

# DİFÜZYON TEKNİĞİ AÇISINDAN ORTADAN ISI YALITIMLI DIŞ DUVARLAR

Asiye PEHLEVAN

## ÖZET

Havalandırılmalı çift kabuk dış duvarlar, özellikle rüzgar ve yağmurca 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 boşluklu olarak kullanılan, dış kabuğu her türden masif yapı malzemeleri ile oluşturulan çift kabuk dış duvarlara, ısı geçirgenlik direncini arttırmak için bir ısı yalıtım tabakası da ilave edilmiş ve böylece "ortadan ısı yalıtımlı dış duvar" kavramı doğmuştur.

Ortadan ısı yalıtımlı çift kabuk dış duvarlar iki farklı şekilde uygulanmaktadır: Birbirinden; düşey hareketli bir hava katmanı ile ayrılmış iki masif duvar ve ısı yalıtım tabakasından oluşan bir dış duvar sistemi (havalandırılmalı - soğuk) ve hava boşluğu içermeyen, iki masif duvar ve ısı yalıtım tabakasından oluşan bir dış duvar sistemi (havalandırılmamasız - sıcak). Ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırılmalı çift kabuk dış duvar, belirli koşullar yerine getirildiğinde, difüzyon tekniği açısından sorunsuz bir konstrüksiyondur. Yapım tekniği kolaylığı ve bazı avantajları bulunan ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırılmamasız çift kabuk dış duvarların, difüzyon tekniği açısından bazı dezavantajları vardır. Çünkü, kullanılacak malzemelere bağlı olarak duvarın ısı ve nemsel davranışı büyük değişiklikler gösterir. Bu değişiklikler, dış iklim koşullarının ağırlığı oranında daha da büyür. Bu sistemde, yeterli performans uygun malzeme seçimi ile birlikte bir dizi önlem alınarak sağlanabilir.

Bu bildiride; iç ve dış kabuk ve ısı yalıtım tabakası çeşitli yapı malzemelerinden oluşturulan ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırılmamasız dış duvar seçeneklerinin, Türkiye' nin iklimsel koşullarında ısı ve nemsel davranışlarını ortaya koyarak, en uygun duvar konstrüksiyonunu seçmek ve alınması gereken önlemleri göstermek amaçlanmaktadır.

## 1.GİRİŞ

Bir yapı bileşeni bünyesinde, yüksek sıcaklıktaki enerji seviyesinden, düşük sıcaklıktaki enerji seviyesine doğru gelişen ısı akımına paralel olarak, subuharı basıncının yüksek olduğu seviyeden, düşük olduğu seviyeye doğru da bir subuharı akımı gelişir. Yapı bileşeni ya da yapı gereci bünyesindeki subuharı hareketleri, fiziksel bir değişiklik oluşturmadıkları sürece, "buhar difüzyonu" olarak tanımlanmaktadır. Bu kural, subuharı yoğunlaşmaya uğrayarak su şekline dönüşmeye kadar geçerlidir.

Difüzyon, bir gazın (burada subuharı) bir basınç farkı nedeni ile başka bir gaz veya gözenekli bir katı malzeme içinden geçmesidir. Difüzyon olayı sürdüğü zaman aralığında, gerek kapalı ortam ve gerekse bu ortamı sınırlayan bir yapı bileşeni için en küçük bir sakınca ya da en küçük bir tehlike sözkonusu değildir. Ancak, bir yapı sistemi içinde yer alan her yapı gereci, difüzyon olayına karşı birbirinden oldukça farklı dirençleri ortaya koyarlar. Difüzyon dirençleri, nemsel akım yönünde belli

ölçülerde azalarak gelişen yapı düzenlerinde, yoğunlaşma yönünden herhangi bir sakınca olmayacaktır. Aynı şekilde, tek bir katmandan oluşan yapı elemanında da, difüzyon direnci ne düzeyde olursa olsun, sözkonusu eleman açısından nemsel bir sakıncadan bahsedilemez. Katman sayısı çoğaldığında, bu katmanlara ait difüzyon dirençlerinin, nemsel akım yönünde belli ölçülerde artarak sıralanması, nemsel akımın yapı bileşeni içinde uzun süre alıkonulması ya da en azından yavaşlatılması anlamına gelir. Bu, difüzyon olayı ile ilgili en önemli sorunlardan birisidir.

Difüzyon olayı bu şekilde sürüp giderken, aynı yapı bileşeni içinde gelişen ısı akımında da değişimler olabilir. Isıl akımın kararlılığı bozulsun ya da bozulmasın, subuharı difüzyonu sağlıklı olarak sürdürdüğü sürece sonuçta önemli bir sakınca doğmaz. Ancak, ısı akımının kararlılığını koruması durumunda, bileşen içinde bir kesime kadar yığılan subuharı miktarı, o kesimdeki sıcaklıklar için doyma düzeyine yaklaşabilir. Isıl akımdaki kararlılığın bozulması durumunda ise; genellikle, sözkonusu sıcaklıklarda düşmeler olur. Bu kez, düşük sıcaklıklar, sistem içinde kısmen yığılmış subuharı düzeyi için, çiyleşme sıcaklıklarından daha aşağılara kayabilirler. Bu durum da ani bir yoğunlaşmanın başlangıcı anlamına gelmektedir [1].

Subuharı akımı sırasında iç yüzey sıcaklığı, çiyleşme sıcaklığına eşit veya daha soğuksa yüzey üzerinde “görünür yoğunlaşma” oluşur. Bu olay eleman içinde olursa, “gizli yoğunlaşma” olarak anılır. Duvarın ıslanmasına yol açan ve belirli bir ölçüyü aşan yoğunlaşma suyu, yapı elemanında çeşitli hasarlar oluşturur ve malzemenin ısı iletkenliğini artırarak enerji kayıplarına neden olur, yapı ve insan sağlığını bozar.

Bu açıdan bakıldığında; ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırmasız çift kabuk dış duvarların, kış aylarında ısı akımına paralel gelişen subuharı akımı sonucu, yoğunlaşma olayı nedeni ile nemlenme olasılığı vardır. Duvar katmanları arasında higro - termik uyumun sağlanması için bir dizi önleme ek olarak iç, dış kabuk ve ısı yalıtım malzemelerinin uygun seçilmesi gerekir.

## 2. ORTADAN ISI YALITIMLI DIŞ DUVARLAR

İki masif yapı kabuğu ve bunların arasında yer alan ısı yalıtım katmanının oluşturduğu çift kabuk dış duvar sistemi, “ortadan ısı yalıtımlı dış duvar” olarak adlandırılmaktadır. Bu duvarlar iki farklı şekilde uygulanmaktadır:

1. Hava katmanlı çift kabuk dış duvar
2. Hava katmansız çift kabuk dış duvar

Hava katmanlı çift kabuk dış duvar konstrüksiyonu (havalandırılmalı - soğuk); birbirinden düşey hareketli bir hava katmanı ile ayrılmış iki masif duvar ve ısı yalıtım tabakasından oluşur. Hava katmansız çift kabuk dış duvar konstrüksiyonu (havalandırmasız - sıcak) ise, iki masif duvar ve bu duvarlar arasına yerleştirilen bir ısı yalıtım tabakasından oluşur ve hava boşluğu içermez.

## 3. HAVA KATMANSIZ ÇİFT KABUK DIŞ DUVAR

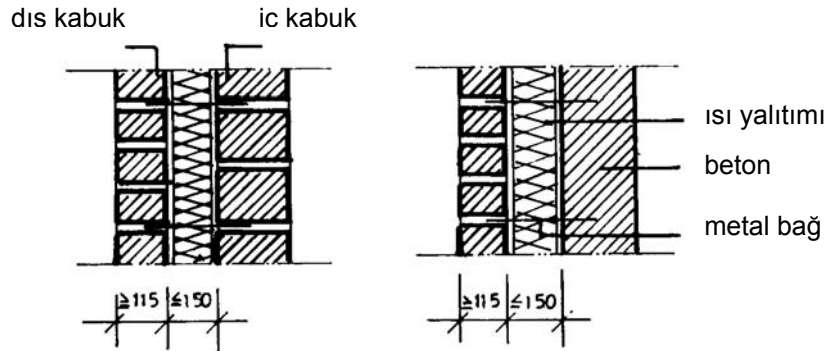
Bu tür dış duvarlar; dış kabuk, ısı yalıtımı ve iç kabuk olmak üzere en az üç tabakadan oluşur. Kullanılan malzemelerin özelliklerine bağlı olarak iç ve dış kabuk üzerine siva veya kaplama uygulanabilir. Dış ve iç kabuk için aynı veya farklı türde yapı malzemeleri kullanılabilir. Genellikle beton blok ve briketler, tuğla, doğal taş, beton v.b. kullanılan malzemelerdir. İç ve dış kabuk yalnız tuğlalardan oluşturulabilirdiği gibi kabuklardan birisi tuğla v.b., diğeri beton briket v.b. olabilir veya her iki kabuk betondan yapılır. İki kabuk arasına cam yünü, taş yünü, ahşap yünü v.b. mineral lif levha ısı yalıtım malzemeleri, expandabl ve extrude polistiren sert köpük, poliüretan sert köpük, genleştirilmiş

üreformaldehit köpük v.b. levha türünden ısı yalıtım malzemeleri, cam köpüğü, genişleştirilmiş perlit, vermikülit, bims v.b. taneli yalıtkan dolgu malzemeleri veya yerinde dökme köpük v.b. malzemelerden herhangi birisi ısı yalıtım malzemesi olarak yerleştirilebilir.

Hava katmansız çift kabuk dış duvarlarda; dış kesimde kalan katman, dış hava koşullarından, özellikle atmosferik yağışlardan koruyuculuk ve genellikle de dış görünüşü sağlamak görevini yüklenirken, iç kesimde kalan masif katman (genellikle) taşıyıcılık işlevini görmekte ve iç yüzey özellikleriyle bir iklim dengeleyici rolü oynamaktadır.

Her iki masif katmanın, mekanik dayanım açısından birlikte çalışabilmesi için, metal bağlarla birbirine yeterli sıklıkta bağlanmaları gerekir. Bağlanma, duvar örülürken, bağların bir ucu dış, diğer ucu iç katmana ve karşılıklı aynı düzlemdeki derzlere veya iç ve dış kabukta açılan boşluklara sokularak sağlanır. Bağlar için en uygun metal; bakır, bronz, galvanize demir ve paslanmaz çeliktir. Bağlantı için çok çeşitli boyut ve biçimde paslanmaz çelik köşebentler ve özel bağlantı elemanları üretilmektedir [2], [3], [4].

Havalandırmasız - sıcak dış duvar konstrüksiyonu hem iskelet ve hem de yığma yapılarda uygulanmaktadır. İskelet yapılarda, kabukların her ikisi ince olabileceği gibi, dış kabuk ince iç kabuk kalın olabilir. Yığma yapılarda ise statik açıdan gerekli olduğu için, iç kabuk dış kabuktan daha kalın olarak inşa edilmektedir. Şekil 1 de de gösterildiği gibi havalandırmasız - sıcak dış duvarlarda dış kabuk en az 11.5 cm. kalınlığında olmalıdır. Isı yalıtım tabakasının kalınlığı ise en fazla 15 cm.dir [5], [6].



Şekil 1. Ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırmasız çift kabuk dış duvar.

#### 4. YAPILAN ÇALIŞMA VE DİFÜZYON TEKNİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRME

##### 4.1. Yapılan Kabuller

Bu araştırma kapsamında aşağıdaki kabuller yapılmıştır:

1. Güneş ışınımının dış duvar üzerindeki etkisi gözönüne alınmıştır. Örnek dış duvar konstrüksiyonlarına ait, dış yüzeyin emicilik katsayısı renk ve doku özelliklerine bağlı olarak  $a = 0,70$  kabul edilmiştir. Aylık ortalama sol-air sıcaklıkların hesaplanmasında, bir bilgisayar programı aracılığı ile elde edilen düşey yüzeylerdeki aylık ortalama saatlik dış sıcaklıklar ve aylık ortalama saatlik toplam ışınımlardan yararlanılmış ve dış yüzey konveksiyon katsayısı,  $\alpha_d = 23,60 \text{ W/mK}$  olarak alınmıştır [7], [8].
2. Araştırma kapsamındaki örnek dış duvarlar "KUZEY" yönüne yönlendirilen duvarlardır.

3. İç ortam sıcaklığı,  $t_i = 21^\circ\text{C}$  ve iç ortam bağıl nemi,  $\varphi_i = 50\%$  dır.
4. Seçilen karakteristik iller; Antalya (1. Bölge), Edirne (2.Bölge), Elazığ (3.Bölge), Sivas (4. Bölge) dir. Bu iller, ait oldukları bölgede yıllık maksimum ve minimum sıcaklık derecelerini veren illerdir [9], [10]. Bu illerin dış iklimsel verileri olarak "OCAK" ayına ait ortalama dış sıcaklık ( $t_d$ ), ortalama sol-air ( $t_e$ ) sıcaklık ve ortalama dış bağıl nem ( $\varphi_d$ ) değerleri kullanılmıştır. Ocak ayı, dış sıcaklığın en düşük olduğu aydır. Tablo 1 de seçilen karakteristik iller ve bu illere ait dış iklimsel veriler gösterilmiştir.
5. İç ve dış yüzey konveksiyon dirençleri,  $1/\alpha_i = 0,12 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$ ,  $1/\alpha_d = 0,04 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$  dır.
6. Dış duvarların termik konfor koşuluna göre (tam ısı korunumu) boyutlandırılmasında Eichler' in de kabul etmiş olduğu  $3^\circ\text{C}$  lik fark değeri esas alınmıştır [11], [12]. Buna göre; gerek kış ve gerekse yaz mevsimi için iç yüzey sıcaklığını veren,

$$t_{iy} = t_i \pm 3 \quad [^\circ\text{C}] \quad (1)$$

bağıntısı geçerlidir.

Seçilen illere bağlı olarak kesitin sağlaması gereken ısı geçirgenlik dirençleri ( $1/\Lambda$ ), ısı geçirme dirençleri ( $1/k$ ) ve ısı geçirme katsatısı ( $k$ ), Tablo 1'de gösterilmiştir. Kesitlerin boyutlandırılmasında, Ocak ayı değerleri esas alınmıştır.

7. Dış duvarların ısı ve buhar akımına göre boyutlandırılması ve dolayısıyla higro – termik denetimlerde "Glaser Grafik Yöntemi", yoğunlaşma suyu miktarının belirlenmesinde "Glaser Analitik Yöntemi" kullanılmıştır [13].

**Tablo 1.** Seçilen karakteristik iller, Ocak ayı için bu illere ait dış iklimsel veriler ve kesitin sağlanması gereken fiziksel büyüklükler.

İL	$\varphi$ (%)	$t_d$ ( $^\circ\text{C}$ )	$t_e$ ( $^\circ\text{C}$ )	$1/\Lambda$ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$	$1/k$ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$	$k$ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
1, ANTALYA	68	9,8	11,40	0,23	0,39	2,56
2, EDİRNE	81	2,10	2,70	0,59	0,75	1,33
3, ELAZIĞ	78	- 1,50	- 0,40	0,72	0,88	1,14
4, SİVAS	76	- 4,00	- 2,90	0,82	0,98	1,02

#### 4.2. İncelenecek Dış Duvar Konstrüksiyonlarının Belirlenmesi

Bu bildiri kapsamında; farklı malzemelerin kullanıldığı çeşitli ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırmasız çift kabuk dış duvar konstrüksiyonları ele alınmış, bunlar arasında karşılaştırma ve irdeleme yapılarak Ülkemizde çok sıkça uygulanan, ısı ve nem kontrolü açısından karakteristik örnek oluşturacağı düşünülen duvarların belirlenmesi yoluna gidilmiştir. Duvarların iç ve dış kabuğu farklı veya aynı fiziksel özelliklere sahip tuğlalardan oluşturulmuştur. Isı yalıtımı için levha şeklindeki malzemeler tercih edilmiş; mineral lifli levha (cam yünü, taş yünü v.b), expandabl ve extrude polistiren sert köpük levha, seçilen her duvar konstrüksiyonunda ayrı ayrı kullanılarak, özellikle subuharı difüzyon direnç faktörü ( $\mu$ ), birbirinden oldukça farklı olan bu yalıtım malzemelerinin, konstrüksiyonunun nemsal performansına etkileri değerlendirilmek istenmiştir. İç duvar kaplaması, kireç- çimento sıvadır. Dış duvar kaplaması olarak; kaplama tuğlası (prese tuğla v.b), çimento siva ve çimentolu siva üzerine

uygulanan seramik veya cam mozaik gibi üç ayrı malzeme kullanılmıştır. Dış katman kalınlığının, kaplamaları içerecek şekilde, 11.5 cm. den az olmamasına dikkat edilmiştir. İç katman için, hem yığma ve hem de iskelet sisteme uygun düşen farklı kalınlıklar seçilmiştir. Belirlenen her duvar konstrüksiyonunun, Tablo 1 de gösterilen fiziksel büyüklükleri karşıladıkları için, seçilen her karakteristik ilde uygulanabileceği düşünülmüştür.

Tablo 2, belirlenen dış duvar konstrüksiyonlarını ve bu konstrüksiyon katmanları ile ilgili; kalınlık (d), ısı iletkenlik katsayısı ( $\lambda$ ), subuharı difüzyon direnç faktörlerini ( $\mu$ ) göstermektedir.

**Tablo 2.** Seçilen dış duvar konstrüksiyonları ve tabakalaşma detayları

DUVAR KONSTRÜKSİYONU		d ( m )	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (-)
<b>KONSTRÜKSİYON 1</b>				
1.	Cephe tuğlası (dolu veya düşey delikli prese veya klinker tuğla)	0,115	0,81	50- 100
2.	Isı yalıtım tabakası *			
	a.			1
	b.	0,06	0,04	20
	c.			150
3.	Tuğla (dolu veya düşey delikli ) iç kabuk	0,19	0,50	5-10
4.	İç sıva (kireç - çimento) 1/ $\Lambda$ = 2.04 m <sup>2</sup> K/W	0,02	0,87	15-35
		k = 0,455 W/m <sup>2</sup> K		
<b>KONSTRÜKSİYON 2</b>				
1.	Dış sıva (çimento)	0,03	1,40	15-35
2.	Tuğla (yatay delikli ) dış kabuk	0,09	0,45	5-10
3.	Isı yalıtım tabakası *			
	a.			1
	b.	0,06	0,04	20
	c.			150
4.	Tuğla (yatay delikli) iç kabuk	0,19	0,45	5-10
5.	İç sıva (kireç - çimento) 1/ $\Lambda$ = 2,16 m <sup>2</sup> K/W	0,02	0,87	15-35
		k = 0,431 W/m <sup>2</sup> K		
<b>KONSTRÜKSİYON 3</b>				
1.	Seramik veya cam mozaik	~ 0,005	1,20	100-300
2.	Sıva (çimento)	0,03	1,40	15-35
3.	Tuğla (yatay delikli) dış kabuk	0,09	0,45	5-10
4.	Isı yalıtım tabakası *			
	a.	0,06	0,04	1
	b.			20
	c.			150
5.	Tuğla (yatay delikli) iç kabuk	0,19	0,45	5-10
6.	İç sıva (kireç - çimento) 1/ $\Lambda$ = 2,16 m <sup>2</sup> K/W	0,02	0,87	15-35
		k = 0,430 W/m <sup>2</sup> K		
<b>KONSTRÜKSİYON 4</b>				
1.	Cephe tuğlası (dolu veya düşey delikli prese veya klinker tuğla)	0,115	0,81	50-100
2.	Isı yalıtım tabakası *			
	a.			1
	b.	0,06	0,04	20
	c.			150
3.	Tuğla yatay delikli) iç kabuk	0,09	0,45	5-10
4.	İç sıva (kireç - çimento) 1/ $\Lambda$ = 1.86 m <sup>2</sup> K/W	0,02	0,87	15-35
		k = 0,495 W/m <sup>2</sup> K		

**Tablo 2. (Devam)** Seçilen dış duvar konstrüksiyonları ve tabakalaşma detayları

KONSTRÜKSİYON 5				
1.	Dış sıva (çimento)	0,03	1,40	15-35
2.	Tuğla (yatay delikli) dış kabuk	0,09	0,45	5-10
3.	Isı yalıtım tabakası *			
	a.			1
	b.	0,06	0,04	20
	c.			150
4.	Tuğla (yatay delikli) iç kabuk	0,09	0,45	5-10
5.	İç sıva (kireç - çimento)	0,02	0,87	15-35
1/Λ = 1,94 m <sup>2</sup> K/W		k = 0,476 W/m <sup>2</sup> K		
KONSTRÜKSİYON 6				
1.	Seramik veya cam mozaik	~ 0,005	1,20	100-300
2.	Sıva (çimento)	0,03	1,40	15-35
3.	Tuğla (yatay delikli) dış kabuk	0,09	0,45	5-10
4.	Isı yalıtım tabakası *			
	a.			1
	b.	0,06	0,04	20
	c.			150
5.	Tuğla (yatay delikli) iç kabuk	0,09	0,45	5-10
6.	İç sıva (kireç - çimento)	0,02	0,87	15-35
1/Λ = 1,94 m <sup>2</sup> K/W		k = 0,476 W/m <sup>2</sup> K		

\* a- Mineral lifli levha, b- Expandabl polistiren sert köpük levha, c. Extrude polistiren sert köpük levha

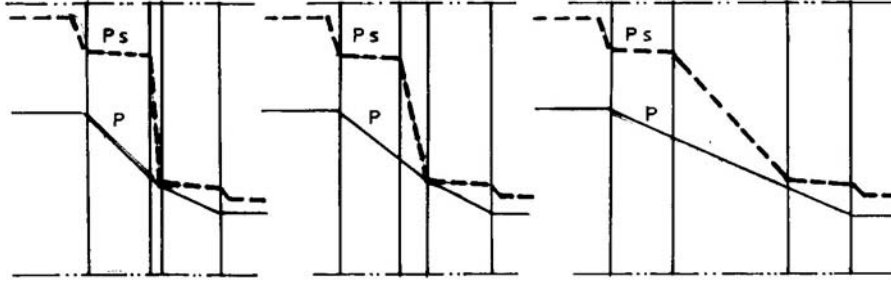
#### 4.3. Hıgro-Termik Denetimi

Sınırlayıcı bir yapı bileşeninde "hıgro – termik" açıdan bir denetimin sağlıklı olarak sürdürülebilmesi için, o yapı bileşenindeki ısı ve nemsel sorunların ayrı ayrı bilinmesi yeterli değildir. Önemli olan ısı ve nemsel denetimin birlikte yürütülebilmesi, dolayısıyla da ısı ve nem korunumu arasındaki ilişkinin iyi bilinmesidir.

Difüzyon tekniği açısından davranışlarının belirlenebilmesi için, seçilen dış duvar konstrüksiyonlarına; tabakalaşma detayları, iç iklimsel veriler ve seçilen karakteristik illerin dış iklimsel verileri dikkate alınarak hıgro - termik denetim yapılmıştır. Her konstrüksiyona, karakteristik il ve ısı yalıtım tabakası türüne bağlı olarak 12 ayrı denetim uygulanmıştır. Altı duvar konstrüksiyonu için uygulanan toplam denetim sayısı 72 dir.

Hıgro – termik denetim ile, duvar konstrüksiyonunda yoğuşma riskinin olup olmadığı konusunda bir karara varabilmek olanaklıdır. Yoğuşmanın hiç oluşmadığı konstrüksiyonlar en uygun konstrüksiyonlardır. Ancak, yoğuşmanın oluştuğu konstrüksiyonlarda mevsimlik yoğuşma suyu miktarı, belirlenen veya standartların önerdiği bir limitin altındaysa, yoğuşma düzlemi veya bölgesindeki tabakaların ısı iletkenlik katsayıları ve duvarın ısı geçirgenlik direnci hesaplanır. Dirençte bir azalma söz konusu değilse ve yoğuşma suyu sıcak dönemde buharlaşabiliyorsa, bu konstrüksiyonlar da uygun kabul edilir. Yoğuşma suyunun, belirlenen bir limiti aşması halinde, duvar tasarımının yeniden yapılması gerekir.

Ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırmasız bir dış duvar konstrüksiyonunun ısı yalıtım malzemesi türüne bağlı olarak farklı seçeneklerinde aynı iç ve dış iklimsel verilerin söz konusu olması durumunda, ısı akım aynı özelliktedir. Ancak, nemsel akım oldukça farklıdır. Şekil 2, bu duvarların difüzyon şemalarını göstermektedir.



a) Mineral lifli levha b) Expandabl polistiren sert köpük levha c) Extrude polistiren sert köpük levha

**Şekil 2.** Ortadan ısı yalıtımlı bir dış duvarın ısı yalıtım malzemesi türüne bağlı olarak difüzyon şemaları

Seçilen dış duvar konstrüksiyonlarının karakteristiklere bağlı olarak, Ocak ayı verileri ile yapılan higro - termik denetim sonuçları Tablo 3 de gösterilmiştir. Hazırlanan bu tabloda, her duvar konstrüksiyonu ısı yalıtım malzemesi türüne bağlı olarak üç ayrı seçenek ile ifade edilmiş ve her seçenek için sırasıyla, konstrüksiyonda yoğuşma riski (A), yoğuşma varsa türü (bölgesel veya düzlemsel), (B) ve yoğuşma suyu miktarını (C) gösteren üç ayrı değerlendirme ölçütü kullanılmıştır. Yoğuşma suyu miktarı, aylık ortalama saatlik su miktarı (gr/m<sup>2</sup>h) olarak verilmiştir.

Antalya iline ait tüm konstrüksiyonlarda yoğuşma yoktur. Birinci ve dördüncü konstrüksiyonların üç ayrı seçeneğinde düzlemsel yoğuşma vardır. Isı yalıtım malzemesi olarak extrude polistiren sert köpük levhaların kullanıldığı ikinci, üçüncü, beşinci ve altıncı konstrüksiyonlarda yoğuşma yoktur. Bu konstrüksiyonların mineral lif levhalı ve expandabl polistiren sert köpük levhalı seçeneklerinde ise yoğuşma vardır ve genellikle bölgeseldir. Düzlemsel yoğuşmanın görüldüğü konstrüksiyonlarda yoğuşma yeri cephe tuğlası ve ısı yalıtım levhası ara kesitindedir. Bölgesel yoğuşmada ise bu yer, dış siva ve siva + seramik veya cam mozaiğin uygulandığı tuğla bünyesindedir. Oluşan suyun yayılma alanı hem dış siva veya dış kaplama malzemesi ve hem de ısı yalıtım malzemesidir. Bu nedenle kullanılan ısı yalıtım malzemesi çok önemlidir.

**Tablo 3.** Belirlenen dış duvar konstrüksiyonlarının, karakteristik illere bağlı olarak, Ocak ayı verilerine bağlı higro - termik denetim sonuçları

KONSTRÜKSİYON NO	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ	İLİ				
		ANTALYA	EDİRNE	ELAZIĞ	SİVAS	
1	a	A	YOK	VAR	VAR	VAR
		B	-	Düzlemsel	Düzlemsel	Düzlemsel
		C	-	0,173	0,248	0,302
	b	A	YOK	VAR	VAR	VAR
		B	-	Düzlemsel	Düzlemsel	Düzlemsel
		C	-	0,080	0,122	0,150
	c	A	YOK	YOK	VAR	VAR
		B	-	-	Düzlemsel	Düzlemsel
		C	-	-	0,011	0,018



**Tablo 3. (Devam)** Belirlenen dış duvar konstrüksiyonlarının, karakteristik illere bağlı olarak, Ocak ayı verilerine bağlı higro - termik denetim sonuçları

KONSTRÜKSİYON NO	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ	İLİ				
		ANTALYA	EDİRNE	ELAZIĞ	SIVAS	
2	a	A	YOK	VAR	VAR	VAR
		B	—	Bölgesel	Bölgesel	Bölgesel
		C	—	0,083	0,170	0,226
	b	A	YOK	VAR	VAR	VAR
		B	—	Düzlemsel	Bölgesel	Bölgesel
		C	—	0,0003	0,049	0,081
	c	A	YOK	YOK	YOK	YOK
		B	—	—	—	—
		C	—	—	—	—
3	a	A	YOK	VAR	VAR	VAR
		B	—	Bölgesel	Bölgesel	Bölgesel
		C	—	0,116	0,199	0,254
	b	A	YOK	VAR	VAR	VAR
		B	—	Bölgesel	Bölgesel	Bölgesel
		C	—	0,029	0,078	0,109
	c	A	YOK	YOK	YOK	YOK
		B	—	—	—	—
		C	—	—	—	—
4	a	A	YOK	VAR	VAR	VAR
		B	—	Düzlemsel	Düzlemsel	Düzlemsel
		C	—	0,297	0,417	0,504
	b	A	YOK	VAR	VAR	VAR
		B	—	Düzlemsel	Düzlemsel	Düzlemsel
		C	—	0,108	0,160	0,196
	c	A	YOK	VAR	VAR	VAR
		B	—	Düzlemsel	Düzlemsel	Düzlemsel
		C	—	0,001	0,013	0,021
5	a	A	YOK	VAR	VAR	VAR
		B	—	Bölgesel	Bölgesel	Bölgesel
		C	—	0,190	0,322	0,408
	b	A	YOK	VAR	VAR	VAR
		B	—	Düzlemsel	Bölgesel	Bölgesel
		C	—	0,022	0,081	0,119
	c	A	YOK	YOK	YOK	YOK
		B	—	—	—	—
		C	—	—	—	—
6	a	A	YOK	VAR	VAR	VAR
		B	—	Bölgesel	Bölgesel	Bölgesel
		C	—	0,224	0,351	0,436
	b	A	YOK	VAR	VAR	VAR
		B	—	Düzlemsel	Bölgesel	Bölgesel
		C	—	0,055	0,110	0,147
	c	A	YOK	YOK	YOK	YOK
		B	—	—	—	—
		C	—	—	—	—



Extrude polistiren köpüklerin uygulandığı konstrüksiyonlar, karakteristik konstrüksiyonlardır. Bu tür konstrüksiyonlarda genellikle yoğuşma yoktur. Tablo 3 de de görüldüğü gibi oluşan yoğuşma suyu miktarı, diğer iki tür ısı yalıtımın kullanıldığı konstrüksiyonlara göre çok azdır. Sıfır kapilariteye sahip olan extrude polistiren köpüklerin, yoğuşma suyundan etkilenmesi de sözkonusu değildir. Yoğuşma suyu miktarı iç kabuğu ince duvarlı konstrüksiyonlar ile mineral lif levhali konstrüksiyonlarda oldukça fazladır.

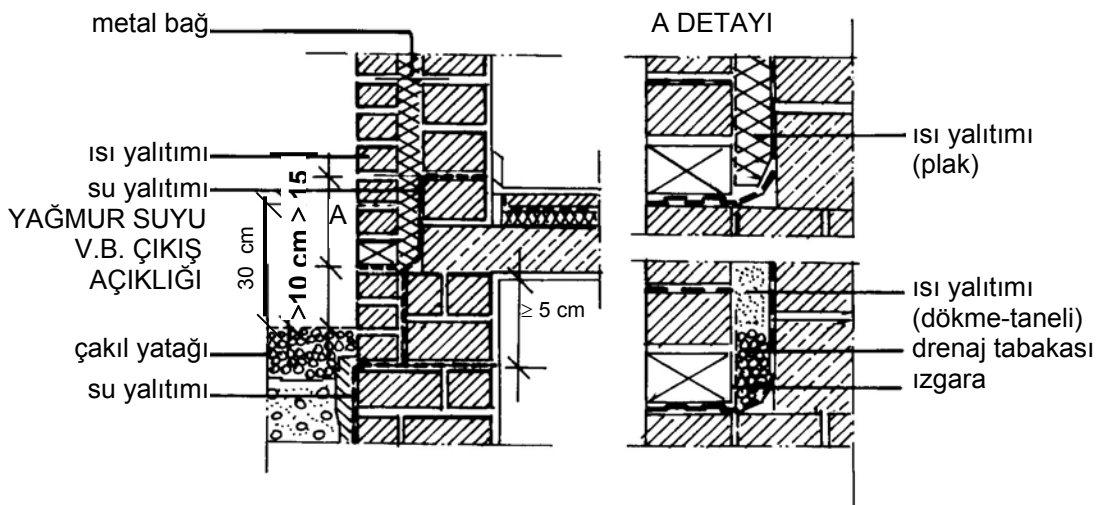
#### 4.4. Değerlendirme, Malzeme Seçimi ve Sudan Arınım Sistemi

Ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırmasız çift kabuk dış duvarlarda, sistemi oluşturan tüm malzeme katmanları, bu katmanlara ait nemsel ve ısıl dirençler birbiri arkasından kesintisiz sıralanmaktadır. Bu sistemde, genel olarak subuharı difüzyon direnci yüksek yapı taşları dış kabukta kullanılırsa, subuharı ısı yalıtım tabakası dış yüzeyinde yoğuşur, yoğuşma düzlemseldir. Dış kabuk, subuharı, difüzyon direnci oldukça düşük yapı taşları ve bunlar üzerine uygulanan sıva, seramik, mozaik v.b kaplamalardan oluşuyorsa, bu yapı taşları bünyesinde de genellikle yoğuşma görülür, yoğuşma bölgeseldir. Ancak, kullanılan ısı yalıtım malzemesi kapalı gözenekli ise yoğuşma riski çok azdır.

Taş yünü, cam yünü v.b mineral lifli levhalar, polistiren sert köpük v.b. gibi açık gözenekli ısı yalıtım malzemeleri yapıları gereği bünyelerine dış kabuğa komşu yüzeylerinden nem alabilirler ve yüzeylerinde oluşan yoğuşma suyundan etkilenip, ısı yalıtım özelliğini kaybedebilirler. Poliüretan, extrude polistiren sert köpük v.b gibi kapalı gözenekli ısı yalıtım malzemeleri ise kuvvetli yağmur etkisinde derzlerinin dışında pratik olarak bünyelerine nem almazlar ve yüzeylerinde oluşan yoğuşma suyundan etkilenmezler.

Gerek düzlemsel ve gerekse bölgesel yoğuşma durumunda kapalı gözenekli sert köpük ısı yalıtımlı konstrüksiyonlarda yoğuşma görülse bile yoğuşan su miktarı önemsizdir. O halde; dış kabuğu yüksek veya düşük difüzyon dirençli malzemelerden oluşan ortadan ısı yalıtımlı dış duvarlarda bu özelliğe sahip ve kapilaritesi sıfır olan ısı tutucuların kullanılması difüzyon tekniği açısından doğrudur.

Diğer taraftan, olası bir yoğuşma durumunda hem oluşan yoğuşma suyunun ve hem de çeşitli nedenler sonucu dış kabuk aracılığı ile konstrüksiyona girebilecek rüzgar etkisindeki yağmur suyunun dışarı atılabilmesi için duvar tabanına sağlıklı bir sızdırmazlık katmanı uygulanması ve bu katmanın su çıkış açıklıkları ile ilişkilendirilmesi gerekir [14]. Şekil 3. Ortadan ısı yalıtımlı dış duvarlara uygulanması gereken bu düzenlemeyi göstermektedir.



Şekil 3. Ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırmasız çift kabuk dış duvar tabanında sudan arınım önlemi

## SONUÇ

Difüzyon tekniği açısından problemlili olan ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırmasız çift kabuk dış duvarlar pratikte çok, ancak bilinçsiz uygulanan bir konstrüksiyondur. Bu sistemde yeterli performans bir dizi önlem alınarak sağlanabilir.

Dış kabuk ve ısı yalıtım malzemeleri türü, bu katmanların kalınlıkları çok önemlidir. Dış kabuk en az 11.5 cm, ısı yalıtım tabakası ise en fazla 15 cm kalınlığında olmalıdır. Subuharı ve yağmur etkilerine karşı nem emmeyen kapalı gözenekli sert köpük levhalar veya su itici nitelikteki yalıtım malzemeleri kullanılmalıdır. Sistemde açık gözenekli yalıtım malzemeleri kullanılacaksa, konstrüksiyon uygulama sırasında neme karşı korunmalıdır. İç ve dış kaynaklı olasılı su etkisine karşı duvar tabanında sağlıklı bir sudan arınım sistemi oluşturulmalıdır. İç duvarın difüzyon direnci ne kadar yüksek, ısı direnci ne kadar düşük ise o kadar iyi sonuçlarla karşılaşılacaktır. Bu nedenle, iç ve dış duvarlar aynı türden ise, hiç olmazsa iç duvar daha kalın olmalıdır.

Sonuç olarak, eğer ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırmasız çift kabuk dış duvarların uygulanmasına gidilecekse, duvar tipleri, difüzyon tekniği açısından değerlendirilmelidir.

Bu inceleme aşağıdaki gibi yapılmalıdır:

1. Saatlik yoğuşma suyu miktarı hesaplanır.
2. Yoğuşma periyodundaki su miktarı hesaplanır. ( Ülkemizde yoğuşma periyodu ve maksimum su miktarı konusunda herhangi bir veri yoktur. Ancak yapılan hesaplarda DIN 4108 Alman Normu verilerini kullanıyoruz. Bu verileri TS 825 de kullanıyor [10].
3. Suyun, kabul edilen limiti aşması durumunda duvar tasarımı yeniden yapılır ve 1. ve 2. aşamalar yenilenir.
4. Suyun kabul edilen limitin altında olması durumunda yoğuşma düzleminde veya bölgesindeki katmanların ısı iletkenlik katsayıları hesaplanır.
5. Hesaplanan bu yeni ısı iletkenlik katsayıları kullanılarak duvarın yeni ısı geçirgenlik direnci belirlenir ve başlangıçta veri olarak kabul edilen veya standartlarda gösterilen direnci ne derecede etkilediği kontrol edilir.
6. Eğer sonuç, limitin altındaysa ya ısı direnci artırılır veya subuharının difüzyonu, ek önlemlerle büyük miktarda önlenir.
7. Eğer sonuç limitin üstündeyse, yoğuşma suyu zararsız kabul edilir. Ancak;
8. Buharlaşma periyodunda bu suyun buharlaşıp, buharlaşmadığı kontrol edilmelidir. (Buharlaşma periyodu konusunda da Ülkemizde bir veri yoktur. Ancak yapılan hesaplarda TS 825 de gösterilen DIN 4108 Alman Normu verilerini kullanıyoruz [10] ).
9. Buharlaşma suyu miktarının, yoğuşma suyu miktarından fazla olması durumunda duvarda problem yoktur.

Yukarıda sıralanan aşamalar sonucu problemsiz bir dış duvar konstrüksiyonunu elde etmek olanaklıdır. Ancak; uygun malzeme seçimi ve uygun katmanlaşma prensiplerine bağlı olarak yoğuşmaya neden olmayacak bir duvar tasarımını gerçekleştirmek daha doğru bir yaklaşımdır.

## KAYNAKLAR

- [1] ILGAZ, T., "Yapı Düşey Dış Kabuklarının Isı Etkilerinden Korunması ", T.C. Bayındırlık Bakanlığı ve KTÜ, 1979.
- [2] CZIESIELSKI, E., "Lehrbuch der Hochbau Konstruktionen", B. G. Teubner, 1993.
- [3] HEBGEN, H., HECK, F., "Aussenwandkonstruktionen mit optimalem Wärmeschutz" Vieweg und Sohn Verlagsgesellschaft mbH, 1977.
- [4] DORFF, R., "Kerndämmung", Deutsche Bauzeitung 4/ 84, Deutsche Verlags- Anstalt, 1984.
- [5] LOHMEYER, G., "Praktische Bauphysik", B. G. Teubner, 1995.
- [6] GÖGGEL, M., "Bauphysik für Baupraktiker", Bauverlag GmbH, 1987.

- [7] ÖZDENİZ, M., B., "Yapı Tasarımı İçin Türkiye İklim Verileri, 1984.
- [8] ANONİM, "Deniz Suyu Sıcaklıkları, Güneşlenme Müddeti ve Güneş Işınları Şiddeti, Açık ve Kapalı Günler Bülteni", T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 1984.
- [9] SUNGUROĞLU, İ., "Yüzey Özelliklerine Bağlı Olarak Örtüsüz Beton Duvarlarda Rasyonel Kesit Tayini" (Doktora Tezi), İTÜ Mimarlık Fakültesi, 1973.
- [10] TS 825, "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları", Türk Standardları Enstitüsü, 1998.
- [11] EICHLER, F., "Bauphysikalische Entwurfslehre 1", Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, 1972.
- [12] HEBGEN, H., "Neuer Baulicher Wärmeschutz," Vieweg, 1978
- [13] SCHILD, E., CASSELMANN, H., DAHMEN, G., POHLENZ, R., "Bauphysik", Vieweg und Sohn Verlagsgesellschaft mbH, 1982.
- [14] PEHLEVAN, A., Ortadan Isı Yalıtımlı Dış Duvarların Malzeme ve Yapı Fiziği Sorunlar Açısından İrdelenmesi, "Yalıtım 97 Bildiriler Kitabı", Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, 1997.

## ÖZGEÇMİŞ

### Asiye PEHLEVAN

Vakıkebir (Trabzon) doğumludur. 1978 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat ve Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünü bitirmiştir. 1979 yılında KTÜ Mimarlık Bölümü Yapı Bilgisi Anabilim Dalına asistan olarak girmiş, 1982 yılında doktora tez çalışmasına başlamıştır. 1987 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nden doktor ünvanını almıştır. 1988 yılında KTÜ ne yardımcı doçent olarak atanmıştır. 1994 yılında doçent olmuştur. Halen KTÜ Mimarlık Bölümünde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. Yapı Malzemesi, Yapı Elemanları, Eleman Tasarımı, Yapı Fiziği (ısı ve nem korunumu) ilgi alanlarıdır. Evli ve iki çocuk sahibidir.