğla duvar 1 tuğla kalınlığındaki dolu tuğla duvar ile ses geçirimsizliği açısından karşılaştırılacak olursa; 1 tuğla kalınlığındaki tuğla duvarın 50db’ lik bir ses (gürültü) izolasyonu sağlamasına karşı, hava tabakalı duvar, 55db’ lik bir izolasyon sağlamaktadır. Deneylerde, düşük ve orta frekanslı sese karşı her iki duvarın ses izolasyonu değeri birbirine çok yakın bulunmuştur. Çok yüksek frekansta ise, hava tabakalı duvarın sesi daha da düşürdüğü görülmüş ise de bazı yönlerden bunun büyük bir önemi olmadığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca iki duvar tabakasını birbirine bağlayan metal bağlar normalin üstünde kalın oldukları takdirde titreşimleri bir tabakadan diğerine bütünüyle geçirmektedir. Çizelge3.6’da ses izolasyonu ile ilgili bazı değerler toplu halde verilmiştir [12].

3.3.6 Yangına Dayanım

Dış duvarlar ahşap malzemeler dışında genellikle yanıcı malzemelerden yapılmadığından yangına karşı dayanıklıdırlar. Ancak duvar kaplamalarının da çabuk tutuşmayan ve yanarken zehirli veya aşırı duman çıkaran malzemelerden yapılmamasına dikkat edilmelidir [25].

Çizelge 3.6 : Ses izolasyonu ile ilgili bazı değerler [12].

1. SES İZOLASYONU DEĞERLERİ	Duvar şekli	Ses izolasyonu değeri (db.)
	11+5+11 cm. hava boşluklu çift tuğla duvar. 22 cm. lik dolu tuğla duvar.	55 50
2. BAZI SES VE GÜRÜLTÜ ŞİDDETLERİ	Ses ve gürültü şekli	Şiddet (db.)
	Normal konuşma Gürültülü büro Tramvay (3m. Mesafede) Pnömatik matkap Sakin banliyö	65 80 90 100 30
3. BAZI HACİMLER İÇİN SES VE GÜRÜLTÜ ŞİDDETLERİ	Hacimler ve müsaade edilebilecek ses ve gürültü seviyeleri (db.)	
	Çalışma, yatak odası Okuma, yazma Toplantı odası Büro, sakın konuşma Vasat büro, lokanta Gürültülü büro	15 20 30 35 40 60

Alev saçarak veya saçmayarak yanan malzemelerin duvarlarda kullanılması emniyetsizlik doğurur. Birçok strüktürel yapı malzemesi, yanıcı olmadıkları halde (tuğla, beton, demir gibi) bir süre büyük derecede ısıya maruz kaldıkları zaman mukavemetlerini (yük taşıma kapasitelerini) bir miktar kaybederler. Yangına (ateşe) karşı yapı malzemelerinin mukavemeti, tespit ve tatbik edilen bir yükü taşıyabildiği süre olarak tanımlanır. Bu süreler; ½, 1, 2, 4, 6 saat olarak dilimlere ayrılmıştır. Taşıyıcı olan ve olmayan duvarlarda bina içinde veya dışındaki yangının nüfuz ve yayılması azaltılmalı veya uzun süreli olması önlenmelidir [12, 39].

Hava tabakalı tuğla duvarın yangına karşı koruyuculuk ve mukavemet özelliğinde 22cm'lik dolu tuğla duvara karşı bir üstünlük görülmemekle birlikte Çizelge 3.7 incelendiğinde iki ayrı 11cm'lik tuğla duvarın hava tabakası ile kombinasyonundaki değerlerde önemli bir fark görülmektedir. İki tabakanın ayrı ayrı yangına karşı mukavemetleri 1'er saat olduğu halde hava tabakalı duvarın dayanıklılığı, iki duvar tabakasının ayrı ayrı dayanma sürelerinin toplamı olan 2 saatin üç katı, yani 6 saattir.

Çizelge 3.7 : Duvarların ateşe dayanıklılıkları (zaman ve en az kalınlık olarak) [12].

Malzeme ve sistem	Zaman ve gerekli kalınlık Saat/cm				
	1/2	1	2	4	6
Dolu tuğla duvar sıvasız	11	11	22	22	22
Dolu tuğla duvar iki yüzü sıvalı	11	11	11	22	22
Hava boşluklu çift tabakalı duvar sıvasız	.	.	.		26-27

Yangın yalıtımı, yangının çıkmasını önleyecek ya da yapıya hiçbir zarar verdirmeyecek bir çözüm olarak düşünülmemelidir. Yangından korunmak ise, yangın çıkmasını kesinlikle önlenebileceği anlamına gelmez. Çıkan yangını söndürmeye çalışmak ve belli bir süre kazanarak bu yangından en az zararla kurtulmaya çalışmak da yangından korunmaktır [39].

Yangın yalıtımında temel amaçlar aşağıda sıralanmıştır;

- Taşıyıcı sistemin stabilitesini koruyarak belirli bir süre ayakta kalmasını sağlamak,
- Yangına dayanıklı malzemelerle yatayda ve düşeyde bölmeler yaparak yangının yayılmasını önlemek,
- Yangın ortamında belli bir süre yangından kaçış yollarının kullanılabilmesi için temiz hava, elektrik vb. sistemler açısından güvenli ortamlar sağlamak.

Yangın fiziksel özellikleri açısından ele alındığında; ateş altındaki veya ateşe maruz kalan malzemede önemli olan büyüklükler aşağıdaki başlıklar altında toplanabili;

- Isı Tutma yeteneği,
- Genleşme,
- Isı iletimi,
- Isı geçirgenlik ve
- Isı atalet yetenek ve etkileridir.

Isı geçişi; kondüksiyon, konveksiyon ve radyasyon mekanizmaları sonucu gerçekleşmektedir. Isının aktarımında, sıcaklık, malzeme yoğunluğu ve malzeme nem oranı, etken faktörlerdendir. Kondüksiyon, konveksiyon ve radyasyon oluşumu fiziksel oluşumlardandır. Malzeme niteliklerine göre farklı tavırlar gösterirler. Yangın yönünden önemli olan konveksiyondur. Yangının özellikle bina içinde yayılması ve sıçramasında çok önemli rol oynayan bir gelişimdir. Yangın enerjisinin %76-80'ini taşımaktadır.

Temiz hava aşağıdan yukarı doğru, yangın ateş akışını destekleyerek tavanda yoğun bir gaz tabakası oluşumuna katkı sağlar. Kısa sürede sıcaklığı yükselen gaz tabakası direkt veya yansıtıcı yüzeylerden radyasyon etkisi ile mekan içini tutuşmaya süratle hazırlar. Bu fiziki özellik dikkate alınması gereken önemli bir sonuçtur [39].

3.3.6.1 Yangın Dayanımı ile İlgili Standartlar

Ülkemizde yangın standardı olarak “Alman DIN 4102”i dikkate alınmaktadır. Çizelge 3.8’de yangın dayanım sınıfları ve süreleri. Çizelge 3.9’da ise yapı malzemelerinin yanıcılık sınıfları verilmiştir.

Çizelge 3.8 : Yangın dayanım sınıfları ve süreleri [39].

Yangın Dayanım Sınıfı	Yangına Dayanım Süresi	Simge
Yangına Son derece dayanıklı	En az 180 Dak.	F180
Yangına çok dayanıklı	En az 120 Dak.	F120
Yangına dayanıklı	En az 90 Dak.	F90
Yangın çok önleyici	En az 60 Dak.	F60
Yangın önleyici	En az 30 Dak.	F30

3.3.6.2 Yangında Çıkan Duman ve Zehirli Gazlar

Bazı istatistiksel araştırmalar, yangında meydana gelen can kayıplarının büyük bir kısmının yanan maddelerin çıkardığı duman ve zehirli gazlardan kaynaklandığını göstermektedir. Birçok yeni malzeme, geleneksel malzemelere oranla daha çabuk tutuşabilmekte, daha hızlı ve çok miktarda tehlikeli maddeler açığa çıkarmaktadır. Yangın sonucu açığa çıkan dumanın başlıca tehlikesi, boğucu olması yanında, yangın sırasında binada bulunanların tahliyesini engellemesi, görüşü azaltması ve sıcaklığa maruz kalma süresini uzatması ve zehirli maddeler içermesidir.

Çizelge 3.10 ve 3.11, aynı koşullarda koruyucusuz uygulanmış birkaç yalıtım malzemesinden çıkacak dumanın görünme sürelerini vermektedir. Yalıtkan madde olarak kullanılan bu maddeler ahşaba göre daha çabuk ve hızlı gaz çıkarmaya başlarlar.

Hacim büyük, yalıtım malzemesi korumasız olduğu zaman, hacmi dolduran dumanın büyük bir kısmı yalıtım malzemesinden gelir. Fakat yalıtım malzemesinin yüzey alanı, hacimde yanan toplam malzeme alanının%10’undan az ise, malzemeden gelen duman nispeten az olacaktır. Yalıtkanı koruyarak, yangını ve duman çıkışını azaltmak mümkündür.

Yalıtım malzemelerinin yanması sırasında ortaya çıkan oksitlerin, kükürtdioksit, siyanidrik asit, hidroklorik asit ve karbonmonoksit bileşimli gazların canlılar üzerinde çok tehlikeli olduğu bilinmektedir.

Çizelge 3.9 : Yapı malzemelerinin yangıncılık sınıfları [39].

Yangıncılık Sınıfı	Yapı Malzeme Adlanması	Yangında Gözlenen Davranış	Deneye Gerek Olmadan Sınıflandırılabilen Malzemeler
A	YANMAZ		
A1	HİÇ YANMAZ	Alevlenmez, Yanmaz, Işıldamaz, Kömürleşmez. (A1 sınıfına girenlerin gerçekleşmesinde elektrikli tüp fırın deneyi uygulanır.	a. Kum, çakıl, kerpiç, kil, doğal yapı taşları b. Mineraller, torak, lav, sünpet taşı c. Çimento, kireç, alçı, anhidrit d. Cüruf, genişletilmiş kil, şist ve cam, perlit, vernikülit e. Harç, beton, betonarme, öngerilmeli beton, mineral dolgulu yapı taşları, yapı plakları f. Tuğla , kiremit, cam, seramik g. Asbestli çimento ve mineral lifler h. İnce toz halinde olmayan metaller ve alaşımlar (alkali ve alkali toprak dışında)
A2	ZOR YANICI	Alev kaynağı varken kısmen yanar, ısıldamaz, kısmen bozulur, ateşi iletmez, yangın yüküne katkısı olmaz.	Not: Bu sınıfa girebilmesi için malzemede deneysel gerçekleşme lazımdır. Ancak yanmaz dolgu maddeli bazı polimer kompozitler bu sınıfa girer.
B	YANICI		
B1	ZOR ALEVLENİCİ	Alev kaynağı kalktıktan sonra da yanmayı sürdürür. Önemli Özellikleri: - Yanma Isısı - Alevlenme Sıcaklığı, - Duman Oluşumu, - Zehirli gaz oluşumudur. (B1 ve B2 sınıfına girenlerin gerçekleşmesinde bacalı fırın deneyleri uygulanır.)	a. Ahşap talaşı hafif levhaları b. Alçı-karton levha (yüzeyi deliksiz) c. Asbestli mukavva ve kağıt. d. Sert PVC boru $d \geq 3.2$ mm e. PVC zemin kaplamaları ve ahşap parke
B2	NORMAL ALEVLENİCİ	B1’ de anlatılan tüm davranışlar B2 için de geçerlidir.	a. Ahşap $\delta \geq 400$ kg/ cm ³ , $d > 2$ mm $\delta \geq 230$ kg/ cm ³ , $d > 25$ mm b. suni ahşap levha $d > 2$ mm c. Sert PVC levha d. PP, PE, ABS, ASA borular e. PMMA levhalar $d > 2$ mm f. Polyester $d > 1.3$ mm g. Polietilen $\delta \geq 940$ kg/ dm ² , $d > 2$ mm h. Asfalt ve bitümlü çatı örtüleri
B3	KOLAY ALEVLENİCİ	Yukarıdaki sınıflara girmeyen malzemeler. Not: B3 sınıfı malzemeler yapıda kullanılmazlar.	Ahşap Kağıt, saz, semai, talaş, pamuk, selüloz lifi Gevşek veya toz halinde her türlü yanıcı maddeler

Çizelge 3.10 : Yangın koruma malzemeleri ve süreleri [39].

Koruma Malzemeleri	Koruma Süreleri (Dakika)
Ksilolit	20
Alçı Plak	15
Kontrplak	11
Sert Ahşap Yonga Levha	11
Yonga Levha	8

Dumanın bileşiminde bulunan su buharı ve hidrokarbürler daha az tehlikeli veya zararsızdır. Her bir yalıtım malzemesi, deney koşullarında yakılarak çıkan en zehirli ürünlerden herhangi birinin değişikliğini belirleyerek, zehirlilik mertebesini iyi bir şekilde elde etmek mümkündür. Bir yalıtkanın bir kaplama ile korunması, zehirli ürünlerin yayılmasını önemli ölçüde azaltabilir [39].

Çizelge 3.11 : Korunmuş bazı malzemelerin yaklaşık duman çıkarma süreleri

Malzeme Türü	Duman Görünme Süreleri (Dakika)
PF Köpüğü (Fenol Formaldehit)	100
Ahşap	10
Mantar	3.3
PS Köpüğü (polistren)	1
PVC Köpüğü	1
PU Köpüğü (Poliüretan)	0.7

3.3.7 Taşıyıcılık (Mukavemet)

Dış duvarlar, yapının çeşitli yüklerini taşıyan, bu yükleri temel ve toprağa nakleden bir strüktürel kısım olabilir veya taşıyıcı olmayıp yalnız kendisini taşıyan bir yapı unsuru olarak bulunabilir. Konvansiyonel esaslarla yapılmış yeterli mukavemetteki taşıyıcı tuğla dış duvar tabii etkenlerin bir kısmını özel bir tedbir almaksızın karşılayabildiği halde, taşıyıcı olmayan bazı dış duvarlarda bu etkenlere karşı özel tedbirler almak gerekmektedir. Çünkü yalnız kendisini taşıyan (yük taşımayan) bir dış duvarı tasarlar ve inşa ederken yalnız mekanik mukavemet esaslarına göre hareket etmek yanlış ve eksik olur. Çünkü duvar, ısı kaybı kontrolü, su geçirmemek (kuru olmak) gibi diğer fonksiyonları yeteri ve gereği kadar sağlamalıdır [39].

Avrupa’da %80’ler civarında olan taşıyıcı duvarla yapılan bina tipi bizde henüz %30 oranlarındadır. Bazı bölgelerde pek çok betonarme yapının olumsuz yönleri göz önünde bulundurularak, kat adedi azaltılarak, yığma binalar tercih edilmektedir.

Taşıyıcı duvarlar, duvar kalınlıkları ve düzgün işçilik gibi, basit bazı özelliklerine özen gösterildiği takdirde; statik hesaplar, imalat ve birçok önemli özellikleri barındırması gerekli betonarme yapıya kıyasla, daha az risk taşımaktadır [34].

Doğal taş, kumtaşı, tuğla, vb. bloklar ile düzenlenmiş taşıyıcı duvarlar, dış etkilere dayanıklı malzemelerle üretildiği için, günümüze kadar ayakta kalabilmiştir. Taşıyıcı duvarlar, süneklikleri az, gevrek malzeme ile inşa edilirler. Yapımlarında ve dayanımlarında işçilik önemli rol oynar.

Taşıyıcı duvarlarda, duvarın dolu ya da boşluklu, tek, iki ya da üç cidarlı oluşu, duvarda açılan boşlukların tipi ile çatı ve döşemelerin oluşturulma şekli yapı davranışını etkiler. Taşıyıcı duvar ile yapı oluşturmada önce duvar malzeme özellikleri, oluşturulması ve dış etkiler altında davranışının bilinmesinde yarar vardır. Kullanımı yavaş yavaş yok olan ancak günümüze kadar dayanmış yapıların oluşturulduğu, geleneksel yapım tekniklerinden de yararlanmak önemlidir.

Taşıyıcı duvarların düşey yüklere ve yatay deprem yüklerine dayanımı; duvar geometrisine, kullanılan malzeme dayanımına, taşıyıcı blokların birleştirilme şekline bağlıdır.

Taşıyıcı duvarların davranışında duvarı oluşturan blokların basınç dayanımı önemlidir. Çünkü blokların çekme dayanımı çok küçüktür. Bu nedenle deprem kuvvetleri karşısında duvarın düzlemi doğrultusunda ve düzlemine dik birim ağırlığa gelen eğilme dayanımı çok zayıftır.

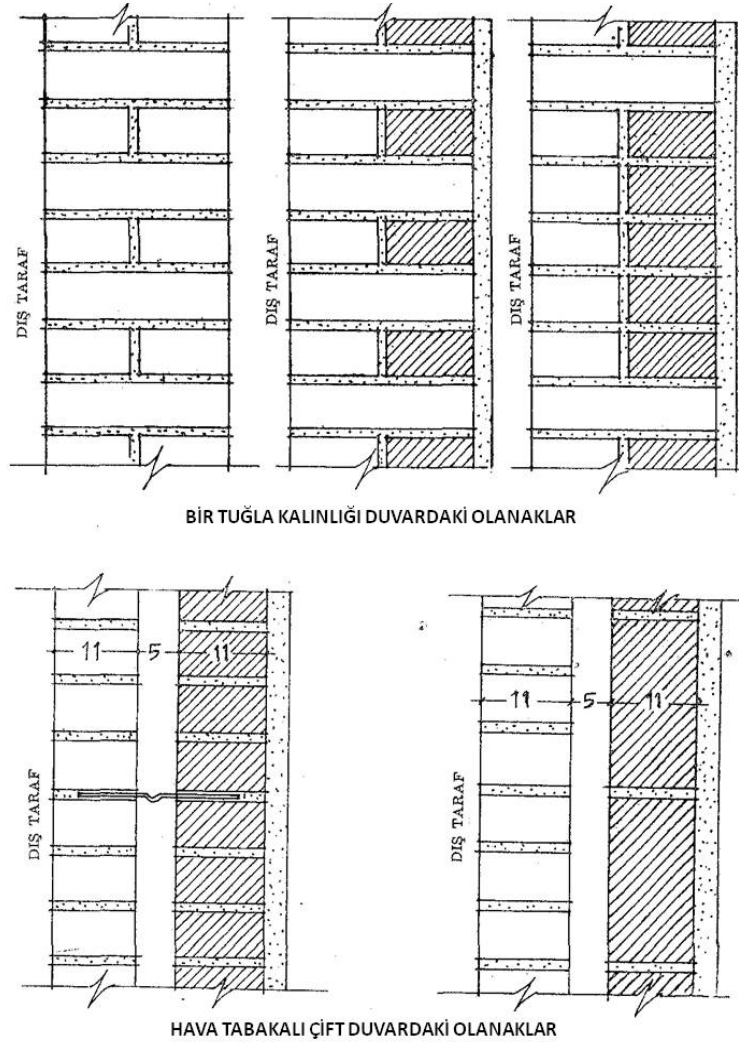
Kalın bir taşıyıcı duvar, dolu ya da hava tabakalı olarak yapılabilir. Hava tabakalı duvarların iki yüzünü oluşturan duvar tabakaları aynı tip blokla yapılabildiği gibi her bir duvar ayrı tip blokla, karma olarak oluşturulabilir. Duvarlar arasında hava boşluğu bırakılır ya da moloz taş ve harçla doldurulur.

Hava tabakalı tuğla duvarlar üzerlerine gelecek bütün yükleri taşıyabilecek mukavemette olmalıdır. Duvarın mukavemeti kullanılan malzemeye ve işçiliğe bağlıdır. Diğer taraftan daha çok malzeme daha çok mukavemet ancak daha yüksek maliyet demektir.

Genellikle, basit bir, iki katlı binada hava şartlarını karşılayabilecek bir kalınlıktaki konvansiyonel yapı malzemeleri ile yapılmış duvar, yeterli bir taşıma mukavemeti de sağlamalıdır [19, 29, 49, 55].

Hava tabakalı tuğla duvarlar, sağlamış olduğu birçok avantajlara karşılık mukavemet yönünden dezavantaja sahiptir. Bu dezavantaj aynı malzeme kullanılarak yapılabilecek ve sağlanabilecek 1- tuğla kalınlığındaki duvarın mukavemetinden daha az bir mukavemete sahip olmaktadır. Diğer taraftan, her iki tabaka ayrı ayrı ve bir hacmi çevreleyen duvar olarak yapıldığında, konvansiyonel usulde, taşıyıcı olarak düşünülmezler.

Çünkü duvar incelidikçe, narinlik oranı artar, duvarın basınç mukavemetinde yapılacak azaltma oranı yükselir; böylece duvarın taşıyabileceği yük azalarak bir değer olmaktan çıkar. Oysa bu tabakalar, hava tabakalı duvar bünyesinde yük taşıyıcı olarak kabul olur. Çünkü iki tabakayı birbirine bağlayan metal bağlar strüktürel bütünlüğü sağlamak ve mukavemeti artırmak için kullanılırlar (Şekil 3.10) [12].



Şekil 3.10 : Hava tabakalı tuğla dış duvarda tabakalarda farklı tuğla ve blok kullanımı [12].

Hava tabakalı duvar tipinin taşıyıcı duvar olarak kullanıldığı yapılarda yükler, ya duvarın her iki tabakasına birden veya tabakalardan yalnız birisine taşıtırılabilir. Yük her iki tabakaya birden taşıtırıldığında bağlar, iki tabakanın birlikte çalışması yönünden önemli bir katkıda bulunurlar. Yükün yalnız bir tabakaya taşıtırılması halinde ise metal bağlar, deformasyonu (gerilmeyi) diğer tabakaya aktarırlar. Bunun için bağların yeterli derecede kuvvetli olması gerekmektedir. Metal bağlar korozyona karşı dayanıklı malzemeler ile yapılmadığında zamanla işlevini yitirmekte ve bunun sonucunda dış duvar tabakasında deformasyonlar oluşmaktadır, bu durumda metal bağların yenilenmesi gerekmektedir [9, 14].

Metal bağlar, taşıyıcılık şartlarını sağlamak, rüzgar basıncını karşılamak ve ısısal hareketlere müsaade etmek gibi hususlar ile ilgili olarak değişik şekillerde uygulanırlar. Hava tabakalı duvarda, geniş yüzeylerde ısı farkları dolayısı ile dış tabakanın hareket sınırları iç tabakaya göre daha geniştir. Bu bakımdan zayıf bağlar kullanıldığı takdirde dış tabakanın ısısal hareketine imkan verilmiş; buna bağlı olarak iç tabakanın birlikte çalışması önlenmiş olur. Bu durumda zayıf bağlar kuvvetli rüzgar basıncında eğileceklerinden dolayı, dış tabakanın rüzgar basıncını karşılamasına iç tabaka iştirak ettirilmemiş olur.

Mekanik mukavemet ve rüzgar basıncını karşılamak ile ısısal hareketlere müsaade etmek fonksiyonları yönünden metal bağ kalınlıkları birbirine karşıt bir durum sergilemektedir. O halde optimum çözüm şekli sağlanmalıdır. Bu duvar şeklini genellikle uygulayan ülkeler şartnamelerine bununla ilgili ölçüler koymuşlardır.

Bağların sayısı duvarın mukavemetine etki eder. Metal bağların aralıkları, (İngiliz standartlarına göre) normal ölçüler olarak, düşey istikamette 45 cm, yatay istikamette 90cm alınabilir ve bunlar şaşırtmalı olarak konulmalıdır. Pencere kapı boşluklarında, boşluktan itibaren en çok 30 cm içinde metal bağların bulunması zorunludur. Boşluk civarında metal bağlar arasındaki mesafe yatay istikamette 90 cm'den az olmalıdır [13, 17].

Alman Normu (DIN) daha ince bağlar tespit etmiş ve bu ölçülerden farklı aralık öngörmüştür. Buna göre metal bağlar 1m² duvar yüzeyinde 5 adetten az olmamalıdır. Bu bağlar arasındaki mesafe düşey istikamette 30cm'den, yatay istikamette 75cm'den fazla olmamalıdır [16].

Tuğla duvarın mukavemeti, tuğla ve harcın mukavemetlerine ve işçiliğin iyi veya kötülüğüne bağlıdır [29, 49]. Duvarın emniyetle taşıyacağı yük ise tuğla ve harcın mukavemetlerinden başka duvarın narinliğine de bağlıdır. Hava tabakalı çift duvarın narinlik oranını bilinen esaslar içinde hesap etmek için gerekli faydalı kalınlık aşağıdaki formül ile bulunur [12].

$$T = \frac{2}{3} (T_1 - T_2)$$

Burada, T bulunacak olan faydalı kalınlık; T₁ hava tabakası dahil duvarın bütün kalınlığı; T₂ aradaki hava tabakasının kalınlığıdır. Bu formülün ifadesi: Duvarın faydalı kalınlığı aradaki hava tabakası çıktıktan sonra her iki duvar tabakasının toplam kalınlığının üçte ikisidir. Yani, duvarın faydalı kalınlığı, tek bir tabakanın faydalı kalınlığından büyük, iki tabakanın toplam mutlak kalınlığından küçüktür. Duvarın narinliği, duvarın yüksekliğini faydalı kalınlığa bölerek (yani H/T formülünden) bulunur. Formülde yükseklik (H) değeri olarak, duvar alt ve üstten bağlı ise hakiki yüksekliğin ¾ ü; üst ucu serbest ise 1½ si alınır [12].

3.3.8 Estetik

İnsanın çevresini ve elemanlarını güzelleştirme arzusu olan ‘estetik’ olgu, mimari ürünün biçimlendirilmesi ve değerlendirilmesinde önemli bir etkiye sahiptir ve mimari ürünün değerlendirilmesinde temel ölçüt olarak kabul edilmektedir. Estetik kavramı, bir yandan belirli bir ihtiyacı karşılarken, diğer yandan dış biçimi, iç sınırları, boşlukları, rengi, yüzeylerinin dokusu, ölçüleri, ışığı ve gölgesi ile de hoşla gitmesi ve insan beğenisini tatmin etmesi anlamına gelir [54].

Dış duvarlar yapı kompleksi içinde estetik yönden de bir değere sahiptir; yapıyı bu yönden de tamamlar. Doku, renk, desen gibi estetik öğeleri elde etmek için kullanılan malzeme ve onun özellikleri duvarların karşılaması gerekli performans kriterleri açısından konuya hem genişlik hem de problemler katar.

Malzeme ve renk arasında açıklanamaz bir bağlantı olduğu açıktır. Rengi bağımsız olarak değil, belirli bir malzemenin çeşitli özelliklerinden biri olarak algılarız. Yapı malzemelerinin renginin tabiat tarafından oluşma yerine insan tarafından kontrol edilmeye başlanması ile mimaride yeni bir aşama oluşmuştur. Malzemenin doğal renkleri her zaman rahatlatıcı bir etki yaratmaktadır.



Şekil 3.11 : Hava tabakalı tuğla dış duvarlar pek çok avantajları yanında estetikdir.

Zayıf dokusal etkileri olan malzemeler derin pürüzler yardımıyla gelişir. İyi nitelikli malzemeler ise düz yüzey olarak kalabilirler ve hatta en süslemesiz ve pürüzsüz hallerinde bile güzeldirler. Doku ve renk etkileri arasında tam bir ayırım yapmak güçtür.

Renk, doku ve desen ile ilgili iyi bir görünüş taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan duvarlar için de geçerlidir. Bu, duvarın, dolayısıyla yapının subjektif kalitesini aksettirir; mimarın yaratıcı gücüne bağlıdır. Ancak bu konudaki kararlar duvarın objektif kalitesini düşürücü, fonksiyonlarını aksatıcı olmamalıdır [12, 54].

3.3.9 Ekonomi

Dış duvarın ekonomik olması fonksiyon ve görevlerinin yeterli bir asgari maliyet içinde bulunması demektir. Yapının ilk kuruluş maliyeti ile onarım ve bakım masrafları ve diğer dolaylı masrafların (ısıtma masraflarının) en elverişli birleşimi dış duvarın ekonomik olmasını sağlayacaktır. Taşıyıcı veya taşıyıcı olmayan duvarları “Ekonomik Bina” kavramı içinde düşünmek gereklidir.

İşçilik ve yapım hızı açısından görece dezavantajlı olmasına rağmen, estetik ve bakım onarım maliyetleri ön planda tutulduğunda, yapı malzemeleri içerisinde yaygın ve bol çeşitli üretim olanaklarına sahip olması ve ülkemiz şartlarında kolay erişilebilir olması gibi özellikleri ile özellikle konutlarda tuğlanın ekonomik açıdan ön sıralarda değerlendirilmesi gerekir.

3.3.10 Hava Tabakalı Tuğla Duvarların Performans Analizi

Bu bölümde; laboratuvar araştırmaları, saha tecrübeleri ve modelleme çalışmalarından elde edilen sonuçların yer aldığı, yalıtımlı hava tabakalı tuğla duvarların performans analizlerinin belirlendiği çalışma örnek olarak verilmiş ve bu laboratuvar çalışmasının sonuçları hava tabakalı tuğla duvarların performans değerlendirilmesi için kullanılmıştır [8].

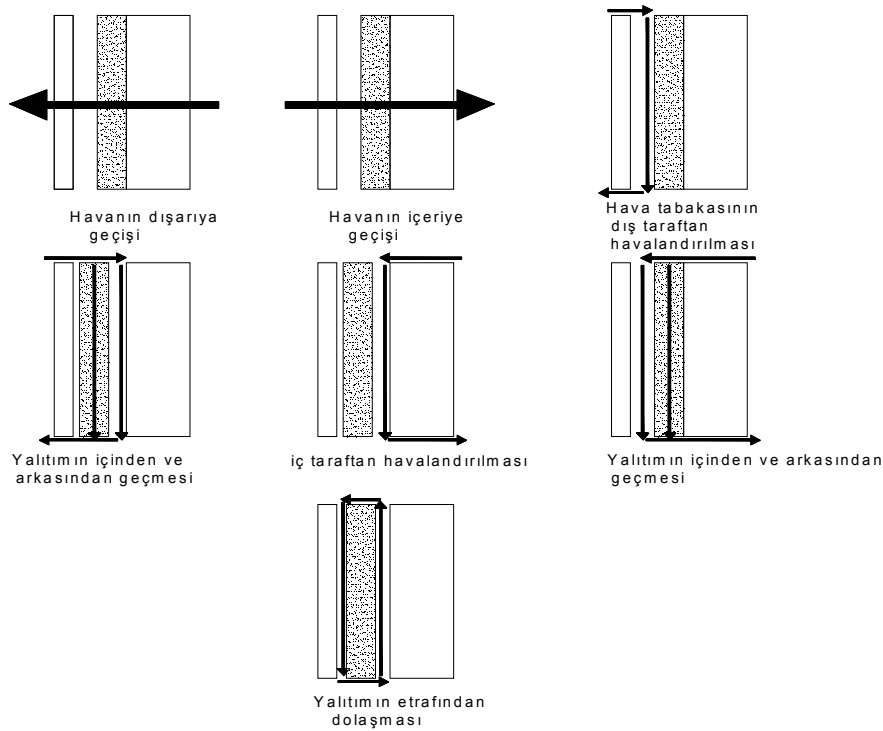
Performans sözcüğü bir yapı, yapının bir parçası veya bir tabakası gibi nicel olarak değerlendirilebilen tüm yapı bileşenleri için uygulanmaktadır. Gerçek performans kriterleri tasarım aşamasında tahmin edilebilir, yapım aşamasında ve yapım sonrasında kontrol edilebilir olmalıdır. Çizelge 3.11 bu çalışmada dikkate alınan dış cephe performans kriterlerini göstermektedir [8, 56].

Çizelge 3.12 : Sıcaklık ve kütle, akustik ve hizmet ömrü için dış cephe performans kriterleri [8].

Konu	Performanslar
Sıcaklık ve kütle	Hava sızdırmazlık - Hava geçirimsizliği - Havalandırma ve rüzgâr basıncı ile yalıtımın içerisinde hava geçişi - Yalıtım dolgusu etrafındaki hava akımı Isı yalıtımı - Birim duvar parçası (clear wall) ve yapı bileşeni olarak duvarın (whole wall) U-değeri Ortam sıcaklığına bağlı ısı tepki - Isı yalıtımı - Isıl direnç - Isıl kütle (ısı depolama) Nem Performansı - Yağmur suyu sızması - Yapı bileşenleri arasında yoğuşma Isı köprüsü - Sıcaklık oranı
Akustik	Havadan gelen gürültünün azaltılması
Hizmet ömrü	Fiziksel etki (nem ve sıcaklık farklılıklarından, donma etkisinden, tuz etkisinden kaynaklanan gerilme ve deformasyon) Kimyasal etki Biyolojik etki

3.3.10.1 Hava Sızdırmazlık

Hava sızdırmazlık, ısı iletimi, değişken ısıl tepki, nem performansı, ses yalıtımı ve enerji tüketimini etkileyen çok kapsamlı bir performans kriteridir. Şekil 3.12’de gösterildiği gibi, birçok farklı hava akımı vardır. Bunların yapının performansına en çok zarar verenleri; havanın dışarıdan içeriye (In-flow) ve içeriden dışarıya (Out-flow) geçişi, havanın yalıtımın etrafında dolaşması (Air looping) ve rüzgar basıncı ile yalıtımın içerisinden geçmesidir (Wind washing).



Şekil 3.12 : Hava tabakalı duvarlarda farklı hava akışı [8].

Bu çalışmada havanın içeri ve dışarı akımı g_a ($\text{kg}/(\text{m}^2\text{s})$) ASHRAE - 2005 standartlarına göre aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$g_a = C \Delta P_a^n \quad (\text{kg}/(\text{m}^2\text{s}))$$

Burada;

C: hava geçirgenlik sabiti, ($\text{kg}/(\text{m}^2\text{s}P_a^n)$)

n: hava geçirgenlik katsayısı ve

ΔP_a : duvar üzerindeki havanın basınç farkıdır.

Hava tabakalı duvarlar hava geçirimsiz değildir. Hava geçirimsizlik sabiti (C) iyi yapılmış ve havalandırma deliği bulunmayan hava tabakalı bir duvar için 3.5×10^{-5} ile kötü yapılmış ve havalandırma deliği bulunan bir duvar için 6×10^{-3} arasında, hava geçirimsizlik katsayısı (n) ise 0.8 (iyi durumda) ile 0.5 (kötü durumda) arasında değişmektedir. Duvar tabakasının her iki yanındaki hava basınç farkı 50 Pa ise yukarıdaki rakamlara göre içeri veya dışarı yönde oluşan hava akımı 1 m^2 ve 1 saat için $2.4\text{-}127 \text{ m}^3$ arasında değişir [8].

İç duvarları sıvanmamış hava tabakalı duvarlarda benzer geçirimsizlik sabitleri ve katsayıları ölçülmüştür. Hava tabakalı bir duvarın iç duvar tabakasının sıvanması, kabul edilebilir hava geçirimsizliği sağlamaktadır. Bu durumda, hava geçirimsizlik sabiti (C) 10^{-5} 'e kadar düşebilir ve 50Pa'lık basınç farkı altında içeri veya dışarı yönlü hava akımının 1.5 m^3 'ün altında kalmasını sağlar. İyi bir hava geçirimsizlik ısı ve ses yalıtım performansı için öncelikli bir gerekliliktir.

Çizelge 3.13 : Hava tabakalı duvarların hava geçirimsizliğini gösteren varsayılan değerler [8].

Duvar	$(\text{kg}/(\text{m}^2 \text{s} P^n))$	n-1
Üst ve alt kısmında, yatayda her bir metrede iki havalandırma deliği bırakılarak örülmüş tuğla duvar	2×10^{-3}	0.55
İç duvar, tuğla ile örülmüş fakat sıvasız	4×10^{-5}	0.8
İç duvar, hava geçirimli bloklarla örülmüş fakat sıvasız	4×10^{-4}	0.75
İç duvar, sıvalı	10^{-5}	0.8

Yalıtım malzemesinin iç duvar tabakasına tam olarak yapıştırılmaması ve duvar tabakasının üst veya alt kısımlarında havalandırma deliği olması durumunda, rüzgar basıncı ile havanın hava tabakası içinde uygulanan yalıtım malzemesinin içinden geçmesi ve yalıtımın etrafında hava akımı oluşması, kaçınılmazdır [8].

Hava geçirimsizliği mükemmel olan ve yalıtım malzemesi bulunmayan bir hava tabakalı duvarın ısı geçirimsizliği (U_0) $1.4 - 1.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$ değerleri arasındadır. Bu değer kabul edilebilir sınırın üzerindedir. İstenen değer 0.2 veya daha azdır. 14 cm hafif tuğla iç duvar ile 4 cm kısmi yalıtım uygulanmış veya 6 cm tam yalıtım uygulanmış toplam 30 cm kalınlığında hava tabakalı bir duvar ile Belçika'da elde edilen en düşük ısı geçirimsizlik değeri 0.34'tür. Bu değer bile düşük enerji şartını

sağlayamamaktadır. Böyle düşük bir değeri elde etmek için duvar kalınlığını artırmak gerekmektedir. Bu da bina taban alanını küçültmek ve maliyetleri artırmak anlamına gelir.



Şekil 3.13 : Yanlış uygulanmış yalıtımlı hava tabakalı duvar [8].

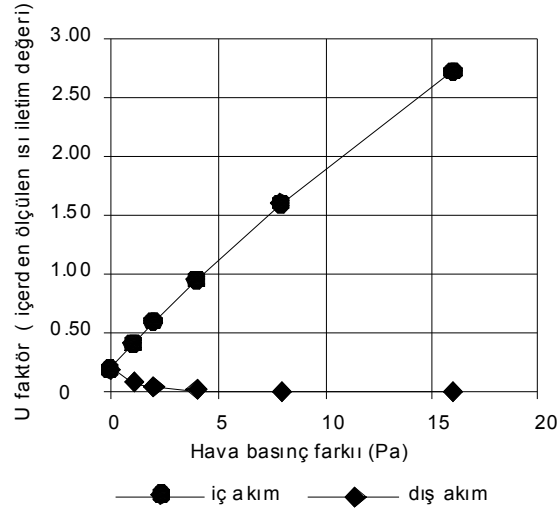
Düşük enerji şartını sağlayabilmek için gerekli en düşük duvar kalınlığı 39 cm'dir. Bunun 15 cm'si hava boşluğudur. Hava boşluğu ya tam olarak veya 10-12 cm kalınlığında bir yalıtım ile doldurulmalıdır.

Hava geçirimli hava tabakalı bir duvar farklı bir durum sergiler. Aslında, içeri ve dışarı yönlü hava akımları duvarı ısı geçirimli bir yapı haline dönüştürür. Havanın dışarı yönlü hareketi hava tabakalı ve yalıtımsız duvarın ısı iletim değerini içeriden dışarıya doğru artırır. Havanın içeri yönlü hareketi ise ısı iletim değerini içeriden dışı doğru azaltır.

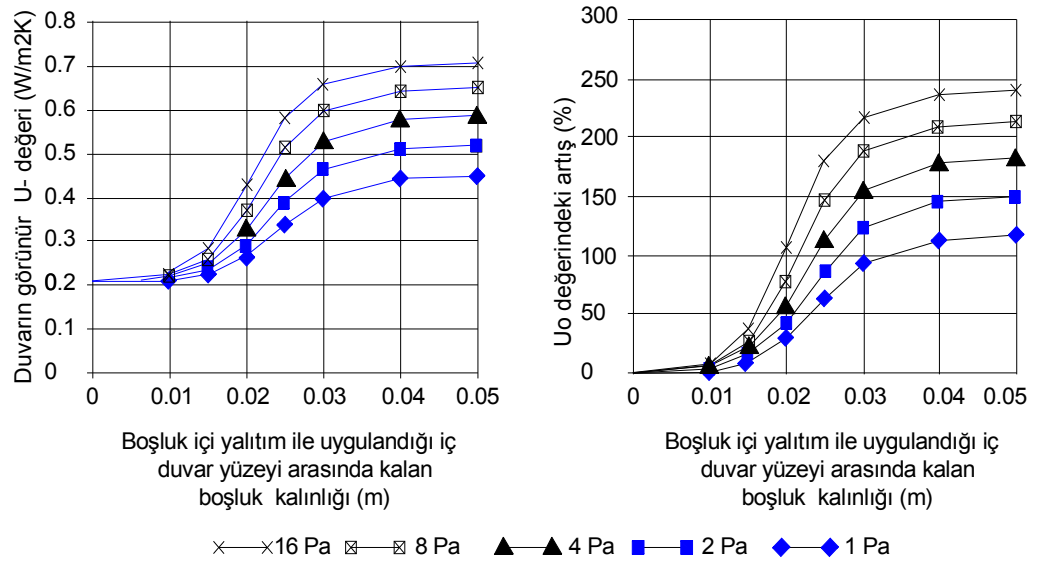
Şekil 3.14'te görüldüğü üzere; hava basınç farkı 16Pa'nın üzerine çıktığında, 15 cm'lik ısı yalıtımına rağmen, duvarın ısı geçirimliliği içeride 2,72 W/(m²K) değerine çıkmaktadır.

Yukarıdaki şekildeki sonuçlar yalıtım malzemesinin hatasız bir şekilde yapılması durumu için geçerlidir. Duvarın hava tabakası içerisindeki yoğuşmanın olumsuz etkilerini gidermek için bazı tasarımcılar hava boşluğunun havalandırılmasını bir gereklilik olarak değerlendirmektedirler. Bu amaçla, hava tabakalı duvarın dış tabakasının alt ve üst seviyelerinde her metrede iki adet delik bırakılmaktadır. Ancak, yalıtım malzemesi iç duvar yüzeyine arada hava boşluğu bırakılmadan

uygulanmamış ise havalandırma deliklerinden giren rüzgar yalıtım malzemesi ile iç duvar arasından geçerek yalıtım malzemesinin etkisini azaltacaktır.



Şekil 3.14 : Hava tabakalı bir duvarda sıvasız bir iç duvar için hava akımına göre iç yüzeyden ölçülen ısı geçirimsizliği değerindeki artış ve azalışlar [8].



Şekil 3.15 : Yalıtılmış hava tabakalı duvarda hava basıncı farkı olması durumunda duvarın ısı geçirimsizliği değeri oluşmuş değişimler [8].

Şekil 3.15'te 0.2 W/m²K değerine sahip, yalıtılmış hava tabakalı bir duvar için üst ve alt havalandırma delikleri arasındaki hava basıncı farkının 1-16Pa (Yukarıdan aşağı doğru 16Pa, 8Pa, 4Pa, 2Pa, 1Pa) arasında olması durumunda yalıtım ile iç duvar arasındaki boşlukta oluşacak hava akımından dolayı duvarın ısı geçirimsizliği değeri oluşmuş değişimler gösterilmektedir. Görüldüğü gibi, duvarın ısı geçirimsizliğindeki artış doğrusal değildir. Yalıtım malzemesi ile iç duvar arasındaki 15 mm'lik bir

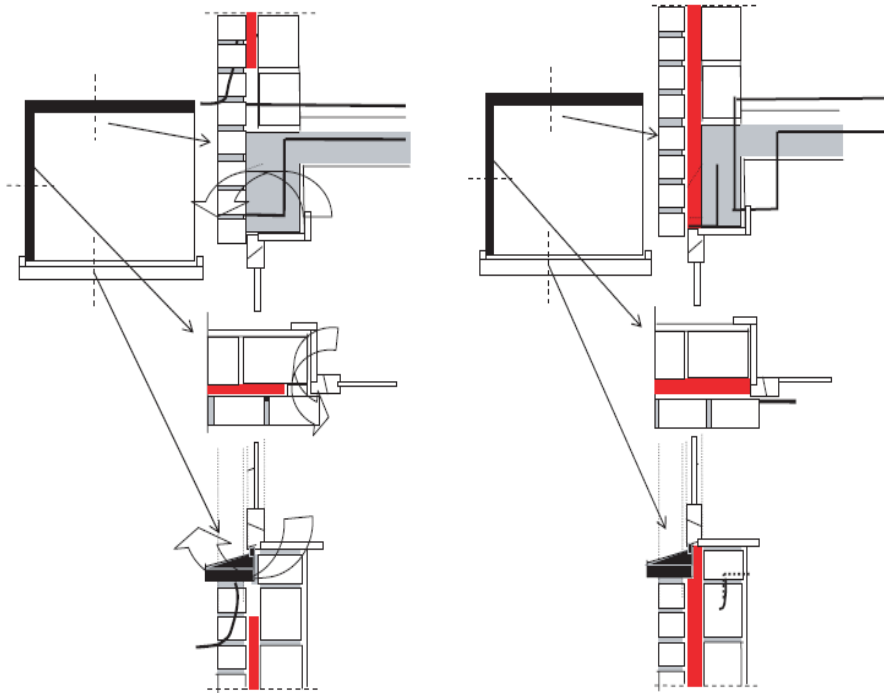
boşluk duvarın ısı geçirimsizlik değerini yaklaşık % 20 arttırmaktadır. Söz konusu boşluk 20 mm olduğunda ise artış %100 olmaktadır [8].

Sonuç olarak, ısı yalıtım tabakasının etrafında hava dolaşımı oluşması kesinlikle kaçınılması gerekli bir durumdur. Bunun için iç duvarın boşluk tarafında iç duvarın dikkatli bir şekilde örülmesi ve boşluk tarafında iç duvarın dış yüzeyi ile yalıtım tabakası arasında boşluk kalmayacak şekilde sıkıca sabitlenmesi gerekmektedir.

3.3.10.2 Hava Tabakalı Duvar Tasarımı ve Uygulamasındaki Kritik Noktalar

Duvarın, yapının diğer elemanları ile birlikte gösterdiği ısı geçirimsizlik performansı salt duvar kesiti için vurgulanan yukarıdaki verilerden farklı olarak ısı köprülerini de içermektedir. Yapının toplam ısı performansının sağlıklı bir şekilde değerlendirilebilmesi için tüm birleşim detaylarının bir arada ele alınması gerekmektedir.

Döşeme – duvar, duvar – doğrama, duvar – çatı birleşim detayları hava tabakalı duvarın performansını etkileyen kritik noktalardır. Bu kritik noktalardaki detaylar doğru uygulanırsa, duvarın ısı geçirimsizlik değeri ısı köprülerinden en az seviyede etkilenir [8, 17].



Şekil 3.16 : Doğru ve yanlış uygulanmış pencere detayları

Isı kayıpları ısı geçirimsizliği ile birlikte değerlendirilmektedir. Çizelge 3.13'te pencere boşluğu etrafında ısı yalıtım tabakası kullanılması ve kullanılmaması durumunda laboratuvar şartlarında elde edilmiş olan ısı geçirimsizlik değerleri gösterilmektedir. Isı yalıtımı kullanıldığında sıcaklık oranları küf oluşumu için alt sınır değer olan 0.7'nin çok üzerinde çıkmaktadır. Kullanılmadığı durumda ise 0.7 değerine çok yakın değerler elde edilmektedir. Aynı zamanda, pencere boşluğu etrafında ısı yalıtımı kullanılmaması durumunda duvar kesitinin sahip olduğu ısı geçirimsizlik değerinin %53 oranında arttığı görülmektedir [8].

Çizelge 3.14 : Isı köprüsü oluşumu, sıcaklık oranları ve pencere boşluklu duvarın U-değeri [8].

Hava Tabakalı Duvar	Birim duvar parçasının U-değeri (W/(m ² K))	Pencere boşluğunun 5cm dışındaki sıcaklık oranı			Pencere boşluğu ile birlikte duvarın U-değeri
		denizlik	lento	köşeler	W/(m ² K)
Yalıtım malzemesi ile tamamen doldurulmuş 6cm'lik hava tabakası, pencere etrafında ısı yalıtımı yok	0.51	0.67	0.71	0.78	0.78
Yalıtım malzemesi ile tamamen doldurulmuş 10cm'lik hava tabakası, pencere etrafında ısı yalıtımı var	0.32	0.82	0.90	0.88	0.32

3.3.10.3 Ortam Sıcaklığına Bağlı Isıl Tepki

Dış duvarların içinde bulunduğu ortamın sıcaklığına bağlı ısı performans, gün içerisindeki dış veya iç sıcaklık değişiklikleri karşısındaki davranışdır. Yalıtım ve depolama özellikleri açısından bakıldığında; yalıtımsız ve hava geçirimsiz bir hava tabakalı tuğla duvar, yalıtımlı ahşap iskeletli bir duvara göre çok daha iyi bir performans sergilemektedir. Hava tabakası içerisinde tekniğine uygun bir şekilde yalıtım yapılması duvarın yalıtım özelliğini büyük ölçüde artırmakta ve ısı performansını çok daha yüksek değerlere çıkarmaktadır. Karasal iklimin hakim olduğu bölgelerde, yaz aylarında geceleri ortaya çıkan ısı kayıplarının azaltılması için ise ısı kütlesi (ısı depolama) özelliğine sahip yeterli eleman kesitine ihtiyaç vardır [8].

3.3.10.4 Nem Performansı

Hava tabakalı duvarlar yüksek nem performansına sahiptir. En ağır rutubet yükü olan rüzgarla birlikte yağan yağmur dış duvar yüzeyi tarafından engellenir. Yağmur suyu tuğla dış kaplama tarafından durdurulur ve kaplama yüzeyinden akıp gider. Hava tabakası tarafına suyun sızması üst havalandırma deliklerinden, tuğla ve harç arasındaki kılcal çatlaklardan yağmur suyunun geçip aşağı doğru akması şeklinde oluşur. Boşluk içerisindeki bu su sızıntısının çok küçük bir yüzdesi boşluğun tabanına ulaşır. Burada sızan suyun bir kısmının tabana yerleştirilen yatay oluk ile dışarı akması sağlanır. Geri kalan kısmı ise tuğlalar ve çatlaklar tarafından emilir.

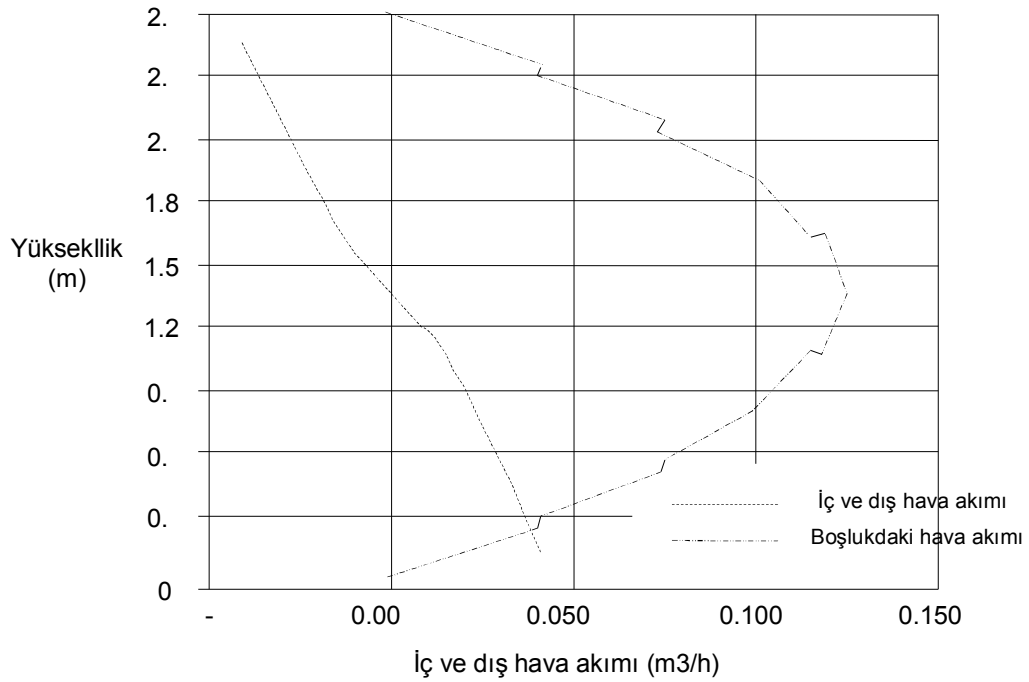
Hava tabakalı tuğla duvarların hava geçirimsizliği yüksektir. Dışarıda 0°C ve içeride 20°C ortam sıcaklığı bulunduğunda havanın tuğla kaplamadan geçerek 6 cm genişliğindeki boşluk boyunca hareket ettiği Şekil 3.17’de görülmektedir. Ayrıca, havalandırma boşluğun kurummasını hem olumlu hem de olumsuz yönde etkilemektedir.

Sonuç olarak, boşluğu havalandırılmış bile olsa tuğla duvar işçiliğine dikkat edilmelidir. Havalandırma yapılmasının işçilik hatalarından kaynaklanan rutubet sorunlarını ortadan kaldırdığı düşünülmemelidir. Gerekli olan; duvar boşluğunun tabanında, lentoların üstünde, dış tuğla duvarın tabanında ve yatayda her bir metrede bırakılan 2 havalandırma deliğinin altında suyu dışarıya yönlendirecek yatay oluklar yerleştirilmesidir. Hava boşluğunun havalandırılması kurumayı hızlandırabilir, ancak kışın boşluktaki havayı soğutarak kurumanın gecikmesine de neden olabilir [8, 21].

3.3.10.5 Hava Tabakası Yalıtım Malzemesi ile Tamamen Dolu Olan Duvarlar

Hava tabakalı duvarların hava tabakasının yalıtım malzemeleri ile doldurulması ile birlikte boşluğun havalandırılması daha fazla önem kazanmıştır. Havalandırmasız tam dolgulu hava tabakalı duvarlarda, havalandırma olmadığı için yalıtım malzemesinin su içinde kalacağı düşünülmektedir, yalıtım malzemesinin boşluğu tamamen kaplamaması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Boşluğun havalandırılması yaz aylarında yalıtım malzemesi içerisinde oluşacak yoğuşmayı önleyici bir önlem olarak düşünülmektedir. Havalandırmasız duvarlarda yıllardır yapılan gözlemlerde yoğuşmadan kaynaklı önemli bir problem tespit edilmemekle birlikte, dış duvar içerisindeki rutubet ile dışarıdan duvar içine sızan yağmur suları birleşerek yaz aylarında geçici bir yoğuşma oluşturmalar [8].



Şekil 3.17 : Tuğla kaplamadan geçen iç ve dış hava akımı, boşluktaki hava akımı

Soğuk iklimlerde; hava tabakalı duvardaki boşluğun havalandırılmasının duvarın nem performansı açısından önemli olmadığı görülmüştür. Hava soğuduğunda, iç duvarda ıslaklık kalmış ise bu rutubetin bir kısmı dış kaplama duvara doğru hareket eder ve sonuçta buhar geçirimli dolgu malzemelerinin içerisinde yoğunlaşmaya sebep olur. Rutubetin bir kısmı da dış duvarın iç yüzeyinde toplanır. Bu noktada, emilme ve süzülme olayları gerçekleşir.

Tuğla ve harcın don etkisine dayanıklı ve düşük tuz içeriğine sahip olması durumunda yoğunlaşma hava tabakalı tuğla duvara zarar vermez ancak ilkbaharda, tuğlalarda ve tuğlaların birleşim yerlerinde çiçeklenme olabilir [57].

Sonuç olarak; tasarım ve işçilik açısından sorunsuz olmak kaydıyla yalıtımlı hava tabakalı duvarlar yaklaşık olarak yalıtımsız örneklerinin sağladığı nem performansına sahiptir. İyi bir nem performansı için dış duvarda kullanılan tuğlaların iyi pişirilmiş, kapiler su yükselmesine dirençli, donmaya karşı dayanıklı ve düşük tuz içeriğine sahip olması da gereklidir [8].

Dış yüzeyi boyalı ve sırlı tuğlalar kullanılarak oluşturulmuş yalıtımlı hava tabakalı duvarlar nem kaynaklı hasar oluşumuna yatkındırlar. Bunun sebebi, boyalı ve sırlı yüzeyler geçirimsizliği artırdığından kış aylarında dış duvarda boyanın veya sırlı yüzeyin hemen altında yoğuşma oluşmasıdır [8, 21, 33].

Donma ve tuz kaynaklı hasarların çoğunun gerçek nedeni dış duvar tarafından emilen yağmur suyunun kurummasının engellenmesidir. Boyalı veya sırlı bir dış duvar yüzeyine çarpan yağmur suyu yüzeyden aşağı doğru akar. Tuğla ile harç birleşimlerinde küçük de olsa açıklıklar kolayca oluşur ve bu açıklıklar yağmur suyunun dış duvarın içerisine sızmasına neden olurlar. Boyalı ve sırlı yüzeyin düşük nem geçirimsizliği, tuğlaların kurummasını geciktirmektedir. Böylece tuğlalar donma etkisine karşı hassas oldukları bir su içeriğine sahip olabilir. Bu durumda donma-çözünme döngüsü sonucunda tuğlalar hasar görecektir. Nem soğuk tarafa doğru hareket edeceğinden boyalı yüzeyin arkasında tuzlanmaya ve sonuçta boyanın bozulmasına sebep olacaktır. Çizelge 3.14 boyalı ve sırlı yüzeylerin nem geçirimsizliğinin ne kadar yüksek olduğunu göstermektedir [8, 33].

Çizelge 3.15 : Boyalı ve sırlı yüzeylerin rutubet geçirimsizliği

Kaplama	Yüzeylerin nem geçirimsizliği $\times 10^6$ (m/s)
Kaplamasız	65
Akrilik Boya	2268
Fiber donatılı boya	5940
Sırlı tuğla	18,846
Su itici malzeme	756

3.3.10.6 Ses Geçirimsizlik

Hava tabakalı tuğla duvarlar mükemmel bir ses izolasyonu sağlamaktadır. İç yüzey sıvalı olduğunda veya iç duvarın hava boşluğu tarafındaki yüzey sıvandığında 52 db ve 500Hz’lik bir gürültü bile problem oluşturmamaktadır. Ancak, duvarın hava sızdırmazlık özelliğinin olmaması ses geçirimsizliği ile ilgili performansın azalmasına sebep olabilir. Ayrıca, sert (yoğun) bir yalıtım malzemesi kullanılarak hava boşluğunun tamamen doldurulması ses yalıtımını kötü yönde etkiler. Yapılan ölçümler; hava tabakası yalıtım malzemesi ile tamamen doldurulan hava tabakalı duvarın ses geçirimsizlik performansında yalıtımsız bir hava tabakalı duvara kıyasla 10 dB’e varan kayıpların oluştuğunu göstermektedir [8].

3.3.10.7 Hizmet Süresi

Hava tabakalı bir duvarın yaşayabileceği duraylılık problemleri: 1) donma etkisi, 2) yağmur suyunun duvar içine girmesi ve 3) küf oluşumudur.

Yapılan çalışmalarda küf oluşumu ve yağmur suyunun duvar içerisine girmesi en çok karşılaşılan sorunlar olarak tespit edilmiştir. Donma etkisinin ise sadece donmaya karşı hassas tuğla kullanımıyla ilgili daha seyrek karşılaşılan bir hasar sebebi olduğu görülmüştür [8, 21, 33].

3.3.10.8 İncelemenin Sonuçları

Detaylı bir performans analizi yapıldığında, hava tabakalı tuğla duvarların dış duvarlardan beklenen performans özelliklerini karşılama kapasitesine sahip olduğu anlaşılmaktadır.

İç duvarın yapı içerisinde kalan yüzeyi sıvalı olduğunda hava sızdırmazlık bir problem olmaktan çıkmaktadır. Isı geçirimsizliğinin düşük enerji sınıfının gerektirdiği seviyeye kadar düşürülebilmesi için duvarın aşağıda sıralanan 4 özelliğe sahip olması gerekmektedir. Bunlar:

1. Hava boşluğunda yeterli kalınlıkta bir yalıtım malzemesi kullanmak,
2. Yalıtım tabakasını, iç duvarın boşluk tarafındaki yüzeyi ile yalıtım tabakası arasında boşluk kalmayacak şekilde tespit etmek,
3. İç duvarın hava geçirimsiz olmasını sağlamak ve
4. Sistemin tüm birleşim detaylarını ısı köprüsü oluşturmayacak şekilde belirlemektir.

Toplamda iyi bir performansın garanti edilebilmesi için, yukarıda belirtilen özelliklere ek olarak hava tabakalı duvar uygulamasında tasarım ve yapım aşamasında aşağıdaki önlemler alınmalıdır.

1. Hava tabakalı duvarlar ses yalıtım performansı yüksek olan bir sistem olup, ses yalıtım performansının iç duvarın yapı içinden veya boşluk tarafından sıva ile kaplanması ile daha da artırılması mümkündür.
2. Hizmet ömrü doğru malzeme seçimi, tasarım ve işçilik hatalarının önlenmesine bağlıdır.
3. Boşluk içinde su drenajının sağlanması için yatay oluklar konulmalıdır.

4. Isı ve nem köprüleri oluşturulmaması için iki duvar tabakası arasındaki yapısal bağlantıyı sağlayan parçalar dışa doğru eğimli olmalıdır.
5. Doğru yapım sıralamasında öncelikle iç duvar ve hava tabakası içinde su drenajı için yerleştirilecek yatay oluklar yapılmalı, sonra yalıtım malzemesi iç duvara sabitlenerek dış duvar oluşturulmalıdır. Bu tür bir uygulamada dışarıdan kurulacak bir yapı iskelesine gerek olmaktadır [8, 21, 33].

4. HAVA TABAKALI DUVAR UYGULAMA ÖRNEĞİ: SAMSUN / BAFRA KOŞU KÖYÜ

Bu bölümde hava tabakalı tuğla duvar hakkında buraya kadar yapılmış olan açıklamaların ışığı altında örnek konut ile ilgili değerlendirmeler yapılacaktır. Bu amaç ile öncelikle örnek konut ile ilgili kullanıcıların yapmış olduğu kabullerin neler olduğu açıklanarak, hava tabakalı dış duvarların yapım şekli, prensip eksiklikleri ve karşılaması gerekli performans özellikleri açısından değerlendirilmesi yapılacaktır.

Samsun / Bafra / Koşu Köyü'nde uygulanacak konut yapımına 15 Mayıs 2009 tarihinde başlanılmıştır. Kullanıcılar, oldukça duyarlı bir yaklaşımla önemli kabuller yapmışlardır. Yapıda tamamen doğal malzemeler kullanmayı temel esas kabul etmişlerdir. Bina içi konfor şartlarını yapay yalıtım sistemleri kullanmadan, doğal yollarla sağlamak, yağmur, ısı, nem, rüzgar, iklim, binanın ısı depolama ve salma kapasitelerini düşünerek, nefes alabilen aynı zamanda da ısıyı koruyabilen konut yapmak için detaylı araştırmalar yapmışlardır.

4.1 Örnek Konut Uygulamasında Yapılan Kabuller

Duvarların nefes alması, buhar geçirgenliğinin olması anlamına gelmektedir. Özellikle evin içinden nemi uzaklaştırmanın en temel yolu evin nefes alabilmesidir. Genel düşüncenin aksine, nem eve dışarıdan geldiği kadar yapı içinde de üretilmektedir. Konut içerisinde, banyo – duş, çamaşır – bulaşık, yemek pişirme, canlıların nefes alıp vermesi gibi aktivitelerle sürekli buhar üretilir. 4 kişi tarafından günde ortalama 6-7 litre su buharı üretilmektedir. Oluşan buhar yapı içerisinden çıkış yolu bulamadığında duvarlarda hasarlara sebep olabilecek, soğuğu ve sıcaklığı daha yoğun hissettirecektir.

Ayrıca, nefes almayan duvarlar yapı içerisinde zehirli gazların da yoğunlaşmasına sebep olmaktadır. Zehirli gazlar boya, vernik, kozmetikler, yapıştırıcılar, plastikler tarafından üretilmektedir. İyi havalandırılmayan bir yapının içi, dışarıya göre %20'ye kadar daha fazla zehirli hava içermektedir.

Ahşap, tuğla, taş gibi doğal malzemeler nefes alan malzemelerdir. Duvarlarda kullanılan malzeme ya da yalıtım malzemesi duvarların nefes almasını engelliyor ise, mekanik bir havalandırma sistemi kurulması gerekmektedir. Başka bir deyişle, havalandırmanın yalnızca pencerelerden sağlanması yeterli olmamaktadır. [58]

4.1.1 Tuğla Duvarlar

Kullanıcılar, örnek konut yapım kararlarını alırken, Bafra yöresinin geleneksel konutlarından esinlenmişlerdir. Yaz aylarında sıcaktan korunmak için etkin olan taş duvar konutlar, kış mevsiminin nemli ve soğuk günlerinde konfor şartlarını sağlamadıkları ve taş malzemenin ısı yalıtım değeri düşük olduğu için tercih etmemişlerdir. Bafra şehir merkezinde iç ve dış sıvalı harman tuğlaları ile uygulanmış geleneksel evlerden yola çıkmışlardır. Tuğlanın doğal ve nefes alabilen bir malzeme olmasından dolayı konut dış duvarlarında tuğla kullanmayı tercih etmişlerdir. Estetik olma özelliğinden dolayı sıva yapmadan iç mekânlarda ve cephede tuğlayı görmek istemişlerdir.

Dış sıva uygulanmayacağı için Bafra bölgesinin oldukça yağışlı iklimi karşısında yağmur sularının duvar içerisine geçişini engellemek için önlem almak gerekliliği doğmuştur. Dış yüzeyde şeffaf su itici malzemeleri hem kimyasal içerikli oldukları (doğal olmadıkları) ve nefes almaya izin vermedikleri, hem de güneş radyasyonu karşısında dayanımlarına ve kullanım ömrüne güvenilemeyeceğini düşündükleri için bu yöntemi kullanmamışlardır. Su, nem ve ısı problemlerine karşı hava tabakalı duvar sistemi kullanmışlardır. İklimle bağlı olarak duvarların nefes alması ve bununla beraber iç ortamdaki su buharı ve nemin dışarı (hava boşluğuna) aktarılması olayı kadar ısı yalıtımına da önem verildiği için ısı kaçışlarını engellemek ve ısı köprüleri oluşturmamak amacıyla betonarme taşıyıcı sistem değil, yığma duvar sistem kullanılmıştır.

Konut duvarlarında tuğla duvar kullanma kabulü yapıldıktan sonra tuğla alternatifleri ile ilgili araştırmalar yapılmıştır. Bunlar;

1. Yığma tuğla (yapı mevzuatına göre kolonsuz 3 kata kadar taşıyıcı olarak kullanılabilen düşey gözenekli tuğla)
2. İzolasyon tuğlası
3. Geleneksel harman tuğlası (kara tuğla, dolu tuğla)

4. Çıkma dolu / harman tuğla (yıkılan eski evlerden çıkarılan)

5. Dolu pres tuğla (modern harman tuğla) gibi tuğlalar incelenmiştir.

Harçla bağlantısından ve yeterince bulunabileceğinden emin olunamadığından çıkma tuğla, yağış ve nem dayanımlarının yetersiz olacağı düşünüldüğü için harman tuğlası kullanmaktan vazgeçilmiştir.

İzotuğlalar, yalıtım, ısı geçirgenlikleri ve ısı tutma açılarından enerji performansları oldukça iyi olan ve yatay düzlemde birbirine geçmeli olması nedeniyle yarlarda ayrıca derz gerektirmemektedir. Bu durum ısı kaçışlarını azaltmaktadır. Tuğla, sağlıklı ve nefes alan bir malzemedir. 11,5cm'den 38cm'ye kadar değişik genişlikte izotuğla veya ısı tuğlaları vardır. Hafif ve özel gözenekli yapıları sayesinde izotuğlalar yüksek yalıtım değerine sahiptir (ısı iletkenliği 0,25 W/mK). Ülkemizin tüm sahil kesimlerinde görülen ılıman iklim bölgelerinde, izotuğla ile gerekli kalınlıkta örülen duvarlarda ek yalıtım uygulanmasına gerek kalmamaktadır. Ancak, kullanıcıların tespitlerine göre maliyetleri yüksektir, işçilik yönünden özenli bir çalışma gerektirmektedir ve ayrıca ses yalıtım özelliği yetersizdir. Bütün bu gerekçelerin yanında, yapının yığma duvar sistemi ile oluşturulacağı için taşıma gücü yönünden yeterli olamayacağı düşünülerek izotuğlalar tercih edilmemiştir.

Yapıda “hava tabakalı duvar” sistemi uygulanmıştır. İç tarafta çift sıra tuğla örgü, arada 5 cm hava boşluğu, yapının dış tarafında tek sıra örgü ile 37cm kalınlığında bir duvar elde edilmiştir (Şekil 4.1). Böyle bir kalınlık ile, ısıl kütle olarak klinker pres tuğlaların ısı tutma (yüklendiği ısıyı yavaş yavaş salma) özelliğinden yararlanılması düşünülmüştür. Ayrıca klinker pres tuğlaların yüksek derecede pişirilmesi tuğlanın dayanımını artırırken, su emiciliğini de azaltmaktadır.

Pres tuğlanın ömrünün uzun olmasından dolayı, üretimi için harcanan enerjinin (doğaya verilen zararın) tuğlanın ömrüyle karşılaştırıldığında kabul edilebilir oranlarda olması bilinçli bir tüketim anlayışı ile dikkate alınmıştır. Yapı ömrünü doldursa bile, klinker pres tuğlaların tekrar kullanılabilir olacak sağlamlıkta olmasından ve kullanım ömrü sonunda tuğlaların doğaya tamamen geri dönebilecek bir yapıya sahip olmasından dolayı, kullanıcılar çevreye en az zarar vererek konut yapımını gerçekleştirme hedefleri doğrultusunda yapıda klinker pres tuğla kullanmaya karar vermişlerdir.



Şekil 4.1 : Örnek konutta kullanılan hava tabakalı tuğla duvar

Kullanıcıların cephede ve iç mekanlarda estetik açıdan tuğla malzemesini görmek istemeleri nedeniyle dış ve iç sıva uygulaması yapılması düşünülmemiştir. Ancak, tuğla örme işçiliğinin düzgün olması isteği nedeniyle yapım süresi uzamıştır. İşin genel anlamda hızlandırılması için üst katlarda iç duvarlarda sıva yapılması düşünülmektedir. İç tarafta kullanılan bu sıvanın buhar geçirimli olması gerekmektedir. Tüm malzemelerin doğal olmasına özen gösterildiği için sıvanın da doğal olması düşünülerek, köy ortamında da kolayca temin edilebilecek malzemeler ile yapılan ve uygulandığında doğal görünecek olan, saman, killi toprak, kireç, kum karışımı sıva uygulanması düşünülmektedir.



Şekil 4.2 : Örnek konut duvar tabakalarının bağlantısı

Kullanılan pres tuğlanın ebatları 21,0 cm x 10,2 cm x 6,5 cm'dir. Dış tarafta çift sıra tuğla örgü, arada 5 cm boşluk ve iç tarafta tek sıra örgü ile toplamda 36 cm kalınlığında bir duvar elde edilmiştir. Böyle bir kalınlık, hem duvarların taşıyıcı olmasından hem de ısıl kütle olarak pres tuğlaların ısı tutma özelliğinden yararlanılması açısından önemlidir.

Duvarlarda tuğlaların temin edilmiş olduğu firmanın önermiş olduğu harç kullanılmıştır. Firma, taşıyıcı yığma yapılacak duvarlarda karışım oranı olarak 1 ölçek katkısız portlant çimentosu ve 3 ölçek dere kumu katılmasını önermiştir. Ancak uygulamada ustalar, kendi tecrübelerini de kullanmak istemişler ve 1 ölçeğe 2 ölçek oranında oluşturulan harç kullanılmıştır.

Geniş pencere açıklıklarının bulunduğu güney cepheye paralel orta aksta ısı depolama özelliğinden yararlanmak için iç duvarlarda da iki sıra pres tuğla örülerek oluşturulan hava tabakalı duvar sistemi kullanılmıştır. Bu şekilde kış aylarında, hem güneyde etkili olan güneş enerjisinin, hem de gündüz iç ortamdaki ısıtma ısısının tuğla duvarda depolanması ve depolanan bu ısının gün batımından sonra ortama salınması suretiyle pres tuğlanın ısıl kütlesinden faydalanılması amaçlanmıştır. Çizelge 4.1'de konut yapımında kullanılan tuğlanın üretici firmadan alınan özellikleri yer almaktadır. [58]

4.1.2 Hava Tabakalı Duvarların Havalandırılması

Duvarın havalandırması için hava tabakalı duvarların dış yüzeyinde havalandırma delikleri bırakılmıştır. Dış duvarların alt ve üst kotunda bırakılacak havalandırma delikleri ile hava tabakası içerisindeki hava sirkülasyonu sağlanarak duvar içinin ve duvar tabakalarının kuru kalması sağlanacaktır. Havalandırmanın yapılmaması durumunda, evin içinden veya dışından hava boşluğuna ulaşan nem zamanla içeride birikebileceği, küf, koku gibi yapısal sorunlara yol açabileceği düşünülmüştür.

Havalandırma delikleri bırakmak için pres tuğlaların delikli yüzeyleri kullanılmış ve hava boşluğuna böceklerin girmesini engellemek için hava boşluğu tarafındaki yüzey kafes tellerle kapatılmıştır. [58]

Çizelge 4.1 : Örnek konut uygulamasında kullanılan tuğlanın özellikleri [59].

ÖZELLİKLER						
GENEL TANIM	DELİKLİ, TEL KESME YÜZEY KLİNKER CEPHE TUĞLASI					
STANDART ÖLÇÜLER	210X102X65					
BİÇİM VE GÖRÜNÜŞ	TS 4562 EKİM 1985 Madde 1.2.1					
TUĞLADAKİ DELİKLER	TS 4562 EKİM 1985 Madde 1.2.					
SU EMME ORANI	TS 4562 EKİM 1985 Madde 1.2.3					
	TS 4562	Ort.Max.	7% Max	9% Max.		
	ÜRETİCİ FİRMA	Ort.Max.	5.5% Max	6.5 % Max.		
HACİM AĞIRLIĞI	TS 4562 EKİM 1985 Madde 1.2.4 Çizelge – 1’e göre Sınıf:1,8 kg/dm³					
BİRİM AĞIRLIK	TS 4562 EKİM 1985 Madde 1.2.5					
	TS 4562	Min. 1.8	kg/dm³	Ort.min 1.9	kg/dm³	
	ÜRETİCİ FİRMA	Min. 2.21	kg/dm³	Ort.min 2.23	kg/dm³	
BASINÇ DAYANIMI (Pres Tuğla)	TS 4562 EKİM 1985 Madde 1.2.6 Minimum basınç dayanımı 44 N/mm², Ortalama 44 N/mm² garanti edilir.					
ZARARLI KİREÇ VE MANYEZİ	TS 4562 EKİM 1985 Madde 1.2.7					
DONA DAYANIKLILIK	TS 4562 EKİM 1985 Madde 1.2.8 Deney uygulandığında deneyin bitiminden 24 saat sonra gözle yapılan muayenede kullanma sırasında zararlı olabilecek çatlak, kopma,pullanma ve dağılma gibi hasarlar görülmemiştir.					
BOYUTLARIN SINIR DEĞERLERİ VE BOYUT FARKLARI	TS 4562 EKİM 1985 Madde 1.3					
			Uzunluk	Genişlik	Yükseklik (pres tuğla için)	
	TS 4562	Min.	207.0	97.5	62.0	mm
	ÜRETİCİ FİRMA	Min.	212.0	100.0	63.0	mm
	TS 4562	Max	223.0	107.5	68.0	mm
ÜRETİCİ FİRMA	Max	216.0	103.0	65.5	mm	
RENK DAĞILIMI	Farklı tonlardaki tuğlaları fabrikadaki karışık olarak bir arada paletler; ancak duvar ustaları duvar boyunca bu farklı tonların dağılımının dengeli bir şekilde yapılmasına dikkat etmelidir. PALET AMBALAJINDAKİ UYGULAMA ÖNERİLERİNE UYULMALIDIR.					

4.1.3 Hava Tabakalı Duvar Arası Tesisatlar

Elektrik ve su gibi tesisatlar genellikle duvar yüzeyi üzerinde açılan kanallardan geçirilmektedir. Kullanıcılar, tuğla duvarları sıvamayacakları için tüm elektrik ve su tesisatlarının hava tabakalı duvarlardaki hava tabakasının içerisinde geçirilmesini uygun görmüşlerdir.

Hava tabakalı dış duvarların öncelikle örülen iç tabakasında gerekli yerlerde elektrik ve tesisatla ilgili boşluklar bırakılmıştır. Duvarın iç tabakası örüldükten sonra tesisatlar döşenmiş ve daha sonra da dış duvar tabakası örülmüştür. Bu şekilde su ve elektrik tesisatları iki duvar tabakası arasındaki hava tabakası içerisinde kalacak şekilde uygulanmıştır. [58]

4.1.4 Yalıtımın İstenmeyen Etkileri

Kullanıcılar, konutlarının inşasında özellikle beton kullanmaktan kaçınmışlardır. Samsun Bafra ılıman ancak çok nemli, soğuğu ve sıcaklığı çok hissettiren bir iklim bölgesi olduğu için, prensipte ısıyı korumaktan çok nemsiz bir iç hava şartı yaratmak öncelikli amaç olmuştur.

Kullanıcılar yalıtım malzemelerinin istenmeyen etkilerinden en önemlisinin havayı ve nemi yapıya hapsedmesi olduğunu düşünmektedirler. Bu durumun önlenmesi ancak iç ortamın çok iyi bir şekilde havalandırılması ile gerçekleştirilebilecektir. Pencereler açılarak yapılacak doğal havalandırma ile yalıtım yapmak bir biri ile çelişen kavramlardır. Üstelik yalnız doğal havalandırma ile nem tamamen dışarı salınamayacaktır, ekstra mekanik havalandırma yapılması ise konut için çok gerekli görülmemiştir.

Endüstriyel malzemelerin ömrünün söylenenden daha kısa olması düşüncesi kullanıcıların yalıtım malzemelerine karşı olumsuz yaklaşımlarına neden olan diğer bir etkidir. Yapı içinden gelen buhar veya dışarıdan gelen yağmur, bir çatlaktan veya kırıktan sızarak yalıtım malzemesi içerisinde nem depolanmasına sebep olmaktadır. Özellikle de montaj sırasında oluşabilecek hatalar sebebi ile bu durum beklendiğinden daha kısa zamanda oluşabilmektedir. Nem alan bir yalıtım malzemesi ısıyı korumak yerine duvarlardan sıcaklığı dışarı aktarmanın bir aracı olacaktır. Büyük bir masraf ve emekle ısı yalıtımı yapılan yapılarda her 10 yılda bir yalıtımın yenilenmesi gerekebilmektedir. Yalıtımın bu süre içindeki performansı da işçiliğin detaylarına bağlıdır ve bunun da garantili bir yöntem olmayacağı düşünülmektedir.

Odun elyafı, odun talaşı levhaları, mantar levhalar gibi doğal yalıtım malzemelerinin elde edilmesi ise kolay ve ekonomik olmadığından kullanımı çok yaygın değildir.

Odun lifi levhalar (veya odun elyafı – MDF, HDF), OSB (oriented strand board-yönlendirilmiş yonga levha), mantar, koyun yünü, saz, saman, keten ve kenevir

elyafları, selüloz, pamuk yünü gibi malzemeler yüksek yalıtım değerine sahip doğal malzemelerdir. Ancak, özellikle odun levhalarda ve OSB’lerde birleştirici olarak kullanılan formaldehit (metanal), proteinler ile suda çözünmeyen bileşikler meydana getirdiğinden, zehirli olarak nitelendirilmektedir.

Doğal bir yalıtım malzemesi olan saf koyunyünü, yapının yapıldığı bölgede kolaylıkla bulunabildiği ve ağırlığının yüzde 30’una kadar su ve nem tutarken yalıtım değeri azalmadığı için alternatifler arasında düşünülmüştür. Ancak; mytelar’ın 2 ila 5 yıl içinde saf koyunyünün yüzde 90 istila ediyor olmaları bu alternatifin olumsuz yönü olmuştur. Çatı altında yalıtım malzemesi olarak 20 cm saz kullanılması düşünülmüştür, ancak haşere, küf, çürüme sorunu olabileceği düşünülerek vazgeçilmiştir. Türkiye’de de bulunabilen doğal malzemelerden selüloz ve kâğıt atıkları hamur haline getirilip içine bor tuzu eklendikten sonra yalıtım yapılacak yerlere püskürtülerek uygulanmaktadır. Uygulama alanı geniş olmadığı için bu alternatif de kullanılmamıştır.

Kullanıcılar, hava tabakalı dış duvarlarda ek bir yalıtım malzemesi kullanmamaya karar vermişlerdir. Çatıda kiremitlerin altında 5 cm kalınlığında mantar levhalar, zeminde ise 2.5 cm’lik mantar levhalar kullanmayı düşünmektedirler.

Yüzde yüz doğal bir malzeme olan mantarın böcek, fare vb. haşere üretmediği, zehirli olmadığı ve yangına direnci yüksek bir malzeme olduğu araştırmalar sonucu tespit edilmiştir. En önemli avantajı dayanıklılığı, yapının yaşı kadar ömrü olmasıdır. Almanya’da yıkılan 45 yıllık bir binanın içinden çıkan mantar yalıtım levhalarının halen işlevini koruduğu görülmüştür. Sınırlı da olsa nefes alan, su ve nem emiciliği düşük bir malzeme olduğu için, şarap şişelerinde onlarca yıl dayanan mantarların 10 mm kalınlığındaki bir yalıtım plakası, 12 cm delikli tuğla, 38 cm beton, 25 cm taş ile eşdeğer ısı iletkenliğe sahip bir malzeme olduğu bilinmektedir. Isı iletkenliği katsayısı 0,038-0,040 W/mK olarak öngörülen mantar levhalar kullanıcılar tarafından yalıtım malzemesi olarak tercih edilmişlerdir. Mantar Portekiz, İspanya, Fas’ta yetişen mantar meşesinin kabuklarından elde edilmektedir. Bu yüzden mantar yalıtım malzemelerinin tek olumsuz yönü ithal bir ürün olmasıdır. [58]

4.1.5 Buhar Kesici – Buhar Dengeci

Buhar kesici (vapor barrier) iç hava ve dış hava arasındaki tüm buhar geçişini durdurmakta, buhar dengeci (vapor retarders) ise buhar geçişini tamamıyla

durdurmamaktadır. Buhar dengecinin malzemesine göre değişen oranlarda buhar geçirgenliği olup, yapı içerisinde buhar yayılımını yavaşlatmaktadır.

Buhar kesici ve buhar dengeci ısı yalıtımının sıcak tarafına yapılmalıdır. Aksi durumda yalıtım ve dış duvar arasında buhar sıkışarak duvarlarda nem birikecektir. Bu durum, küf oluşumuna ve yalıtım malzemesinin ıslanarak etkinliğinin azalmasına sebep olacaktır. Bunun sonucunda, yalıtım malzemesinin ısı tutmak yerine ısı kaçıracağı dikkate alınarak yapıda oluşabilecek buhar sorunlarının buhar kesici veya buhar dengeci gibi uygulamalar yerine hava tabakalı duvar sisteminin doğal hava sirkülasyonu ile önlenmesi benimsenmiştir. [58]

4.1.6 Zemin ve Temel

Zeminden gelen su temellerden yürüyerek özellikle tuğla, briket ve taş duvarlar içindeki ince yollardan kapilarite yoluyla yükselmektedir. Duvarların sıva, yalıtım, “siding” vb.. dış cephe kaplama malzemeleri duvarın güneşlenmesini ve nemin kurumasını engelledikleri için nem duvar içerisinde daha da yükselecektir. Bu sebeple duvar kaplamalarına karşı daha temkinli yaklaşmak gerekmektedir.

Kullanıcılar, zemin suyunun veya nemin duvar içerisinden çıkışını durduracak su geçirimsiz malzemeleri (membran) toprak yüzeyinden en az 15 cm yükseklikte, temel duvarı ile yapı duvarı arasına yatay olarak uygulamışlardır.

Taban suyunun yüksek olduğu, killi topraklar üzerinde, deprem bölgesinde veya oynak zeminde yapılacak yapıların direkt toprak üzerine oturması tavsiye edilmemektedir. Ele alınan örnek yapının arazisi bu tanıma uymaktadır. Taban suyu yüksek, toprak killi, denize 5 km mesafede bir delta arazisinde inşaat yapılacaktır ve yapının yapılacağı Samsun - Bafra 2. derece deprem bölgesidir.

Kullanıcılar öncelikle, zemin suyunun binaya taşınmaması, nem ve ısı hareketleri engellemek için temelde beton kullanmayı düşünmemişlerdir. Alternatif olarak temelde ahşap hatıllar kullanılabileceği ile ilgili bazı bilgilere ulaşmışlardır, ancak bu bilgiler doğrulanamadığı için zorunlu olarak temelde beton kullanmışlardır. Suyun betona ve yapıya karşı olumsuz etkilerini engellemek için 50 cm beton hatıl üzerine 80 cm taş duvar örülmüş ve taban suyu burada çok yüksek olduğu için ikinci bir önlem olarak temel üzerinde membran su yalıtımı kullanılmıştır.



Şekil 4.3 : Örnek konut cepheler

Doğu cephesinde, alt katta önde (güneye doğru) çalışma odası ve arkada konuk odası bulunmaktadır. Üst katta ise yatak odaları, merdiven çıkışı ve bir teras yer almaktadır. Batı cephesinde, alt katta mutfak yer almaktadır. Mutfak ve oturma odasının arasındaki veranda batıya bakmaktadır (Şekil 4.3).

Kışın şiddetli rüzgar ve yağmurun geldiği kuzey cephede cam kullanımı sınırlandırılmıştır. Kuzeyde, alt katta binanın ana girişi bulunmaktadır. Girişin doğusunda konuk odası ve WC, batısında mutfak yer almaktadır. Üst katta, doğuda yatak odası ve banyo, girişin üstünde ise merdiven çıkışı yer almaktadır (Şekil 4.3).

Kışın güneşli günlerde camlardan gelen doğrudan güneş ısısından faydalanmak için salon ve çalışma odasının bulunduğu güney cephesinde geniş camlar kullanılmıştır. Samsun - Bafra, kışları bir ay içerisinde 2-3 gün tam güneşli, 15 gün parçalı bulutlu ve 12-13 gün ise tam kapalı ve yağışlı bir iklime sahiptir. Bu nedenle, güneş enerjisini en hızlı yoldan kullanmak için güney cephesinde geniş pencereler kullanılmıştır ve iç mahallerde güneş alacak yerlerde tuğla ve taştan ısıl kütleler planlanmıştır [58].

4.2 Örnek Konut Dış Duvarlarının Performans Özelliklerine Göre Değerlendirilmesi

Örnek konutta uygulanmış olan “Hava Tabakalı Duvar”ın performansını olumsuz etkileyebilecek, konstrüksiyon prensipleri yönünden bazı eksikler ve farklı uygulamalar vardır. Bu bölümde, yapılan uygulamalar ve olası sonuçları hakkında düşünceler yer almaktadır.

Örnek konut uygulamasında; her iki duvar tabakasını birbirine bağlamak için kullanılmak üzere üretilmiş standart tipte metal bağların kolay ulaşılabilir olmaması veya özel üretim gerektirmesi nedeniyle, duvar tabakaları birbirine galvanizli kafes teller kullanılarak bağlanmıştır. Tabakaların birbirleriyle olan strüktürel bağlantısı standart uygulamalardan farklıdır, ancak noktasal metal bağlar yerine yatayda süreklilik gösteren kafes tellerin sık aralıklarla kullanılması mukavemet yönünden yeterli olsa bile duvarın ısı ve su performansını olumsuz etkileyecektir.

Çünkü standart uygulamalarda damlalıklı metal bağların noktasal ve dışa doğru eğimli bir şekilde kullanılması ile iki duvar birbirine yapısal olarak bağlanmakta ve duvarın taşıyıcılık performansı karşılanırken aynı zamanda da su ve ısı köprüleri en az indirgenmektedir. Ancak, örnek konutta tuğla duvar örülürken kullanılan kafes tellerin üzerine çok miktarda harç düştüğü (Şekil 4.4.) ve bunun sonucunda ısı ve su köprüleri oluşturulduğu görülmüştür. Bu durumda, kafes tellerle bağlanan iki duvar tabakası arasında yapısal bir birliktelik sağlanmış olsa bile hava tabakalı duvar sisteminin ısı ve su geçirimsizlik performansı olumsuz etkilenecektir.

Duvar ile zemin kat döşemesinin birleşiminde yatay oluk ve savak yapılmadığı için hava tabakası içerisinde toplanacak suyun dışarı atılması sağlanmamış olacak ve dış duvarın su ve nem geçirimsizlik performansı bu durumdan olumsuz etkilenecektir. (Şekil 4.5)

Hava tabakalı duvarın havalandırılması, zemin kat döşeme hizasında ve üst kotta aynı hizada olacak şekilde bir tuğlanın delikli yüzeyi cepheye gelecek şekilde uygulanmasıyla sağlanmıştır. Havalandırma delikleri cephe boyutları göz önüne alınmadan, doğu ve batı cephesinde alt ve üst kotlarda olmak üzere birer adet bırakılmıştır. Kuzey cephesinde iki adet hava deliği bırakılırken güneyde çatı üstündeki dış duvarda hiç bırakılmamıştır. Havalandırma deliklerinin arkası duvar arası boşluğu böceklerden uzak tutmak için kafes telle kapatılmıştır. Ancak,

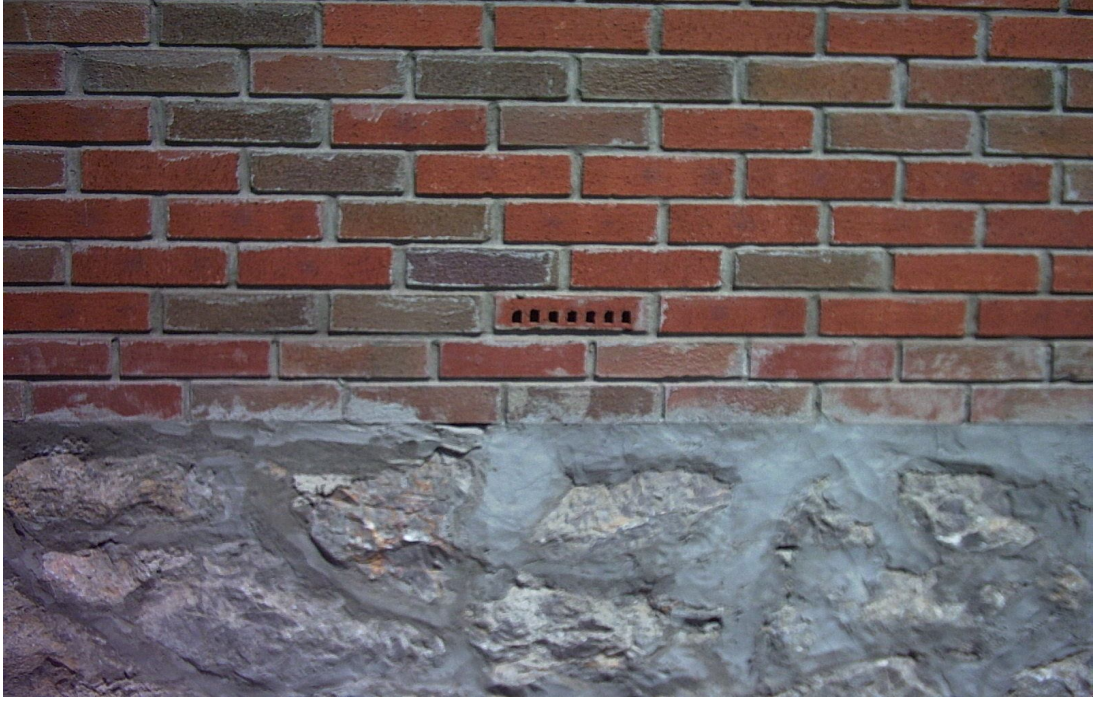
havalandırma deliklerinin yeterli sayıda olmaması duvarın nem performansını olumsuz etkileyecektir. (Şekil 4.5)



Şekil 4.4 : Örnek konutta duvar tabakalarını birbirine bağlayan kafes teller

Örnek konut yapımında tuğla üretici firmasının taşıyıcı duvarlar için önerdiği 1 ölçek çimento, 3 ölçek kum oranı yerine harcın işlenebilirliğini artırmak amacıyla ustaların tecrübelerine dayanarak 1:2 oranına sahip bir harç kullanılmıştır. Çimento miktarını arttırmak harcın dayanımını arttırmakla birlikte harcın hızlı kür olması nedeniyle oluşacak rötre çatlakları duvarın su geçirimsizliğini olumsuz yönde etkileyecektir. Oysa harcın işlenebilirliğini arttırmak için biraz kireç ilavesi ile melez harç kullanılması yeterlidir; buna karşılık duvar mukavemetinde çok önemli bir azalma da olmayacaktır.

Duvar yüzeyinde tuzlanmaların olması su, çimento ve kum karışımı olan harcın içerisindeki çimento, kum veya suyun kimyasal içeriklerinden kaynaklanmış olabilir. (Şekil 4.6)



Şekil 4.5 : Örnek konut duvar havalandırması



Şekil 4.6 : Örnek konut hava tabakalı tuğla duvarlarda tuzlanma

Örülen pres tuğlaların estetik açıdan yapı dışında ve yapı içerisinde algılanması istendiğinden duvarların sıva uygulanmadan kullanılacağı düşüncesiyle yapının tesisat borularının hava boşluğundan geçirilmesi uygun bir çözüm gibi görülmekle birlikte; tesisatlarda problem oluşması durumunda hava tabakalı duvar sisteminde müdahale gücü çökilecektir. (Şekil 4.7)



Şekil 4.7 : Hava tabakalı duvar içerisinden geçen tesisatlar

Yapını güney cephesinde 1. katın yarısı çatı ile örtülürken, diğer yarısı üzerinde 2. kat devam etmekte ve bu durum çatının duvar ile birleşmesini gerektirmektedir. Çatının duvar dibinden ve baca dibinden su almasını önlemek için çinko levhalar kullanılmıştır. Bunlar duvarın dış tabakasından başlayarak çatıdaki kiremitlerin üzerine kıvrılacak şekilde uygulanmıştır. Bu şekilde, duvar ve bacanın dış yüzeyinden süzülen sular çinko levhalar üzerinden kiremitlere aktarılmış olacaktır. Ancak, bu detayda çatının üzerinde kalan dış duvarın iç yüzeyine ulaşacak olan suların aşağı doğru süzülerek çatının ahşap karkasına ulaşmasının engellenmesi mümkün olamayacaktır. Bunun için çatı – duvar birleşim detaylarında, hava boşluğundaki olası suyun toplanması ve dışarı aktarılması için yatay oluk ve savak düşünülmelidir. (Şekil 4.8)



Şekil 4.8 : Güney cephedeki çatı – duvar birleşimi.

Güney cepheye paralel iç duvar, pasif tasarım esasları doğrultusunda tuğla yapı malzemesinin ısıl kütle özelliğinden faydalanılması amacıyla dış duvarlar ile aynı şekilde hava tabakalı olarak uygulanmıştır. Yapının içinde mekanlar arası geçiş için bırakılmış olan geniş açıklıkların bulunduğu bu yüzeyde üst kat duvarları ahşap kiriş üzerine oturmaktadır. Ayrıca, bu duvar zemin kat çatısı ile birleşmektedir. Duvar çatı birleşiminde yatay oluk ve savak teşkili ile su izolasyonu yapılması ve olası suyun dışarı atılması ve duvarın havalandırılması taşıyıcı ahşap kirişin suyun olumsuz etkilerinden maksimum düzeyde korunması için önemlidir.

Güney cephesi çatı saçağının oturduğu ahşap kiriş ile tuğla duvar birleşimleri arada su yalıtım malzemesi kullanılmaksızın harç ile yapılmıştır. Tuğla ile ahşap sıcaklık ve nem değişimleri karşısında farklı gerilmeler göstereceğinden zaman içerisinde birleşim harçlarında açılma ve kopmalar oluşacak ve buna bağlı olarak bu noktalar hava ve nem sızmalarına açık hale gelecektir. (Şekil 4.9)



Şekil 4.9 : Ahşap hatıl ve tuğla duvara oturan döşeme kirişleri

Giriş saçağının ahşap karkasları doğrudan dış tabaka tuğla duvar üzerine oturtulmuştur. Direkt olarak suya maruz dış cephe tuğla duvarların ıslanması ile saçak ahşaplarının nemli duvardan etkilenmesini önlemek için tuğla ile ahşap birleşimine su yalıtım malzemesi uygulanmalıdır. Ayrıca; saçak ile duvar birleşim

detayında saçağın ahşap elemanlarını suyun olumsuz etkilerinden korumak için, bu tür birleşimlerin üstünde iç tuğla duvar ile dış tuğla duvar arasında yatay oluk ve savak uygulaması yapılması gerekmektedir. (Şekil 4.10)



Şekil 4.10 : Giriş saçağının ahşap karkasları ile duvar birleşimi

Kapı ve pencere boşluklarında hava tabakası düşeyde iç duvar tabakasının döndürülerek dış tabakaya yaslanması ile kapatılırken, duvar yüzeyinde doğramanın oturacağı bir çıkıntı oluşturulmalıdır. Örnek konutta yapılan uygulamada, duvar doğrama birleşiminde çıkıntı bırakılmamış ve iç duvar ile dış duvarın birleşim yüzeyinde su geçişini engellemek için araya düşey su izolasyonu yerleştirilmemiştir. Dolayısıyla, kapı veya pencere açıklıklarındaki birleşim uygulamaları nedeniyle dış duvarın hava, ısı ve su geçirimsizlik performanslarında kayıpların oluşması beklenmelidir. (Şekil 4.11)

Pencere üstlerinde ahşap lento uygulanarak ahşabın cepheden algılanması tercih edilmiştir. Ancak, böyle bir tercih söz konusu olduğunda doğrama – lento detaylarında hava boşluğundan ve dışarıdan gelebilecek olası suya karşı tedbir olarak lentonun üzerinde, iki ucundan gerekli ölçüde taşacak şekilde yatay oluk ve savak uygulanması gerekmektedir. Ayrıca, doğramanın denizliğe oturduğu yüzeyde bir ucu hava tabakasına sarkıtılacak şekilde su izolasyonu uygulaması yapılması doğrama birleşim detaylarının suya karşı etkinliğini artıracaktır. (Şekil 4.11).

Yapıda kat hizasında bazı duvarlarda ahşap hatıllar kullanılmıştır ve ahşap döşeme kirişleri iç duvar katmanı üzerindeki ahşap hatıllara veya tuğla duvarlara oturmaktadır.

Yığma binanın özellikle iki katlı olan bölümündeki duvarlarında ahşap hatılların çepeçevre dönerek strüktürel bir çerçeve oluşturması yapının stabilitesini artıracaktır.



Şekil 4.11 : Zemine oturan ve normal pencere açıklığı.

Genel olarak uygulanan parapet detaylarında parapet duvarlarının üzeri uygun malzemeden damlalıklı harpuşa ile bitirilmekte ve duvar üzerine su izolasyon malzemesi uygulanarak harpuşa oturtulmaktadır. Yatay oluk dış duvar tabakasından teras içine doğru uygulanmakta ve çatı örtü malzemesinin döndürülerek sonlandırıldığı seviyeye kadar metal bir yaka ile uzatılarak bitirilmektedir. Böylece hava tabakasından gelecek olası suyun döşeme kaplaması üzerine aktarılacak suyun duvarın üst seviyelerinde tahliye edilmesi amaçlanmaktadır (Şekil 2.4)

Örnek konutta mutfak olarak kullanılacak mekanın hava tabakalı dış duvarları aynı zamanda mutfak üstünde yer alan terasın parapet duvarlarını oluşturmaktadır. Hava tabakalı duvarın parapet detayında yatay oluk ve savak uygulaması yapılmaması ve dolayısıyla hava tabakasına ulaşan suyun üst seviyelerde tahliye edilememesi duvarın su geçirimsizliğine karşı performansını olumsuz etkileyecektir. (Şekil 4.12)



Şekil 4.12 : Örnek konut mutfak üstü teras ve yapının genel görünümü.

4.2.1 Örnek Konut Dış Duvarlarının Kesiti için Isı Geçişi Hesapları

Yapı bileşenlerinin ısı yalıtma yeteneği, iletimle toplam ısı geçirgenlik direnci ($1/\Lambda$) ile belirtilir ve kullanılan malzemenin cinsine, ısı iletkenlik hesap değerine (λ_h) ve kalınlığına (d) bağlıdır. Bileşenlerin ısı yalıtma yeteneği, kalınlığının büyümesi veya ısı iletkenlik hesap değerinin küçülmesi ile artar. Çok tabakalı yapı bileşenlerinde, ısı iletkenlik direnci ($1/\Lambda$), tek tek yapı elemanı kalınlıkları ($d_1, d_2, \dots, d_n$) ve bu yapı elemanlarının, ısı iletkenlik hesap değerleri ($\lambda_{h1}, \lambda_{h2}, \dots, \lambda_{hn}$) kullanılarak aşağıdaki formül ile hesaplanır [41].

$$1/\Lambda = d_1/\lambda_{h1} + d_2/\lambda_{h2} + \dots + d_n/\lambda_{hn}$$

Bir yapı bileşeninin ısı iletkenlik direnci olan ($1/U$) değeri, ısı geçirgenlik dirençlerine ($1/\Lambda$) yüzeysel ısı iletim direnç değerleri ($1/\alpha$) eklenerek aşağıdaki formül ile hesaplanır [41].

$$1/U = 1/\alpha_i + 1/\Lambda + 1/\alpha_d$$

Burada;

$$1/U = \text{Yapı bileşeninin ısı geçirgenlik direnci (m}^2\text{K/W)}$$

$$1/\alpha_i = \text{İç yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci (m}^2\text{K/W)}$$

$$1/\alpha_d = \text{Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci (m}^2\text{K/W)'} \text{dir.}$$

Bir yapı bileşeninin ısı geçirgenlik katsayısı (U), yapı bileşeninin ısı geçirgenlik direncinin aritmetik tersidir.

$$U = 1/(1/\alpha_i + 1/\Lambda + 1/\alpha_d)$$

$$U : \text{Yapı bileşeninin ısı geçirgenlik katsayısı (W/m}^2\text{K)}$$

Yapı bileşeninin ısı kaybı hesaplanırken; kararlı durumdaki bir ısı akış yoğunluğu (q), dış yapı bileşeninden T_i sıcaklığındaki dahili havanın yüzeyle temas halinde bulunduğu iç tarafa ve T_d sıcaklığındaki harici havanın yüzeyle temas halinde olduğu dış tarafa doğru gerçekleşir. Isı akış yoğunluğu aşağıdaki formüle göre hesaplanır [41].

$$q = U (T_i - T_d)$$

Burada;

$$q = \text{ısı akış yoğunluğu (W/ m}^2\text{)}$$

T_i : Dahili havanın yüzeyle temas halinde olduğu sıcaklık (°C)

T_d : Harici havanın yüzeyle temas halinde olduğu sıcaklık (°C)

U : Yapı bileşeninin ısıl geçirgenlik katsayısı (W/m²K)

Bir yapı bileşeninin iç yüzey sıcaklığı (T_{yi}) aşağıdaki formül ile hesaplanır [41].

$$T_{yi} = T_i - (1/\alpha_i \cdot q)$$

Dıştan içeri doğru Klinker pres tuğla + Hava boşluğu + Klinker pres tuğla + Klinker pres tuğla katmanları şeklinde uygulanan örnek konut hava tabakalı duvar bileşeni için ısıl geçirgenlik katsayısı (U) (W/m²K) hesabı yapılarak Çizelge B.2’deki 2. Bölge (Samsun) için tavsiye edilen “ U ” değeri ile kıyaslanacaktır. Bu amaçla öncelikle örnek konut duvar bileşenine ilişkin bilgiler ve kabullerin yer aldığı Çizelge 4.2 oluşturulmuştur. Hesap değerleri ekler bölümünde yer alan TS 825 standardından alınmıştır [41].

Çizelge 4.2 : Örnek konut duvar bileşenine ilişkin bilgiler ve kabuller

No	Yapı Elemanının Tanımı	Kalınlık “d” (m)	$1/\alpha$ (m ² K/ W)	λ n (W/mk)
1	Konut, İç Ortam ($T_i=19$ C°)	-	0,13**	-
2	Pres (düşey delikli klinker) Tuğla	0,102	-	1,20***
3	Pres (düşey delikli klinker) Tuğla	0,102	-	1,20***
4	Hava Boşluğu	0,05	-	0,277****
5	Pres (düşey delikli klinker) Tuğla	0,102	-	1,20***
6	Dış Ortam ($T_d= 7,96$ C°)*	-	0,04**	

* Dış ortam sıcaklığı olarak, 2. Bölge Samsun için ısıtma enerjisine ihtiyaç duyulan, Ekim – Nisan aylarında TS 825’de verilen farklı derece gün (DG) bölgeleri için aylık ortalama dış sıcaklık değerlerinin aritmetik ortalaması alınmıştır. (Çizelge B.3’te)

** $1/\alpha_i, 1/\alpha_d$ değerleri TS 825’de hesaplanmış yüzeysel ısıl iletim direnç değerleri tablosundan alınmıştır. (Çizelge B.4)

*** Çizelge B.1’den (TS 825) alınmıştır.

**** Çizelge B.5’teki değişik kalınlıktaki hava tabakalarının ısı geçirgenlik dirençleri tablosundan bulunmuştur. (tabloda 5cm’lik düşey hava boşluğunun $1/\Lambda =$ değeri 0,18 m²K/W olarak verilmiştir, λ değeri, $1/\Lambda = d/\lambda$ formülünden hesaplanarak bulunmuştur.) [39].

Örnek konutta kullanılan klinker pres tuğlanın ebatları 21,0cm x 10,2cm x 6,5cm'dir. (Çizelge 4.1)

Örnek konut duvar bileşeninin;

ısıl geçirgenlik direnci;

$$1/\Lambda = \sum d_n / \lambda_n$$

$$1/\Lambda = 0,102/0,81 + 0,05/0,277 + 0,102/0,81 + 0,102/0,81 = \mathbf{0,55 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

yüzeysel ısıl iletim direnç değerleri ile ısıl geçirgenlik direnci;

$$1/U = 1/\alpha_i + 1/\Lambda + 1/\alpha_d$$

$$1/U = 0,13 + 0,55 + 0,04 = \mathbf{0,72 \text{ m}^2\text{K /W}}$$

ısıl geçirgenlik katsayısı;

$$U = 1/0,72 = \mathbf{1,38 \text{ W/ m}^2\text{K}}$$

Çizelge B.2'de TS 825'e göre tavsiye edilen bölgesel U değerleri tablosunda 2. Bölge için okunan $U_D = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'dır. Örnek konut yapı bileşeni için hesaplanan $U = 1,38 \text{ W/m}^2\text{K}$ olup, tavsiye edilen değer ile kıyaslandığında hesaplanan bu değer kabul edilebilir sınırın üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durumda hava tabakalı duvarın uygulandığı bölgenin şartlarına uygun özelliklerde, kalınlıkta ve doğru uygulama detaylarına göre bir ısı yalıtım malzemesi kullanılması ile U değeri (duvarın ısıl geçirgenlik katsayısı) istenilen seviyelere getirilerek duvarın ısıl performansı artırılmalıdır.

Örnek konut duvar bileşeninin ısı akış yoğunluğu hesaplanırken dış ortam sıcaklığı olarak, 2. Bölge Samsun için TS 825'de verilen farklı derece gün (DG) bölgeleri için Ocak ayı ortalama dış sıcaklık değeri alınmıştır. (Çizelge B.3)

$$q = U (T_i - T_d)$$

$$q = 1,38 \times (19 - 3,3) = 21,66 \text{ W/m}^2$$

İç yüzey sıcaklığı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanabilir:

$$T_{yi} = T_i - (1/\alpha_i \cdot q)$$

$$T_{yi} = 19 - (0,13 \times 21,66)$$

$$T_y = 16,18 \text{ }^\circ\text{C}$$

Dış hava sıcaklığının 2. bölge Ocak ayı için 3,3 °C (Çizelge A.2.3) olması durumunda $T_{iy} = 16,18$ °C hesaplanmıştır.

Duvar iç yüzey sıcaklığı ile oda sıcaklığı arasında 3 - 4 °C'den büyük bir sıcaklık farkı olması, soğuk yüzeyin ışıma ile üşüme etkisini artırır [39]. Duvar iç yüzey sıcaklığının 16,18 °C olması ışıma nedeni ile bir problem yaratmayacak ve duvar yüzeyine yakın bölgelerde üşüme hissi vermeyecektir. Bu durum iç yüzey sıcaklıkları ile iç ortam sıcaklıkları arasındaki fark ile konfor durumunu gösteren Çizelge 4.3'te görülmektedir.

Çizelge 4.3 : İç ortam ile iç yüzey sıcaklıkları arasındaki sıcaklık farklarının konfora etkisi [40].

ti-tiy	Konfor Durumu
2	Çok konforlu
3	Konforlu
4	Az konforlu
6	Konforsuz
8,5	Soğuk
>8,5	Çok soğuk

Isıl konforu sağlamak için ortam sıcaklığı ile duvar iç yüzey sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkı düşürülmelidir. Bu fark ne kadar yüksek olursa konfor da o kadar düşük olacaktır. Konforlu bir mekân için bu farkın en fazla 3°C olması gerekir. İç yüzey sıcaklıklarının düşük olması durumunda, ısının ortam içinde soğuk yüzeylere doğru hareketi istenmeyen hava akımları oluşturur. Bu hava akımları da konforu azaltarak problemlere neden olur [40].

4.2.2 Örnek Konut Dış Duvar Kesiti için Terleme Hesapları

Yapı elemanlarının yüzey sıcaklığı ortam havasının çığ noktası sıcaklığının üzerinde ise yapıda bir terleme söz konusudur. Her iki sıcaklığın eşit olması durumu ise sınır noktasıdır. Bunun dışındaki hallerde ise terlemenin önlenmesi için yapı kesitinde uygun kalınlıkta mineral yün gibi bir yalıtım malzemesi kullanılmalıdır.

Köşelerdeki ısı kaybı normal duvara nazaran daha fazla olduğu için (dış ortamla temas sathının da fazla olması nedeniyle) bir yapıda terlemeler ve küf teşekkülü ilk önce köşe noktalardan başlar.

Duvar ve döşemelerin sınırladığı iç ortam, yaz ve kış mevsimleri boyunca belirli sıcaklık derecelerinde tutulmaya çalışılır. Bu sıcaklık derecesi, kullanılan hacme ve hacmi kullanan kişilerin alışkanlıklarına göre 18°C ile 24°C arasında değişir. Dış

ortam sıcaklığı ise mevsimlere ve günün saatine bağlı olarak değişmeler gösterir. Isı akımları, iç ve dış ortam arasında sıcaklık farkı olduğu zaman, yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklık tarafına doğru olmaktadır. Bu akım, yazın dıştan içeriye, kışın içten dışarıya doğrudur. Bu akım ısıtma sistemlerini, dolayısıyla da insan konforunu etkiler.

Bu etkinin dışında, dış ortamda, atmosfer sıcaklığından farklı olarak, radyasyon etkisi de görülür. Yaz günlerinde, direkt ve yaygın radyasyon ile duvar yüzeyinin renk ve dokusuna bağlı olarak yüzeyde, atmosfer sıcaklığının üzerinde bir sıcaklık derecesi oluşur. Kış mevsiminde ise, özellikle gece saatlerinde, yine radyasyon etkisi ile yüzeyin niteliklerine bağlı olarak, atmosfer sıcaklığından daha düşük bir sıcaklık meydana gelir [51].

Bir iç yüzeyin terleme kontrolünün yapılabilmesi için aşağıdaki temel bilgi ve detaylara ihtiyaç vardır. Bu bilgiler ya mevcut bina üzerinden veya yapımı tasarlanan ve uygulanması düşünülen detay üzerinden alınır [39].

İç ortam şartları;

İç hava sıcaklığı (konutlarda) $T_i = 19\text{ }^{\circ}\text{C}$

Bağıl nem $\phi = \%80$

Bu iki değerden hareket edilerek Çizelge B.7’de (TS 825) havanın sıcaklık ve bağıl nemine bağlı olarak yoğuşma noktası sıcaklığı

$T_s = 15.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğu belirlenir.

Örnek konut ısı geçiş hesapları yapılırken dış hava sıcaklığının 2. bölge Ocak ayı için $T_d = 3,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Çizelge B.3) olması durumunda $T_{iy} = 16,18\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak hesaplanmıştı.

Hesaplanan iç yüzey sıcaklığı yoğuşma noktası sıcaklığı değerinden büyük olduğu için içeride terleme olmayacaktır [39].

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılarda dış kabuk, kullanıcının yapıdan beklediği temel gereksinimlerin karşılanmasında olduğu kadar dünya genelindeki enerji tasarrufu ve hava kirliliği konularında da önemli rol oynamaktadır. Yapı kabuğunun ısısal direncinin yüksek olması, binalardaki ısı kayıplarının azaltılması ve buna bağlı olarak aktif sistemlerin yükünün dolayısıyla enerji kullanımının ve hava kirliliğinin de azaltılması anlamına gelmektedir.

Detaylı bir şekilde araştırma yapılmadan, piyasanın yönlendirmesi ile yalıtımda uygulanacak tek çözümün mantolama olduğu düşünülen günümüzde mantolamanın sakıncalarının olduğunun bilincinde olmak gerekmektedir. Mantolama yapıldığında öncelikle hava ve nem eve hapsedilmekte ve çözüm olarak evin havalandırılması için ciddi bir mekanik sistem yapılması gerekmektedir. Ancak bu gereklilik de ekonomiklik kriterine uymamaktadır.

Mantolamanın bir diğer sakıncası, yapı içinden gelen buhar veya dışarıdan gelen yağmur sularının uygulama esnasında oluşabilecek kırık ve çatlaklardan yalıtım malzemesi içine sızarak nem depolamasıdır. Neme maruz kalan bir yalıtım malzemesi de ısı korunumu sağlamak yerine ısıyı dışarı aktaracaktır.

Bu çalışmada, ülkemizde uygulamasına çok az rastlayabildiğimiz hava tabakalı tuğla duvarların, genelde dış duvarların sağlaması gerekli performans özellikleri yönünden güncel bilgiler ışığında yeniden değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Hava tabakalı tuğla duvarların konstrüksiyon prensipleri, iç konfor şartları ve ısı korunumu açısından karşılaması gerekli performans özellikleri tuğla malzemesinin ısı kütlesi özelliği ile birlikte ele alınarak incelenmiştir.

Yapılarda kullanılan dış kabuk sistemlerinden biri olan “Hava Tabakalı Duvar” sistemleri ilk aşamada, hava ve su geçirimsizlik sorunlarının ayrı ayrı çözüldüğü bir duvar sistemi olarak ortaya çıkmıştır. Hava tabakalı duvarlar aralarında hava tabakası bulunan iki duvar katmanından oluşmaktadır. Dıştaki duvar yağmur engeli görevi yapar, içteki duvar ise taşıyıcılık, ısı yalıtımı v.b. gibi görevlerle birlikte rüzgar geçirimsizliği görevini yerine getirir.

Hava tabakalı dış duvarlarda, herhangi bir hapsedilmişlik, durgunluk ve nem depolama niteliği olmayıp aksine bir serbestlik, sürekli bir hareket, dolayısıyla da nem taşıyabilme ve yapıdan aldığı nemi beraberinde yapıdan uzaklaştırabilme gibi olumlu nitelikler söz konusudur.

Hava tabakalı tuğla duvar sistemi, Yağmur suyunu duvar iç yüzüne geçirmemek için uygulanabilecek başarılı bir sistemdir. Su dış duvar tabakasından içeri girse bile aradaki hava tabakasından duvar dışına atılması ve sağlanan havalandırma sayesinde duvarın kuru kalması açısından uygulanabilir önemli sistemlerden biridir ve ısı kaybını azaltarak avantaj sağlamaktadır.

Hava tabakalı tuğla duvarın yağmur suyunun duvar iç yüzüne geçişini önlemenin yanı sıra getirmiş olduğu en büyük fayda daha yüksek bir ısı izolasyonu sağlamasıdır. İki duvar tabakasının arasına bir hava tabakasının girmesi duvarın toplam ısı direncini artırmaktadır.

İyi bir performansın garanti edilebilmesi için, hava tabakalı duvarın tasarım ve yapım aşamasında önemli koşulların sağlanması ve kritik noktalara dikkat edilmesi gereklidir:

1. Mukavemet yönünden görece bir azalma göstermekle birlikte, sistemin doğru çözülmesi için konstrüksiyon detaylarında, özellikle iç tabakaya su geçirmemek, ısı veya su köprüsü teşkil etmemek ve iki tabakayı birbirine bağlamak ilkelerine bağlı kalınarak uygulama yapılmalıdır.
2. Duvar tabakalarını birbirine bağlayan metal bağlantı elemanları korozyona karşı dayanıklı olmalı, suya karşı önlem olarak da dış yüzeye doğru eğimli ve damlalıklı olmalı, taşıyıcılık performansını gerçekleştirmek için yeterli sıklıkta uygulanmalıdır.
3. Boşluk içinde su drenajını sağlanmak için boşluk tabanına yatay oluk ve savak yerleştirilmelidir.
4. Boşluk içi havalandırması için gerekli havalandırma delikleri ve suyun dışarı atılmasını sağlayan savaklar yeterli sayıda ve özellikte olmalıdır.
5. Duvar hava geçirimsiz olmalıdır. İç duvarı içeriden sıva ile kaplamak bunun için yapılabilecek en iyi uygulamalardan biridir.

6. Sistem, iç duvar hava geçirimsizliği ve tüm detaylar ısı geçirimsizlik dikkate alınarak tasarlanmalıdır. Sistemde ısı ve su köprüsü oluşturulmamalıdır.
7. Döşeme - duvar, duvar - doğrama, duvar- çatı birleşimleri doğru uygulama detaylarına göre yapılırsa, duvarın ısı geçirimsizlik değeri ısı köprülerinden en az seviyede etkilenmekte ve ısı performans maksimum düzeyde sağlanmaktadır.
8. Pencere detaylarında iç duvar tabakasının dış duvar tabakası ile birleştiği yerlerde su geçirimsizlik katmanının uygulanması sistemin performansı için önem teşkil etmektedir.
9. Isı geçirimsizliğinin düşük enerji sınıfının gerektirdiği seviyeye kadar düşürülebilmesi için sistem yeterli kalınlıkta boşluk içi yalıtım malzemesi ile birlikte uygulamalıdır. Isı yalıtım tabakası uygulanması hava tabakalı duvarın ısı performansını büyük ölçüde artırmakta ve dinamik ısı direncini çok daha yüksek değerlere çıkarmaktadır.
10. Tam bir ısı performans elde etmek için iç duvarın boşluk tarafında iç duvar dış yüzeyi ile yalıtım tabakası arasında boşluk kalmayacak şekilde uygulama yapılmalıdır.
11. Isı yalıtım tabakasının pencere ve kapı boşluğu etrafında sürekliliğinin sağlanmaması ve doğru detay uygulanmaması durumunda duvar kesitinin sahip olduğu ısı geçirimsizlik değerinin arttığı görülmektedir. Bu sebeple, duvar - doğrama birleşim detaylarının doğru uygulanması duvarın ısı performansını önemli oranda etkilemektedir.
12. Tasarım ve işçilik açısından sorunsuz olmak kaydıyla yalıtım uygulanmış hava tabakalı duvarlar yaklaşık olarak yalıtımsız örneklerinin sağladığı nem performansına sahiptir.
13. Isı yalıtım tabakası uygulanan hava tabakalı duvarlarda doğru yapım sıralamasında öncelikle iç duvar ve hava boşluğu içinde su drenajı için yerleştirilecek yatay oluklar yapılır, sonra yalıtım malzemesi iç duvara arada hiç boşluk kalmayacak şekilde sabitlenir ve son olarak dış duvar oluşturulur. Ancak, bu tür bir uygulamada dışarıdan kurulacak bir yapı iskelesine ihtiyaç vardır.

14. Hava tabakalı duvar sisteminin tuğla yapı malzemesi ile birlikte uygulanması performansını daha olumlu etkilemektedir.
15. Tuğlanın ısıl kütle özelliği doğal enerjiyi kullanarak mekanik ısıtma ve soğutmaya olan ihtiyacın azaltılmasını ve sıcaklık değişimlerinin doğal olarak orta seviyelerde tutulmasını sağlamaktadır.
16. Dış duvarda kullanılan tuğlalar iyi pişirilmiş, kapiler su yükselmesine dirençli, donmaya karşı dayanıklı ve düşük tuz içeriğine sahip olmalıdır. Tuğla ve harç don etkisine dayanıklı ve düşük tuz içeriğine sahip olduğunda yoğunlaşma hava tabakalı duvara zarar vermeyecektir.
17. Hava tabakalı tuğla duvarlar mükemmel bir ses izolasyonu sağlamaktadır. Ancak, iç duvarın sıvanmaması hava sızdırmazlık özelliği ve dolayısıyla ses geçirimsizliği ile ilgili performans değerlerinde azalmaya sebep olabilir.
18. Yapının rengini ve dokusunu malzemenin çeşitli özelliklerinden biri olarak algılarız. Tuğlanın doğal renkleri her zaman rahatlatıcı bir etki yaratmaktadır. Yapının görünüşü insan tarafından kontrol edilirken doğal bir yapı malzemesi olan tuğla yapıya estetik bir değer katmaktadır.
19. Hava tabakalı tuğla duvarın yangına karşı koruyuculuk ve mukavemet özelliği sistemi oluşturan tuğla duvarların ayrı ayrı yangına dayanma sürelerinden logaritmik olarak daha fazladır.
20. Duvarlarda tuğla kullanımı, işçilik ve yapım hızı açısından görece dezavantajlı olmasına rağmen, estetik ve bakım onarım maliyetleri ön planda tutulduğunda, yapı malzemeleri içerisinde yaygın ve bol çeşitli üretim olanaklarına sahip olması ve ülkemiz şartlarında kolay erişilebilir olması gibi özellikleri ile özellikle konutlarda tuğlanın ekonomik açıdan ön sıralarda değerlendirilmesi gerekir.

Sonuç olarak, detaylı bir performans analizi yapıldığında, hava tabakalı tuğla duvarların performansı yüksek olup, tuğla ile uygulanması durumunda performansının olumlu yönde etkilendiği görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Yıldız, A.**, 1997. Konut dış duvarlarında ısı yalıtımı sürekliliğinin sağlanması, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ.
- [2] **Altınışik, K.**, 2006: Isı Yalıtımı, Nobel Yayınları.
- [3] **Url-1** <<http://www.tukder.org>>, alındığı tarih 29.10.2009.
- [4] **Foster, J.S.**, 1973: Mitchell's Building Series, Structure and Fabric, Batsford.
- [5] **Url-2** <<http://www.tugla.web.tr>>, alındığı tarih 29.10.2009.
- [6] **Chudley, R.**, 1973: Construction Technology, Longman.
- [7] **Pehlevan, A.**, 2001. Difüzyon tekniği açısından ortadan ısı yalıtımlı dış duvarlar, *V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*.
- [8] **Hens, H., Janssens, A., Depraetere, W., Carmliet, J., Lecompte, J.**, 2007: Brick Cavity Walls: A Performance Analysis Based on Measurements and Simulations, *Journal of Building Physics*.
- [9] **Url-3** <http://www.philbratt.co.uk/Cavity_wall_fact_sheet.pdf>, alındığı tarih 29.10.2009.
- [10] **Ching, F.D.K., Adams, C., Çeviri: Tağmat, T.S.**, 2001: Çizimlerle Bina Yapım Rehberi, Yapı Yayınları, İstanbul.
- [11] **Parker, H., Gay, C.M., MacGuire, J.W.**, 1958: Architectural Construction, John Wiley&Sons, Inc.
- [12] **Özbilen, A.**, 1967: Hava Tabakalı Çift Duvar, İTÜ Mimarlık Fakültesi Yapı Araştırma Kurumu.
- [13] **Hendry, A.W.**, 1990: Structural Masonry, Macmillan Education Ltd.
- [14] **Grimm, C.T.**, 1985. Corrosion of steel in brick masonry, *Masonry: Research, Application and Problems*, ASTM STP 871, Philadelphia.
- [15] **Seely, I.H.**, 1986: Building Technology, Macmillan Education, London.
- [16] **Auch, H., Rosenkranz, S.F.**, 2006: Construction Materials Manual, Boston.
- [17] **Nash, W.G.**, 1989: Brickwork Repair and Restoration.
- [18] **Toydemir, N., Gürdal, E., Tanaçan, L.**, 2000: Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme, Literatür Yayıncılık.
- [19] **Hendry, A.W., Sinha, B.P., Davies, S.R.**, 1997: Design of Masonry Structures, E&FN Spon.
- [20] **Searle, A.B.**, 1946: Bricks and Tiles, The Technical Press Ltd, London.
- [21] **Raths, C.H.**, 1985. Brick masonry wall nonperformance causes, *Masonry: Research, Application and Problems*, ASTM STP 871, Philadelphia.
- [22] **Url-4** <<http://www.izolasyon-bilgi.com/?p=9>>, alındığı tarih 29.10.2009.

- [23] **Özdeniz, M.**, 1978. Rüzgarla itilen yağmurun yapılardaki sorunları ve rüzgarla itilen yağmur şiddetinin hesaplanması için bir yöntem, İTÜ Mimarlık Fakültesi.
- [24] **Url-5** <<http://ders.insaatbolumu.com>>, alındığı tarih 29.10.2009.
- [25] **Yücesoy, L.**, 2007: Temeller, Duvarlar, Döşemeler, YEM Yayını, İstanbul.
- [26] **Eser, L.**, 1970. Yapı bilgisi ders notları, İTÜ Mimarlık Fakültesi.
- [27] **Croci, G.**, 1998. The Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage, Computational Mechanics Publications Southampton,UK and Boston.
- [28] **AUSTRALBRICKS**, 2006. Building a sustainable future with brick.
- [29] **Rabu, J.S., Kels R.**, 2009: Building Evaluation for Adaptive Reuse and Preservation, John Wiley&Sons, Inc.
- [30] **AUSTRALBRICKS**, 2006. The role of thermal mass in energy-efficient house, *Australbricks Technical and Engineering Staff*.
- [31] **Url-6** <<http://www.nurtugla.com/teknikozellik.htm>>, alındığı tarih 29.10.2009.
- [32] **Şahin, A., Ünal, H.B.**, 2007: Yapı Malzeme Bilgisi, Ege Üniversitesi.
- [33] **Grimm, C.T.**, 1985. Durability of brick masonry: a review of the literature, *Masonry: Research, Application and Problems*, ASTM STP 871, Philadelphia.
- [34] **Özişik, G.**, 2000: Yapı Mühendisliğinde Tuğla Elemanlar ve Yapı Sistemleri, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- [35] **Gedik, G.Z.**, 1999. Soğuk iklim bölgesinde yalıtımlı yapı kabuğu kesitlerinin incelenmesi ve değerlendirilmesi: Erzurum örneği, *Yapıda Yalıtım Konferansı Bildirileri*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Yapı Fiziği Bilim Dalı, İstanbul.
- [36] **Özer, M.**, 1982: Yapılarda Isı- Su Yalıtımları, Özer Yayınları, İstanbul.
- [37] **Aygün, M., Kuş, H.**, 2005. Betonarme taşıyıcılı konut binalarında ısı yalıtımı yöntemleri, İTÜ Mimarlık Fakültesi Ders Notu.
- [38] **Kellermeyer, K.B., Chin, I.R.**, 1986. Lessons learned from investigations of over 500 distressed masonry and stone facades, *Building Performance: Function, Preservation, and Rehabilitation*, ASTM STP 901, Philadelphia.
- [39] **Ekinci, C.E.**, 2003: Yalıtım Teknikleri, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- [40] **Url-7** <http://www.izoder.org.tr/isiyalitimi/ISIYALITIMI_GIRIS.pdf>, alındığı tarih 29.10.2009.
- [41] **TS 825**, Nisan 1998. Binalarda ısı yalıtım kuralları, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara.
- [42] **South, D.B.**, 2007. R value myth, *The Polyurethane Foam Book*, Italy, TX: Monolithic Dome Institute.
- [43] **Lechner, N.**, 2009: Heating, Cooling, Lighting, John Wiley&Sons, Inc.

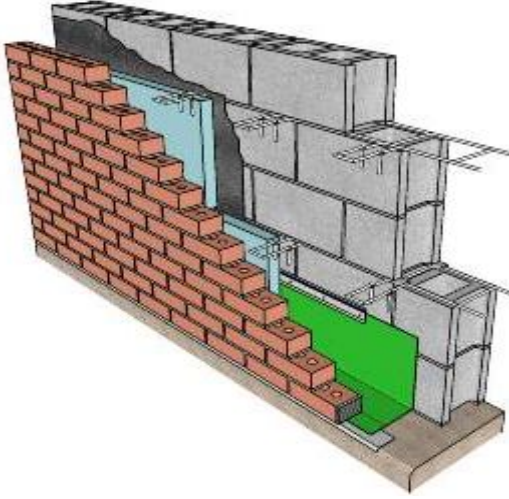
- [44] **McNeilly, T.**, 2006. House of Representatives Standing Committee on Environment and Heritage.
- [45] **Avlar, E.**, 1999. Binalarda oluşan su sorunları ve sonuçları, *Yapıda Yalıtım Konferansı Bildirileri*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [46] **Şahal, N.**, 2006. Türkiye rüzgarla itilen yağmur indeksi ve yağmur kontrolü için dış duvar sistem tasarımı, *Ulusal Çatı ve Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu*, İstanbul.
- [47] **Aköz, F.**, 1999. Su yalıtımının temel prensiplerinin irdelenmesi, *Yapıda Yalıtım Konferansı Bildiriler Kitabı*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- [48] **Url-8** <http://www.esirket.gen.tr/insaat_yapi_sektoru/genel/tuglalarin_ozellikleri.htm>, alındığı tarih 29.10.2009.
- [49] **Lenczner, D.**, 1972: Elements of Loadbearing Brickwork”, Pergamon Pres.
- [50] **Raths, D.C.**, 1988. Preconstruction brick veneer evaluation testing, *Masonry: Materials, Construction and Maintenance*, ASTM STP 992, Philadelphia, 1988
- [51] **Gürdal, E., Acun, S.**, 2005. Dış duvarların tasarımında ısı ve rutubet etkisi, *Ulusal Çatı ve Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu*, İstanbul.
- [52] **Ertaş, K.**, 2001. Binalarda buhar difüzyonu olayının irdelenmesi, *Yalıtım Kongresi*, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Eskişehir.
- [53] **Atmaca, M.**, 2005: Yapıda Su Yalıtımı, Mühendislik Yayınları, Ankara.
- [54] **Becerik, B.**, 2001. Mimarlıkta estetik olgusu ve değerlendirilmesi sorunu, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ.
- [55] **Arun, G.**, 2005. Yığma kagir yapı davranışı, *Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı*, ODTÜ, Ankara,
- [56] **Hens, H., Janssens, A., Depraetere, W.**, 1999. Cavity walls with high insulation quality: performance prediction using calculation procedures and field testing, *Technical Paper IEA, EXCO ECBCS, Annex 32*.
- [57] **Harris, H.A.**, 1985 A method to determine efflorescence and water permeance of masonry mortars, *Masonry: Research, Application and Problems*, ASTM STP 871, Philadelphia.
- [58] **Url-9** <<http://kucukevim.wordpress.com/2009/>>, alındığı tarih 29.10.2009.
- [59] **Url-10** <<http://www.isiklartugla.com.tr>>, alındığı tarih 29.10.2009.
- [60] **Url-11** <<http://masonrydetails.org>>, alındığı tarih 29.10.2009.
- [61] **Url-12** <<http://www.gobrick.com>>, alındığı tarih 29.10.2009.

EKLER

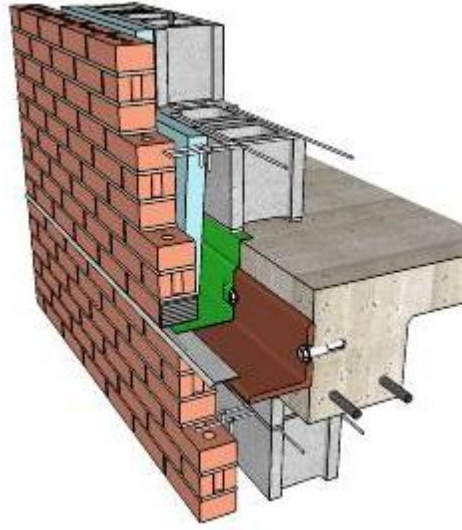
EK A: Boşluklu Duvar Konstrüksiyon Detayları

EK B: Örnek Konut Dış Duvarlarının Kesiti için Isı Geçişi Hesaplarında
Kullanılan Hesap Değerleri

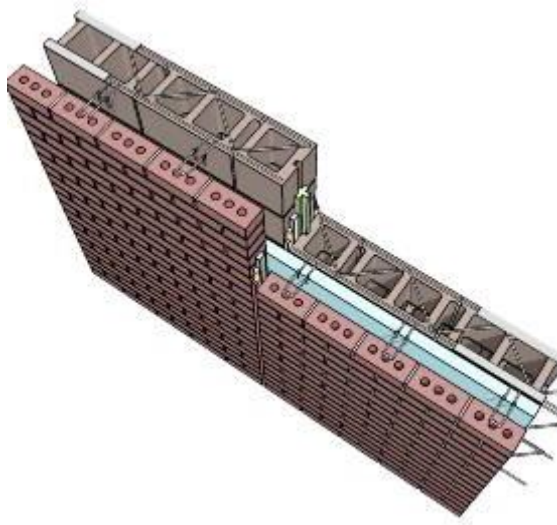
EK A



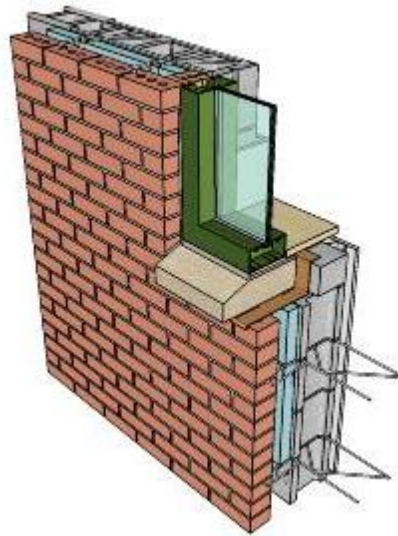
Şekil A.1 : Hava tabakalı dış duvar temel detayı [60, 61].



Şekil A.2 : Hava tabakalı dış duvarlarda kat seviyesinde yatay genleşme derzi [14, 38, 60, 61].



Şekil A.3 : Hava tabakalı dış duvarda düşey genleşme derzi [60, 61].

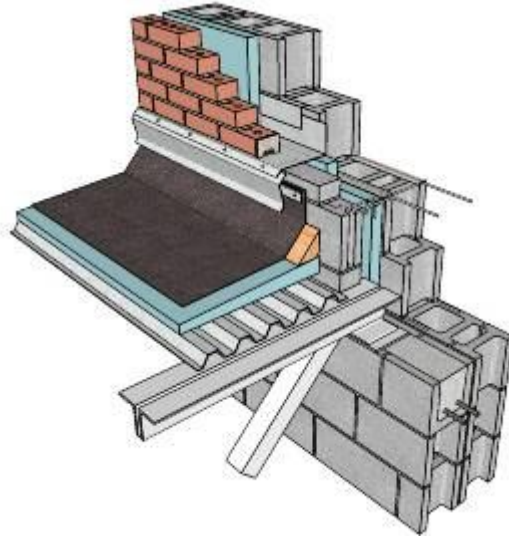


Şekil A.4 : Hava tabakalı dış duvarda denizlik detayı [60, 61].

Yüzeyin en sıcak ve en az sıcak dönemlerindeki fark, yapının bütününde, ısı genleşmesine bağlı olarak uzama ve kısaltmalar yapar. Bu fiziksel olayın yapılar için tehlikeli sonuçlar vermemesi için, dilatasyon derzleri yapılmaktadır. Yapı bütününe hareketinden bağımsız olarak bu etki dış kaplama malzemeleri arasında ve aynı yapı

elemanında beraber kullanılan farklı ısı genleşme katsayısına sahip malzemeler de ayrılmalarda şeklinde hasar oluşturur. Derzsiz veya rijit derzli ufak elemanlardan oluşmuş kaplamalar, ısı genleşme ile birbirleri üzerine basınç gerilmeleri uygularlar, aderansın zayıf olduğu yerde, veya köşelerde malzemede ayrılma ve dökülmeler görülür. Bu durumda belirgin derzli ve elastik derz dolgularının kullanılması, ısı genleşmeden ileri gelecek bozulmaları önleyebilir. Farklı genleşme katsayılarına sahip malzemelerin bir arada kullanılması halinde malzemelerin hareketine olanak verecek detay uygulanmalıdır.

Tuğla duvardaki düşey genleşme derzi ve beton bloklar arasındaki kontrol derzi birleşerek duvarda bir düşey hareket derzi oluşturmaktadır. Hareket derzleri duvarların sıcaklık ve rutubet değişiklikleri ile blokların büzülmesi nedeniyle yapacağı farklı hareketleri kontrol altında tutmaya yarar [21, 38, 51].



Şekil A.5 : Alın duvarı ile çatı birleşimi [60, 61].

EK B

Çizelge B.1 : TS 825'e göre tuğla duvarların ısı iletkenliği hesap değerleri ve su buharı difüzyon direnç faktörleri [41].

ICS 91.120.10

TÜRK STANDARDI

TS 825/Mayıs 2008

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
7.1.4	Düşey delikli hafif tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1'e uygun W sınıfı tuğlalarla, normal derz veya harç cepli)			
7.1.4.1	Normal harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	550	0,22	5 / 10
		600	0,23	5 / 10
		650	0,23	5 / 10
		700	0,24	5 / 10
		750	0,25	5 / 10
		800	0,26	5 / 10
		850	0,26	5 / 10
		900	0,27	5 / 10
		950	0,28	5 / 10
		1000	0,29	5 / 10
7.1.4.2	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	550	0,19	5 / 10
		600	0,20	5 / 10
		650	0,20	5 / 10
		700	0,21	5 / 10
		750	0,22	5 / 10
		800	0,23	5 / 10
		850	0,23	5 / 10
		900	0,24	5 / 10
		950	0,25	5 / 10
		1000	0,26	5 / 10
7.1.5	Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)	600	0,33	5 / 10
		700	0,36	5 / 10
		800	0,39	5 / 10
		900	0,42	5 / 10
		1000	0,45	5 / 10
7.2	Kireç kum taşı duvarlar (TS 808 EN 771-2'ye uygun)	700	0,35	5 / 10
		800	0,40	5 / 10
		900	0,44	5 / 10
		1000	0,50	5 / 10
		1200	0,56	5 / 10
		1400	0,70	5 / 10
		1600	0,79	15 / 25
		1800	0,99	15 / 25
		2000	1,10	15 / 25
		2200	1,30	15 / 25

Çizelge B.1: TS 825'e göre tuğla duvarların ısı iletkenliği hesap değerleri ve su buharı difüzyon direnç faktörleri [41]. (devam)

ICS 91.120.10

TÜRK STANDARDI

TS 825/Mayıs 2008

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
7	KÂĞIR DUVARLAR (harç fugaları- derzleri dâhil)			
7.1	Tuğla duvarlar			
7.1.1	TS EN 771-1'e uygun tuğlalarla yapılan kâgir duvarlar, dolü klinker, düşey delikli klinker, (TS 4562) seramik klinker (TS 2902)	1800 2000 2200 2400	0,81 0,96 1,20 1,40	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
7.1.2	TS EN 771-1'e uygun dolü veya düşey delikli tuğlalarla duvarlar	1200 1400 1600 1800 2000 2200 2400	0,50 0,58 0,68 0,81 0,96 1,20 1,40	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
7.1.3	Düşey delikli tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1'e uygun AB sınıfı tuğlalarla, normal derz veya harç cepli)			
7.1.3.1	Normal harç kullanarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	550 600 650 700 750 800 850 900 950 1000	0,32 0,33 0,35 0,36 0,38 0,39 0,41 0,42 0,44 0,45	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
7.1.3.2	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	550 600 650 700 750 800 850 900 950 1000	0,27 0,28 0,30 0,31 0,33 0,34 0,36 0,37 0,38 0,40	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10

Çizelge B.2 : TS 825’e göre tavsiye edilen bölgesel U değerleri [41].

Isı Bölgeleri	U_D (W/m ² K)	U_T (W/m ² K)	U_t (W/m ² K)	U_p (W/m ² K)
1. Bölge	0.80	0.50	0.80	2.80
2. Bölge	0.60	0.40	0.60	2.80
3. Bölge	0.50	0.30	0.45	2.80
4. Bölge	0.40	0.25	0.40	2.80

Çizelge B.3 : TS 825’e göre farklı derece gün (DG) bölgeleri için aylık ortalama dış sıcaklık değerleri [T_d (°C)] [41].

Aylar	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge
Ocak	8,0	3,3	1,3	-5,2
Şubat	9,3	4,5	2,0	-4,1
Mart	11,5	7,2	5,0	-1,3
Nisan	15,70	12,6	9,8	5,1
Mayıs	20,60	17,8	14,1	10,1
Haziran	25,40	21,9	18,1	13,5
Temmuz	28,0	24,4	21,1	17,2
Ağustos	27,2	23,8	20,6	17,2
Eylül	23,3	19,6	16,5	13,2
Ekim	18,1	14,1	11,3	6,9
Kasım	13,3	9,1	6,5	1,3
Aralık	9,4	4,9	2,6	-3,0

Çizelge B.4 : TS 825'e göre hesaplanmış yüzeysel ısı iletim direnç değeri [41]

Sıra No	Yapı Bileşeni Tipi	Yüzeysel Isıl İletim Direnci	
		$\frac{1}{\alpha_i}$ (m ² .W/K)	$\frac{1}{\alpha_d}$ (m ² .W/K)
1	Dış duvar (Sıra No:2’de verilenin dışındaki dış duvarlar)	0,13	0,04
2	Arkadan havalandırılan giydirme cepheli dış duvarlar, ısı yalıtım yapılmayan tavan arasını ayıran alçak duvarlar		0,08
3	Daireler arasındaki ayırıcı duvarlar, merdiven duvarı, farklı kullanım amaçlı çalışma odalarını ayıran duvarlar, sürekli olarak ısıtılmayan mekanlara bitişik bölme duvarı, ısı yalıtımlı tavan arasına bitişik alçak duvarlar		⁵⁾
4	Tabana bitişik duvarlar		0
5	Bir yaşama mekanının dış hava ile sınırını oluşturan yatay veya eğimli, yukarıda yer alan (havalandırılmayan çatı) tavan veya çatı	0,13	0,04
6	Kullanılmayan bir tavan arası veya havalandırılan bir mekan altındaki tavan (havalandırılan çatı kabuğu)		0,08
7	Daireler arası ayırıcı taban veya farklı kullanım amaçlı çalışma odalarını ayıran taban		
7.1.	Aşağıdan yukarı doğru ısı akışı olması halinde	0,13	⁵⁾
7.2.	Yukarıdan aşağı doğru ısı akışı olması halinde	0,17	
8	Bodrum tavanı	0,17	⁵⁾
9	Bir yaşama mekanının dış hava ile sınırını oluşturan çıkma tabanları		0,04
10	Altında bodrum olmayan bir yaşama mekanının zemine oturan tabanı		0
¹⁾ Basitleştirmek amacıyla bütün durumlarda $\frac{1}{\alpha_i}=0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ ve 4 ve 10. sıradaki durumlar hariç olmak üzere $\frac{1}{\alpha_d}=0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ değerleri hesaplamalarda kullanılabilir.			
²⁾ Yapı bileşenlerinin yüzeylerinde meydana gelen yoğunlaşma kontrolü için TS 825 Madde 9.2.5.1’e bakınız.			
³⁾ Yapı bileşenlerinin bina üzerindeki konumları için TSE’ye bakınız			
⁴⁾ Hava boşluklu sandviç duvarlarda sıra no 1’de verilen değerler kullanılır.			
⁵⁾ Yapı bileşeninin iç mekanda yer alması durumunda, hesaplamalarda iç ve dış yüzey ısı iletim direnç değerleri aynı kabul edilmelidir.			

Çizelge B.5 : Hava tabakalarının ısı geçirgenlik dirençleri [39].

Hava Tabakasının Durumu	Değişik kalınlıklardaki Hava Tabakalarının Isı Geçirgenlik Dirençleri $1/\Lambda = \text{m}^2\text{K/W}$						
	Kalınlık (cm)						
	0,5	1	2	5	10	15	20
Düşey	0,11	0,14	0,16	0,18	0,17	0,16	0,16
Yatay (Sıcak Yüzey Altta)	0,11	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16
Yatay (Sıcak Yüzey Üstte)	0,11	0,14	0,18	0,21	0,21	0,21	0,21
Bir boşluklu hafif tuğla ve beton biriket dolgu asmolen döşemelerde döşemenin ısı geçirgenlik direnci kaplamasız olark $1/\Lambda = 0,26 \text{ m}^2\text{K/W}$ olark kabul edilir.							

Çizelge B.6 : Isıtılacak hacimler ve ideal iç sıcaklıkları [39].

Isıtılacak Hacim Adı	Ti (°C)
Konutlar	19
İş ve İdare Binaları	20
Demir Döküm Pres vb. Atölyeler vb. Atölveler	18
Büro Hacimleri Müdür, memur odaları) (Müdür, memur odaları)	10
Derslikler	20
Hasta Yatak ve Poliklinik Odası	20
Ceza ve Tutuklu evleri-odalar	18

Çizelge B.7 : TS 825'e göre havanın sıcaklık ve bağıl nemine bağlı olarak yoğuşma noktası sıcaklığı (Ts) [41].

Hava Sıcaklığı, °C	Bağıl Nem için °C'de Yoğuşma Noktası Sıcaklığı (Ts)										
	%30	%35	%40	%45	%50	%55	%60	%65	%70	%75	%80
30	10,5	12,9	14,9	16,8	18,4	20,0	21,4	22,7	23,9	25,1	26,2
29	9,7	12,0	14,0	15,9	17,5	19,0	20,4	21,7	23,0	24,1	25,2
28	8,8	11,1	13,1	15,0	16,6	18,1	19,5	20,8	22,0	23,2	24,2
27	8,0	10,2	12,2	14,1	15,7	17,2	18,6	19,9	21,1	22,2	23,3
26	7,1	9,4	11,4	13,2	14,8	16,3	17,6	18,9	20,1	21,2	22,3
25	6,2	8,5	10,5	12,2	13,9	15,3	16,7	18,0	19,1	20,3	21,3
24	5,4	7,6	9,6	11,3	12,9	14,4	15,8	17,0	18,2	19,3	20,3
23	4,5	6,7	8,7	10,4	12,0	13,5	14,8	16,1	17,2	18,3	19,4
22	3,6	5,9	7,8	9,5	11,1	12,5	13,9	15,1	16,3	17,4	18,4
21	2,8	5,0	6,9	8,6	10,2	11,6	12,9	14,2	15,3	16,4	17,4
20	1,9	4,1	6,0	7,7	9,3	10,7	12,0	13,2	14,4	15,4	16,4
19	1,0	3,2	5,1	6,8	8,3	9,8	11,1	12,3	13,4	14,5	15,5

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad:	Dilek TOKGÖZ
Uyruğu:	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi:	Samsun, 1974
İlk Öğrenim:	Necatibey İlkokulu, Samsun (1979-1984)
Orta Öğrenim:	23 Nisan Ortaokulu, Samsun (1984-1987) 19 Mayıs Lisesi (1987-1990)
Lisans Üniversitesi:	K.T.Ü Mimarlık Fakültesi (1991-1995)
Mesleki Faaliyet:	İstanbul İl Özel İdaresi- İmar Yatırım ve İnşaat Daire Başkanlığı, Mimar