



Yalıtımın duvar içerisindeki farklı konumlarına göre yoğunlaşma analizi

Meral ÖZEL

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Elazığ
ORCID: 0000-0002-9516-4715

Nesrin İLGİN BEYAZIT*

Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa
nilgin@harran.edu.tr ORCID: 0000-0003-4708-9615 , Tel: (414) 318 30 00 (1019)

Geliş: 05.12.2017, Kabul Tarihi: 09.03.2018

Öz

Bu çalışmada, farklı derece-gün bölgelerinde bulunan Elazığ, Adana, İstanbul ve Kars illerindeki binaların dış duvarlarında oluşan yoğunlaşma ve buhar difüzyonu 8 farklı duvar yapısı için analiz edilmiştir. Bunun için TS 825'in 2008 standardına göre Glaser grafik yöntemi ile MATLAB'da GUI ara yüzünü kullanarak bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Bu program ile yalıtım malzemesi tek tabaka, iki eşit ve üç eşit tabakalar halinde duvar içerisinde farklı konumlandırılarak duvardaki yoğunlaşma ve buharlaşma miktarları dört farklı il için hesaplanmıştır. Yapı malzemesi olarak beton, yalıtım malzemesi olarak ta poliüretan sert köpük seçilmiştir. 20 cm kalınlığında beton duvar içten 2 cm ve dıştan 3 cm kalınlığında sıva ile kaplanarak ve toplam yalıtım kalınlığı aynı olacak şekilde 8 farklı duvar modeli oluşturularak yoğunlaşma ve buharlaşma miktarları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar toplam 3 cm ve 6 cm yalıtım kalınlıkları için tablolar halinde sunulmuş ve sonuçlar dört farklı il için yorumlanmıştır. Sonuç olarak en az yoğunlaşma miktarının sırasıyla içten, ortadan ve dıştan yalıtımlı duvar yapısında elde edildiği ikinci olarak da ortadan ve dıştan duvar yapısının, üçüncü olarak da sadece dıştan yalıtımlı duvar yapısında elde edildiği görülmüştür. Yoğunlaşma ve buharlaşma açısından en kötü duvar yapısının ise içten yalıtımlı duvarda daha sonra ise içten ve ortadan yalıtımlı duvar yapısında elde edildiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yoğunlaşma ve buhar difüzyonu, Glaser grafik yöntemi, TS 825 Standardı, Derece-gün bölgeleri.

* Yazışmaların yapılacağı yazar

DOI:

Giriş

İç ve dış mekanlar arasında sınır oluşturan yapı dış duvarları sürekli değişen iklim şartlarının etkisi altında kalmaktadır. Bu nedenle yapı içerisinde istenilen konfor şartlarının daha az enerji tüketimiyle sağlanabilmesi için bina duvarlarının uygun bir şekilde yalıtılması gerekmektedir. Yalıtımın kullanılması ile enerji tüketimi azaltılarak yakıttan tasarruf sağlanır ve dolayısıyla dış çevreye atılan atıkları azaltarak çevrenin korunması sağlanır. Ayrıca yalıtım, duvar iç yüzeylerinde oluşan yoğuşmayı önlediği için duvarlarda nem ve küflenme sorunu ortadan kalkar ve yapı ömrünü uzatır.

Yapı malzemelerinde, kullanım şartlarına göre yazın ve kışın ortaya çıkan yoğuşma ya da terleme olayı; hava ile temas eden yapı malzemesi yüzey sıcaklığının, havanın çiğ noktası sıcaklığının altında olması durumunda gerçekleşir. Eğer su buharı, yapı malzemesi yüzeyinde yoğuşmazsa, terleme olmadan yapı malzemesi içine girer. Yapı malzemesi içine difüz eden su buharının kısmi basıncı iç katmanlarda herhangi bir noktada o sıcaklıktaki su buharı doyma basıncına eşit olduğu anda yoğuşmaya başlar. Malzeme içinde yoğuşan su, malzemenin nemini arttırarak küf, mantar üremesi, koku ve boya bozulmalarına neden olur. Yoğuşma, yapı malzemesinin yapısını bozar ve malzemenin toplam ısı transferi katsayısını yükselterek ısı kayıplarını da artırır (Heperkan vd.,2001). Bu konu ile ilgili yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde; Çorap (1999) binalarda ideal enerji performansını ve iç yüzeylerde terlemeye ve yapı elemanı içinde de yoğuşmaya karşı tasarım seçeneğini belirlemeyi amaçlamıştır. Gül (1993) kılcal gözenekli ortamlarda ısı ve kütle transferinin analizini araştırmıştır. Erim (1991) nemli hava ile su ikilisi arasındaki ısı ve kütle geçişinin bir arada olduğu iklimlendirme cihazları üzerinde durarak hesap algoritmalarını geliştirmeye çalışmıştır. Kavas (1997) ısı yalıtım yönetmeliğinde önerilen kesitler ve güncel yalıtım malzemeleriyle oluşturulan kesitlerin en çok uygulanabilirliği olanların seçilip iç yüzey sıcaklığı açısından inceleyerek yoğuşma kontrolü yapmış ve kesitlerin ısısal konfor

açısından uygun olup olmadığını belirleme konusunda çalışılmıştır. Yavuz (1995) dış duvarlarda ısı korunumu ve 16.01.1985 tarihli yönetmeliğin ısı ve buhar kontrolü açısından değerlendirilmesi konusunda çalışılmıştır. Bircan (1999) yapı malzemelerinde buhar difüzyonu prosesinin incelenmesi ve yoğuşma hesabı için bir bilgisayar programı tasarlamıştır. Binalarda ısı yalıtımı daha çok enerjinin korunumu için düşünülmektedir. Ancak, yalıtım yapılırken su buharı hareketlerinin de göz önüne alınması gerekir. Çünkü su buharı difüzyonu sonucu olan yoğuşma, yapı malzemelerine ve yapı malzemelerinde meydana gelen ısı geçişinin artışına etki eder. Bu yüzden yoğuşma olayının önlenmesi için yapı bileşeninin su buharı hareketine karşı direnci artırılmalıdır. Yapı bileşenine yalıtım uygulanarak su buharına ve ısı geçişine karşı direnci artırılabilir. Ancak ısı yalıtımı yapılırken yalıtımın duvar içerisindeki yeri, su buharının yoğuşacağı yer açısından önemlidir.

Bu yüzden bu çalışmadaki temel hedef, farklı yalıtım tabakalarından oluşan çok katmanlı bir duvardaki buhar difüzyonu ve yoğuşmayı araştırmaktır. Bu amaçla, yalıtım malzemesinin toplam kalınlığı eşit olacak şekilde; tek tabaka, iki eşit tabaka ve üç eşit tabaka halinde duvar içerisine farklı yerlerde yerleştirilerek her bir yalıtım durumu için yoğuşma ve buhar geçişi incelenecektir. Bunun için MATLAB’da bir bilgisayar programı geliştirilerek farklı yalıtım konumları için yoğuşma ve buhar difüzyonu Türkiye’deki farklı iklim bölgeleri için, farklı yalıtım ve duvar malzemeleri ile farklı kalınlıktaki yapı malzemeleri için hesaplanmıştır.

Materyal ve yöntem

Nem kontrolünde “TS 825 yöntemi”

TS 825’te, bina kabuğunu oluşturan yapı elemanlarının nem ile ilgili performansının belirlenmesinde Glaser Grafik Yöntemi esas alınmaktadır. Glaser Grafik yönteminin yoğuşma kontrolünde kullanılmasında aşağıdaki adımlar dikkate alınmıştır:

Bina kabuğu elemanının, iç ve dış yüzey sıcaklıkları ile bünyesindeki sıcaklıkların belirlenmesi, iç ortam sıcaklığı ile iç yüzey sıcaklığı arasındaki farkın denetlenmesi, su buharı difüzyon eş değer hava tabakası kalınlığının belirlenmesi, doymuş buhar basıncı değerlerinin belirlenmesi, kısmi buhar basıncı değerlerinin belirlenmesi, yoğuşma dönemi için grafiğin hazırlanması ve yorumlanması, yoğuşma suyu miktarının belirlenmesidir (Glaser, 1959; Anon,1981; Anon, 2008). Bunun için; duvar bloğundan geçen ısı miktarı aşağıdaki bağıntılar yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$q = U * A * (T_i - T_d) \quad (1)$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_d}} \quad (2)$$

Burada U bileşenin toplam ısı geçiş katsayısı (W/m²K); d₁,d₂,...,d_n: bileşeni oluşturan katmanların kalınlıklarını (m); λ₁, λ₂,...,λ_n: bileşeni oluşturan katmanların ısı iletim katsayılarını (W/mK); T_i ve T_d sırasıyla iç ve dış ortam sıcaklıklarını (°C) göstermektedir. α_i ve α_d ise sırasıyla iç ve dış yüzey ısı taşınım katsayılarıdır (W/mK). Yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi için aşağıdaki bağıntılar kullanılmıştır:

$$q = \alpha_i * (T_i - T_{iy}) \quad (3)$$

$$T_{iy} = T_i - \frac{q}{\alpha_i} \quad (4)$$

$$q = \alpha_d * (T_d - T_{dy}) \quad (5)$$

$$T_1 = T_{yi} - R_1 * q \quad (6)$$

$$T_2 = T_1 - R_2 * q \quad (7)$$

$$T_n = T_{n-1} - R_n * q \quad (8)$$

Burada T_{iy}: ve T_{dy} sırasıyla iç ve dış yüzey sıcaklıklarını (°C) göstermektedir. R_n=1/(d_n/λ_n) dir. Su buharı difüzyon eşdeğer hava tabakası kalınlığı (S_d):

$$S_d = \mu * d \quad (9)$$

ile hesaplanır. Burada d katman kalınlığı (m), μ ise su buharı difüzyon direnç faktörüdür. Doymuş buhar basıncı ve kısmi basınçlar ise aşağıdaki bağıntılar yardımıyla hesaplanmaktadır. Burada yapılacak olan işlem doymuş buhar basıncı değerleri hesaplanıp her yüzeydeki sıcaklıklara karşılık gelen bağıl nem oranlarının çarpımı sonucu kısmi basınçların hesaplanmasıdır.

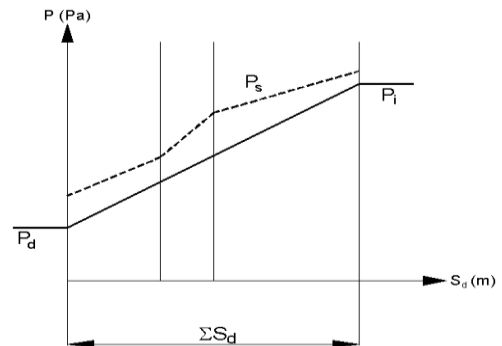
$$P_s = a \left[b + \frac{T}{100^\circ C} \right]^n \quad (10)$$

$$T \geq 0^\circ C \text{ için } P_s = 610,5e^{\frac{17,269T}{237,3+T}} \quad (11)$$

$$T \leq 0^\circ C \text{ için } P_s = 610,5e^{\frac{21,875T}{265,5+T}} \quad (12)$$

$$P = P_s * \varphi \quad (13)$$

Burada P ve P_s sırasıyla kısmi su buharı basıncı ve doymuş su buharı basıncı (Pa) ve φ ise bağıl nem oranını (%) göstermektedir. Su buharının kuru havadaki difüzyonu, kuru hava içinden difüze olan su buharı Wy (kg/m²h) Fick Kanunu bağıntısı ile hesaplanır. Bu doğrultuda Glaser grafik yönteminin kabul ettiği kabuller sonucu standartlarda yapılan hesaplar aşağıdaki gibidir. Şekil 1' de görülen yapı bileşeni içerisindeki buhar difüzyonu akış miktarı (debi) aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.



Şekil 1. İçerisinde herhangi bir yoğuşmanın olmadığı çok katmanlı bir yapı elemanında buhar difüzyonu

$$W_y = \delta_o x \frac{P_i - P_d}{S_{d,T}} \quad (14)$$

Yoğuşma miktarı ise, taşınan nem miktarı ile yoğuşmanın olduğu ara yüzeyden taşınan nem miktarı arasındaki farktır:

$$W_t = \delta_o \left(\frac{P_i - P_{sw}}{S_{d,T} - S_{d,sw}} - \frac{P_{sw} - P_d}{S_{d,sw}} \right) \quad (15)$$

Uygulama ve başarımlar

Bu çalışmada bina duvarlarındaki yalıtımın yoğuşmaya olan etkisini görebilmek için MATLAB'da GUI ara yüzü ile bir bilgisayar programı tasarlanmıştır. MATLAB GUI tasarımları iki ayrı yöntem kullanılarak yapılabilir. Bunlar,

- MATLAB GUIDE aracı kullanılarak,

- M-File programlama yöntemi kullanılarak

GUIDE matlabın GUI tasarımcılarına sunduğu içerisinde çeşitli araçlar içeren ve kolaylık sağlayan bir grafiksel GUI geliştirme ortamıdır. GUIDE kullanılarak tıkla ve sürükle-bırak tekniği ile GUI ara yüzüne nesnelere (örneğin butonlar, text kutuları, liste kutuları, grafikler v.s.) kolaylıkla eklenebilir. Ayrıca, eklenen nesnelere hizalanması, tab sırasının değiştirilmesi, görsel ayarlar üzerinde manipülasyonlar yapılması da bu ortamın

tasarımcılara sunduğu imkânlardan bazılarıdır. Burada GUI ara yüzünde;

- Bir adet grafik çizim (axes) nesnesi,
- Bir adet peak, membrane, sinc data setlerini gösteren popup menü,
- Bir adet popup menü başlığı sunan static text nesnesi,
- Üç adet surf, mesh ve contour yazılı buton nesnelere yer almaktadır.

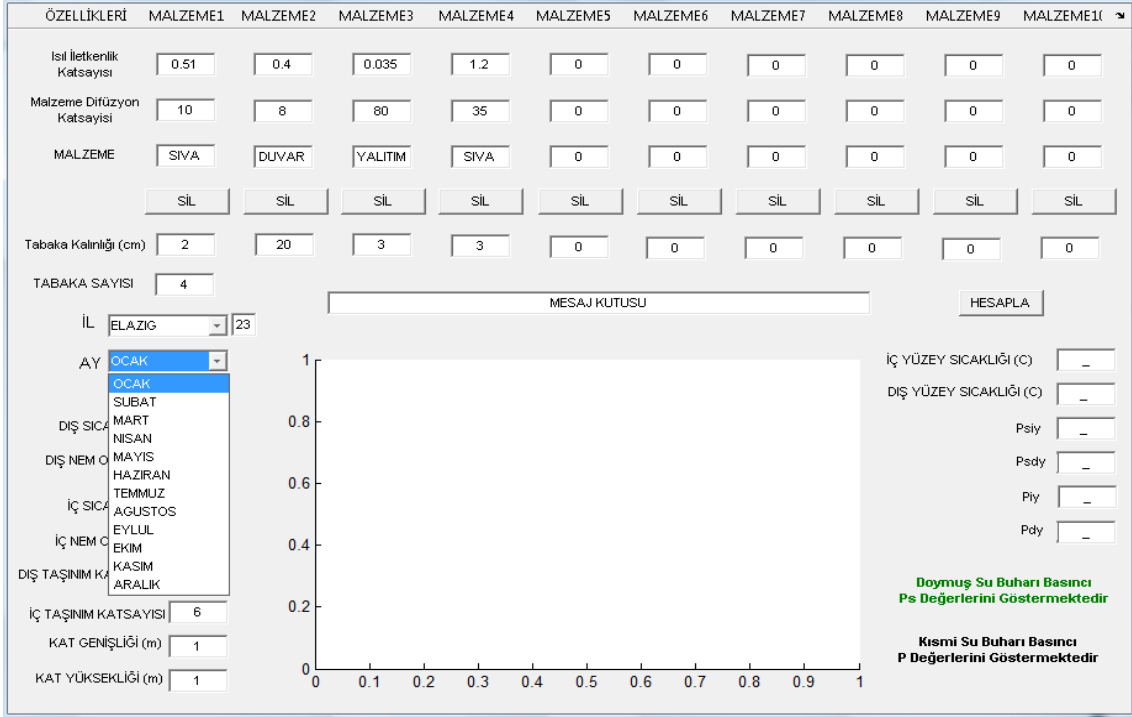
GUI ara yüzünü kullanarak hazırlanan program sırasıyla aşağıdaki adımları içermektedir (Şekil 2, 3, 4, 5).

ÖZELLİKLERİ	MALZEME1	MALZEME2	MALZEME3	MALZEME4	MALZEME5	MALZEME6	MALZEME7	MALZEME8	MALZEME9	MALZEME10
Isı İletkenlik Katsayısı	AHŞAP	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malzeme Difüzyon Katsayısı	BETON	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MALZEME	DUVAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DÖKME	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tabaka Kalınlığı (cm)	PLAKA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SIVA	Kireç Harcı, Kireç-Çimento Harcı				SİL	SİL	SİL	SİL	SİL
TABAKA SAYISI	TAŞ	Çimento Harcı				SİL	SİL	SİL	SİL	SİL
	YALITIM	Alçı Harcı, Kireçli Alçı Harcı				SİL	SİL	SİL	SİL	SİL
İL	ZEMİN	Sadece Alçı Sıva				0	0	0	0	0
	ELAZIG	Alçı Harçlı Şap				0	0	0	0	0
A.Y	MESAJ KUTUSU									
BÖLGE	HESAPLA									
DIŞ SICAKLIK (C)	İÇ YÜZEY SICAKLIĞI (C) --									
DIŞ NEM ORANI (%)	DIŞ YÜZEY SICAKLIĞI (C) --									
İÇ SICAKLIK (C)	P _{siy} --									
İÇ NEM ORANI (%)	P _{sdıy} --									
DIŞ TAŞINIM KATSAYISI	P _{iy} --									
İÇ TAŞINIM KATSAYISI	P _{dy} --									
KAT GENİŞLİĞİ (m)	Doymuş Su Buharı Basıncı Ps Değerlerini Göstermektedir									
KAT YÜKSEKLİĞİ (m)	Kısmi Su Buharı Basıncı P Değerlerini Göstermektedir									

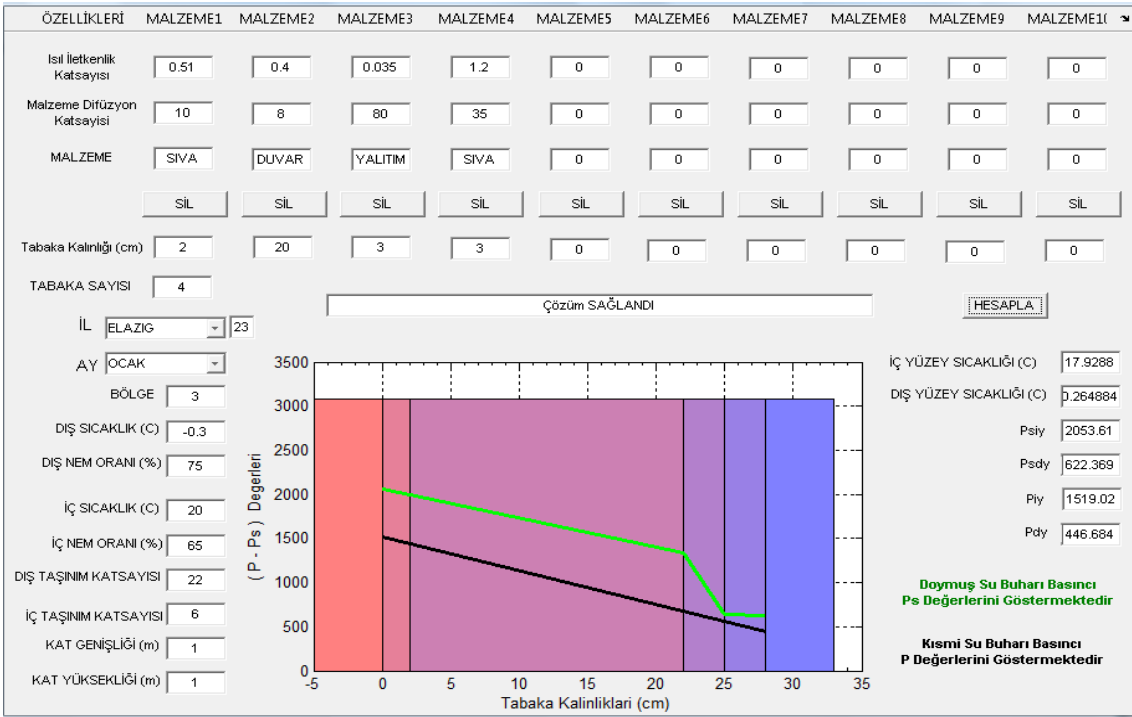
Şekil 2. İlk adımda oluşturulacak duvar yapısına göre katman sayısı, her katmanın kalınlığı ve her katmanda kullanılan malzemelerin seçilmesi ve bu malzemelerin ısı iletim katsayısı, difüzyon katsayısı değerlerinin belirlenmesi.

ÖZELLİKLERİ	MALZEME1	MALZEME2	MALZEME3	MALZEME4	MALZEME5	MALZEME6	MALZEME7	MALZEME8	MALZEME9	MALZEME10
Isı İletkenlik Katsayısı	0.51	0.4	0.035	1.2	0	0	0	0	0	0
Malzeme Difüzyon Katsayısı	10	8	80	35	0	0	0	0	0	0
MALZEME	SIVA	DUVAR	YALITIM	SIVA	0	0	0	0	0	0
Tabaka Kalınlığı (cm)	2	20	3	3	0	0	0	0	0	0
TABAKA SAYISI	MESAJ KUTUSU									
İL	HESAPLA									
A.Y	İÇ YÜZEY SICAKLIĞI (C) --									
DIŞ SICA	DIŞ YÜZEY SICAKLIĞI (C) --									
DIŞ NEM O	P _{siy} --									
İÇ SICA	P _{sdıy} --									
İÇ NEM C	P _{iy} --									
DIŞ TAŞINIM K	P _{dy} --									
İÇ TAŞINIM K	Doymuş Su Buharı Basıncı Ps Değerlerini Göstermektedir									
KAT GENİ	Kısmi Su Buharı Basıncı P Değerlerini Göstermektedir									
KAT YÜKSE										

Şekil 3. İkinci adımda seçilecek ilin belirlenmesi



Şekil 4. Üçüncü adımda yoğuşma hesabı yapılacak il için seçilecek ayın belirlenmesi ve seçilen ay için dış ortam sıcaklığı ve bağıl nemin belirlenmesi



Şekil 5. Dördüncü adımda kısmi ve doymuş buhar eğrilerin grafiksel olarak gösterilmesi ve belirlenmesi.

Duvar modellerinin tanıtılması

Şekil 6' da görüldüğü gibi 20 cm kalınlığında beton duvar içten 2 cm ve dıştan 3 cm kalınlığında sıva ile kaplanarak ve toplam yalıtım kalınlığı aynı olacak şekilde tek tabaka, iki eşit ve üç eşit tabakalar halinde duvar içerisinde farklı konumlandırılarak sırasıyla aşağıdaki duvar modelleri oluşturulmuştur:

Yalıtımsız Duvar Modeli (Duvar 1)

İçten Yalıtımlı Duvar Modeli (Duvar 2)

Dıştan Yalıtımlı Duvar Modeli (Duvar 3)

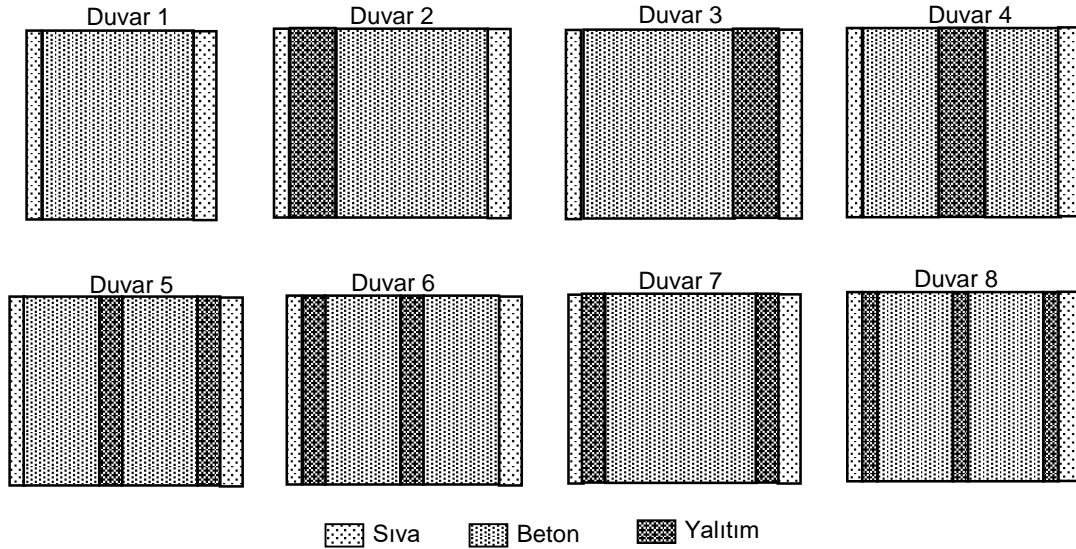
Ortadan Yalıtımlı Duvar Modeli (Duvar 4)

Dıştan ve Ortadan Yalıtımlı Duvar Modeli (Duvar 5)

İçten ve Ortadan Yalıtımlı Duvar Modeli (Duvar 6)

Dıştan ve İçten Yalıtımlı Duvar Modeli (Duvar 7)

Dıştan, Ortadan ve İçten Yalıtımlı Duvar Modeli (Duvar 8)



Şekil 6. Oluşturulan duvar modelleri

Sonuçlar ve tartışma

Bu çalışmada, bina duvarlarında yalıtımsız duvar ve 7 farklı yalıtım konumlandırma durumu için yoğunlaşma ve buhar difüzyonu analiz edilmiştir. Bunun için TS 825'in 2008 standardına göre Glaser grafik yöntemi ile MATLAB'da GUI ara yüzü kullanılarak bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Bu program ile duvar içerisinde kullanılan yalıtım tabakalarının yerini değiştirerek farklı iller için yoğunlaşma durumları incelenmiştir. Çözümler farklı derece-gün bölgelerinde bulunan Elazığ,

Adana, İstanbul ve Kars illeri için yapılmıştır. Tablo 1 ve 2 sırasıyla toplam 3 cm ve 6 cm yalıtım kalınlığına sahip 8 farklı duvar modeli için ve duvar malzemesi olarak beton kullanılması, yalıtım malzemesi olarak da poliüretan sert köpük kullanılması halinde yoğunlaşma ve buharlaşma miktarlarını 4 farklı il için göstermektedir. Tablolarda mevcut değerler yıl boyunca elde edilen ortalama değerlerdir.

Tablo 1. Dört farklı il için yalıtımsız ve toplam 3 cm yalıtım kalınlığına sahip 8 farklı duvar modeli için yoğuşma ve buharlaşma miktarları

	ELAZIĞ		ADANA		İSTANBUL		KARS	
	WT (KG/M ²)	Wv (KG/M ²)	WT (KG/M ²)	Wv (KG/M ²)	WT (KG/M ²)	Wv (KG/M ²)	WT (KG/M ²)	Wv (KG/M ²)
DUVAR-1	0,744	0,736	0,568	1,326	1,008	0,671	1,619	0,326
DUVAR-2	0,840	0,533	0,430	0,619	0,715	0,313	0,940	0,222
DUVAR-3	---	1,109	---	0,884	---	0,783	0,282	0,707
DUVAR-4	0,619	0,533	---	0,884	0,340	0,474	0,550	0,306
DUVAR-5	0,515	0,533	---	0,884	0,428	0,474	0,826	0,306
DUVAR-6	---	1,109	---	0,884	---	0,783	0,275	0,707
DUVAR-7	0,274	0,745	---	0,884	0,092	0,677	0,315	0,411
DUVAR-8	---	1,109	---	0,884	---	0,783	0,215	0,579

Tablo 2. Dört farklı il için yalıtımsız ve toplam 6 cm yalıtım kalınlığına sahip 8 farklı duvar modeli için yoğuşma ve buharlaşma miktarları

	ELAZIĞ		ADANA		İSTANBUL		KARS	
	WT (KG/M ²)	Wv (KG/M ²)	WT (KG/M ²)	Wv (KG/M ²)	WT (KG/M ²)	Wv (KG/M ²)	WT (KG/M ²)	Wv (KG/M ²)
DUVAR-1	0,744	0,736	0,568	1,326	1,008	0,671	1,619	0,326
DUVAR-2	0,801	0,347	0,400	0,504	0,673	0,204	0,806	0,239
DUVAR-3	---	0,723	---	0,576	---	0,511	0,115	0,517
DUVAR-4	0,594	0,347	---	0,576	0,316	0,409	0,518	0,377
DUVAR-5	0,310	0,347	---	0,576	0,363	0,409	0,802	0,266
DUVAR-6	---	0,723	---	0,576	---	0,511	0,108	0,517
DUVAR-7	0,195	0,486	---	0,576	---	0,511	0,189	0,268
DUVAR-8	---	0,723	---	0,576	---	0,511	0,105	0,344

1. Tablo değerleri incelendiği zaman sırasıyla incelenen tüm duvar yapıları için İncelenen bütün iller için (Adana hariç) en fazla yoğuşma miktarı içten yalıtımlı duvar modelinde (DUVAR-2) elde edilmiştir. Bu duvar modelinde yoğuşan su yıl içerisinde tamamen buharlaşmadığı için standarda uygun bir duvar yapısı değildir. Çünkü Tablo 1'deki Kars ili incelenecek olursa, yıl içerisinde yoğuşan su miktarı 0,940 kg/m² olup, bu miktar yıl içerisinde duvardan taşınan su buharı miktarından (0,222kg/m²) fazla olduğu için yıl içerisinde yoğuşan su miktarının tamamı buharlaşmamaktadır.

2. Dıştan yalıtılmış duvar modeli (DUVAR-3) ele alınırsa, yoğuşan nem kütesinin yıl içerisinde buharlaştığı görülmektedir. Tablo 1'deki Kars ili incelenecek olursa, yıl içerisinde yoğuşan su miktarı 0,282 kg/m² olup, bu miktar yıl içerisinde duvardan taşınan su buharı

miktarından (0,707kg/m²) küçük olduğu için yıl içerisinde yoğuşan su miktarının tamamı buharlaşmaktadır. Bundan dolayı bu duvar yapısı standarda uygundur.

3. Ortadan yalıtımlı duvar (DUVAR-4) yapısında, İstanbul ili için tüm tablo değerleri incelenecek olursa yoğuşma miktarı buharlaşan su miktarından küçük olduğu için standarda uygun kabul edilmektedir. Elazığ ve Kars illeri için standarda uygun olmadığı görülmüştür.

4. İçten ve ortadan yalıtımlı duvar (DUVAR-5) yapısında, Elazığ ve İstanbul illeri için standarda uygun bir duvar yapısı olduğu tablo değerlerinden görülmektedir. Ancak Kars ilinde standarda uygunluk görülmemektedir.

5. Ortadan ve dıştan yalıtımlı duvar (DUVAR-6) modelinde, Elazığ, Adana ve İstanbul illerinde herhangi bir yoğuşma elde edilmemiştir. Kars ilinde ise yoğuşan su miktarı yıl içerisinde buharlaşan miktardan küçük

olduğu için standarda uygun bir duvar yapısı olmaktadır.

6. İçten ve dıştan yalıtımlı duvar (DUVAR 7) modeli incelenecek olursa tüm iller için standarda uygun bir duvar yapısı olduğu görülmektedir.

7. Son olarak da; içten, ortadan ve dıştan yalıtımlı duvar (DUVAR-8) modelinin tüm iller için yine standarda uygun bir duvar yapısı olduğu tespit edilmiştir.

En az yoğuşmanın olduğu duvar yapısını belirlemek için; tüm duvar modellerinde yoğuşmanın söz konusu olduğu Kars ilini inceleyecek olursak en az yoğuşma miktarının sırasıyla içten, ortadan ve dıştan yalıtımlı duvar yapısında elde edildiği ikinci olarak da ortadan ve dıştan duvar yapısının, üçüncü olarak da sadece dıştan yalıtımlı duvar yapısında elde edildiği görülmüştür. Yoğuşma açısından en kötü duvar yapısının ise içten yalıtımlı duvarda daha sonra ise içten ve ortadan yalıtımlı duvar yapısında elde edildiği görülmüştür. Binalarda yalıtım uygulaması yapılırken bu sonuçları dikkate alarak yalıtım yapılması hem bina yapısının ömrünü uzatacak hem de ısı transferini azaltmış olacaktır. Çünkü yoğuşma yapı malzemesinin yapısını bozar ve malzemenin toplam ısı transferi katsayısını yükselterek ısı kayıplarını da artırır.

Kaynaklar

- Aelenei, D., Henriques, F.M.A., (2008). Analysis of the condensation risk on exterior surface of building envelopes. *Energy and Buildings*, 40, 1866-1871.
- Al-Sanea S.A., Zedan M.F., Al-Hussain SN. (2012). Effect of thermal mass on performance of insulated building walls and the concept of energy savings potential, *Appl Energy*,89:430-442.
- Anon., (1981). DIN 4108, Wärmeschutz im Hochbau, *Beuth Verlag GmbH*, Berlin.
- Anon., (2008). TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları , *Türk Standardı Tasarısı*, Ankara.
- Bircan, M.M., (1999). Yapı malzemelerinde buhar difüzyonu prosesinin incelenmesi ve yoğuşma hesabı için bilgisayar programı, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Çorap, E.,(1999). Yapı Elemanlarında Isı ve Buhar Geçişinin Sayısal ve Deneysel Olarak İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Erim, C., (1991). Isı ve Kütle Geçişinin Bir arada Gerçekleştiği Sistemler, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Glaser, H., (1959). Graphisches Verfahren zur Untersuchung von Diffusionsvorgängen, *Kaltetechnik 11, Heft 10/59*, s. 345-349.
- Gül, S.H., (1993). Gözenekli Ortamlarda Birleşik Isı ve Kütle Transferinin Sayısal Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Hepkeran H.A., Bircan M.M., Sevindir M.K.,(2001).Yapı malzemelerinde Buhar difüzyonu ve yoğuşma, V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 461-469.
- Kavas, E., (1997). Doğu Anadolu Bölgesinde Isı Korunumlu Duvar Kesitleri Oluşturulması ve Yoğuşma Kontrolü (Erzurum örneği.), *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yavuz, A.C., (1995). Dış Duvarlarda Isı Korunumu ve 16.01.1985 Tarihli Yönetmeliğin Isı ve Buhar Kontrolü Açısından Değerlendirilmesi., *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Condensation Analysis According to Different Positions of Insulation within Wall

Extended abstract

The concept of energy efficient buildings led in the past years to an increase of thermal insulation aimed at reducing the energetic cost of their regular usage, a strategy which increases the risk of surface condensation on the building facades. Surface condensation adds extra moisture to the exterior of the building envelopes, increasing in this way the risk to develop microbial vegetation. The existence of high thermal insulation may lower the exterior surface temperature of the building envelopes during clear cold nights to dew-point temperature or below. When a building envelope exterior temperature falls below the dew-point temperature of the ambient air, moisture in excess condenses (Aelenei and Henriques, 2008).

Insulated building walls are integrated parts of a building envelope. They protect the inner space from extreme weather conditions and damp down large fluctuations in temperature. As such, the building envelope should provide the necessary thermal comfort for the occupants as well as reduce energy consumption requirements for cooling and heating. This is usually done through increasing thermal resistance of this envelope and, hence, reducing transmission loads. Therefore, addition of thermal insulation is important, particularly in regions with extreme climates (Al-Sanea, 2012).

The main purpose of this work is to show the most suitable location of thermal insulation on the building wall to reduce the condensation risk. Therefore, the condensation and vapour diffusion composed on the exterior walls of buildings in Elazığ, Adana, İstanbul and Kars cities located on the four different degree-day regions of Turkey were analysed for eight different wall structures in this study. For the analysis of the condensation and evaporation, a computer program was prepared using GUI in MATLAB by Glaser graphic method according to 2008 Standard of TS 825.

For this purpose, the total insulation thickness was kept constant and the insulation material was placed as one layer, two equal layers and three equal layers in different locations within the wall. Then, the condensation and vapour amounts were calculated

for four different cities with the aid of this program. Concrete as structure material and Polyurethane foam as insulation material were selected. The obtained results were presented as graphics and tables. The concrete wall with 20 cm thickness was plastered with 2 cm inside and 3 cm outside thickness and 8 different wall models were formed with the total same insulation thickness to determine the condensation and vapour amounts.

The results obtained were presented as tables for total 3cm and 6 cm insulation thicknesses and the results were interpreted for four different cities. As result, it was found that the best wall structure from the point of condensation and evaporation was obtained in the case that one of three equal pieces insulation layers was placed in the outdoor surface of wall, the second piece of insulation was placed in the middle of wall and third piece of insulation was placed in the indoor surface of wall. It was seen that secondly, minimum condensation was obtained in the case that half of insulation thickness was placed on the outdoor surface of wall, and the other half was placed in the middle of the Wall. It was seen that thirdly, only externally insulated wall structures gave minimum condensation.

The results showed that the worst wall structure from the point of the condensation and evaporation was obtained in the insulated wall on the only indoor surface. The secondly, it was found that the maximum condensation was obtained in the case that half of insulation thickness was placed on the indoor surface of wall, and the other half was placed in the middle of the wall.

Keywords: Condensation and vapour diffusion, Glaser graphic method, TS 825 Standard, Degree-day regions.