



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2011, Volume: 6, Number: 4, Article Number: 1A0235

ENGINEERING SCIENCES

Received: May 2011
Accepted: October 2011
Series : 1A
ISSN : 1308-7231
© 2010 www.newwsa.com

U. Teoman Aksoy
Zülfü Murat Canbay
Firat University
taksoy@firat.edu.tr
mcanbay@hotmail.com
Elazig-Turkey

DIŞ DUVARLARIN TERLEME VE YOĞUŞMA KONTROLÜ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Duvarlarda görülen terleme ve yoğuşma, yapı elemanını çevreleyen havanın nemi ve farklı sıcaklıkların bir sonucudur. Yapı elemanlarında meydana gelen terleme ve yoğuşma, ısı tutucu malzemenin değerini düşürmekte, kaplama malzemelerinin kabarma ve dökülmelerine neden olmaktadır. Bu sorunlar göz önüne alınmadan yanlış malzeme seçimi uygulamalarına bağlı olarak oluşan yapısal hasarlar ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bu çalışmada da; hacimleri dış ortamdan ayıran farklı malzeme ve yapılış yöntemine sahip duvarlar üzerindeki nem etkisi araştırılmıştır. Duvar uygulamalarında terleme ve yoğuşma kontrolü yapılmıştır. Böylece, duvar kesitlerinin yoğuşma hesaplarının yapılması, uygun malzemelerin yan yana getirilmesini sağlayacaktır. Ayrıca malzeme kaybı ve ek harcamalar önlenecektir.

Anahtar Kelimeler: Buhar Difüzyonu, Terleme Kontrolü, Yoğuşma, Nem, Dış Duvar

EVALUATION OF EXTERNAL WALLS IN TERMS OF SWEATING AND CONDENSATION CONTROL

ABSTRACT

Sweating and condensation in the walls, the surrounding construction element is a result of air humidity and different temperatures. Sweating and condensation occurring the construction elements, in lowering the value of the heat holder material, is caused by the spill and swelling of coating materials. Without taking into account this problems structural damages depending on the applications of the wrong choice of material are caused economic losses. In this study, the effect of humidity on the walls with different materials and construction method were investigated. The wall applications were sweating and condensation control. Thus, the condensation calculations of wall sections, the appropriate materials will be brought side by side. In addition, material loss and additional expenses will be prevented.

Keywords: Diffusion Of Steam, Control Of Sweating, Condensation, Humidity, Outer Wall

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Endüstrideki gelişmelerin ardından inşaat sektöründeki taleplerin artması modern yapı metotlarının hızla kullanılmaya başlamasına neden olmuştur. Bu da yapı malzemelerinin, taşıyıcılık görevlerinin azalmasını, incelmelerini ve ısı geçirgenlik direncinin önemli miktarda düşmesini sağlamıştır. Isı geçirgenlik direncinin düşmesi yapı malzemelerinin yüzeylerinde yoğuşmaya sebep olabilir. Isı geçirgenlik direncinin yükseltilmesi, dolayısıyla ısı ekonomisinin sağlanması ve yapı malzemesi yüzeyindeki yoğuşmanın önlenmesi için duvarlarda birden fazla yapı elemanı kullanılmasını ortaya çıkarmıştır. Kalın ve tek katmanlı eski kabuk yapısını değiştirmiş, katmanlardan oluşan duvar kesitleri gündeme gelmiştir [1]. Bu durum özellikle dış sıcaklığın çok düşük olduğu bölgelerde katmanların doğru sıralanmasını, katmanlaşma seçenekleri için yoğuşma denetiminin yapılmasını ve yoğuşma olayının kabul edilebilir sınırlar altında kalmasına olanak veren katmanlaşma seçeneklerinin belirlenmesini gerektirmektedir.

Su veya nemin yapı malzemeleri/ elemanları içinde kışın donması veya yazın buharlaşması bu malzemelerin deformasyonuna sebep olmaktadır. Bir yapıda yoğuşmaya maruz yapı elemanları; dış duvarlar, son kat döşemeleri ve bodrum duvar ve döşemeleridir. Bu çalışmada da, yapıda en fazla yüzey alanına sahip ve inşaat sektöründe farklı yapımların şekilleri olan dış duvarlar, terleme ve yoğuşma açısından incelenmiştir.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Dış duvarlar, yapıyı kapatarak tüm çevresel etmenlere karşı koruyan, ortamları ya da mekanları birbirinden görsel, eylemsel ve işlevsel yönlerden ayıran, aynı zamanda taşıyıcı olma işlevini de yüklenebilen döşey ya da düşeye yakın yapı öğeleridir. Büyük ve zaman gerektiren yatırımlar oldukları için maddi değere sahiptir. Bu özellikler ve ısı ekonomisinin sağlanması düşüncesi, duvarlarda birden fazla yapı elemanı kullanılmasını ortaya çıkarmıştır. Kalın ve tek katmanlı eski kabuk yapısını değiştirmiş, katmanlardan oluşan duvar kesitleri gündeme gelmiştir. Duvarların kullanım şartlarına göre yazın veya kışın ortaya çıkan yoğuşma ya da terleme olayı, yapı malzemesinin yapısını bozacağı gibi malzemenin toplam ısı transferi katsayısını yükseltir, ısı kayıplarını da arttırır. Bu çalışmada da, yapıda en fazla yüzey alanına sahip ve inşaat sektöründe farklı yapımların şekilleri olan dış duvarlar, terleme ve yoğuşma açısından incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda elde edilen veriler, insanların psikolojik ve fizyolojik konforu sağlanması için yapı kabuğu seçiminde bir ön fikrin oluşmasını sağlamıştır.

3. YAPI ELEMANLARINDA TERLEME VE YOĞUŞMA OLUŞUMU

(SWEATING AND CONDENSATION FORMATION OF CONSTRUCTION ELEMENTS)

Yapı malzemelerinde kullanım şartlarına göre yazın veya kışın ortaya çıkan yoğuşma ya da terleme olayı; hava ile temas eden yapı malzemesi yüzey sıcaklığının, havanın çiğ noktası sıcaklığının altında olması durumunda gerçekleşir. Kışın yapı malzemeleri iç yüzeyinde görülen (pencere, izolasyonsuz kolon ve kirişlerde, çatı iç yüzeylerinde) bu olay bazı özel durumlarda yapı malzemelerinin içinde de meydana gelebilmektedir [2]. Yapı elemanları içindeki nem hareketi olan 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.

Sıcaklıkları farklı olan iki madde karıştırıldığında ya da birbirine degecek şekilde yan yana konulduğunda aralarında ısı alış verişi olur. Sıcak olan madde ısı verip sıcaklığı azalırken, sıcaklığı düşük olan madde ısı alarak sıcaklığı artar ve sonuçta ısıl denge sağlanır. Isı akışı her zaman sıcak ortamdaki soğuk ortama doğru olur [3]. Bir yapı elemanının iki yüzü arasında, sıcaklıkların ve bağıl nemin farklı olması dolayısıyla farklı kısmi buhar basınçları meydana gelir. Kış mevsiminde, genellikle iç tarafta ısıtma ile birlikte çeşitli insan aktiviteleri dolayısıyla kısmi buhar basıncı değeri, soğuk olan dış ortamdaki kısmi buhar basıncı değerinden yüksektir. Bu nedenle havadaki buhar molekülleri ısı akımı ile aynı yönde hareket ederek yapı elemanı gözeneklerinden geçer ve dış ortama ulaşmaya çalışır. Su buharı bu geçişi sırasında yapı elemanı içerisinde, doyma sıcaklığında veya daha düşük sıcaklıkta bir yüzeyle temas ederse bir kısmı yoğuşarak su haline geçer ve yapı elemanı içerisinde birikmeye başlarlar, yoğuşmayan kısmı ise yoluna devam eder ve dışarı çıkar.

Su buharının yapı elemanı içindeki hareketi sırasında hiç yoğuşmadan dış ortama gaz olarak ulaşması halinde yapı elemanının gerek kullanım ömrü ve gerekse ısıl performansı açısından bir problem teşkil etmez. Ancak yapı elemanını oluşturan malzemelerin su buharı geçişine gösterdikleri dirence ve malzemelerin sırasına bağlı olarak, yapı elemanından geçerken, su buharının gaz halinden sıvı hale geçmesi, yani yoğuşması ihtimali mevcuttur. Dolayısıyla burada yapı elemanı içerisinde yoğuşabilecek su miktarının hesaplanıp belirli bir sınırın altında kalması için gerekli önlemlerin alınması çok önemlidir [4]. Yapı elemanının görünen yüzeyinde su buharının yoğuşması sonucu su haline dönüşmesi ise terlemedir. Eğer havanın temas ettiği yüzeyin sıcaklığı içindeki su buharının çığ noktası sıcaklığının altına düşerse yüzeyde su zerrecikleri birikintisi oluşur. Kış mevsiminde pencere camlarının iç yüzeylerinde terlemenin görülmesi buna örnektir. Terlemenin önlenmesi için yapı elemanının ısı geçişi direncini arttırmak genelde yeterlidir [5].

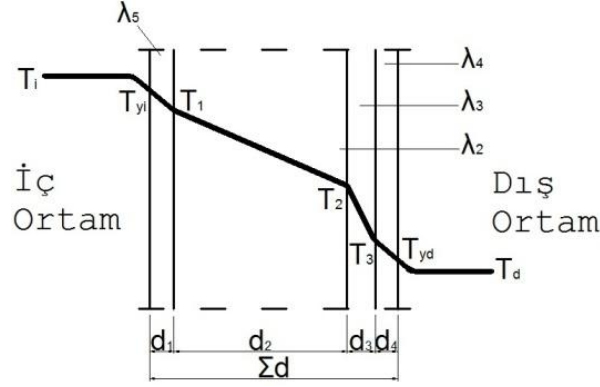
3.1. Yapı Elemanlarında Terleme Ve Yoğuşma Hesaplamaları (Calculations Sweating and Condensation of Construction Elements)

Yapı malzemeleri az veya çok su buharını geçirebilirler. Fakat bazı amorf malzemelerin (bitümler, sırlar ve bazı plastikler) su buharı dirençleri çok yüksektir. Metal ve camların ise sonsuzdur. Yani metallere ve camlara su buharını geçirmezler. Yapı fiziği açısından, buharın durdurulması değil, kesit içinden buharın Yoğuşma olmadan iletilmesi uygundur. Su buharı geçişi sonucu oluşan yoğuşma, yapı malzemelerine ve yapı malzemelerinin de meydana gelen ısı geçişine olumsuz yönde etki eder. Malzeme içinde yoğuşan su malzemenin nemini arttırır. Yoğuşma yapı malzemesinin yapısını bozacağı gibi malzemenin toplam ısı transferi katsayısını yükseltir, ısı kayıplarını da arttırır [6].

Yağmur ve atmosferden yutulmuş nem, buhar-sıvı faz değişimi ve malzeme yüzeyindeki taşınım ile hava ile çevrelenmiş malzeme boşluklarında hareket eder [7]. Isı ve nem akışı birbirine bağlıdır. Termal bir problemin çözümünde, nem ve ısı akışının birlikte düşünülmesi gerekir [8]. Çalışma kapsamında incelenecek olan duvar detayları üzerinde TS 825 hesaplama yöntemi ile terleme ve yoğuşma kontrolü yapılmıştır [9]. Yoğuşma hesaplamaları için, duvarı oluşturan her bir malzemeye (katman) ait yüzey sıcaklıklarının bulunması gerekir (Şekil 1).

Kararlı durumdaki bir ısı akış yoğunluğu (Q), eşitlik 1'e göre hesaplanır.

$$Q = U(T_i - T_d) \quad (1)$$



Şekil 1. Çok tabakalı bir yapı bileşeni kesiti üzerinde sıcaklık dağılımı

(Figure 1. The temperature distribution on multi-layered cross-section of a construction component)

Çok tabakalı yapı bileşenlerinde ısı geçirenlik direnci ($\frac{1}{\Lambda}$), 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 eşitlik 2 ile hesaplanır.

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} \quad (2)$$

Yüzey sıcaklıkları aşağıdaki eşitliklere göre hesaplanır.

$$T_{yi} = T_i - \frac{1}{\alpha_i} Q, \quad T_{yd} = T_d + \frac{1}{\alpha_d} Q \quad (3)$$

$$T_1 = T_{yi} - \frac{1}{\lambda_1} Q, \quad T_2 = T_1 - \frac{1}{\lambda_2} Q, \quad T_n = T_{n-1} - \frac{1}{\lambda_n} Q \quad (4)$$

Bir yapı malzemesi tabakasının, su buharı difüzyon direnci ($\frac{1}{\Delta}$), eşitlik 5'e göre hesaplanır.

$$\frac{1}{\Delta} = 1.5 \cdot 10^6 \mu_1 \cdot d_1 + \mu_2 \cdot d_2 \dots + \mu_n \cdot d_n \quad (5)$$

Kısmi su buharı basıncı (p),

$$p = \phi \cdot p_s \quad (6)$$

kararlı durumdaki yoğunluğa sahip su buharı difüzyon akışı (i),

$$i = \frac{p_i - p_d}{\frac{1}{\Delta}} \quad (7)$$

yoğuşma süresi boyunca oluşan yoğuşma suyunun kütlesi,

$$W_T = t_T (\dot{I}_i - \dot{I}_d) \quad (8)$$

buharlaşma boyunca buharlaşan ve yapı bileşeninden boşaltılan su kütlesi,

$$W_V = t_V (\dot{I}_i + \dot{I}_d) \quad (9)$$

yapı elemanlarında terleme olup olmadığı,

$$\frac{1}{\Lambda} \geq \left[(\alpha_i \frac{T_i - T_c}{T_i - T_d}) - (\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d}) \right] \quad (10)$$

eşitlikleri ile hesaplanır. Yukardaki eşitliklerde kullanılan kat sayılar ($\alpha_i, \alpha_d, t_V, t_T$), bağıl nem v.b. değerler ısı yalıtımı, terleme ve yoğuşma hesaplamalarındaki kabullere göre TS 825'den alınmıştır [9].

4. SEÇİLEN DUVAR ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ (ANALYSIS OF SELECTED SAMPLES WALL)

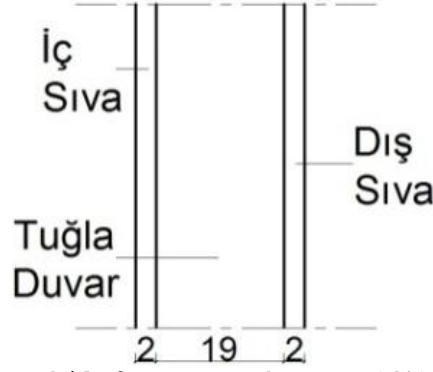
Yapıyı her türlü çevresel etmenin zararlı etkilerine karşı koruyan duvarlar yapı için önemli öğelerden biridir. Duvarlar, yapıyı kapatarak tüm çevresel etmenlere karşı koruyan, ortamları ya da mekanları birbirinden görsel, eylemsel ve işlevsel yönlerden ayıran, aynı zamanda taşıyıcı olma işlevini de yükleneyen düşey ya da düşeye yakın yapı öğeleridir [10]. Duvarların dayanımlı olması, üzerilerine

gelen her türlü etkiye karşı korunması ile gerçekleşir. Bu koruma duvar ile uyumlu nitelikte seçilmiş bir kaplama ile sağlanır. Bu bölümde, inşaat sektöründe çok kullanılan malzemelerle yapılan duvarlar 7 farklı tipte uygulanmıştır. Kullanılan duvar malzemelerine ait fiziksel özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Duvar örnekleri için fiziksel özellikler
(Table 1. Physical properties of the walls)

	İç Sıva	Tuğla	Gazbeton	Alçıpan	Isı yalıtımı	Dış sıva
λ (W/mK)	0.87	0.45	0.2	0.21	0.031	1.4
μ (-)	35	10	10	8	250	35

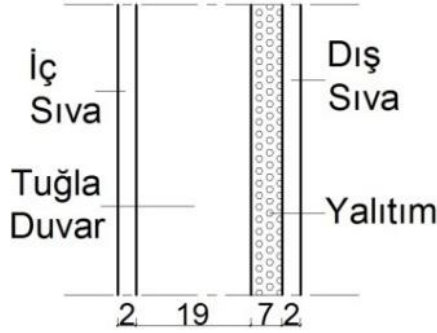
• **Yalıtımsız Tuğla Duvar (d1)**



Şekil 2. Duvar detayı (d1)
(Figure 2. The wall detail (d1))

19x19x13.5 boyutlarında düşey delikli fabrika tuğlası ile 19 cm duvar, iç yüzeyde 2 cm kalınlığında kireç-çimento karışımı harçlı düz sıva ve dış yüzeyde 2 cm kalınlığında çimento harçlı düz sıva uygulanmıştır (Şekil 2).

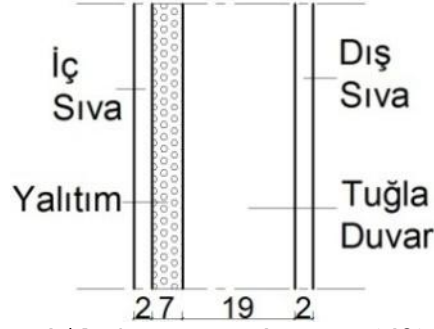
• **Dış Yüzeyi Yalıtımlı Tuğla Duvar (d2)**



Şekil 3. Duvar detayı (d2)
(Figure 3. The wall detail (d2))

19x19x13.5 boyutlarında düşey delikli fabrika tuğlası ile 19 cm duvar, iç yüzeyde 2 cm kalınlığında kireç-çimento karışımı harçlı düz sıva ve dış yüzeyde 2 cm kalınlığında çimento harçlı düz sıva, 7 cm kalınlığında Polistren sert köpük levha (XPS) uygulanmıştır (Şekil 3).

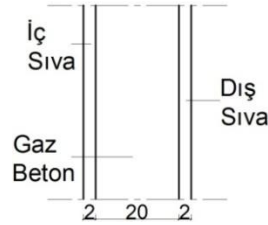
- **İç Yüzeyi Yalıtımlı Tuğla Duvar (d3)**



Şekil 4. Duvar detayı (d3)
(Figure 4. The wall detail (d3))

19x19x13.5 boyutlarında düşey delikli fabrika tuğlası ile 19 cm duvar, iç yüzeyde 2 cm kalınlığında kireç-çimento karışımı harçlı düz sıva ve 7 cm kalınlığında Polistren sert köpük levha (XPS) uygulanmıştır, dış yüzeyde 2 cm kalınlığında çimento harçlı düz sıva uygulanmıştır (Şekil 4).

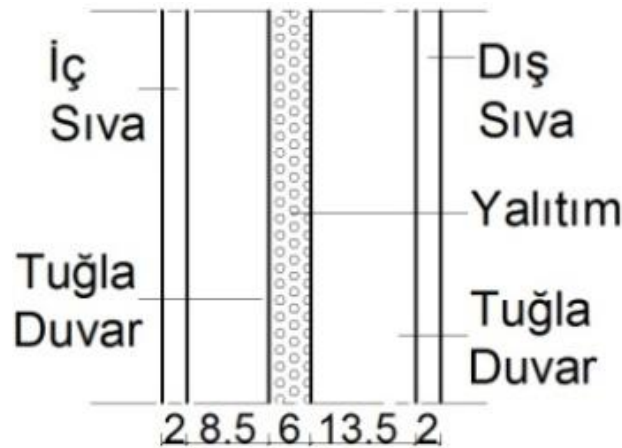
- **Gaz Beton Duvar (d4)**



Şekil 5. Duvar detayı (d4)
(Figure 5. The wall detail (d4))

60x20x19 boyutlarında bloklar ile 20 cm kalınlığında duvar, iç yüzeyde 2 cm kalınlığında kireç-çimento karışımı harçlı düz sıva ve dış yüzeyde 2 cm kalınlığında çimento harçlı düz sıva uygulanmıştır (Şekil 5).

- **Sandiviç Duvar (d5)**

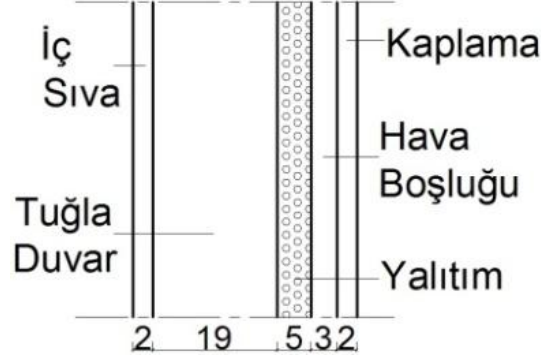


Şekil 6. Duvar detayı (d5)
(Figure 6. The wall detail (d5))

19x19x13.5 boyutlarında düşey delikli fabrika tuğlası ile önce 8,5 kalınlığında tuğla sonra 6 cm kalınlığında Polistren sert köpük levha (XPS) ardından 13,5 cm tuğla ile duvar örülmüş, iç yüzeyde 2 cm

kalınlığında kireç-çimento karışımı harçlı düz sıva ve dış yüzeyde 2 cm kalınlığında çimento harçlı düz sıva, uygulanmıştır (Şekil 6).

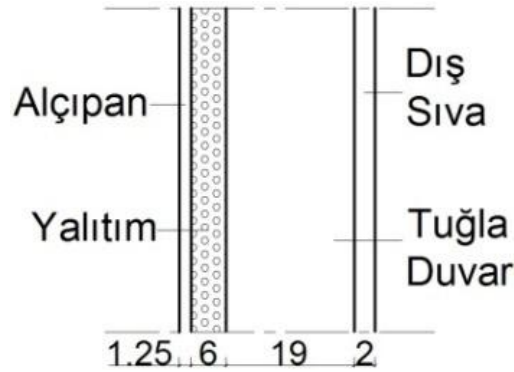
- **Giydirme Cephe Sistemi (d6)**



Şekil 7. Duvar detayı (d6)
(Figure 7. The wall detail (d6))

19x19x13.5 boyutlarında düşey delikli fabrika tuğlası ile 19 cm duvar, iç yüzeyde 2 cm kalınlığında kireç-çimento karışımı harçlı düz sıva ve dış yüzeyde 5 cm kalınlığında Polistren sert köpük levha (XPS), 3 cm hava boşluğu ve 2cm kaplama malzemesi kullanılarak uygulanmıştır (Şekil 7).

- **İçten Alçıpan Kaplamalı Tuğla Duvar (d7)**



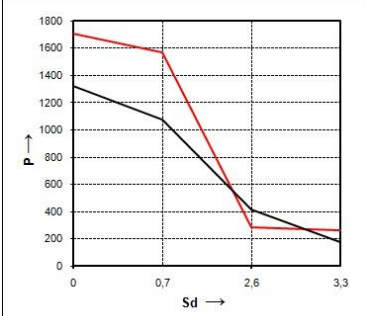
Şekil 8. Duvar detayı (d7)
(Figure 8. The wall detail (d7))

19x19x13.5 boyutlarında düşey delikli fabrika tuğlası ile 19 cm duvar, iç yüzeyde 1.25 cm kalınlığında Alçıpan ve dış yüzeyde 2 cm kalınlığında çimento harçlı düz sıva, 6 cm kalınlığında Polistren sert köpük levha (XPS) uygulanmıştır (Şekil 8).

4.1. Uygulama Çalışması (Case Study)

Çalışma için TS 825'e göre 3. Bölgede bulunan Elazığ ili seçilmiştir [9]. Şekil 2.'de verilen duvar (d1) örneği için yapılan hesaplamalar ve yoğunlaşma grafiği Tablo 2.'de verilmiştir.

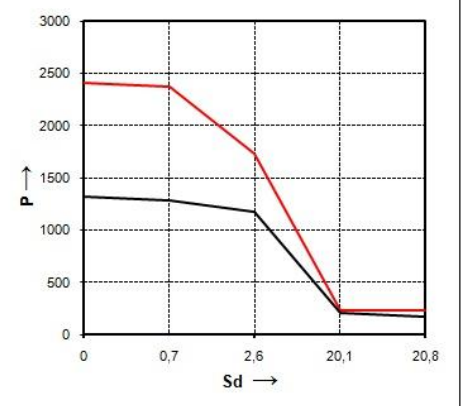
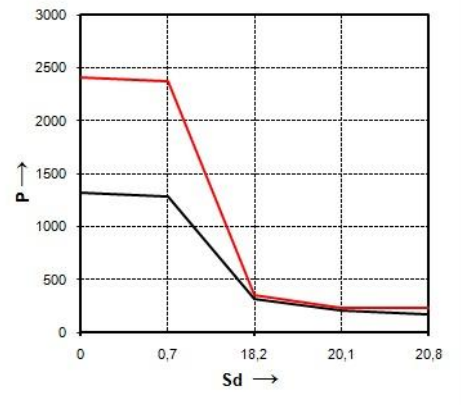
Tablo 2. Duvar (d1) için hesaplama çizelgesi
(Table 2. For wall (d1) the calculation chart)

DUVAR TİPİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m ² K)	Q (W/m ²)	
D1	T _{iç}	22	2645	1,59	54,06	
	T _{iç yüzey}	15	1706			
	T ₁	13,7	1569			
	T ₂	-9	284			
	T _{dış yüzey}	-9,8	264			
	T _{dış}	-12	217			

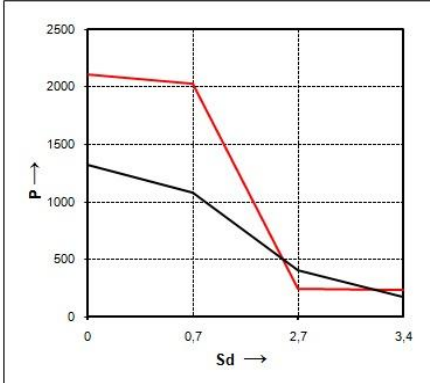
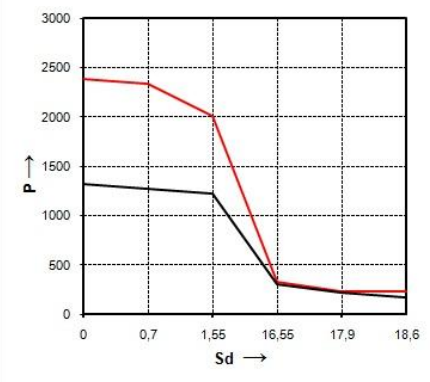
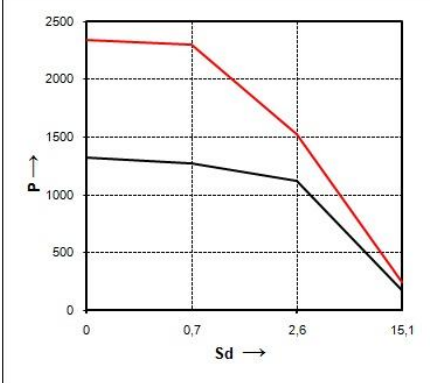
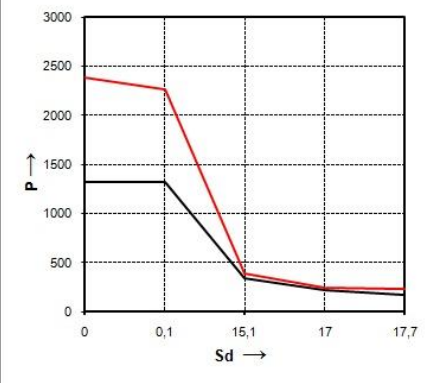
Yalıtımsız tuğla duvar örneği için yapılan hesaplamada, Tablo 2.'de görüldüğü gibi tuğla duvarla dış sıva arasında yoğuşma oluşmakta fakat oluşan bu yoğuşma $W_v > W_t$ ($1.099 > 0.10549 \cdot 10^{-4}$) olduğundan önemsizdir. Eğer hiç yoğuşma olmaması isteniyorsa sıcak olan iç tarafa buhar kesici bir malzeme uygulanabilir. Yine aynı duvar yüzeyinde terleme de oluşmaktadır. Bunun için de ya duvar malzemesi kalınlığı arttırılmalı, ya da kesite bir yalıtım malzemesi veya buhar kesici eklenmelidir.

Yukarıdaki hesaplama örneği diğer duvar tipleri içinde ayrı ayrı tekrarlanarak hesaplamalar tamamlanmış ve herbir duvar tipine ait değerler Tablo 3.'de verilmiştir.

Tablo 3. Duvarlar (d2,d3,d4,d5,d6 ve d7) için hesaplama çizelgesi
(Table 3. For walls (d2,d3,d4,d5,d6 ve d7) the calculation chart)

DUVAR TİPİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m ² K)	Q (W/m ²)	
D2	T _{iç}	22	2645	0,346	11,776	
	T _{iç yüzey}	20,5	2413			
	T ₁	20,2	2369			
	T ₂	15,2	1729			
	T ₃	-11,4	229			
	T _{dış yüzey}	-11,5	228			
	T _{dış}	-12	217			
D3	T _{iç}	22	2645	0,346	11,776	
	T _{iç yüzey}	20,5	2413			
	T ₁	20,2	2369			
	T ₂	-6,4	356			
	T ₃	-11,4	229			
	T _{dış yüzey}	-11,5	228			
	T _{dış}	-12	217			

Tablo 3'ün devamı

	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m ² K)	Q (W/m ²)	
D4	T _{iç}	22	2645	0,828	28,169	
	T _{iç yüzey}	18,3	2105			
	T ₁	17,7	2027			
	T ₂	-10,5	249			
	T _{dış yüzey}	-10,9	239			
	T _{dış}	-12	217			
D5	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	0,38	12,923	
	T _{iç}	22	2645			
	T _{iç yüzey}	20,3	2384			
	T ₁	20	2340			
	T ₂	17,6	2014			
	T ₃	-7,4	327			
	T ₄	-11,3	231			
	T _{dış yüzey}	-11,5	228			
T _{dış}	-12	217				
D6	T _{iç}	22	2645	0,441	14,994	
	T _{iç yüzey}	20	2340			
	T ₁	19,7	2297			
	T ₂	13,3	1528			
	T _{dış yüzey}	-10,8	242			
	T _{dış}	-12	217			
D7	T _{iç}	22	2645	0,378	12,874	
	T _{iç yüzey}	20,3	2384			
	T ₁	19,5	2268			
	T ₂	-5,3	391			
	T ₃	-10,8	242			
	T _{dış yüzey}	-11	237			
	T _{dış}	-12	217			

Tablo 3'e göre diğer duvarlar içerisinde sadece d4'de gazbeton ile dış sıva arasındaki bölgede yoğuşma oluşmaktadır. Fakat oluşan bu yoğuşma $W_v > W_t$ ($1.09 > 0.238 \cdot 10^{-3}$) olduğundan önemsizdir. Duvarlarda

terleme kontrolüde yapılmış ve yoğuşma sonuçlarıyla birlikte Tablo 4'de verilmiştir. Duvar örnekleri içerisinde d1, d4 ve d6'da terleme vardır. Duvar kesitlerine ısı yalıtımı eklenerek (var ise kalınlığı arttırılarak) veya iç tarafa buhar kesici eklenerek terleme önlenir.

Tablo 4. Tüm duvar örnekleri için terleme ve yoğuşma kontrolü.
(Table 4. Sweating and condensation control for all types of wall)

Duvar Tipleri	Terleme		Yoğuşma	
	$1/\Lambda$	$\geq U - (1/\alpha_i + 1/\alpha_d)$	\bar{W}_v	$> \bar{W}_t$
d1	0.459	≥ 2.43	1.099	$> 0.10549 \cdot 10^{-4}$
	Terleme Var		Yoğuşma önemsizdir	
d2	2.717	≥ 2.43		
	Terleme Yoktur		Yoğuşma Yoktur	
d3	2.717	≥ 2.43		
	Terleme Yoktur		Yoğuşma Yoktur	
d4	1.037	≥ 2.43	1.09	$> 0.238 \cdot 10^{-3}$
	Terleme Var		Yoğuşma önemsizdir	
d5	2.461	≥ 2.43		
	Terleme Yoktur		Yoğuşma Yoktur	
d6	2.057	≥ 2.43		
	Terleme Var		Yoğuşma Yoktur	
d7	2.431	≥ 2.43		
	Terleme Yoktur		Yoğuşma Yoktur	

5. SONUÇ (CONCLUSION)

Yapı fiziği açısından önemli olan yapı elemanı meydana getirilirken Yoğuşma olmayacak şekilde uygun kesiti oluşturmaktır. Bu aşamada kullanılacak yalıtım malzemesinin buhar difüzyon direnç faktörü (μ) değerinin önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Isı iletimini ve yoğuşmayı azaltmak için seçilen yalıtım malzemelerinin kalınlık ve özelliklerine de dikkat edilmelidir. Bu çalışma da incelenen, yalıtımsız tuğla duvar (d1), gazbeton duvar (d4) ve giydirme cephe sisteminde (d6) yüzeyde terleme oluşmaktadır. Terleme olmaması için ya duvar(veya yalıtım) malzemesi kalınlığı arttırılmalı ya da iç kısma uygun bir buhar kesici eklenmelidir. Ayrıca d1 ve d4'de yoğuşma da oluşmaktadır. Fakat $\bar{W}_v > \bar{W}_t$ olduğu için yoğuşma zararsızdır. Eğer hiç yoğuşma olmaması isteniyorsa, duvar kesitlerinde uygun ısı yalıtımı (var ise kalınlığının arttırılması) veya buhar difüzyon katsayısı yüksek olan malzemeler tercih edilmelidir. Buhar difüzyon direnç faktörü değerinin içten dışa doğru gittikçe küçülmesi halinde, yoğuşma tehlikesi azalmakta, kuruma kolaylaşmaktadır. Diğer duvar örneklerinde ise, Yoğuşma ve terleme oluşmamaktadır. Dolayısıyla bu çalışma kapsamında incelenen duvar kesitleri gerek terleme ve gerekse yoğuşma açısından kullanılabilir olduğu bulunan değerlerle ortaya konulmuştur. Böylece seçim yapma aşamasında en azından bir ön fikir elde edilmiştir.

SEMBOLLER (SYMBOLS)

- μ Su buharı difüzyon direnci, --
 d Her bir yapı bileşeninin kalınlığı, m
 φ Bağıl nem, --
 λ Isı iletim katsayısı, W/mK
 $1/\Lambda$ Isı geçirgenlik direnci, m K/W
 $1/\Delta$ Su buharı difüzyon direnci, m²hPa/kg
 $1/U$ Yapı Bileşeninin Isıl geçirgenlik direnci, m K/W

U	Isıl geçirgenlik katsayısı, $W/m^2 K$
$1/\alpha_i$	İç yüzey ısı taşınım katsayısı, $W/m^2 K$
$1/\alpha_d$	Dış yüzey ısı taşınım katsayısı, W/K
T_i	Dahili havanın yüzeyle temas halindeki sıcaklık, $^{\circ}C$
T_d	Harici havanın yüzeyle temas halindeki sıcaklık, $^{\circ}C$
Q	Isı kaybı, W/m^2
P	Kısmi su buharı basıncı, Pa
P_i	Odadaki su buharı kısmi basıncı, Pa
P_d	Açık havadaki su buharı basıncı, Pa
P_{sw}	Doymuş su buharı basıncı, Pa
t_T	Yoğuşma dönemi periyodu, h
t_V	Buharlaştırma dönemi periyodu, h
W_t	Yoğuşma suyunun kütlesi, kg/m^2
W_v	Buharlaştırma suyunun kütlesi, kg/m^2

NOT (NOTICE)

Bu makale, 28-30 Eylül 2011 tarihleri arasında Elazığ Fırat Üniversitesinde "International Participated Construction Congress" IPCC11'de sözlü sunum olarak sunulmuştur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Gedik, G.Z., (1999). "Soğuk İklim Bölgesinde Yalıtımlı Yapı Kabuğu kesitlerinin incelenmesi ve Değerlendirilmesi: Erzurum Örneği". *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı:51, ss:43-47.
2. Heperkan, H.A., Biecan, M.M. ve Sevindir, M.K., (2001). "Yapı Malzemelerinde Buhar Difüzyonu ve Yoğuşma". V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Ve Sergisi, ss:461-470.
3. Şenkal S.F., (2005). "Türkiye de Isı Yalıtımının Gelişimi ve Konutlarda Uygulanan Dış Duvar Isı Yalıtım Sistemleri". Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fak. Dergisi, Cilt: 10 (2).
4. Ertaş, K., (2001). "Binalarda Buhar Difüzyonu Olayının İrdelenmesi". Yalıtım Kongresi ve Sergisi, ss:7-19, Eskişehir.
5. "Yapı Elemanlarında Buhar Geçiş Tahkiki ve Sınırlandırılması", (2008), http://www.izolasyon-bilgi.com/?page_id=22.
6. Tezcan Y., (1970). "Sıcak Yapı Elemanlarının Kondansasyon Kontrolü Hesaplarında Kullanılacak Dış Sınır Şartları Ve Periyotların Belirlenmesi İçin Yeni Bir Metod". İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
7. Gaur, R.C. and Bansal, N.K., (2002). "Effect Of Moisture Transfer Across Building Components On Room Temperature". *Building and Environment*, 37, 11-17.
8. Cunningham, M.J., (1990). "Modelling of Moisture Transfer in Structures – I. A Description of a Finite Difference Nodal Model". *Building and Environment*, 25, 55-61.
9. TS 825, (2000). "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları". Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
10. Ağırbasar, Ö.F., (2006). "Dış Duvar Kaplama Ürünlerinin Seçiminde Ürün Bilgilerinin Düzenlenmesi". Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.