

TERAS ÇATI DÖŞEMELERİNDE BETON,
DUVAR, YALITIM MALZEMESİ ISIL
İLETKENLİKLERİNİN DEĞİŞİMİNİN ISI
KÖPRÜSÜ DAVRANIŞINA ETKİSİ

Adem BAKIŞ

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Güler GAYGUSUZUOĞLU

2011

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TERAS ÇATI DÖŞEMELERİNDE BETON, DUVAR, YALITIM MALZEMESİ ISIL
İLETKENLİKLERİNİN DEĞİŞİMİNİN ISI KÖPRÜSÜ DAVRANIŞINA ETKİSİ

Adem BAKIŞ

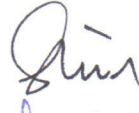
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

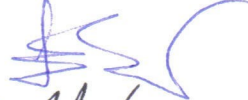
DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Güler GAYGUSUZUOĞLU

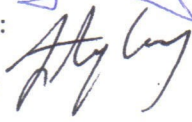
TEKİRDAĞ-2011

Her hakkı saklıdır

Yrd. Doç. Dr. Güler GAYGUSUZUOĞLU danışmanlığında, Adem BAKIŞ tarafından hazırlanan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından. İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Yrd. Doç. Dr. Güler Gaygusuzoğlu İmza : 

Üye : Yrd. Doç. Dr. Esma Mihlayonlar İmza : 

Üye : Yrd. Doç. Dr. Zeheriya Aydın İmza : 

Üye : İmza :

Üye : İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TERAS ÇATI DÖŞEMELERİNDE BETON, DUVAR, YALITIM MALZEMESİ ISIL İLETKENLİKLERİNİN DEĞİŞİMİNİN ISI KÖPRÜSÜ DAVRANIŞINA ETKİSİ

Adem BAKIŞ

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Güler GAYGUSUZUOĞLU

Bu çalışmada, betonarme iskelet taşıyıcı sistemin kullanıldığı binaların teras katlarında duvar-döşeme-kiriş birleşimlerinin oluşturduğu ısı köprülerinin davranışı, betonun, duvarın ve yalıtımın ısı iletkenliği katsayısı olan λ değerleri değiştirilerek, incelenmiştir. Bu amaçla sonlu elemanlar metodunu kullanan, QuickField 5.1 programında duvar-kiriş-döşeme birleşimlerinde sıcaklık ve ısı akısı dağılımları, değişik yalıtım durumlarında, birinci derece gün bölgesi için sıvalı durum göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

Bölüm 2’de ısı iletim çeşitleri ve ısı köprüleri ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. Bölüm 3’te TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardında açıklanan hesap metodu hakkında bilgi verilmiştir. Bölüm 4’te ise hesaplamalarda kullanılacak QuickField paket programı hakkında bilgi verilmiş ve teras katlar için kesitlerin tanıtımı yapılarak hesaplamalara geçilmiştir. Sonraki bölümde ise hesap sonuçları ve değerlendirmesi yapılmıştır. Sonuç ve öneriler ise en son bölümde verilmiştir. Teras kat döşemelerinde beton, duvar ve yalıtımın ısı iletkenliklerinin değişimleri durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması için kullanılan çizelgeler ise Ekler bölümünde verilmiştir.

Bu çalışmanın sonuçları ile, teras katlarda, betonun, duvarın ve yalıtımın ısı iletkenlik değerlerindeki değişimin ısı köprülerinde gösterdiği davranışların iki boyutlu halde nasıl değiştiği görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Isı köprüsü, teras kat, ısı parametrelerinin değişimi, ısı akısı

ABSTRACT

Master's Thesis

PAVEMENT ROOF TERRACE CONCRETE, WALLS, INSULATION HEAT MATERIAL CHANGE CONDUCTIVITIES EFFECT OF THERMAL BEHAVIOUR OF BRIDGE

Adem BAKIŞ

Namik Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Consultant: Assist. Prof. Güler GAYGUSUZOĞLU

In this study, the structural system of reinforced concrete skeleton using terrace floors wall-floor-beam combinations and the heat produced by the behavior of bridges, concrete, wall insulation and thermal conductivity coefficient of the values are examined.

To this end using the finite element method QuickField 5.1 program wall-beam-floor combinations of temperature and heat flux distributions, cases of different insulation, calculations were made by taking first-degree days for the region by taking plastered into consideration. In chapter 2, information has given about the types of heat conduction and thermal bridges. In chapter 3, information about standard rules of thermal insulation in buildings and its method of accounting is given . In chapter 4, information about the calculations used by QuickField package program and the introduction of the floor terrace sections are given and have been added to the calculations.

In the next section calculations and its evaluation is given. Conclusions and recommendations are given in the last section. Terrace floor concrete floors, walls and insulation in case of changes in heat conductivity and the heat of the bridge tables are used for the calculation of the parameters is given in the "extras" section.

With the results of this study, terrace floors, concrete, wall insulation and thermal conductivity values of the behaviors and the change of thermal bridges two-dimensional case is shown.

Key words: Thermal bridge, terrace floor, parameters the heat exchange, heat flux

ÖNSÖZ

Yüksek lisansa başlamamda ve tezimin hazırlanması esnasında bana her konuda yardımcı olan değerli öğretmenim Sayın Yrd. Doç. Dr. Güler GAYGUSUZOĞLU' na ve Yrd. Doç. Dr. Esmâ MIHLAYANLAR' a sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilerek, hayatımda en önemli yere sahip olan eşim Songül BAKIŞ' a, Sevimliliği ve tatlılığıyla neşe kaynağı oğlum Enes Kemal BAKIŞ' a, manevi desteklerini esirgemeyen aileme ve tezimin hazırlanmasında emeği geçen herkese teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİL DİZİNİ.....	V
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	Vii
EKLER DİZİNİ	Viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	X
1.GİRİŞ.....	1
2.GENEL BİLGİLER	4
2.1. Binalarda ısı yalıtımı	5
2.2. Isı İletim ve Kazançları	7
2.2.1. Kondüksiyonla Isı İletimi	8
2.2.2. Konveksiyonla Isı İletimi	9
2.2.3. Radyasyonla Isı İletimi	9
2.2.4. Buharlaştırma-Yoğuşma İle Isı İletimi	10
2.3. Isı İletim Rejimleri	10
2.4. Isı Köprüleri	13
2.4.1. Elemanın Geometrisinden Kaynaklanan Isı Köprüleri	14
2.4.2. Farklı Isı İletkenliğine Sahip Malzemelerin Yan Yana	15
Getirilmesiyle Oluşan Isı Köprüleri	
3.TS 825 “ BİNALARDA ISI YALITIM KURALLARI ” STANDARDINA GÖRE	
HESAP METODU	19
4. HESAPLAMALAR VE QUICKFIELD 5.1 PROGRAMI	21
4.1. QuickField 5.1 Programına Veri Girişi	22
4.2. Kesitlerin Tanıtımı Ve Değiştirilen Malzeme Özellikleri	24
4.3. Teras Kat Döşemesinde QuickField 5.1 Programında Kesitlerin İncelenmesi	30
5. HESAP SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ	33
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	48
7. KAYNAKLAR	52
EKLER	56
ÖZGEÇMİŞ.....	71

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Yüzey sıcaklıklarının ortam sıcaklığına etkisi.	6
Şekil 2.2. Yapıda bölgelere göre ısı kayıplarını ve kazançları	7
Şekil 2.3. Sabit rejim şartlarında çok katmanlı elemanda kesit içinde sıcaklık değişimi.....	12
Şekil 2.4. Elemanın köşe noktalarında oluşan ısı köprüleri	14
Şekil 4.1. Yalıtımsız durum için QuickField 5.1’de incelenen “mesh” durumu.....	25
Şekil 4.2. Yalıtımsız durumda sıcaklık ve ısı akısı dağılımı	25
Şekil 4.3. Yalıtımsız durum için QuickField 5.1’de incelenen “mesh” durumu.....	25
Şekil 4.4. Yalıtımsız durumda sıcaklık ve ısı akısı dağılımı	25
Şekil 4.5. Dışardan yalıtımlı durum için QuickField 5.1’de incelenen “mesh” durumu.....	26
Şekil 4.6. Dışardan yalıtım durumunda sıcaklık ve ısı akısı dağılımı	26
Şekil 4.7. Dışardan ve teras üstü yalıtım için QuickField 5.1’de incelenen..... “mesh” durumu	26
Şekil 4.8. Dışardan ve teras üstü yalıtım durumunda sıcaklık ve ısı akısı dağılımı	26
Şekil 4.9. İçerden ve teras üstü yalıtım için QuickField 5.1’de incelenen“mesh” durumu..	27
Şekil 4.10. İçerden ve teras üstü yalıtım durumunda sıcaklık ve ısı akısı dağılımı.....	27
Şekil 4.11. İçerden yalıtım durumu için QuickField 5.1’de incelenen “mesh” durumu	27
Şekil 4.12. İçerden yalıtım durumunda sıcaklık ve ısı akısı dağılımı.....	27
Şekil 4.13. Çift duvar arası yalıtım için QuickField 5.1’de incelenen “mesh” durumu.....	28
Şekil 4.14. Çift duvar arası yalıtım durumunda sıcaklık ve ısı akısı dağılımı.....	28
Şekil 4.15. Çift duvar arası ve teras yalıtımı için QuickField 5.1’de incelenen	28
“mesh” durumu	
Şekil 4.16 Çift duvar arası ve teras yalıtımlı durumda sıcaklık ve ısı akısı dağılımı	28
Şekil 4.17. Çift duvar arası, teras üstü ve giriş iç yüzü içerden yalıtım için	29
QuickField 5.1’de incelenen“mesh” durumu	
Şekil 4.18. Çift duvar arası, teras üstü ve giriş iç yüzü içerden yalıtım durumunda.....	29
sıcaklık ve ısı akısı dağılımı	

Şekil 4.19. QuickField 5.1 programında kontur oluşturulması	30
Şekil 4.20. QuickField 5.1 programında kontur oluşturulması	31
Şekil 4.21 QuickField 5.1 programında kontur oluşturulması	31
Şekil 4.22 Tüm kiriş kesitinde ve farklı dilimlerde hesaplanan ısı akısı detay gösterimi	32

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 5.1. Duvarın ısı iletkenliğinin değişiminin U_{IK} değerine etkisi	36
Çizelge 5.2. Duvarın ısı iletkenliğinin değişiminin ξ değerine etkisi	37
Çizelge 5.3. Duvarın ısı iletkenliğinin değişiminin U_{ℓ} değerine etkisi	38
Çizelge 5.4. Yalıtım Isı İletkenliğinin değişmesinin U_{IK} Değerine Etkisi.....	40
Çizelge 5.5. Yalıtım Isı İletkenliğinin değişmesinin ξ Değerine Etkisi.....	41
Çizelge 5.6. Yalıtım Isı İletkenliğinin değişmesinin U_{ℓ} Değerine Etkisi.....	42
Çizelge 5.7. Beton Isı İletkenliğinin değişmesinin U_{IK} Değerine Etkisi.....	44
Çizelge 5.8. Beton Isı İletkenliğinin değişmesinin ξ Değerine Etkisi.....	45
Çizelge 5.9. Beton Isı İletkenliğinin değişmesinin U_{ℓ} Değerine Etkisi	46

EKLER DİZİNİ

Ek 1.1 Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 1,2 W/mK, duvar ısı iletkenliği 0,15 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,03 W/mK olması durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması.....	56
Ek 1.2. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 1,2 W/mK, duvar ısı iletkenliği 0,30 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,03 W/mK olması durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması.....	57
Ek 1.3. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 1,2 W/mK, duvar ısı iletkenliği 0,30 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,04 W/mK olması durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması.....	58
Ek 1.4. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 1,2 W/mK, Duvar ısı iletkenliği 0,30 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,05 W/mK olması durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması.....	59
Ek 1.5. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 1,2 W/mK, Duvar ısı iletkenliği 0,45 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,03 W/mK olması durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması.....	60
Ek 1.6. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 1,5 W/mK, duvar ısı iletkenliği 0,15 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,03 W/mK olması durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması.....	61
Ek 1.7. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 1,5 W/mK, duvar ısı iletkenliği 0,30 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,03 W/mK olması durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması.....	62
Ek 1.8. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 1,5 W/mK, duvar ısı iletkenliği 0,30 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,04 W/mK olması durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması.....	63
Ek 1.9. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 1,5 W/mK, duvar ısı iletkenliği 0,30 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,05 W/mK olması durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması.....	64
Ek 1.10. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 1,5 W/mK, duvar ısı iletkenliği 0,45 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,03 W/mK olması durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması.....	65
Ek 1.11. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 2,1 W/mK, duvar ısı iletkenliği 0,15 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,03 W/mK olması durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması.....	66
Ek 1.12. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 2,1 W/mK, duvar ısı iletkenliği 0,30 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,03 W/mK olması durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması.....	67

Ek 1.13. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 2,1 W/mK, duvar ısı iletkenliği 0,30 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,04 W/mK olması durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması.....	68
Ek 1.14. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 2,1 W/mK, duvar ısı iletkenliği 0,30 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,05 W/mK olması durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması.....	69
Ek 1.15. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 2,1 W/mK, duvar ısı iletkenliği 0,45 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,03 W/mK olması durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması.....	70

BÜYÜKLÜKLER, SİMGELER BİRİMLER

Büyüklik	Simge	Birim
Isı akısı (birim alandan birim zamanda iletilen ısı enerjisi miktarı)	q	W/m^2
Isıl iletkenlik katsayısı	λ	W/mK
Sıcaklık gradyanı (sıcaklık değişim eğrisinin eğimi)	$\frac{dT}{dx}$	K/m
Sıcaklık	T	$^{\circ}C, K$
Kalınlık	x	m
Yayınlım katsayısı	α	λ/qc
Özgül ısı	c	$J/(kg/m^3)$
Yoğunluk	ρ	kg/m^3
Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı	$Q_{yıl}$	Joule
Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı	Q_{ay}	Joule
Binanın özgül ısı kaybı	H	W/K
Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü	η_{ay}	-
Aylık ortalama iç kazançlar(sabit alınabilir)	$\Phi_{i,ay}$	W
Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı	$\Phi_{s,ay}$	W
Zaman	t	sn
Yapı elemanının alanı	A	m^2
Yapı elemanının ısı geçirgenliği	U	W/m^2K
Isı köprüsünün uzunluğu	l	m
Isı köprüsünün genişliği	b	m
Isı köprüsünü ısıl geçirgenlik katsayısı	U_{IK}	W/m^2K
Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı	U_D	W/m^2K
Dış duvar alanı	A_D	m^2
Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı	U_P	W/m^2K
Pencere alanı	A_P	m^2
Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı	U_T	W/m^2K
Tavanın alanı	A_T	m^2
Zemine oturan tabanın ısı geçirgenlik katsayısı	U_t	W/m^2K
Zemine oturan tabanın alanı	A_t	m^2
Dış hava ile temas eden duvarın ısı geçirgenlik katsayısı	U_d	W/m^2K

Dış hava ile temas eden duvarın alanı	A_d	m^2
Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı	θ_i	$^{\circ}C$
Aylık ortalama dış ortam sıcaklığı	θ_e	$^{\circ}C$

1. GİRİŞ

Yapılarda ortalama ısı geçirgenliğinden daha yüksek ısı geçirgenliğine ve sınırlı alana sahip bölgelere ısı köprüsü adı verilmektedir.

Ancak betonarme yapılarda ısı köprülerinin oluşmasının kaçınılmaz olduğu bilinmesine ve bunların çözümünün büyük oranda mümkün olmasına rağmen, ülkemizde halâ yalıtımın bir lüks olarak görülmesi bu sorunların uzun bir süre daha karşımıza çıkacağını bir göstergesidir.

Isı köprülerinin önemi, bu bölgelerde meydana gelen fazladan ısı kayıplarıdır. Bu kayıpların sebebi ise, elemanın geometrisi olabileceği gibi, çoğunlukla farklı ısı iletkenliğe sahip malzemelerin birlikte kullanılmasıdır. Bu açıdan, ülkemizde büyük bir kullanım payına sahip olan betonarme elemanlar etkin birer ısı köprüleri oluşturmaktadır. Isı köprülerindeki fazladan ısı kayıplarının diğer sebebi, bu bölgelerde farklı ısı iletkenlikler sebebiyle oluşan kesite paralel yöndeki farklı sıcaklıkların etkisinde meydana gelen iki boyutlu ısı iletimidir. Bu bölgelerde sıcaklık ve ısı akısı dağılımının, en düşük iç yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi ve iki boyutlu ısı iletimi meydana gelen bölgelerde bileşke ısı kayıplarının hesaplanabilmesi, binanın enerji verimliliği açısından önemlidir (Dilmaç 2006). Binalarda ısı kayıplarının hesaplanmasında gerçek değer ile hesaplanan değer arasında tutarsızlıklar söz konusu olmaktadır. Hesaplamaların istenilen faydayı sağlayabilmesi için gerçek durumu yeterli doğrulukla ifade eden yaklaşımların kullanılması gerekir (Theodosiou ve ark. 2008). Bu konuda yapılan ulusal ve uluslararası çalışmalar, bu hesapların yeterli doğrulukla yapılabilmesi için ısı köprülerinin sebep olduğu fazladan ısı kayıplarının dikkate alınması gerektiğini göstermiştir (Mao 1997).

Uluslararası standartlar da bu yönde geliştirilmiştir (Anon, TS 10211-1). Hesaplamalarda karşılaşılan en önemli sorun, ısı köprülerinde ısı iletiminin iki boyutlu meydana gelmesine karşılık, standart ve yönetmeliklerde özellikle kış şartları için ısı kaybının tek boyutlu ısı iletimi denklemleri ile hesaplanmasıdır. Halbuki ısı köprülerinde, farklı ısı iletkenliğe sahip malzemelerin sınırlı alanda yan yana gelmesi ile önemli miktarda yanal kayıplar meydana gelmektedir ve dolayısıyla bu bölgelerde iki boyutlu ısı iletimi mevcuttur.

Günümüzdeki birçok çalışma, ısı köprülerindeki iki boyutlu ısı akımının, tek boyutlu genel denklemler içine entegre edilmesi üzerinedir. Bunlardan Salgon ve Neveu (1987) , Hassid (1989) ve Hassid (1990) ve Kosny ve Christian (1995) Kararlı haldeki ısı iletimi denkleminin çözümü için nümerik yaklaşımlar önermişlerdir. Daha ileri çalışmalarda ise ısı köprülerinin

meydana geldiği bölgelerde hem iki boyutlu hem de değişken rejim şartları için modellemeler yapılmıştır. Bunlardan Clarke (2001) iki ve üç boyutlu ısı iletimi denklemini sonlu elemanlar metodunu kullanarak çözen bir bilgisayar programı yapmışlardır. Kosny ve Kossecka (2002)'nin çalışmalarında da çok boyutlu ısı transferi denkleminin bir bilgisayar programı yardımı ile çözülmesine çalışılmıştır. Larbi (2005)'in çalışmasında da ısı köprülerinin iki boyutlu istatistiksel bir modeli yapılmaya çalışılmıştır. Gao ve ark. (2008) ısı köprüleri için üç boyutlu çözüm yapan bir bilgisayar programı yardımı ile çözmeye çalışmışlardır.

Çok daha yakın zamanda ise Martin ve ark. (2011) binalarda ısı köprülerinden meydana gelen ısı kayıplarını doğru hesaplamak için bir boyutlu ısı iletimi denklemini göz önüne alan, ancak zamana bağlı dinamik bir model geliştirmişlerdir.

Yurt dışında taşıyıcı sistem olarak betonarme iskelet sistem kullanımı Türkiye'deki kadar yaygın değildir. Isı köprüsü ile ilgili uluslararası yayınlarda, kirişli betonarme döşeme detayı, çok az incelenen bir ısı köprüsü detayı olmaktadır (İÇTAG-I242, 2005).

Türkiye'de ısı köprüleri ile ilgili çalışma sayısı çok azdır. Var olan çalışmalarda da ısı köprülerinin ısı davranışı konusunda bir model geliştirilmesi konusu hiç incelenmemiştir. Isı köprüleri ile ilgili ülkemizde doktora tezi bulunamamıştır, ancak üç adet yüksek lisans tezi vardır. Bunların ilkinde ısı köprüleri hakkında özet bilgi verilmekte ve iki ve üç boyutlu ısı köprüleri için sıcaklık dağılımı hesaplanmaktadır (Ersoy, 1991). Diğer tezde köşelerde ısı köprülerinin etkisi dikkate alınmaktadır (Nakıoğlu 1997). Üçüncü tezde ise EN ISO 10211'in açıklaması yapılarak ısı köprülerinde sıcaklık dağılımlarını hesaplayan bir bilgisayar programı verilmiştir (Bulut, 1999).

EN ISO 10211-1 ve EN ISO 10211-2 standartlarında ısı köprüleri iki veya üç boyutlu olarak değerlendirilmektedir ve hesaplanan büyüklükler diğer EN ISO standartlarında kullanılarak binanın enerji ihtiyacı hesaplanmaktadır. Ancak bu standartlardaki büyüklükler TS 825'de binaların ısıtma enerjisi ihtiyacı ile ilgili hesap metodunda kullanılan büyüklüklerden farklıdır. Isı köprülerinden meydana gelen ısı kayıplarının hesaplanmasında karşılaşılan en önemli sorun, ısı iletimin iki boyutlu meydana gelmesine karşılık, standart ve yönetmeliklerde özellikle ısıtma periyodu için ısı kaybının tek boyutlu ısı iletim denklemleri ile hesaplanmasıdır. Isı kaybı hesaplarında kabul edilebilir hata sınırları içinde önemli zaman ve emek kazandıran tek boyutlu ısı iletim denklemlerinin basitliğini ve güvenilirliğini bozmadan, ısı köprülerindeki iki boyutlu ısı iletiminin tek boyutlu denklemlere ilave edilmesi "Döşemelerde Yanal Isı Kayıplarının

Hesaplanması İçin Parametrelerin Belirlenmesi” isimli Tübitak Projesinde (2005) mümkün olmuştur. Yine bu proje kapsamında farklı yalıtım sistemlerinde ısı köprülerinin ısıl davranışı Dilmaç ve ark., (2004), Dilmaç ve ark.,(2004) ve Cihan ve ark., (2004) tarafından incelenmiş ve ısı köprülerinde kullanılan temel yaklaşımların karşılaştırılması ise Akgün ve Dilmaç (2005) tarafından yapılmıştır.

Bu çalışmada da ısı köprüleri proje çalışmasında modellendiği şekilde ele alınmış ve ısı köprüleri üzerine beton, duvar ve yalıtım malzemelerinin değişiminin etkileri incelenmiştir. Meydana gelen iki boyutlu ısı iletiminin mertebesi ara kat ve teras kat döşemelerinde farklı sonuçlar verdiği için ayrı ayrı incelenmek durumundadır. Bu çalışmada teras katlar incelenmiştir. Betonarme giriş ve döşeme ile duvarların birleşimlerinde sıcaklık ve ısı akısı dağılımları üzerine, kullanılan duvar malzemesi ile yalıtım sistemi ve yalıtım malzemesinin özellikleri etkili olmaktadır. Bu çalışmada, betonarme iskelet taşıyıcı sistemin kullanıldığı binaların teras katlarında duvar-döşeme-giriş birleşimlerinin oluşturduğu ısı köprülerinin davranışı, betonun, duvarın ve yalıtımın ısı iletkenliği katsayısı olan λ değerleri değiştirilerek, incelenilmiştir. Bu amaçla sonlu elemanlar metodu kullanan, QuickField 5.1 programında duvar-giriş-döşeme birleşimlerinde sıcaklık ve ısı akısı dağılımları, değişik yalıtım durumlarında, birinci derece gün bölgesi için sıvalı durum göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

Bölüm 2’de ısı iletim çeşitleri ve ısı köprüleri ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. Bölüm 3’te TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardında açıklanan hesap metodu hakkında bilgi verilmiştir. Bölüm 4’te ise hesaplamalarda kullanılacak QuickField paket programı hakkında bilgi verilmiş ve teras katlar için kesitlerin tanıtımı yapılarak hesaplamalara geçilmiştir. Sonraki bölümde ise hesap sonuçları ve değerlendirmesi yapılmıştır. Sonuç ve öneriler ise en son verilmiştir. Teras kat döşemelerinde beton, duvar ve yalıtımın ısı iletkenliklerinin değişimleri durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması için kullanılan çizelgeler ise Ekler bölümünde verilmiştir.

Bu çalışmanın sonuçları ile, teras katlarda, betonun, duvarın ve yalıtımın ısı iletkenlik değerlerindeki değişimin ısı köprülerinde gösterdiği davranışların iki boyutlu halde nasıl değiştiği görülmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

Isıl konfor, bir insanın sağlıklı ve üretken olabileceği ısı parametrelerin sağlanması ısı konfor olarak tanımlanmaktadır. Aynı zamanda ısı konfor, bir insanın kaybettiği ve kazandığı enerjilerin vücut sıcaklığını 37 °C'de tutmasına yetecek düzeyde olduğu durumdur. Isıl konforun sağlanması bununla birlikte az enerji tüketiminin gerekli olması sistemin ısı performansının uygunluğunu gösterir. Binalarda ısı yalıtımının bulunmaması veya yetersiz olması sonucu ısı konforun (kullanıcıların sağlıklı ve üretken olmaları için gerekli ısı şartları) sağlanabilmesi için çok yüksek yakıt tüketimi gerekir, Çoğunlukla da bu tüketime ekonomik sebeplerle ulaşılamaz ve

- Kullanıcıların sağlığının bozulmasının yanında
- Binanın iç yüzeylerinde terleme (havanın içindeki su buharının iç yüzeylerde yoğunlaşması) veya küf oluşumları görülür.
- Bu olumsuzluklara ilave olarak yüksek yakıt faturaları ödenir (Mıhlayanlar 2009).

Bu sorunların giderilmesinin tek yolu ısı yalıtım uygulanmasıdır (Dilmaç 2006). Ancak ısı yalıtımı doğru malzeme, detay ve uygulama ile gerçekleştirildiği zaman faydalıdır.

Isıl performansın değerlendirilmesinde kullanılan iki önemli terim ısı ve sıcaklıktır. Isı, iletim halindeki enerjidir; birbirleriyle temas eden iki sistem arasında kütle alışverişi olmaksızın sıcaklık farkı sebebiyle meydana gelir. Sisteme ait bir özellik değildir, bu nedenle madde ve maddeler topluluğunun ısısından bahsedilemez ancak sıcaklık farkı olan madde ve/veya ortamlar arasında iletilen ısı ve ısı alışverişinden bahsedilebilir. SI birim sisteminde Isı enerjisinin birimi Joule' dır.

Sıcaklık, ısı iletimine sebep olan, sisteme ait ve sistemin kütesinden bağımsız bir özelliğidir. Sistemi meydana getiren atomların kinetik enerjilerinin yani titreşim hızlarının bir ifadesidir. SI birim sisteminde birimi K veya °C olarak kullanılmaktadır.

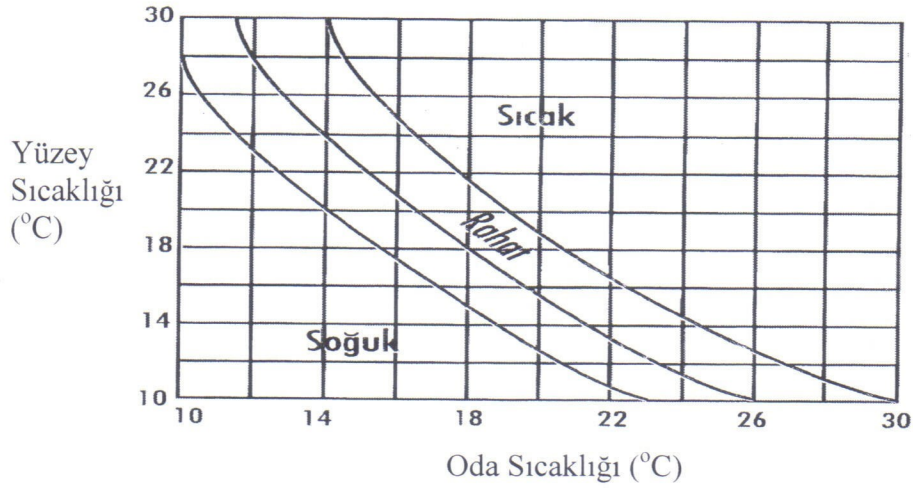
Çevremizden kazandığımız ısının %40'ı hava sıcaklığından, %60'ı yüzey sıcaklıklarından sağlanır. Ortam sıcaklığının, giyim tarzı ve çalışma düzeyine göre 20°C – 25°C arasında tutulması uygun olur (ideal sıcaklık 22°C). Bağıl nem ideal oranı ise %40-60 mertebelerindedir (Dilmaç 2006).

2.1 Binalarda Isı Yalıtımı

Yapıların uzun yıllar boyunca değerini koruması ancak yapı iyi tasarlanmışsa, iç ve dış etkenlerden doğru biçimde korunmuşsa gerçekleşebilir. Yapıların iç ve dış etkenlerden doğru biçimde korunması; yalıtım ile sağlanabilir. Yalıtım sistemlerinin esas amacı; yapı bileşenleri ve taşıyıcı sistemi dış etkenlerden koruyarak; kullanım amacına uygun sağlık ve konfor şartlarının yapı içerisinde hüküm sürmesini sağlamaktır. Bina içerisinde konforlu yaşam koşullarının oluşturulması insan sağlığı için ne kadar önemli ise yapının dış etkenlere karşı korunması da; içerisinde yaşadığımız, sağlam ve uzun ömürlü olmasını beklediğimiz yapılar için aynı öneme sahiptir (Dilmaç 2006).

Dünya üzerindeki birincil enerji kaynaklarının hızla tükenmesi üzerine gelişmiş ülkeler başta olmak üzere tüm ülkeler enerji ihtiyaçlarını kontrol altına alma ve enerjiyi etkin kullanma yöntemleri geliştirmişlerdir. Ülkemizde de; başta sanayi ve konut sektörlerinde olmak üzere, enerji tüketimleri her geçen yıl artmaktadır. Konutlarda kullanılan enerjinin büyük bir kısmı ısıtma ve soğutma amaçlı olarak tüketilmektedir. Söz konusu bu enerjinin; etkin kullanılması, ısı yalıtımı ile sağlanabilir. Bina zarfı, binanın iç ortamını dış ortamdan ayıran yapı elemanlarını kapsar. Duvarlar, pencereler, kapılar, döşeme, tavan ve çatı, bina zarfını oluşturur. Sağlıklı yaşam koşullarının yaratılması, yakıt tüketimlerini azaltarak kullanıcının düşük yakıt masrafları ile sistemini işletmesinin ve dolayısıyla hava kirliliğinin azaltılmasının sağlanması binanın iç ve dış etkenlerden korunarak ömrünün uzatılması amacıyla yapı bileşenleri üzerinden, farklı sıcaklıktaki iki ortam (dış hava–yaşanan mahaller) arasındaki ısı geçişini azaltmak için yapılan işlemlere **ısı yalıtımı** denir (Dilmaç 2006). Binalarda uygulanan ısı yalıtımının iki önemli faydası vardır. Birinci ısı direnç artacağından ısı kaybının artması, diğeri ise iç yüzey sıcaklıklarının yükselmesidir. İç yüzey sıcaklıklarının artması en az ısı kaybının azalması kadar önemlidir. Çünkü iç yüzey sıcaklıkları artınca, kullanıcıların kendilerini konforda hissettikleri ortam sıcaklığı düşmekte ve böylece ısıtma enerjisi ihtiyacı kendiliğinden azalmaktadır (Mıhlayanlar 2009).

Ortam sıcaklığının artırılması kullanıcıların kendilerini rahat hissetmeleri için yeterli çözüm değildir. Çünkü insan gıdalardan elde ettiği büyük bir bölümünü, ısı ışınlarla kaybeder. Vücut sıcaklığını sabit tutabilmek için kaybettiği enerjinin geri kazanılması sırasında da, yaklaşık %60'ını yine ısı ışınlarla elde etmek ister. Bunu sağlayan odanın hava sıcaklığının yükseltilmesi değil iç yüzey sıcaklığının artırılmasıdır.



Şekil 2.1 Yüze sıcaklıklarının ortam sıcaklığına etkisi (Anonim 1996).

Şekil 1' e göre eğer duvar iç yüze sıcaklıkları 18 °C ise, kişiler kendilerini 18 °C'lık ortam sıcaklığında da konforda hissedebilmektedirler. Halbuki iç yüze sıcaklıkları 12-14 °C'a düşerse, yalıtımsız duvarlar için beklenen değerlerdir, kişilerin kendilerini aynı derecede rahat hissedebilmeleri için ortam sıcaklığının 22-24 °C'a çıkması gerekir. Ortam sıcaklığının artması ise, yakıt tüketimin ve dolayısıyla yakıt faturasının artması demektir. Isı yalıtımı uygulanan binalarda iç yüze sıcaklıkları yüksek olur (Dilmaç 2006).

Normal bir tuğla duvarda, "Trakya bölgesi için yalıtımlı ve yalıtımsız durumlarda iç yüze sıcaklıklarının değişimi hesaplandığında, normal yatay delikli tuğla duvarın (ısı iletkenliği 0.45 W/nK olan) kalınlığı 13.5 cm, dış sıvanın (ısı iletkenliği 0,87 W/mK olan) kalınlığı 2 cm ve iç sıvanın kalınlığı 1 cm olsun. İç ortam sıcaklığı 20 °C alalım; Ocak ayında dış hava sıcaklığı ise ilgili standartta (TS 825) 3.3 °C olarak verilmektedir. Bu durumda ocak ayında, yukarıda duvar kesitine sahip yalıtımsız bir binada duvar iç yüze sıcaklığı 15.7 °C iken doğru malzeme, detay ve işçilikle uygulanmış 5 cm ısı yalıtımı (ısı iletkenliği 0.04 W/mK olan) bulunan duvarda 18.8 °C dir. Dolayısıyla yalıtımsız binada oturan kullanıcıların rahat olabilmeleri için oda sıcaklığının mutlaka 20 °C' ye çıkarılması gerekirken; yalıtımlı binalardaki kullanıcılar aynı rahatlığı 17-18 °C oda sıcaklığında da elde edebileceklerdir" (Mihlayanlar 2009).

Duvarlar: Enerji verimliliği için ısı kaybeden duvarlara ısı yalıtımı yapılmalıdır. Duvarlarda yalıtım içten (duvarın iç yüzünden), çift duvar arası veya dıştan (duvarın dış yüzünden) yapılabilir. Bunun için çeşitli ısı yalıtım malzemeleri ve detayları uygulanabilir.

Pencereler: Pencerelerde ısı kaybı açısından en önemli özellik, ısı geçirgenlik katsayılarıdır. (U değeri). Binalarda kullanılacak pencerelerin ısı geçirgenlik katsayıları TS 825'e uygun olmalıdır. Pencereler, kış mevsiminde güneşin mahal içerisine girişini arttırmalı, yaz

mevsiminde azaltmalıdır. Bunun için pencere sistemlerinde çift camlar, low-e kaplı çift camlar, güneş kontrol kaplamalı camlar ile yalıtımlı doğramalar kullanılmalıdır.

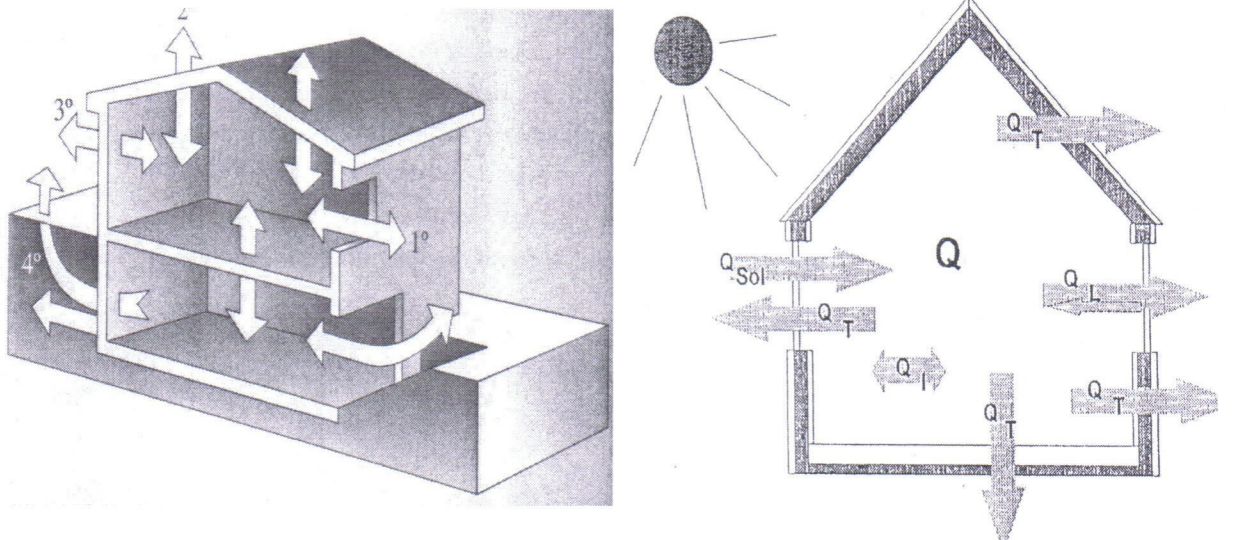
Tavan/çatı ve döşemeler: Binalarda duvarlar ve pencerelerden sonra en fazla ısı kaybı/kazancı olan bölümler, tavan/çatı ve döşemelerdir. Bu bölümlere de ısı yalıtımı yapılmalıdır. Bunun için çeşitli ısı yalıtım malzemeleri ve detayları uygulanabilir.

Binalarda ısı yalıtımı uygulanması ile;

- Çatı, duvar ve döşemelerde tekniğine uygun ısı yalıtımı malzemeleri kullanılması ile ısıtma ve soğutma amaçlı tüketilen yakıt miktarının azalması,
- Hava kirliliği azalması,
- Sağlıklı ve konforlu bir ortam oluşması sonucunda sağlık giderlerinin azalması,
- Yapı bileşenlerinin yoğuşma sonucu korozyona uğraması önlenerek binanın korunması sağlanır.

2.2. Isı İletim ve kazançları

Isı enerjisinin kaynağından başlayarak, bir ortamdan diğer ortama geçmesi 'ısı geçişi (akışı)' olarak tanımlanmaktadır. Doğal bir dengeye ulaşma güdümüyle ısı yüksek sıcaklıktaki bileşenlerden, düşük sıcaklıktaki bileşenlere doğru yayılır. Bu yayılma durdurulamaz fakat kontrol altına alınabilir. Isı iletimi engellenemez fakat yavaşlatılabilir (Dilmaç 2006).



Şekil 2.2. Yapıda bölgelere göre ısı kayıpları ve kazançları (Dilmaç 2001).

Isı iletimi aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir (Dilmaç 2006).

- Kondüksiyonla (iletimle)
- Konveksiyonla (taşınılma)
- Radyasyonla (ışınımla)
- Buharlaşma ve yoğuşma ile ısı iletimi (Binalarda önem kazanır)

2.2.1. Kondüksiyonla (İletimle) Isı İletimi

Kondüksiyonla ısı iletimi, bir cismi meydana getiren atomların buldukları konumda gerçekteştirdikleri titreşim hareketleri sırasında birbirleriyle çarpışmaları sonucu gerçekteşen enerji alışverişidir. Yüksek sıcaklıktaki bölgede atomların kinetik enerjileri, dolayısıyla titreşim hızları da yüksektir (Cihan ve Dilmaç 2003). Bu atomlar düşük sıcaklıktaki (hızları daha düşük) atomlarla çarpıştıklarında, bu atomların kinetik enerjilerinin (titreşim hızlarının) artmasına sebep olurken; kendi enerjilerinden de bir miktar kaybederler. Böylece ardışık çarpışmalar sonucu enerji iletilir. Sıcaklığın yüksek olduğu bölgedeki atom veya moleküllerin ortalama kinetik enerjisi daha düşük sıcaklıktaki moleküllerin ortalama kinetik enerjilerinden fazladır. Dolayısıyla yüksek enerjili atomlar daha yüksek hızda titreşirler ve komşu atomlarla çarpışmaları sonucu onların enerjilerini, dolayısıyla hızlarını arttırırlar. Ardışık çarpışma sonucu kütledeki tüm atom/molekül hızları (sıcaklıkları) eşit olunca ısı iletimi durur (Meral 2005).

Kondüksiyonla ısı iletimi, atom ve/veya moleküllerin bulunduğu her ortamda gerçekteşir. Ancak atomların daha sık bulunduğu ortamlarda tabiatıyla daha fazla gerçekteşir. Bu sebeple kondüksiyonla ısı iletimi en fazla katılarda, daha sonra sıvılarda meydana gelir. Gazlarda atomlar arası mesafe çok fazla olduğundan kondüksiyonla ısı iletimi çok küçük olur ve pek çok durumda ihmal edilir (Dilmaç 2006).

Katı malzemelerin atomsal dizilişleri, sıvı ve gazlarınkine oranla çok daha sıktır. Katılar içerisinde en yüksek ısı iletimine sahip malzemeler metallerdir. Bunun nedeni metallerin serbest elektronlara sahip olmalarıdır. İletim, yüksek enerjili (yüksek sıcaklıktaki) elektronların, düşük enerjili (düşük sıcaklıktaki) bölgeye hareketi ile gerçekteşir. Serbest elektronlarla ısı enerjisinin iletimi, atomların çarpışmaları ile olan iletimden 10 veya 100 kat fazla olabilir (Cihan ve Dilmaç 2003).

Kelvin teorisine göre malzeme moleküllerinin mutlak hareketsizlik noktasına ulaştığı sıcaklık derecesi $-273.16\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' dır. Isısal enerjileri birbirinden farklı olan malzemeler birbirleriyle temas ettiğinde enerji iletimi sağlanmakta ve her iki malzeme atomlarının enerjileri eşit olunca (sıcaklıkları eşit olunca) ısısal denge kurulmuş olmaktadır (Yıldız 1998).

2.2.2. Konveksiyonla (Taşınım) Isı İletimi

Konveksiyonla ısı iletimi akışkan malzemelerde (sıvı ve gazlarda) görülür. Katılarda meydana gelmez (Dilmaç 2006). Atom veya moleküllerin uzak mesafeli hareketleri sebebiyle meydana gelir. Akışkanın bulunduğu hacim çok küçülürse (gözenek çapı $\leq 4\text{ mm}$) konveksiyonla ısı iletimi gerçekleşmez; gözenek çapı $\leq 6\text{ mm}$ olduğunda konveksiyonla ısı iletimi ihmal edilir (Skochdopole, 1961) Doğal akım çok basit bir şekilde gerçekleşir. Isınan hava genişler ve soğuk havaya nazaran daha hafifler. Hafifleyen sıcak hava yükselir ve soğuk hava onun yerine geçer. **Isı taşınımı** kısaca, ısınan kütle parçacıklarının pozisyonlarını değiştirmeleri şeklinde tanımlanabilir (Yıldız 1998).

Isı akımı engellendiğinde hava çok iyi bir yalıtım katmanı oluşturur. Aslında birçok yalıtım malzemesi de bu özelliğe sahiptir. Örneğin plastik köpükler havayı bulunduğu yere küçük hava kabarcıkları şeklinde hapsederler (Dilmaç 2006).

2.2.3. Radyasyonla (Işınım) Isı İletimi

Radyasyonla ısı iletimi, elektromanyetik dalgalarla gerçekleşen ısı iletimidir. Elektromanyetik dalgalar, birbirine dik iki düzlemde sinüzoidal olarak ilerleyen elektrik ve manyetik alanlar ile bu dalgalara eşlik eden kütsüz enerji parçacıklarından (foton) oluşur (Cihan ve Dilmaç 2003). Isı ışınımı gazları ısıtmadan geçerler. Isı ışınımı sayesinde dünyamız yaşam için gerekli ısıyı Güneş' ten sağlar. Enerjinin elektromanyetik dalgalarla iletilmesine radyasyonla **ısı iletimi** denir. Bu şekilde iletim için arada madde olması gerekmez. İletim boşlukta da gerçekleşebilir (Meral 2005).

İki farklı sıcaklıktaki cisim, birbirlerini görüyorlarsa, ışınım ile enerji iletimi başlar. Soğuk cisme ulaşan ışınım enerjisinin bir bölümü cisme vardığında kısmen emilir, kısmen geri yansıtılır. Bu olaylar yapılarda sık sık meydana gelen olaylardır (Yıldız 1998).

2.2.4. Buharlaşma-Yoğuşma İle Isı İletimi

Hava bir gaz karşımıdır ve bu karşımın içinde su buharı bulunmaktadır. Hava taşıyabileceği maksimum su buharı miktarı hacimce % 4' ü geçemez fakat bu değer sabit değildir (Tezcan 1970). Bütün maddeler buharlaşma sırasında çevreden enerji alırlar, sıvı faza geçerken de bu enerjiyi çevreye verirler. Bu şekilde bir ısı döngüsü oluşur. Buharlaşma ısısı, 1 kg maddeyi buharlaştırmak için gerekli ısı miktarıdır. Suyun buharlaşma ısısı $2,5 \cdot 10^6$ Joule' dür. Bina kabuğunda yer alan küçük gözeneklerdeki nemin, sıcak ve soğuk yüzeyler arasında buharlaşma-yoğuşması sonucu önemli miktarda ısı iletimi gerçekleşir. Kapalı yüzme havuzları vb. büyük miktarlarda su kütlelerinin bulunduğu hacimlerde de, bu yolla enerji iletimi önem kazanır (Dilmaç 2006).

Bina kabuğunda meydana gelen ısı iletimi, kabuğun bünyesindeki malzemelerin kalınlığına (d) ve malzemelerin içyapı özelliklerine bağlı ısıl iletkenlik katsayısına (λ) bağlıdır. Isıl iletkenlik katsayısı (λ), homojen bir malzemenin denge şartları altında, iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı 1 K olduğu zaman, 1 saatte $1m^2$ kalınlıktan geçen ısı miktarıdır. Birimi W/mK ' dir (Yıldız 1998).

2.3. Isı İletim Rejimleri

Isı iletimi zamanla değişen bir büyüklüktür ve zamanla gösterdiği değişime göre farklı rejimler tanımlanır. Bu rejimler iki şekilde gruplandırılır:

- Sabit rejim (kararlı rejim)
- Değişken rejim

Sabit rejim, sabit sıcaklıklar etkisinde meydana gelen ısı iletimidir. Bu rejimin en önemli özelliği herhangi iki çeşit zaman aralığında iletilen ısı miktarı aynıdır.

Değişken rejim ise değişken sıcaklıklar etkisinde meydana gelen ısı iletimidir. Herhangi iki eşit zaman aralığında iletilen ısı miktarı değişkendir. Binalarda yaz aylarında terasların ve dış duvarların güneş yönündeki konumlarına göre dış yüzeylerinin sıcaklıkları dış hava sıcaklığından oldukça fazla olur. Sıcaklık yükselmeleri ve düşüşleri de aynı oranda büyüktür. Binalarda, değişken rejimin bir alt grubu olan periyodik rejim esas alınır. Bu rejimden sıcaklığın 24 saatlik periyotla ve sinüzoidal bir değişim gösterdiği kabul edilir. İç ortam sıcaklığı da bu değişimi belirli bir genlik azalması ve faz kayması ile takip eder. Her yapının dış duvarlarının

etkisi altında bulunduğu periyodik ısınma ve soğuma olaylarının değişimi ise periyodik rejimde ısı iletimi ile incelenir.

Sabit rejim şartlarında sadece elemanın ısıl iletimine karşı gösterebildiği ısıl direnç önemlidir. Bu direnç üzerine ise o elemanı oluşturan katmanlardaki malzemelerin ısıl iletkenlik değerleri (λ) ve katman kalınlığı (d) etkendir. Her katmanın ısıl direnci “ d/λ ” büyüklüğü ile belirlenir ve bunların toplamları elemanın sıcak ve soğuk yüzeyleri arasındaki toplam ısıl direncini verir. Tabakaların sıralanmasının elemanın davranışı üzerine bir etkisi yoktur. Bu yaklaşımla sadece elemandan iletilen ısı enerjisi miktarı ve kesit sıcaklıkları hesaplanır.

Sabit rejim şartlarında, homojen bir malzemedeki ısı akısı en genel haliyle (1) nolu eşitlik ile ifade edilir (Anonim 2008).

$$q = -\lambda * \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

Eşitlik (1)'de;

q : Isı akısını (birim alandan birim zaman da iletilen ısı enerjisi miktarı) (W/m^2),

λ : Isıl iletkenliği (W/mK),

$\frac{dT}{dx}$: Sıcaklık gradyanını (sıcaklık değişim eğrisinin eğimi) (K/m),

T : Sıcaklığı ($^{\circ}C, K$),

x : Kalınlığı (m) göstermektedir.

d kalınlığında, iki yüzü arasındaki sıcaklık farkı ($\theta_e - \theta_i$) olan homojen bir elemanda ısı akısı ise (2) nolu denklemlerle hesaplanabilir:

$$q = \frac{\lambda}{d} * (\theta_e - \theta_i) \quad (2)$$

d kalınlığında, çok tabakalı ve ayırdığı ortamlar arasındaki sıcaklık farkı ($\theta_e - \theta_i$) olan elemanda ise ısı akısı (3), (4) ve (5) nolu eşitliklerden faydalanılarak hesaplanır.

$$q = U * (\theta_e - \theta_i), \quad (3)$$

$$U = \frac{1}{R_i + R + R_e}, \quad (4)$$

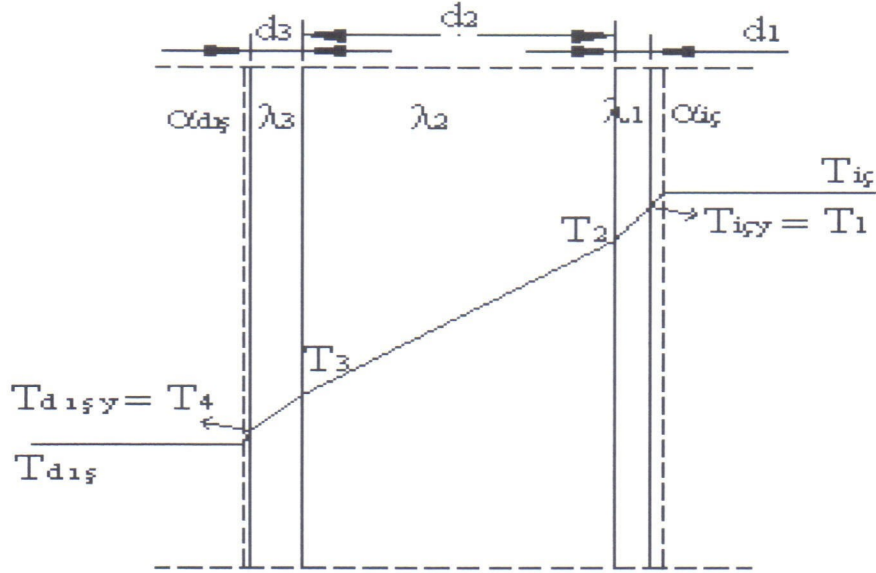
$$R = \sum \frac{d}{\lambda} \quad (5)$$

Kesit sıcaklıkları (6) nolu, iç yüzey ve dış yüzey sıcaklıkları ise sırasıyla (7) ve (8) nolu eşitlikler ile belirlenir (Şekil 1):

$$T_n = T_{n-1} - q \cdot (R) \quad (6)$$

$$T_{içy} = T_{iç} - q \cdot (R_i) \quad (7)$$

$$T_{dış} = T_{dışy} - q \cdot (R_e) \quad (8)$$



Şekil 2.3 Sabit rejim şartlarında çok katmanlı elemanda kesit içinde sıcaklık değişimi.

Sabit rejim şartlarında (kış şartlarında) binaların ısı performansının incelenmesi TS 825'deki kurallara göre yapılmaktadır. TS 825 ile ilgili detaylı açıklamalar ilerleyen bölümlerde verilmiştir.

Sabit rejimde yapılan kabuller gerçeklerden önemli sapmalar gösterir. Ancak hesaplamalar basittir. Dolayısıyla gerçek şartlardan olan bütün farklılığa rağmen, uzun süre ısı akımı hesaplarında bu rejim kullanılmış ve halen kullanılmaktadır.

Değişken rejim şartlarında ise elemanın ısı direncinin yanında, elemandan ısının geçiş hızı ve elemanda ısının depolanabilme kapasitesi de önemlidir. Bu özellikler üzerinde, elemanı oluşturan malzemelerin ısı iletkenliğinin yanında özgül ısıların ve yoğunlukların da büyük önemi vardır. Ayrıca elemanın davranışı üzerinde, katmanların sıralanışı da etkilidir. Bu yaklaşımda ısı iletimi miktarı ve kesit sıcaklıklarının yanında ortam sıcaklıkları değişim genliklerinin oranı ve dış sıcaklığın iç ortamı etkilemesi için geçen süre de hesaplanır (Cihan 2005).

$$\text{Değişken rejim şartlarında } \frac{dT}{dt} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2} \quad (9)$$

formülü kullanılır. Formülde, $\alpha = \lambda/\rho c$: yayılım katsayısı, λ :ısı iletkenliği (W/mK), ρ :yoğunluk (kg/m³), c :özgül ısı (J/(kg/m³)) dır.

Bu formüle göre herhangi bir kesitteki sıcaklığın zamana göre değişimi, sıcaklığın x' e göre değişiminin ikinci türevi ile orantılıdır. α Katsayısını da incelediğimizde sıcaklığın zamana göre değişimi malzeme üzerinde malzemelerin ısı iletkenliği ile doğru, özgül ısı ve yoğunluk ile ters orantılı olarak etkilenmektedir. İkinci derecede türev bulunduran bu denklem çözümündeki zorluklardan dolayı, bu yaklaşım standart ve yönetmeliklerde ancak yaz konforunun incelenmesi amaçlandığı zaman tercih edilmektedir.

2.4. Isı Köprüleri

Isı köprüleri ortalama ısı iletiminden çok daha yüksek ısı iletiminin olduğu bölgelerdir. Yüksek ısı iletimi, ya farklı ısı iletimine sahip malzemelerin yan yana getirilmesi yada elemanın geometrisinden (köşeler, balkon–duvar döşemelerinin kenarları) meydana gelmektedir.

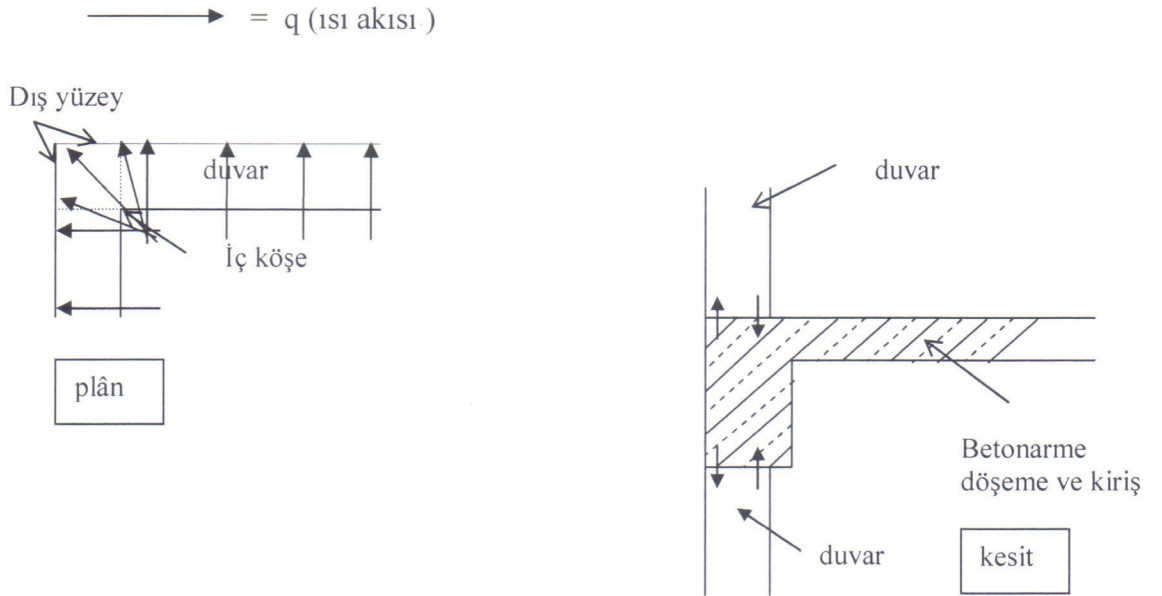
Elemanın geometrisinden kaynaklanan ısı köprüleri, kaçınılması oldukça zor olan ve ancak mimari biçimlendirme ile çözülebilecek problemlerdir. Buna karşılık farklı ısı iletkenliğine sahip malzemelerin yan yana getirilmesi sonucu meydana gelen ısı köprülerinin olumsuz etkileri, uygulama detaylarının doğru seçilmesi ile önemli ölçüde azaltılabilir. Isı köprülerinde ısı iletiminin fazla olmasının iki nedeni vardır:

- Isı köprüsü oluşturan malzemelerin ısı iletkenliğinin yüksek olması,
- Yan yana gelen farklı ısıl iletkenliğine sahip malzemeler arasında, yüzey normaline paralel ısı akımlarına ilave olarak, yüzey normaline dik yanal ısı akımlarının da meydana gelmesi.

Isı köprülerinden kaynaklanan sorun sadece enerji kaybı değildir. Bu kayıplar sebebiyle, ısı köprülerinin azalan iç yüzey sıcaklığı ile oda içindeki konfor üzerinde de olumsuz etkisi vardır ve bu durum yoğuşma, nem, küflenme, çatlama vs gibi başka problemlere de yol açabilir. Sonuç olarak ısı köprülerinin doğru olarak projelendirilmesi ve uygun bir şekilde yalıtımı önemli yararlar sağlar. Ayrıca, ısı kaybı hesaplarında da bu olumsuzlukların dikkate alınması gerekmektedir.

2.4.1. Elemanın Geometrisinden Kaynaklanan Isı Köprüleri

Yapı elemanlarının köşe noktalarında düşük sıcaklığa sahip dış yüzey miktarı yüksek sıcaklıktaki çizgisel iç yüzeye oranla çok fazla olduğu için bu bölgelerde fazladan ısı kayıpları gerçekleşir. Bu kayıpları önlemek mümkün değildir, ancak sürekli ısı yalıtımı ile azaltılabilir (Dilmaç 2006).



Şekil 2.4. Elemanın köşe noktalarında oluşan ısı köprüleri (Dilmaç 2006).

2.4.2. Farklı Isıl İletkenliğe Sahip Malzemelerin Yan Yana Getirilmesiyle Oluşan Isı Köprüleri

İnşaat sektöründe en çok yapılan hatalardan biri farklı ısı iletkenliğine sahip malzemelerin yan yana kullanılmasıdır. Bazen montaj için kaçınılmaz olan bu durum, çoğunlukla bilgi eksikliğinden kaynaklanmaktadır.

3. TS 825 “ BİNALARDA ISI YALITIM KURALLARI ” STANDARDINA GÖRE HESAP METODU

Bu çalışma, döşeme ve kirişlerden oluşan ısı köprülerinin ve tek boyutlu hesaplarda dikkate alınabilmesinin değerlendirilmesi amacıyla yönelik olduğundan, öncelikle tek boyutlu ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplandığı denklemlerle ilgili açıklamalar verilmiştir. Bu hesap metodu ise TS 825’de açıklanmaktadır (Anonim 2008).

Tek Bölge İçin Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesabı:

Yapılarda tek bölge için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı aşağıdaki formülle bulunur.

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} \quad (10)$$

$$Q_{ay} = \left[H(\theta_i - \theta_e) - \eta_{ay} (\varphi_{i,ay} + \varphi_{g,ay}) \right] t \quad (11)$$

Bu formülde;

$Q_{yıl}$: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Joule),

Q_{ay} : Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Joule),

H : Binanın özgül ısı kaybı (W/K),

θ_i : Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı (°C, K),

θ_e : Aylık ortalama dış ortam sıcaklığı (°C, K),

η_{ay} : Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü (-),

$\varphi_{i,ay}$: Aylık ortalama iç kazançlar(sabit alınabilir) (W),

$\varphi_{g,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (W),

t : Zaman (bir ay = 86400 x 30) (sn).

Not: (11) no’ lu formülde köşeli parantez içindeki ifadenin pozitif olduğu aylar için toplama yapılacaktır. Negatif olan aylar dikkate alınmaz.

Binanın Özgül Isı Kaybının Hesabı (H):

Binanın özgül ısı kaybı (H), iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (H_T) ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybının (H_v) toplanması ile bulunur.

$$H = (H_T + H_v) \quad (12)$$

İletim yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının Hesabı:

İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (13) numaralı formülle hesaplanır. Bu formülde yapı elemanlarının bünyesinden iletilen ısı kaybına, varsa ısı köprülerinden iletilen ısı kaybı eklenir. Isı köprüsü, bitişik yüzeye göre kompozisyonu değişik, ısı kaybı binanın ortalama ısı kaybından daha yüksek ve kışın kararlı durum için iç yüzey sıcaklığının, daha düşük olduğu bölümdür.

$$H_T = \sum AU + \ell \cdot U_\ell \quad (13)$$

A : Yapı elemanının alanı (m^2),

U : Yapı elemanının ısıl geçirgenliği (W/m^2K),

ℓ : Isı köprüsünün uzunluğu (m),

U_ℓ : Isı köprüsünün doğrusal ısıl geçirgenliği (W/mK).

Isı köprüsünün doğrusal ısıl geçirgenliği (U_ℓ), ısı köprüsünün U değerinin ısı köprüsünün genişliği ile çarpımına ξ faktörünün eklenmesiyle (14) nolu eşitlikteki gibi hesaplanır (Cihan 2004). Dilmaç ve Kesen (2003) yapılan çalışmada U değerinin $Q_{yıl}$ üzerindeki etkisi görülebilir. (13) ve (14) nolu eşitliklerde görüldüğü üzere, ısı köprüsü ile ilgili hesaplamalarda yüzeye dik doğrultudaki bir boyutlu ısı iletimine ilave olarak yanıl kayıplar da dikkate alınmaktadır.

$$U_\ell = b \cdot U_{IK} + \xi \quad (14)$$

b : Isı köprüsünün genişliği (m),

U_{IK} : Isı köprüsünün U - değeri (W/m^2K),

ξ : Isı köprüsüne bağlı bir faktör (W/mK).

$$\sum AU = A_D \cdot U_D + A_P \cdot U_P + U_k \cdot A_k + 0,8 \cdot A_T \cdot U_T + 0,5 \cdot A_t \cdot U_t + A_d \cdot U_d + 0,5 \cdot A_{dsc} \cdot U_{dsc} \quad (15)$$

Burada;

U_D : Dış duvarın ısıl geçirgenlik katsayısı (W/m^2K),

A_D : Dış duvar alanı (m^2),

U_P : Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K),

A_P : Pencere alanı (m^2),

U_T : Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K),

A_T : Tavanın alanı (m^2),

U_k : Dış kapının ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)

A_k : Dış kapının alanı (m^2)

U_t : Zemine oturan tabanın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K),

A_t : Zemine oturan tabanın alanı (m^2),

U_d : Dış hava ile temas eden duvarın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K),

A_d : Dış hava ile temas eden duvarın alanı (m^2),

U_{dsic} : Düşük sıcaklıktaki hava ile temas eden yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K),

A_{dsic} : Düşük sıcaklıktaki hava ile temas eden yapı elemanlarının alanı (m^2).

Not: Çatı döşemesi doğrudan dış hava ile temas ediyorsa formülde yer alan 0,8 katsayısı 1 olarak alınır.

Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının Hesabı:

Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı şu şekilde hesaplanır:

$$H_h = \rho \cdot c \cdot V^1 = \rho \cdot c \cdot n_h \cdot V_h = 0.33 \cdot n_h \cdot V_h \quad (16)$$

Burada;

ρ : Havanın birim hacim kütlesi (kg/m^3),

c : Havanın özgül ısısı (J/kgK),

V^* : Hacimsel hava değişimi debisi (m^3/h),

n_h : Hava değişim sayısı (h^{-1}),

V_h : Havalandırılan hacim ($V_h=0,8 \times V_{brüt}$) (m^3).

“ ρ ” ve “ c ” sıcaklık ve basınca bağlı olarak az da olsa değişir, fakat aşağıdaki denklemde bu durum ihmal edilmiştir. Alınan değerler 20 °C ve 100 kPa içindir. Giren ve çıkan hava arasındaki entalpi artışı ihmal edilmiştir. 0,33 katsayısının hesabında kullanılan eşitlik yukarıda verilmiştir.

Aylık Ortalama İç Kazançların Hesabı ($\Phi_{i,ay}$):

İç kazançlar aşağıdaki verileri kapsar:

- İnsanlardan kaynaklanan metabolik ısı kazançları
- Sıcak su sisteminden kaynaklanan ısı kazançları
- Yemek pişirme işleminden kaynaklanan ısı kazançları
- Aydınlatma sisteminden kaynaklanan ısı kazançları
- Binalarda kullanılan muhtelif elektrikli cihazlardan kaynaklanan ısı kazançları

Ortalama değerler ile çalışılması halinde, aydınlatma dışındaki değerler yıl boyunca sabit kabul edilir. TS 825 te aydınlatmadan kaynaklanan kazançlar da sabit kabul edilmiştir. Bu değer;

$$\text{Konutlarda : } \phi_{i,ay} \leq 5 \times A_n \text{ (W)} \quad (17)$$

$$\text{Ticarî Binalarda : } \phi_{i,ay} \leq 10 \times A_n \text{ (W)} \quad (18)$$

Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Kazançları ($\Phi_{s,ay}$):

Bu madde pencerelerden direk güneş ışınımını tarif etmektedir. Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\Phi_{s,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i \quad (19)$$

Burada;

$r_{i,ay}$: i yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü (-),

$g_{i,ay}$: i yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü (-),

$I_{i,ay}$: i yönündeki dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınım şiddeti (W/m^2),

A_i : i yönündeki toplam pencere alanı (m^2).

“i” yönüne bakan saydam elemanların aylık ortalama güneş enerjisi geçirme faktörü ($g_{i,ay}$), laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışınlar için güneş enerjisi geçirme faktörü (g_{\perp})’nün %80’i alınarak hesaplanır:

$$g_{i,ay} = 0.80 \cdot g_{\perp} \quad (20)$$

Standard, “r” ve “g” değerlerinin aylar arasında veya yönler arasında değişebileceğini kabul etmiştir. Ancak gerçek şartlara uygun olduğunda, sabit alınmasında da bir mahzur yoktur. Bu değerler için üçer farklı durum tanımlanmıştır. “r_{i,ay}”, ayırık (müstakil) ve az katlı (3 kata kadar) binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için 0.8, ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmeye maruz kalan yerleşim bölgelerinde 0.6, bitişik nizam ve/veya çok katlı binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için 0.5 olarak verilmektedir. “g_⊥” ise, tek cam için 0.85, çok katlı cam (berrak) için 0.75, ısı geçirgenlik değeri 2 W/m²K olan ısı yalıtım birimleri için 0.50 olarak verilmektedir.

Kazanç Kullanım Faktörü (η_{ay}):

İç kazançlar ve güneş enerjisi kazançlarının toplamının, ısıtma enerjisi ihtiyacının azaltması açısından faydalı enerji olarak kabul edilmesi her zaman uygun olmaz. Çünkü ısı kazançlarının yüksek olduğu sürelerde, kazançlar anlık kayıplardan fazla olabilir veya kazançlar ısıtmanın gerekmediği zamanlarda gelebilir. Bu nedenle iç kazançlar belirli bir yararlanma faktörü ile azaltılır. Bu faktörün büyüklüğü, kazançların ve kayıpların bağıl büyüklüğüne ve binanın ısı kütlesine bağlıdır. Aylık ortalama kazanç faktörü aşağıdaki gibi hesaplanır:

Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü, aşağıda verildiği gibi hesaplanmalıdır:

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})} \quad (21)$$

Burada;

KKO_{ay} , Kazanç / Kayıp oranı olup, aşağıda verildiği gibi hesaplanmalıdır.

$$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay}) \quad (22)$$

$\theta_{i,ay}$: Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı (°C),

$\theta_{e,ay}$: Aylık ortalama dış ortam sıcaklığı (°C).

Birden Fazla Bölge İçin Yıllık Isıtma Enerjisinin Hesaplanması:

Binadaki birimler içerisinde sıcaklık farkı 4 °C den büyük ortamlar ise, farklı ısıtma bölgelerinin sınırları belirlenmeli ve hesaplar aşağıdaki verilenlerden birine göre yapılmalıdır.

- İç sıcaklık θ_i , binadaki ortalama sıcaklık olarak alınmalı ve tek bölge hesap metodu uygulanmalıdır.
- Ortalama sıcaklık hesabında tavan yüksekliği 3 m ve altında ise döşeme alanı ağırlıklı, 3 m’den yukarı ise hacim ağırlıklı ortalama değer kullanılmalıdır.

- Tek bölge hesap metodu, farklı sıcaklıktaki her bölge için ayrı ayrı uygulanmalı ve her bölgedeki ısıtma enerjisi ihtiyacı toplanmalıdır (Anonim 2008).

4. HESAPLAMALAR VE QUICKFIELD 5.1 PROGRAMI

Betonarme binalarda kolon, kiriş ve döşemeler etkin şekilde ısı köprüleri oluşturmaktadır. Kolon-duvar birleşimlerinde meydana gelen fazladan ısı kayıplarının TS 825’de açıklanan H büyüklüğü içinde ne şekilde hesaplara dahil edileceği TS EN 10211-1’de açıklanmıştır. Ancak döşeme ve kirişlerle duvarların oluşturduğu ısı köprülerinde meydana gelen fazladan ısı kayıplarının ne şekilde hesaplara katılacağı tanımlı değildir. Daha önce yapılan çalışmalarda, kiriş ve döşemelerin bina içindeki konumunun sonuçları önemli derecede etkilediği tespit edilmiştir. Bu sebeplerle kiriş ve döşemelerin teras kat ve ara katlar için ayrı ayrı değerlendirilmesi gereklidir. Bu çalışmada teras katlar incelenmiştir. Isı köprülerinin ısı davranışını etkileyen diğer parametreler aşağıda belirtilmiştir (Dilmaç ve ark. 2004);

- Isı iletkenlikleri
 - Isı köprülerinin
 - Duvarın
 - Isı yalıtım malzemesinin
 - Kalınlıklar
 - Duvarın
 - Isı yalıtım malzemesinin
 - Isı köprüsünün
 - Döşemenin
- ve

Farklı yalıtım kesitlerine göre U_{ξ} , U_{IK} ve ξ değerlerinin malzeme özelliklerinin değişimine göre incelenmesi yapılmış;

- a) Betonun ısı iletkenliğinin ve duvarın ısı iletkenliğinin sabit olması durumunda yalıtım ısı iletkenliğinin değişimi
- b) Betonun ısı iletkenliğinin ve yalıtım ısı iletkenliğinin sabit olması durumunda duvar ısı iletkenliğinin değişimi
- c) Duvar ısı iletkenliğinin ve yalıtım ısı iletkenliğinin sabit olması durumunda beton ısı iletkenliğinin değişimleri incelenmiştir. Tablolar haline getirilerek karşılaştırmaları yapılmıştır.

Daha sonra bu sonuçlardan faydalanılarak, U_{ξ} değerinin hesaplanması sırasında U_{IK} değerinin hesaplanması ve ξ ' nin belirlenmesi ile ilgili hesaplamalar yapılmıştır. Sıcaklık ve ısı akılarının belirlenmesi için sonlu elemanlar metodunu kullanan QuickField 5.1 paket programından faydalanılmıştır.

4.1. QuickField 5.1 Programına Veri Girişi

İlk olarak yalıtımın ve ısı köprülerinin bulunduğu kesitler programa ölçekli olarak grafik şeklinde girilmiştir. Kesit elemanlarının ısı iletimi değerleri, dış ortam ve iç ortam sıcaklıkları belirtilmiş, eksenler ise $q_n=0$ seçeneğiyle tanımlanmıştır.

Program iki boyutlu ısı iletimi çizimi yapmaktadır. Sonuç grafiklerde ısı akısı doğrultuları ve eş sıcaklık eğrileri belirtilmektedir. Kesitte istenilen çizgi veya kapalı alan için, sıcaklık ve ısı akısı ile ilgili büyüklükleri belirlemek mümkündür. Programdan elde edilen tablo değerleri Excel programına aktarılarak istenilen grafiklerin çizilmesi mümkün olmaktadır.

QuickField 5.1 programı ısı iletimi ile ilgili olarak aşağıdaki formülleri kullanmaktadır;

Düzlemsel halde lineer problemler için ısı-iletimi denklemi:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) = -q - c\rho \frac{\partial T}{\partial t} \quad (23)$$

Düzlemsel halde lineer olmayan problemler için ısı-iletimi denklemi:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial y} \right) = -q(T) - c(T)\rho \frac{\partial T}{\partial t} \quad (24)$$

T- sıcaklık ,

t- zaman ,

λ_x - katmanların ısı iletkenliği,

$\lambda(T)$ - sıcaklık değerinin bir fonksiyonu olan ısı iletkenliği,

$q(T)$ - ısı kaynaklarının güç değeri,

$c(T)$ - belirli ısı, özgül ısı,

ρ -malzemenin yoğunluğu.

Lineer hallerde, modelin her bloğu için parametrelerin hepsi değişmezdir.

Bölgenin dahili ve harici sınırları aşağıdaki sınır durumlarıyla belirtilir.

Bilinen sıcaklık durumu, modelin köşesindeki veya kenarındaki bilinen bir T_0 sıcaklık değeri belirtilir. Bu çalışmada kullanılmamıştır.

Isı akısı sınır durumu, aşağıdaki denklemlerle tanımlanır:

$$F_n = -q_s \quad - \text{ dışa doğru sınırlarda,}$$

$$F_n^+ - F_n^- = -q_s \quad - \text{ içe doğru durumlarda,}$$

Burada F_n ısı akısı yoğunluğunun normal doğrultudaki değeridir “ + ” ve “ - ” değerleri sınırın sol ve sağ tarafındaki miktarları belirtir.

İncelenen kesitlerde, kesitin gerçekte devam ettiği çizgi boyunca $q_n=0$ olarak kullanılmıştır.

Konveksiyon sınır durumu, konvektif ısı iletimini tanımlar ve aşağıdaki denklemlerle açıklanır:

$$F_n = \alpha (T - T_0) \quad (25)$$

Burada α değeri yüzeysel iletim değeri ve T_0 temas halindeki akışkan ortamın sıcaklığıdır.

Bu çalışmada iç ve dış ortamlarla ilgili olarak bu şart kullanılmıştır.

Radyasyon sınır durumu, radyasyon ısı iletimini açıklar ve aşağıdaki denklemlerle tanımlanır:

$$F_n = k_{SB} \beta (T^4 - T_0^4), \quad (26)$$

Burada k_{SB} değeri Stephan-Boltsman sabitidir, β bir yayma katsayısı, T_0 ortamın radyan sıcaklığıdır. Bu çalışmada kullanılmamıştır.

4.2. Kesitlerin Tanıtımı ve Değiştirilen Malzeme Özellikleri

Bu çalışmada teras kat döşemelerinde farklı yalıtım durumlarının uygulandığı dokuz ana kesit üzerinde (Şekil 4.1-4.2...4.18), duvarın ve ısı köprüsünün ısı iletkenliklerinde yapılan değişimler sonucu meydana gelen ısı akısı ve sıcaklık alanları iki boyutta hesaplanmıştır.

Hesaplamalar TS 825'in belirlediği dört farklı derece gün bölgesindeki iklim verilerine göre yapılmış, ancak hesaplamaların derece gün bölgeleri ile değişmediği görülmüştür. Malzemelerin ısı iletkenlik değerlerinin değişimi yapılarak karşılaştırmalar yapılmıştır.

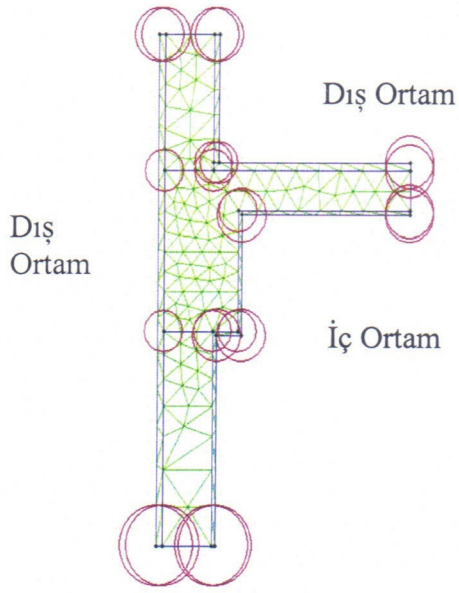
Aşağıda incelenen kesitlerle ilgili olarak kapsamlı açıklamalar yer almaktadır.

Kesitlerin Tanıtımı:

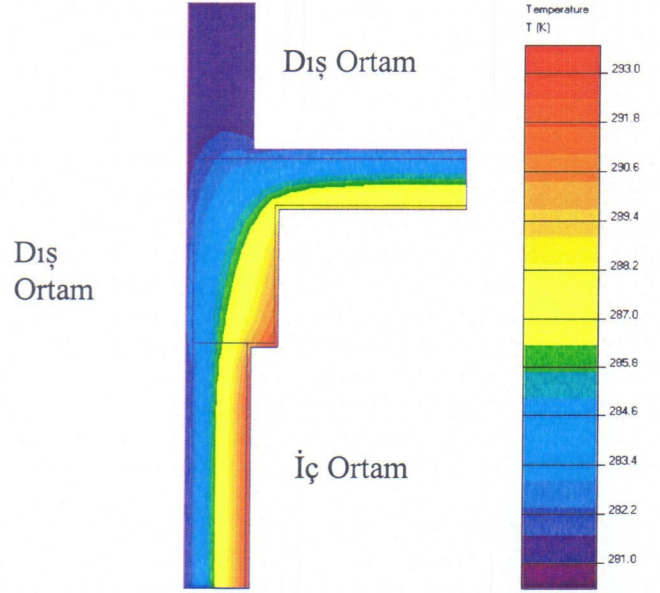
Betonarme döşeme ve kiriş ile dış duvardan oluşan kesitlerde, kiriş iç yüzünden itibaren döşemenin uzunluğu 70 cm, kiriş alt yüzeyinden itibaren duvarın uzunluğu 80 cm, kiriş üst yüzeyinden itibaren duvarın uzunluğu 50 cm'dir. Kiriş kalınlığı 30 cm, duvar kalınlığı 20 cm, döşeme kalınlığı 15 cm, kiriş ve döşeme toplam yüksekliği 60 cm dir.

Kesitler, farklı ısı iletkenlik değerlerine ($\lambda_{\text{yalıtım}} = 0,03 \text{ W/mK}$, $\lambda_{\text{yalıtım}} = 0,04 \text{ W/mK}$, $\lambda_{\text{yalıtım}} = 0,05 \text{ W/mK}$, $\lambda_{\text{beton}} = 2,1 \text{ W/mK}$, $\lambda_{\text{beton}} = 1,5 \text{ W/mK}$, $\lambda_{\text{beton}} = 1,2 \text{ W/mK}$, $\lambda_{\text{beton}} = 0,9 \text{ W/mK}$, $\lambda_{\text{duvar}} = 0,45 \text{ W/mK}$, $\lambda_{\text{duvar}} = 0,30 \text{ W/mK}$, $\lambda_{\text{duvar}} = 0,15 \text{ W/mK}$) göre incelenmiştir. Kesitlerle ilgili kapsamlı açıklamalar ve iki boyutlu analiz sırasında kullanılan "mesh" (Şekil 4.1-4.3-4.5...4.17) arasında gösterilmiştir ve ısı akısı ve sıcaklık eğrileri $\lambda_{\text{beton}} = 2,1 \text{ W/mK}$ ve $\lambda_{\text{duvar}} = 0,45 \text{ W/mK}$ malzeme özelliklerine sahip, 1. derece gün bölgesi kesitlerinden elde edilmiştir. Kesitlerin yalıtım durumlarına göre dış sıva ve iç sıva ısı iletkenlik değerleri hazırlanan Excel çizelgelerinde verilmektedir (Ek1-Ek2...Ek15).

Kesit 11: Yalıtımsız Durum (parapet tuğla)

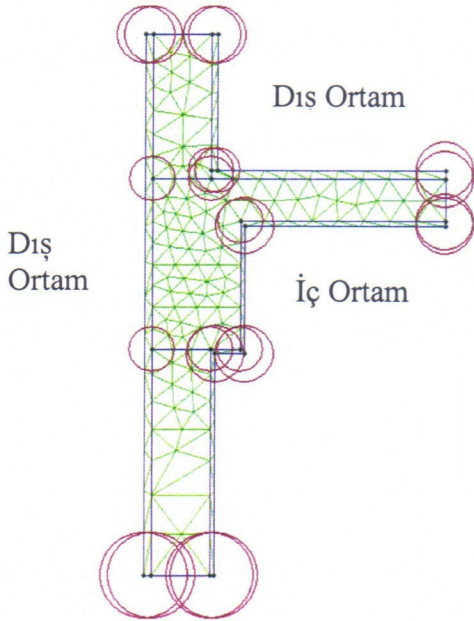


Şekil 4.1. Yalıtımsız durum için QuickField 5.1'de incelenen "mesh" durumu ("Node" sayısı 182)

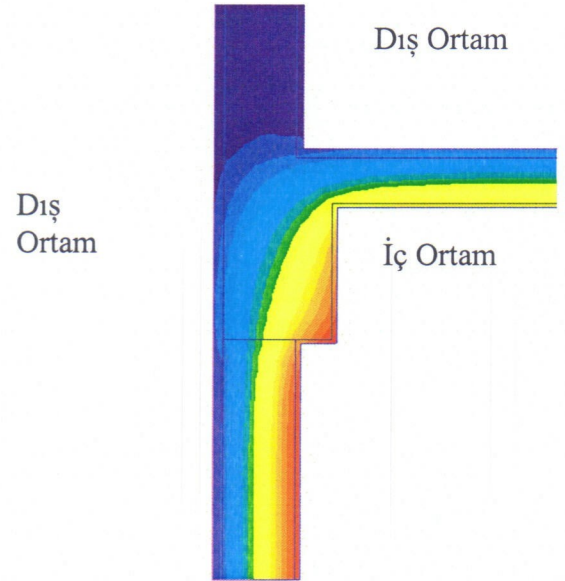


Şekil 4.2. Yalıtımsız durumda sıcaklık dağılımı

Kesit 12: Yalıtımsız Durum (parapet betonarme)

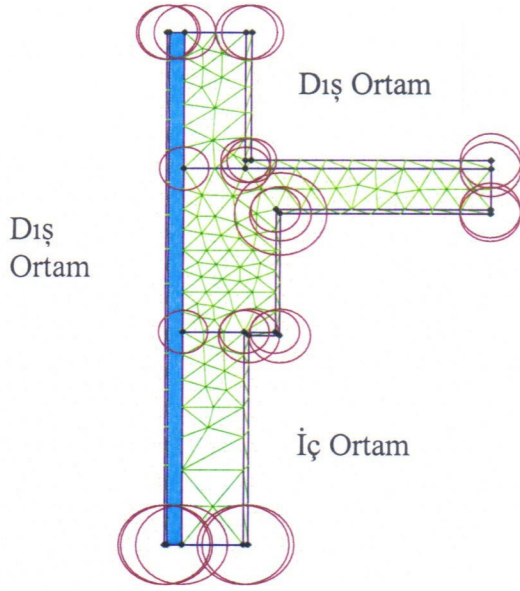


Şekil 4.3. Yalıtımsız durum için QuickField 5.1'de incelenen "mesh" durumu ("Node" sayısı 182)

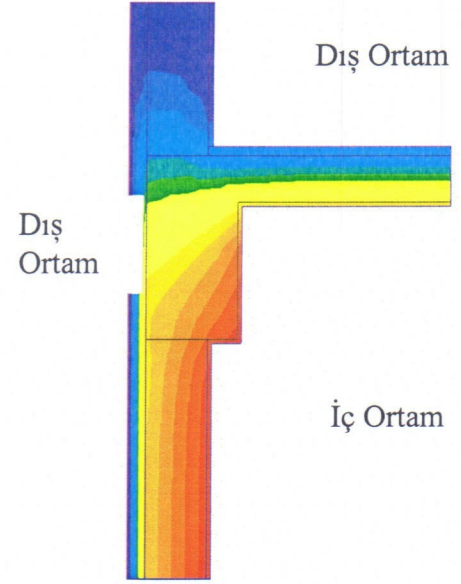


Şekil 4.4. Yalıtımsız durumda sıcaklık dağılımı

Kesit 13: Dışarıdan Yalıtımlı

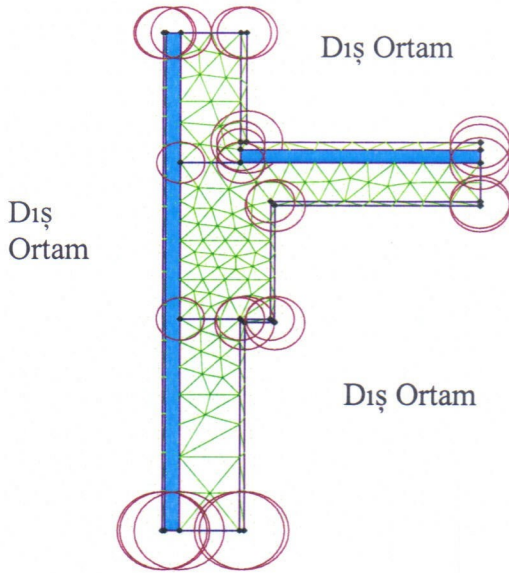


Şekil 4.5. Dışarıdan yalıtımlı durum için QuickField 5.1'de incelenen "mesh" durumu ("Node" sayısı 190)

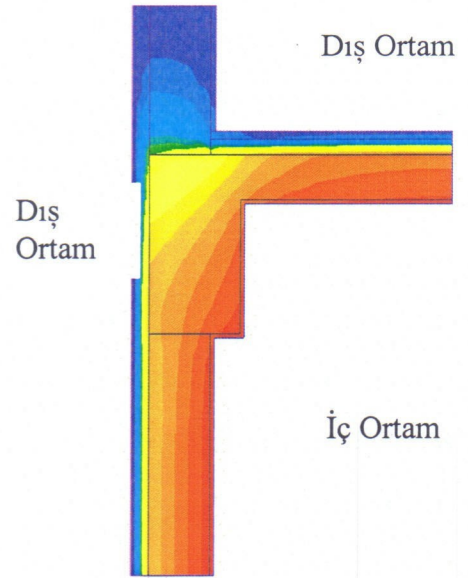


Şekil 4.6. Dışarıdan yalıtım durumunda sıcaklık dağılımı

Kesit 14: Dışarıdan Ve Teras Üstü Yalıtımlı

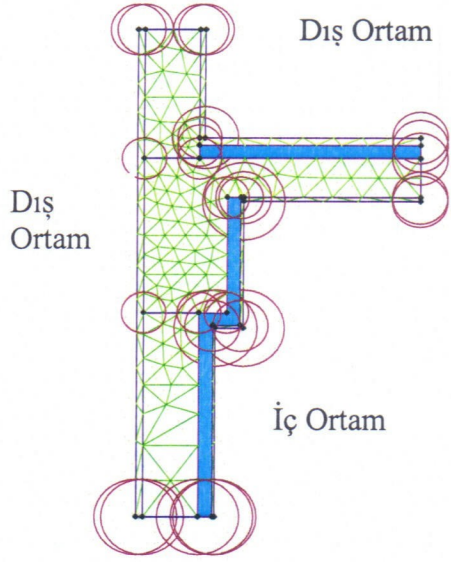


Şekil 4.7. Dışarıdan ve teras üstü yalıtım için QuickField 5.1'de incelenen "mesh" durumu ("Node" sayısı 197)

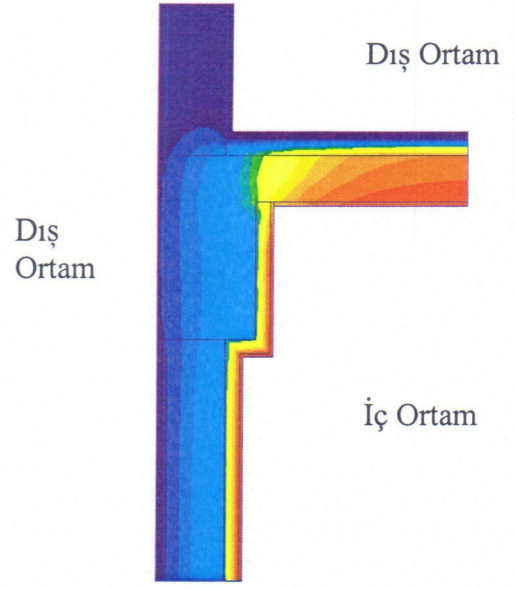


Şekil 4.8. Dışarıdan ve teras üstü yalıtım durumunda sıcaklık dağılımı

Kesit 15: İçerden Ve Teras Üstü Yalıtımlı

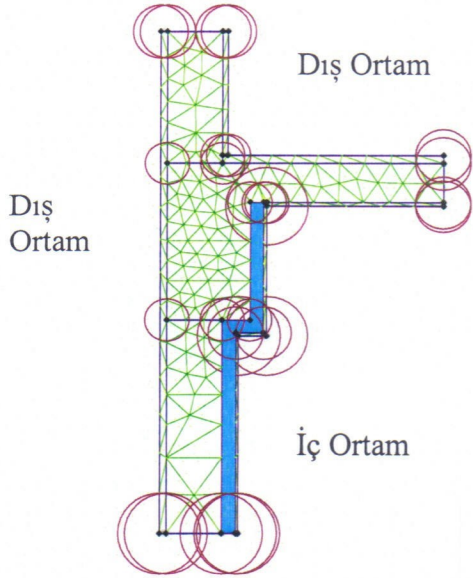


Şekil 4.9 İçerden ve teras üstü yalıtım için QuickField 5.1'de incelenen "mesh" durumu ("Node" sayısı 199)

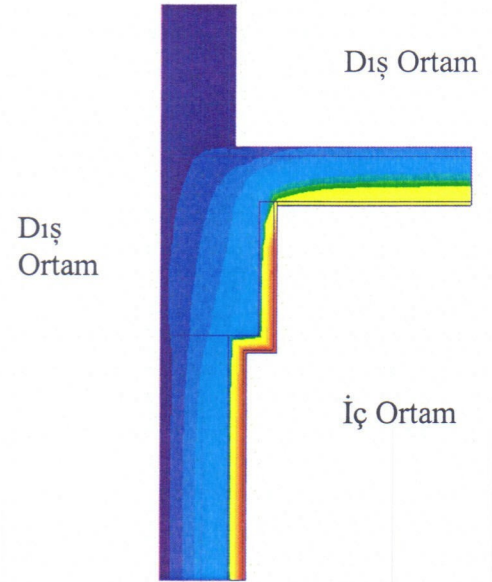


Şekil 4.10. İçerden ve teras üstü yalıtım durumunda sıcaklık dağılımı

Kesit 15-2: İçerden Yalıtım

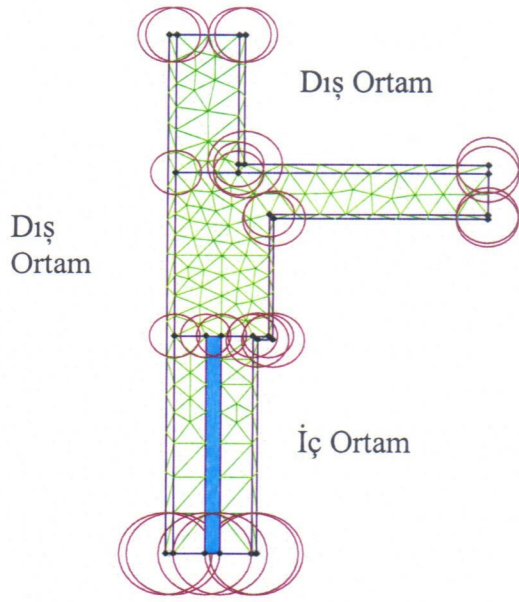


Şekil 4.11.İçerden yalıtım durumu için QuickField 5.1'de incelenen "mesh" durumu ("Node" sayısı 191)

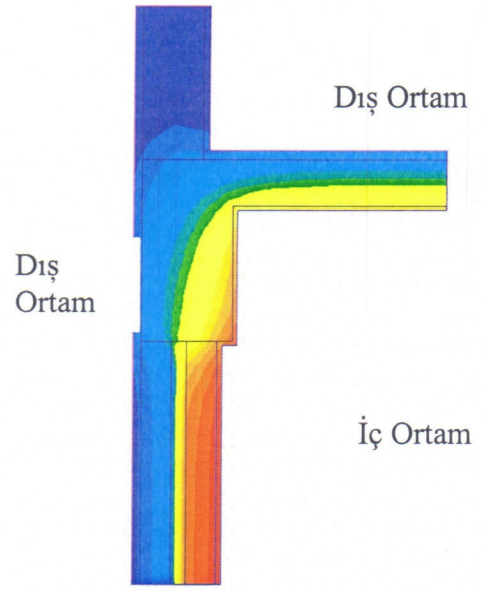


Şekil 4.12.İçerden yalıtım durumunda sıcaklık ve dağılımı

Kesit 16: Çift Duvar Arası Yalıtım

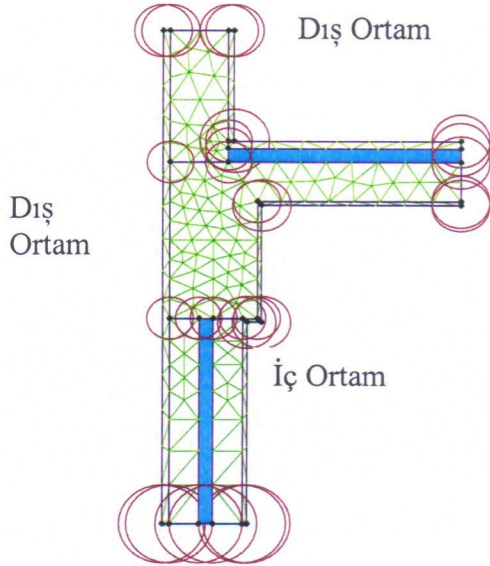


Şekil 4.13. Çift duvar arası yalıtım için QuickField 5.1'de incelenen "mesh" durumu ("Node" sayısı 190)

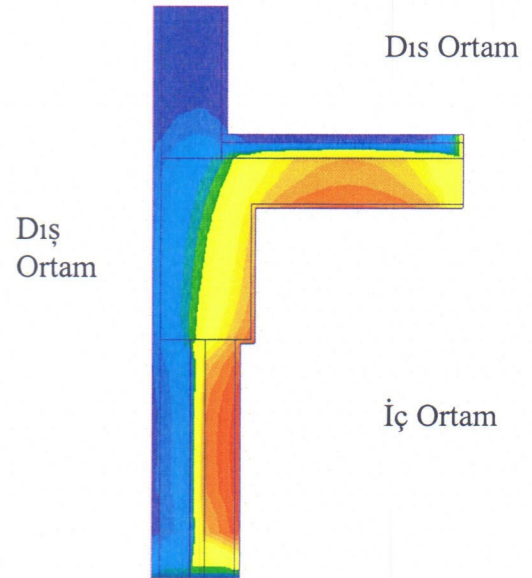


Şekil 4.14. Çift duvar arası yalıtım durumunda sıcaklık dağılımı

Kesit 16-2: Çift Duvar Arası Ve Teras Yalıtımlı

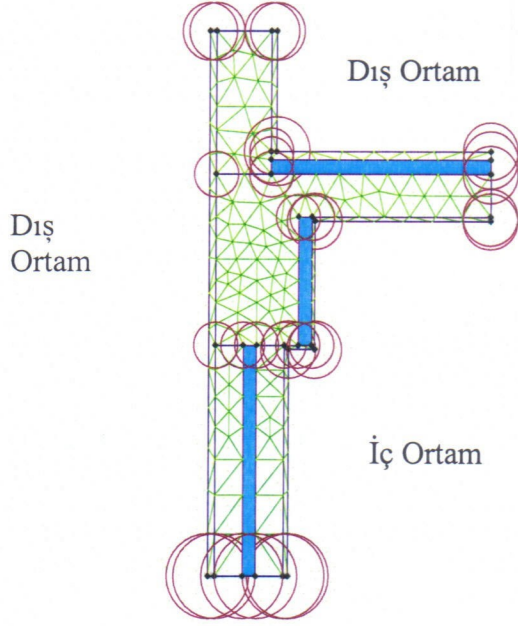


Şekil 4.15. Çift duvar arası ve teras yalıtımı için QuickField 5.1'de incelenen "mesh" durumu ("Node" sayısı 202)

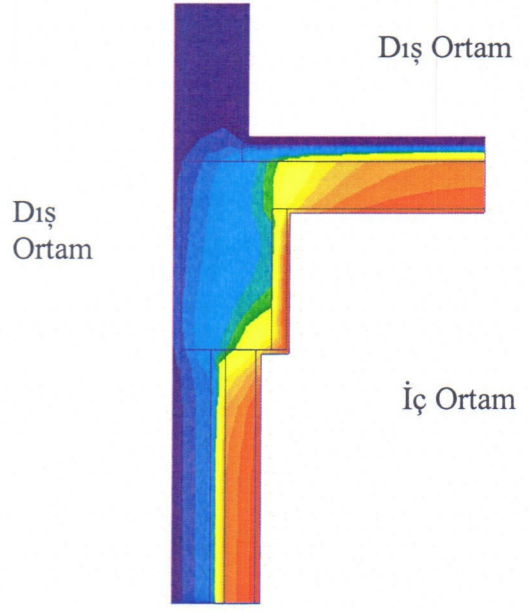


Şekil 4.16. Çift duvar arası ve teras yalıtımlı durumda sıcaklık dağılımı

Kesit 17: Çift Duvar Arası, Teras Üstü Ve Kiriş İç Yüzü İçerden Yalıtımlı



Şekil 4.17.Çift duvar arası, teras üstü ve kiriş iç yüzü içerden yalıtım için QuickField 5.1'de incelenen "mesh" durumu ("Node" sayısı 197)



Şekil 4.18.Çift duvar arası, teras üstü ve kiriş iç yüzü içerden yalıtım durumunda sıcaklık dağılımı

4.3. Teraskat Döşemesinde Quick Field 5.1 Programında Kesitlerin İncelenmesi

Bu bölümde verilen kesitler üzerinde istenilen malzeme özellikleri değiştirilerek sistem QuickField 5.1 programında gerçekleştirilen analiz sonrası, ısı köprüsü bölgesi üç kısımda incelenmek koşuluyla Şekil 4.19, 4.20 ve 4.21’ de, her bir bölgede meydana gelen bileşke q_a , yatay q_x , düşey q_y ısı akısı değerleri ile φ bileşke ısı akısı açısı, ‘ $\int ds$ ’ bölümüne girilip ‘Average volume heat flux density’ bölümünden alınmıştır. Bu işlem için ısı köprüsünün incelenen her bir parçasında kapalı konturlar oluşturulmuştur. Bunun için belirlenen sıfır noktasından başlanılarak saat yönünün tersine doğru bir çevrim yapılmış ve tekrar başlangıç noktası olan sıfır noktasına dönülerek kapalı bir blok kontur elde edilmiştir. İkinci bölge için sıfır noktası ilk blok konturun sağ alt köşesi seçilerek çevrim gerçekleştirilmiştir. Üçüncü bölge de aynı işlemler uygulanarak kontur bloğu belirlenmiştir. Isı köprüsünü oluşturan kiriş ve döşeme kısmında iç yüzey ve dış yüzey sıcaklıkları bu yüzeylerde oluşturulan doğrusal konturlar ile hesaplandıktan sonra ‘Excel’ programına aktarılarak ortalama iç ve dış yüzey sıcaklıkları hesaplanmıştır.

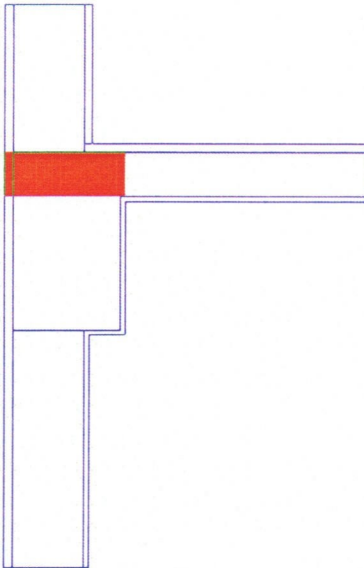
Aşağıda genel bir örnek olarak, malzeme özellikleri verilen kesitte QuickField 5.1 programına göre kesit incelemesi yapılmış ve elde edilen q_a , q_x , q_y ve φ değerleri gösterilmiştir.

11. Kesit (Sıvalı) Yalıtımsız Durumda :

$$\lambda_{\text{beton}} = 2,1 \text{ W/mK}, \lambda_{\text{duvar}} = 0,45 \text{ W/mK}$$
$$\lambda_{\text{ds}} = 0.87 \text{ W/mk}, \lambda_{\text{is}} = 0.87 \text{ W/mK}$$

Girilen Kontur Koordinatları

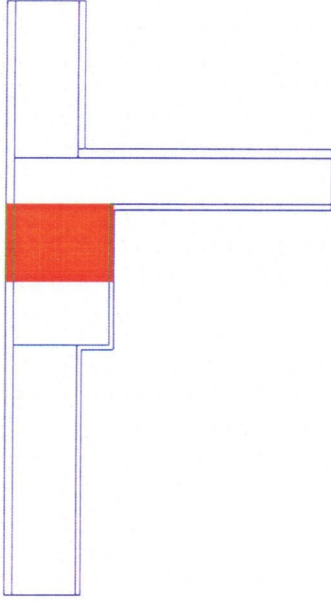
X= 11,5	X=-22,5	X=-22,5	X= 11,5	X=11,5
Y= 0	Y= 0	Y=-15	Y= -15	Y= 0



q_a , q_x , q_y ve φ Değerleri

$$q_a = 22,882 \text{ w/m}^2$$
$$q_{ax} = -14,828 \text{ w/m}^2$$
$$q_{ay} = 17,427 \text{ w/m}^2$$
$$\varphi = 130,39^\circ$$

Şekil 4.19. QuickField 5.1 programında kontur oluşturulması.



Girilen Kontur Koordinatları

X= 11,5	X= -22,5	X=-22,5	X= 11,5	X=11,5
Y=-15	Y= -15	Y=-40	Y= -40	Y= -15

q_a , q_x , q_y ve φ Değerleri

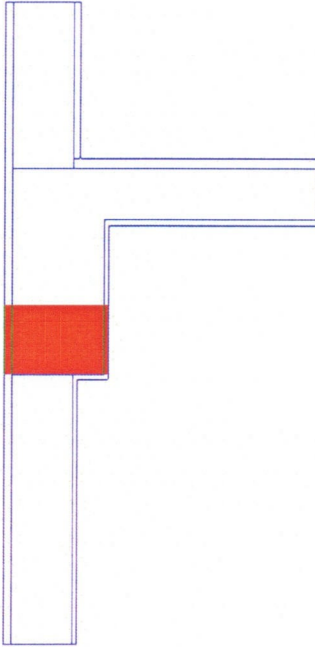
$$q_a = 31,861 \text{ w/m}^2$$

$$q_{ax} = -29,356 \text{ w/m}^2$$

$$q_{ay} = 12,384 \text{ w/m}^2$$

$$\varphi = 157,13^\circ$$

Şekil 4.20. QuickField 5.1 programında kontur oluşturulması.



Girilen Kontur Koordinatları

X= 11,5	X= -22,5	X=-22,5	X= 11,5	X=11,5
Y=-40	Y= -40	Y=-60	Y= -60	Y= -40

q_a , q_x , q_y ve φ Değerleri

$$q_a = 38,496 \text{ w/m}^2$$

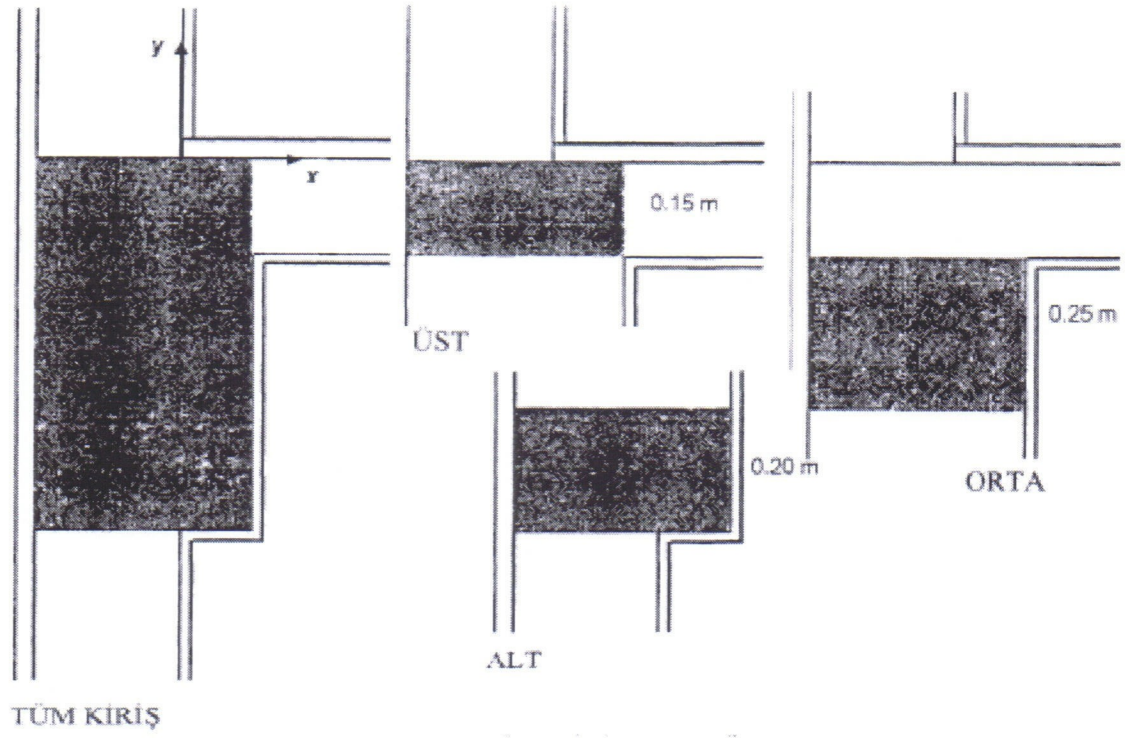
$$q_{ax} = -37,405 \text{ w/m}^2$$

$$q_{ay} = 9,1005 \text{ w/m}^2$$

$$\varphi = 166,33^\circ$$

Şekil 4.21. QuickField 5.1 programında kontur oluşturulması.

Bu incelemelerden sonra, her kesit için iç yüzey ve dış yüzey sıcaklıkları (T_{iy} , T_{dy}) aynı analiz için çizilen konturlardan tablo halinde elde edilmektedir. Tablo değerleri Excel sayfasına taşınarak ortalamaları hesaplanmaktadır. Şekil 4.19, 4.20 ve 4.21' de görülen kesit için hesaplanan yüzey sıcaklıkları aşağıda örnek olarak belirtilmiştir: $T_{dy}=9^\circ\text{C}$, $T_{iy}= 15.5^\circ\text{C}$



Şekil 4.22. Tüm kiriş kesitinde ve farklı dilimlerde hesaplanan ısı akısı detay gösterimi (Dilmaç ve ark. 2004).

5. HESAP SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Binaların ısıtma amaçlı enerji ihtiyacını sınırlayan ve kullanılacak hesap metodunu açıklayan TS 825`de, ısı köprülerinin dikkate alınması için lineer ısıl iletkenliği (U_{ℓ}) tanımlanmaktadır. U_{ℓ} değerlerinin hesaplanması için ise, TS EN 10211-1`de tanımlanan metodun kullanılması istenmiştir. Fakat TS EN 10211-1 sadece kolon-duvar birleşimleri için U_{ℓ} değerinin hesap metodunu belirlemektedir; U_{ℓ} değerinin döşeme duvar birleşimleri için nasıl hesaplanacağı tanımlı değildir.

TÜBİTAK-İÇTAG (2005) tarafından desteklenen “Döşemelerde Yanal Isı Kayıplarının Hesaplanması İçin Parametrelerin Belirlenmesi” başlıklı proje kapsamında, döşeme-kiriş-duvar birleşimlerinde ısı kaybı ve sıcaklık alanının belirlenmesi ve bu birleşimlerde TS 825`de tanımlanan U_{ℓ} değeri için gerekli parametreler belirlenmiştir. QuickField 5.1 programında incelenen kesitlere ait grafiklerde q_x sembolü ile yatay doğrultuda oluşan ısı akıları gösterilmektedir. q_x değerinin (-) işaretli olması ısı kaybının sağdan sola olduğunu belirtmektedir. Yatay q_x bileşeni kesitlerde içerden dışarıya doğru olduğundan bütün kesitlerde yatay bileşenin değeri (-) dir. Düşey q_y bileşeni ise, yukarıda aşağıya doğru ise (-), aşağıdan yukarıya doğru ise (+) olarak gösterilmiştir. QuickField 5.1 programında teras kat döşemelerinde incelenen 9 farklı kesitte, ısı köprüsünün üç ayrı bölgede incelenmesi sonucunda elde edilen q_x , q_y bileşenleri, iç yüzey ve dış yüzey ortalama sıcaklıkları Excel tablolarına aktararak incelemeler yapılmıştır.

Malzeme özellikleri değiştirilerek, bu değişimlerin ısı köprüleri üzerindeki etkileri ısı köprüsü boyunca meydana gelen yanal ve düşey kayıplar göz önünde bulundurularak iki boyutlu ısı kayıpları hesaplanmıştır.

Hazırlanan Excel tablolarında R_i ve R_e , ısı köprüsü kalınlığı ve ısıl iletkenliği, iç ve dış sıva kalınlıklarıyla ısıl iletkenlik değerleri ve yalıtım malzemesinin kullanıldığı durumlarda yalıtım malzemesi kalınlığı ve ısıl iletkenliği kullanılmıştır. QuickField 5.1 programından elde edilen değerler tablolara aktarılarak ΔT “iç ve dış yüzeyler arasındaki sıcaklık farkı”, yatay doğrultuda ısıl geçirgenlik değeri U_{IK} , düşey doğrultuda ısıl geçirgenlik değeri ve buna bağlı olarak ξ

değerleri hesaplanarak ısı köprülerinde meydana gelen ısı kayıpları iki boyutlu olarak hesaplanmıştır.

Isı köprüsünü oluşturan elemanlarda malzeme özelliklerindeki değişim sonucunda da ısı iletkenlik değerlerindeki artışın ΔT üzerindeki etkileri Eklerdeki çizelgelerde görülmektedir.

Yatay ve düşey ısı akılarındaki değişim üzerinde yalıtımın şeklinin, ısı köprüsünü oluşturan elemanların ısı iletkenliklerinin etkisi görülmektedir. Isı köprüsünü oluşturan elemanlarda ısı iletkenliğinin azaltılması sonucunda aynı yalıtım uygulamalarında, yatayda bileşke ısı akısı ve düşeyde toplam ısı akısı değerlerinde, dolayısıyla ısı enerjisi kayıplarında azalmalar gözlenirken, duvar elemanlarında ısı iletkenlik değerlerinin azaltılıp ısı köprüsünü oluşturan elemanlarda sabit tutulması sonucunda ısı köprülerinde oluşan ısı akısı değerlerinde küçük artışlar gözlenmektedir. Bunun nedeni olarak ısı kayıplarının belli bir değerin altına düşürmek mümkün olmadığından diğer elemanların ısı iletkenliklerindeki azalmaların, ısı köprüsüyle bu elemanın birleşim noktalarında daha fazla zorlanmalara yol açarak ısı köprüsünde mevcut kayıpların artmasına neden olmasıdır.

Isı köprüsünde oluşan toplam kayıplar iki boyutlu olarak ele alınmalıdır. Yanal kayıplara ilave olarak bu bölgelerde mevcut düşey ısı akısı kayıplarının değeri ihmal edilemeyecek boyutlara ulaşabilir. TS 825’ de belirtilen formülasyonda:

$$U_{\ell} = b \cdot U_{IK} + \xi \quad \text{şeklinde hesaplanır.}$$

Isı köprüsünün doğrusal geçirgenliği U_{ℓ} , “ x ” eksenini doğrultusundaki kayıplara bağlı olarak hesaplanan U_{IK} ’nın ısı köprüsü genişliğiyle çarpımına, “ y ” eksenini doğrultusundaki kayıplara bağlı olarak hesaplanan ξ ’nin eklenmesi sonucu bulunmuştur. U_{IK} hesaplanırken:

$$U_{IK} = \frac{1}{\frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_e} + \frac{\sum d}{\sum \lambda}} \quad \text{formülü kullanılmıştır.}$$

Döşeme plâğı ve girişlerden oluşan ısı köprülerinde U_{IK} ’nın hesaplanması sırasında döşeme plâğının kalınlığının hangi değer alınacağı sorun oluşturmaktadır. Hesapların basitleştirilmesi için döşeme plâğının giriş kalınlığında kesildiği farz edilmiştir. Ancak döşeme plâğının içeri doğru uzaması sebebiyle meydana gelen fazladan ısı kayıplarının U_{IK} hesabında dikkate

alınması gerekmektedir. Bu sebeple gerçek durumdaki ısı iletimini ifade etmek için, giriş kalınlığına indirgenen kesitin ısıl direncinin fazladan ısı kayıplarını dengeleyecek şekilde azaltılması (tek boyutlu ısı iletimi şartları için kullanılan klasik U_{IK} bağıntısında yalıtım kalınlığının azaltılması) gerekmektedir. Bunun için QuickField 5.1 programının iki boyutlu analizi sonucu her dilim için belirlenen q_x değerleri aşağıdaki denklem kullanılarak ısı köprüsü için ortalama bir q_x elde edilmiştir.

$$q_x = \frac{0.15 * q_{xüst} + 0.25 * q_{xorta} + 0.20 * q_{xalt}}{0.60} \quad (27)$$

q_x 'in aşağıdaki bağıntıyı sağlayacağı bilinen bir durumdur:

$$q_x = 1/R * (T_{iy} - T_{dy}) \quad (28)$$

QuickField 5.1 programında her kesit için iç yüzey ve dış yüzey sıcaklıkları (T_{iy} , T_{dy}) aynı analiz için çizilen konturlardan tablo halinde elde edilmektedir. Tablo değerleri Excel sayfasına taşınarak ortalamaları hesaplanmaktadır. Paket programdan elde edilen sonuçlar (28) nolu denklem de yerine konularak q_x 'i sağlayan ısıl geçirgenlik Λ hesaplanmış ve iki boyutlu analiz sonucunda belirlenen q_x 'lerden elde edilmiş değer olduğunu ifade etmek amacıyla (Λ_{q_x}) olarak gösterilmiştir. Bu değerden hareketle bu geçirgenliği sağlayacak şekilde elemanlara ait kalınlıkların belirlenmesi yalıtımlı ve yalıtımsız durum için aşağıda belirtilen (29), (30) nolu denklemlere göre belirlenmiştir;

$$\text{Yalıtımsız durumda} \quad \left(\frac{1}{R_{q_x}} - \frac{d_{içsıva}}{\lambda_{içsıva}} - \frac{d_{dışsıva}}{\lambda_{dışsıva}} \right) \times \lambda_{beton} = d_{beton} \quad (29)$$

$$\text{Yalıtımlı durumda} \quad \left(\frac{1}{R_{q_x}} - \frac{d_{beton}}{\lambda_{beton}} - \frac{d_{içsıva}}{\lambda_{içsıva}} - \frac{d_{dışsıva}}{\lambda_{dışsıva}} \right) \times \lambda_{yalıtım} = d_{yalıtım} \quad (30)$$

U_{IK} değerleri malzeme özelliklerine ve malzeme kalınlıklarına bağlı olarak değişimler gösterir. Bu değişimler üzerinde ısı köprüsünün ısıl iletkenliğinin değişmesinin etkisi önemli ölçüdedir.

ξ değerleri QuickField 5.1 programından alınan değerlere göre hesaplanırken, ısı köprüsü kalınlığı, sıva kalınlıkları ve yalıtım malzemesi mevcut ise yalıtım malzemesinin kalınlığına

bağlı olarak hesaplanır. ξ değerleri bulunur iken dūşey ısı akılarının toplamı ile ısı köprüsünün var ise sıva ve yalıtım kalınlıklarına bağlı toplam kalınlığı ile çarpılarak, ısı köprüsünün iç ile dış yüzeyleri arası sıcaklık farkına bölümünden elde edilir.

Çizelge 5.1. Duvar Malzemesinin ısı iletkenliğinin değışiminin U_{IK} değerine etkisi

YALITIM DURUMU	$(\lambda_{\text{Beton}}=1,2 \text{ W/mK } \lambda_{\text{Yalıtım}}=0,03 \text{ W/mK}$ sabit alınarak duvarın ısı iletkenliği değıştirilmiştir)		$(\lambda_{\text{Beton}}=1,5 \text{ W/mK } \lambda_{\text{Yalıtım}}=0,03 \text{ W/mK}$ sabit alınarak duvarın ısı iletkenliği değıştirilmiştir)		$(\lambda_{\text{Beton}}=2,1 \text{ W/mK } \lambda_{\text{Yalıtım}}=0,03 \text{ W/mK}$ sabit alınarak duvarın ısı iletkenliği değıştirilmiştir)	
	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,15$ W/mK	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,3$ W/mK	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,15$ W/mK	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,3$ W/mK	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,15$ W/mK	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,3$ W/mK
YALITIMSIZ (parapet tuğla)	2,15	2,15	2,40	2,40	2,79	2,79
YALITIMSIZ (parapet Beton)	2,15	2,15	2,40	2,40	2,79	2,79
Dışarıdan Yalıtımlı	0,55	0,56	0,59	0,60	0,70	0,69
Dışarıdan ve Teras Üstü Yalıtımlı	0,58	0,63	0,69	0,66	0,64	0,71
İçerden Yalıtımlı	0,95	0,94	1,05	1,06	1,25	1,24
İçerden ve Teras Üstü Yalıtımlı	0,71	0,71	0,75	0,77	0,89	0,89
Çift Duvar Arası Yalıtımlı	2,14	2,15	2,40	2,40	2,78	2,78
Çift Duvar Arası ve Teras Yalıtımlı	2,14	2,15	2,40	2,40	2,78	2,78
Çift Duvar Arası, teras ve Kiriş İç Yüzü Yalıtımlı	1,18	1,18	1,33	1,32	1,56	1,56

Çizelge 5.2. Duvar Malzemesinin ısı iletkenliğinin değişiminin ξ değerine etkisi

YALITIM DURUMU	$(\lambda_{\text{Beton}}=1,2 \text{ W/mK } \lambda_{\text{Yalıtım}}=0,03 \text{ W/mK}$ sabit alınarak duvarın ısı iletkenliği değiştirilmiştir)			$(\lambda_{\text{Beton}}=1,5 \text{ W/mK } \lambda_{\text{Yalıtım}}=0,03 \text{ W/mK}$ sabit alınarak duvarın ısı iletkenliği değiştirilmiştir)			$(\lambda_{\text{Beton}}=2,1 \text{ W/mK } \lambda_{\text{Yalıtım}}=0,03 \text{ W/mK}$ sabit alınarak duvarın ısı iletkenliği değiştirilmiştir)		
	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,15$ W/mK	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,3$ W/mK	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,45$ W/mK	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,15$ W/mK	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,3$ W/mK	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,45$ W/mK	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,15$ W/mK	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,3$ W/mK	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,45$ W/mK
YALITIMSIZ (parapet tuğla)	1,06	1,14	1,20	1,12	1,36	1,43	1,66	1,74	1,83
YALITIMSIZ (parapet Beton)	1,15	1,20	1,24	1,16	1,45	1,50	1,81	1,91	1,99
Dışarıdan Yalıtımlı	1,14	1,25	1,27	1,33	1,41	1,46	1,66	1,75	1,83
Dışarıdan ve Teras Üstü Yalıtımlı	0,41	0,58	0,67	0,44	0,61	0,73	0,48	0,67	0,82
İçerden Yalıtımlı	0,13	0,15	0,16	0,14	0,16	1,19	0,22	0,22	0,24
İçerden ve Teras Üstü Yalıtımlı	0,38	0,38	0,38	0,39	0,39	0,39	0,40	0,40	0,40
Çift Duvar Arası Yalıtımlı	0,94	0,98	0,98	1,12	1,16	1,20	1,42	1,47	1,52
Çift Duvar Arası ve Teras Yalıtımlı	0,36	0,43	0,48	0,40	0,48	0,53	0,45	0,54	0,61
Çift Duvar Arası, teras ve Kiriş İç Yüzü Yalıtımlı	0,29	0,35	0,40	0,30	0,37	0,42	0,38	0,39	0,43

Çizelge 5.3. Duvarı malzemesinin ısı iletkenliğinin değişiminin U_c değerine etkisi

YALITIM DURUMU	$\lambda_{\text{Beton}}=1,2$ W/mK $\lambda_{\text{Yalıtım}}=0,03$ W/mK sabit alınarak duvarın ısı iletkenliği değiştirilmiştir			$\lambda_{\text{Beton}}=1,5$ W/mK $\lambda_{\text{Yalıtım}}=0,03$ W/mK sabit alınarak duvarın ısı iletkenliği değiştirilmiştir			$\lambda_{\text{Beton}}=2,1$ W/mK $\lambda_{\text{Yalıtım}}=0,03$ W/mK sabit alınarak duvarın ısı iletkenliği değiştirilmiştir		
	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,15$ W/mK	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,3$ W/mK	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,45$ W/mK	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,15$ W/mK	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,3$ W/mK	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,45$ W/mK	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,15$ W/mK	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,3$ W/mK	$\lambda_{\text{Duvar}}=0,45$ W/mK
	YALITIMSIZ (parapet tuğla)	2,37	2,43	2,49	2,56	2,80	2,87	3,33	3,41
YALITIMSIZ (parapet Beton)	2,44	2,49	2,53	2,60	2,90	2,95	3,49	3,58	3,66
Dışarıdan Yalıtımlı	1,46	1,59	1,59	1,69	1,76	1,81	2,08	2,17	2,26
Dışarıdan ve Teras Üstü Yalıtımlı	0,76	0,96	1,07	0,81	1,00	1,15	0,87	1,10	1,27
İçerden Yalıtımlı	0,70	0,72	0,72	0,78	0,80	0,81	0,97	0,97	0,99
İçerden ve Teras Üstü Yalıtımlı	0,81	0,81	0,80	0,86	0,86	0,86	0,93	0,94	0,95
Çift Duvar Arası Yalıtımlı	2,24	2,26	2,26	2,56	2,61	2,64	3,10	3,15	3,20
Çift Duvar Arası ve Teras Yalıtımlı	1,65	1,70	1,70	1,84	1,92	1,98	2,12	2,21	2,28
Çift Duvar Arası, teras ve Kiriş İç Yüzyü Yalıtımlı	1,00	1,06	1,13	1,10	1,16	1,22	1,22	1,32	1,38

Çizelge 5.1. de görüldüğü gibi duvarın ısı iletkenlik değeri nin değ işiminin U_{IK} değ erine etkisinin dış arı dan ve teras üst ü yalıtım durumunda çok az oldu ğ u göz lenmiş ve diğ er yalıtım durumlarında U_{IK} değ erindeki fark ihmal edilebilecek durumda kalmış tır. Bu da bize ısı köprülerinde duvarın ısı iletkenliğ inin değ işiminin “x” doğ rultusundaki ısı kayıplarında çok etkin olmadı ğ ını göstermektedir

Çizelge 5.2. incelendiğ inde duvarın ısı iletkenliğ inin değ işiminde iç erden ve teras üst ü yalıtım durumunda ξ değ erinin değ işmediğ i göz lenmiş tir. İç erden yalıtım durumu en az değ işimin oldu ğ u yalıtım çeş ididir. Bunun nedeni ise betonarme kısmın yalıtılması sebebiyle düş ey ısı akılarının azalmasıdır. En büyük ξ değ erlerindeki fark yalıtımsız parapet betonda meydana gelmiş tir.

Çizelge 5.3’ te ısı l geç irgenlik katsayısı U_{ℓ} ’ nin değ işimi görülmektedir. Burada duvarın ısı l iletkenlik değ erlerinin dış arı dan yalıtım ve dış arı dan ve teras üst ü yalıtımda etkili oldu ğ u diğ er kesitlerde değ işimin U_{ℓ} değ erleri üzerinde anlamlı farklar ortaya ç ıkarmadı ğ ı görülmüş tür. Bu sonuç bize duvarın düşük ya da yüksek ısı l iletkenlik değ erine sahip olması durumunda dahi toplam ısı akısı üzerinde çok az değ işime neden olacağ ını göstermektedir.

Beton ısı l iletkenlik değ erlerinin artması ile elde edilen ξ değ erler tablosuna bakıldığında artış ların birbirleri arasında daha fazla oldu ğ u, ancak duvarın ısı l iletkenlik değ erlerinin artmasıyla elde edilen ξ değ erler tablosunda ise artış ların az oldu ğ u göz lenmektedir.

Burada duvarın ısı l iletkenliğ inin değ işiminin ısı köprüsündeki etkisinin az olacağ ı, fakat duvar kalınlı ğ ının ısı köprüsüne etkisinin daha fazla olacağ ı açıktır.

Çizelge 5.4. Yalıtım Malzemesinin ısıl iletkenliğinin değişmesinin U_{IK} değerine etkisi

YALITIM DURUMU	$\lambda_{\text{Beton}}=1,2$ W/mK $\lambda_{\text{Duvar}}=0,30$ W/mK sabit alınarak yalıtım ısıl iletkenliği değiştirilmiştir			$\lambda_{\text{Beton}}=1,5$ W/mK $\lambda_{\text{Duvar}}=0,30$ W/mK sabit alınarak yalıtım ısıl iletkenliği değiştirilmiştir			$\lambda_{\text{Beton}}=2,1$ W/mK $\lambda_{\text{Duvar}}=0,30$ W/mK sabit alınarak yalıtım ısıl iletkenliği değiştirilmiştir		
	$\lambda_{\text{Yalıtım}}=0,03$ W/mK	$\lambda_{\text{Yalıtım}}=0,04$ W/mK	$\lambda_{\text{Yalıtım}}=0,05$ W/mK	$\lambda_{\text{Yalıtım}}=0,03$ W/mK	$\lambda_{\text{Yalıtım}}=0,04$ W/mK	$\lambda_{\text{Yalıtım}}=0,05$ W/mK	$\lambda_{\text{Yalıtım}}=0,03$ W/mK	$\lambda_{\text{Yalıtım}}=0,04$ W/mK	$\lambda_{\text{Yalıtım}}=0,05$ W/mK
YALITIMSIZ (parapet tuğla)	2,15	2,15	2,15	2,40	2,40	2,40	2,79	2,79	2,79
YALITIMSIZ (parapet Beton)	2,15	2,15	2,15	2,40	2,40	2,40	2,79	2,79	2,79
Dışarıdan Yalıtımlı	0,57	0,69	0,70	0,60	0,65	0,73	0,70	0,75	0,80
Dışarıdan ve Teras Üstü Yalıtımlı	0,63	0,72	0,80	0,66	0,76	0,84	0,71	0,81	0,91
İçerden Yalıtımlı	0,94	1,00	1,04	1,06	1,11	1,16	1,25	1,31	1,35
İçerden ve Teras Üstü Yalıtımlı	0,71	0,79	0,84	0,77	0,86	0,93	0,89	0,98	1,05
Çift Duvar Arası Yalıtımlı	2,14	2,14	2,14	2,40	2,40	2,40	2,78	2,78	2,78
Çift Duvar Arası ve Teras Yalıtımlı	2,14	2,14	2,14	2,40	2,40	2,40	2,78	2,78	2,78
Çift Duvar Arası,teras ve Kiriş İç Yüzü Yalıtımlı	1,17	1,20	1,23	1,32	1,35	1,38	1,56	1,58	1,61

Çizelge 5.5. Yalıtım Malzemesinin ısı iletkenliğinin değişmesinin ξ değerine etkisi

YALITIM DURUMU	$\lambda_{\text{Beton}}=1,2$ W/mK $\lambda_{\text{Duvar}}=0,30$ W/mK sabit alınarak yalıtım ısı iletkenliği değiştirilmiştir			$\lambda_{\text{Beton}}=1,5$ W/mK $\lambda_{\text{Duvar}}=0,30$ W/mK sabit alınarak yalıtım ısı iletkenliği değiştirilmiştir			$\lambda_{\text{Beton}}=2,1$ W/mK $\lambda_{\text{Duvar}}=0,30$ W/mK sabit alınarak yalıtım ısı iletkenliği değiştirilmiştir		
	$\lambda_{\text{yalıtım}}=0,03$ W/mK	$\lambda_{\text{yalıtım}}=0,04$ W/mK	$\lambda_{\text{yalıtım}}=0,05$ W/mK	$\lambda_{\text{yalıtım}}=0,03$ W/mK	$\lambda_{\text{yalıtım}}=0,04$ W/mK	$\lambda_{\text{yalıtım}}=0,05$ W/mK	$\lambda_{\text{yalıtım}}=0,03$ W/mK	$\lambda_{\text{yalıtım}}=0,04$ W/mK	$\lambda_{\text{yalıtım}}=0,05$ W/mK
YALITIMSIZ (parapet tuğla)	1,14	1,14	1,14	1,36	1,36	1,36	1,74	1,74	1,74
YALITIMSIZ (parapet Beton)	1,20	1,20	1,20	1,45	1,45	1,45	1,91	1,91	1,91
Dışarıdan Yalıtımlı	1,25	1,25	1,26	1,41	1,40	1,40	1,75	1,75	1,75
Dışarıdan ve Teras Üstü Yalıtımlı	0,58	0,59	0,62	0,61	0,64	0,67	0,67	0,71	0,75
İçerden Yalıtımlı	0,15	0,16	0,18	0,16	0,18	0,19	0,22	0,20	0,21
İçerden ve Teras Üstü Yalıtımlı	0,38	0,44	0,49	0,39	0,46	0,52	0,40	0,48	0,55
Çift Duvar Arası Yalıtımlı	0,98	0,99	0,99	1,16	1,17	1,18	1,47	1,48	1,49
Çift Duvar Arası ve Teras Yalıtımlı	0,43	0,45	0,47	0,48	0,50	0,52	0,54	0,57	0,60
Çift Duvar Arası,teras ve Kiriş İç Yüzü Yalıtımlı	0,35	0,38	0,40	0,37	0,40	0,43	0,39	0,41	0,44

Çizelge 5.6. Yalıtım Malzemesinin Isıl İletkenliğinin Değişmesinin U_f Değerine Etkisi

YALITIM DURUMU	$\lambda_{\text{Beton}}=1,2$ W/mK $\lambda_{\text{Duvar}}=0,30$ W/mK sabit alınarak yalıtım ısı iletkenliği değiştirilmiştir			$\lambda_{\text{Beton}}=1,5$ W/mK $\lambda_{\text{Duvar}}=0,30$ W/mK sabit alınarak yalıtım ısı iletkenliği değiştirilmiştir			$\lambda_{\text{Beton}}=2,1$ W/mK $\lambda_{\text{Duvar}}=0,30$ W/mK sabit alınarak yalıtım ısı iletkenliği değiştirilmiştir		
	$\lambda_{\text{Yalıtım}}=0,03$ W/mK	$\lambda_{\text{Yalıtım}}=0,04$ W/mK	$\lambda_{\text{Yalıtım}}=0,05$ W/mK	$\lambda_{\text{Yalıtım}}=0,03$ W/mK	$\lambda_{\text{Yalıtım}}=0,04$ W/mK	$\lambda_{\text{Yalıtım}}=0,05$ W/mK	$\lambda_{\text{Yalıtım}}=0,03$ W/mK	$\lambda_{\text{Yalıtım}}=0,04$ W/mK	$\lambda_{\text{Yalıtım}}=0,05$ W/mK
YALITIMSIZ (parapet tuğla)	2,43	2,43	2,43	2,80	2,80	2,80	3,41	3,41	3,41
YALITIMSIZ (parapet Beton)	2,49	2,49	2,49	2,90	2,90	2,90	3,58	3,58	3,58
Dışarıdan Yalıtımlı	1,60	1,65	1,69	1,76	1,79	1,83	2,17	2,20	2,23
Dışarıdan ve Teras Üstü Yalıtımlı	0,96	1,02	1,09	1,00	1,09	1,18	1,10	1,20	1,29
İçerden Yalıtımlı	0,72	0,76	0,80	0,80	0,84	0,89	0,97	0,98	1,02
İçerden ve Teras Üstü Yalıtımlı	0,81	0,91	1,00	0,86	0,98	1,08	0,94	1,07	1,18
Çift Duvar Arası Yalıtımlı	2,27	2,28	2,28	2,61	2,62	2,63	3,15	3,16	3,17
Çift Duvar Arası ve Teras Yalıtımlı	1,70	1,71	1,71	1,92	1,94	1,97	2,21	2,24	2,27
Çift Duvar Arası, teras ve Kiriş İç Yüzü Yalıtımlı	1,06	1,10	1,14	1,16	1,21	1,26	1,32	1,36	1,41

Çizelge 5.4. incelendiğinde yalıtımın ısı iletkenliğinin değışimi durumunda U_{IK} üzerindeki etkisi görölmektedir. Çizelgede kırmızı ile yazılmış olan satırlarda yalıtım ısı iletkenliğinin değışimi durumunda U_{IK} üzerinde bir etkisinin olmadığı görölmüştür. Özellikle çift duvar arası ve çift duvar arası ve teras yalıtımlı olan kesitlerde yalıtımın değışiminin etkisinin olmadığı görölmüştür. Bu durum bize çift duvar arası yalıtım yapılmasının neredeyse hiç etkisinin olmadığını göstermiştir. En düşük değerler dışarıdan yalıtım durumunda meydana gelmiştir. Yalıtımın ısı iletkenlik değerinin değışimi U_{IK} üzerinde çok farklılıklar ortaya koymamıştır fakat ihmal edilecek değerler de değildir. Sonuç olarak U_{IK} değışimi üzerinde yalıtımın etkisi vardır ancak düşük düzeydedir.

Çizelge 5.5.' te ξ değeriindeki değışimler görölmektedir. Yalıtımsız parapet beton, yalıtımsız parapet tuğla ve dışarıdan yalıtım durumları incelendiğinde bu kesitler için yalıtımın ısı iletkenlik değerinin değışiminin ξ üzerinde etkisi olmadığı görölmektedir. Diğer yalıtım durumları incelendiğinde de farkların çok az olduğu hatta bazılarının neredeyse ihmal edilebilecek (çift duvar arası yalıtım gibi) durumda olduğu görölmektedir.

Çizelge 5.6 da U_{ℓ} değışimleri gözlenmektedir. Yalıtım ısı iletkenlik değerinin değışiminin ısı köprüsü üzerinde etkisi genel olarak görölmektedir. Yalıtımsız parapet tuğla, yalıtımsız parapet beton, çift duvar arası yalıtım ve çift duvar ve teras üstü yalıtım durumlarında değışim olmadığı görülecektir. U_{ℓ} ' deki değışim bu dört kesit (yalıtımsız parapet tuğla, yalıtımsız parapet beton, çift duvar arası yalıtım ve çift duvar ve teras üstü yalıtım) dışında büyük farklar oluşturmamıştır.

Burada yalıtımın ısı iletkenlik değışiminin ξ , U_{IK} ve U_{ℓ} tablolarında büyük değışim yapmadığı görölmektedir.

Çizelge 5.7. Beton Malzemesinin Isıl İletkenliğinin Değişmesinin U_{IK} Değerine Etkisi

YALITIM DURUMU	$(\lambda_{Düvar}=0,30 \text{ W/mK } \lambda_{Yalıtım}=0,03 \text{ W/mK}$ sabit alınarak beton ısı iletkenliği değiştirilmiştir)		
	$\lambda_{beton}=1.2 \text{ W/mK}$	$\lambda_{beton}=1.5 \text{ W/mK}$	$\lambda_{beton}=2.1 \text{ W/mK}$
YALITIMSIZ (parapet tuğla)	2,15	2,40	2,79
YALITIMSIZ (parapet Beton)	2,15	2,40	2,79
Dışarıdan Yalıtımlı	0,57	0,60	0,70
Dışarıdan ve Teras Üstü Yalıtımlı	0,63	0,66	0,71
İçerden Yalıtımlı	0,94	1,06	1,25
İçerden ve Teras Üstü Yalıtımlı	0,71	0,75	0,89
Çift Duvar Arası Yalıtımlı	2,14	2,40	2,78
Çift Duvar Arası ve Teras Yalıtımlı	2,14	2,40	2,78
Çift Duvar Arası, teras ve Kiriş İç Yüzü Yalıtımlı	1,17	1,32	1,56

Çizelgede 5.7. incelendiğinde betonun ısı iletkenliğinin değişiminde önemli ısı kayıpları meydana getirmiştir.

Teras kat döşemelerinde, çift duvar arası yalıtımın uygulandığı kesitlerde U_{IK} değerlerinin yalıtımsız kesitlere yakın çıktığı görülmüştür.

Yalıtımsız durumlar ile çift duvar arası yalıtımlı durumlar arasında inceleme yapıldığında bu iki yalıtım arasında çok fark olmadığı ve çift duvar arası yalıtımın ısı kayıplarını önlemeye etkisinin çok az olduğu gözlenmiştir.

Dışarıdan yalıtımlı kesit en verimli kesit ve “ x ” doğrultusunda en az kayıpların olduğu kesittir. Betonun ısı iletkenlik değerindeki değişim arttıkça U_{IK} üzerinde anlamlı farklar ortaya çıkmış ve artımlar dışarıdan ve teras üstü yalıtım durumunda en düşük değerleri almıştır.

Çizelge 5.8. Beton malzemesinin ısı iletkenliğinin değişmesinin ξ değerine etkisi

YALITIM DURUMU	$(\lambda_{\text{Duvar}}=0,30 \text{ W/mK } \lambda_{\text{Yalıtım}}=0,03 \text{ W/mK}$ sabit alınarak beton ısı iletkenliği değiştirilmiştir)		
	$\lambda_{\text{beton}}=1.2 \text{ W/mK}$	$\lambda_{\text{beton}}=1.5 \text{ W/mK}$	$\lambda_{\text{beton}}=2.1 \text{ W/mK}$
YALITIMSIZ (parapet tuğla)	1,14	1,36	1,74
YALITIMSIZ (parapet Beton)	1,20	1,45	1,91
Dışarıdan Yalıtımlı	1,26	1,41	1,75
Dışarıdan ve Teras Üstü Yalıtımlı	0,58	0,61	0,67
İçerden Yalıtımlı	0,15	0,16	0,22
İçerden ve Teras Üstü Yalıtımlı	0,38	0,39	0,40
Çift Duvar Arası Yalıtımlı	0,98	1,16	1,47
Çift Duvar Arası ve Teras Yalıtımlı	0,43	0,47	0,54
Çift Duvar Arası,teraz ve Kiriş İç Yüzü Yalıtımlı	0,35	0,37	0,39

Çizelge 5.8 de Beton ısı iletkenlik değeri artıkça yanal ısı kayıpları artmaktadır, yanal ısı kayıplarında en büyük fark yalıtımsız parapet betonda meydana gelmiştir. İçerden ve teras üstü yalıtımlı durumda, ξ değerlerinin çok değişmediği, bunun betonarme kısmın yalıtımın dışında kalması nedeniyle meydana geldiği düşünölmektedir. En düşük ξ değeri içerden yalıtımlı durumda meydana gelmiştir. Yanal ısı kayıplarının hesaba katılmasından dolayı ξ değerleri yalıtımsız parapet tuğla ve yalıtımsız parapet beton için farklı bulunmuştur.

Çizelge 5.9. Beton malzemesinin ısı iletkenliğinin değişmesinin U_{ℓ} değerine etkisi

YALITIM DURUMU	$(\lambda_{\text{Duvar}}=0,30 \text{ W/mK } \lambda_{\text{Yalıtım}}=0,03 \text{ W/mK}$ sabit alınarak beton ısı iletkenliği değiştirilmiştir)		
	$\lambda_{\text{beton}}=1.2 \text{ W/mK}$	$\lambda_{\text{beton}}=1.5 \text{ W/mK}$	$\lambda_{\text{beton}}=2.1 \text{ W/mK}$
YALITIMSIZ (parapet tuğla	2,43	2,80	3,41
YALITIMSIZ (parapet Beton)	2,49	2,90	3,58
Dışarıdan Yalıtımlı	1,60	1,76	2,17
Dışarıdan ve Teras Üstü Yalıtımlı	0,96	1,00	1,10
İçerden Yalıtımlı	0,72	0,80	0,97
İçerden ve Teras Üstü Yalıtımlı	0,81	0,83	0,94
Çift Duvar Arası Yalıtımlı	2,27	2,60	3,15
Çift Duvar Arası ve Teras Yalıtımlı	1,71	1,90	2,21
Çift Duvar Arası, teras ve Kiriş İç Yüzü Yalıtımlı	1,06	1,16	1,32

Çizelge 5.9. incelendiğinde betonun ısı iletkenlik değerinin artması ile U_{ℓ} değerinde büyük farklılıklar ortaya çıkmış bu sonuç bize ısı köprüsüne etki eden en büyük parametrenin betonun ısı iletkenlik değeri olduğunu göstermiştir. Dışarıdan ve teras üstü yalıtım durumlarında en az değişim gözlenmiştir. En düşük U_{ℓ} değeri içerden yalıtım durumunda elde edilmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Teras katlarda kiriş ve döşemelerden oluşan ısı köprülerinde meydana gelen fazladan ısı kayıplarının TS 825’de verilen denklemlerde dikkate alınabilmesi için “ ξ ”nin ilave edilmesi yeterli olmamaktadır. ξ ile yanal kayıplar dikkate alınmaktadır. Ancak, döşemelerin içeri doğru uzaması sebebiyle yine “x” doğrultusunda meydana gelen fazladan kayıpların dikkate alınması için, elemanın ısıl direnci olan “1/R” değerinin azaltılması gerekmektedir. Bu durum özellikle yalıtımlı durumlar için önem kazanmaktadır.

Kiriş ve döşemelerde oluşan ısı köprülerinde, hem “x” ve hem de “y” doğrultularında ihmal edilemeyecek mertebelerde ısı kayıpları meydana gelmektedir.

Binalarda ısıl konforun daha az enerji harcanarak sağlanması için mevcut ısı kayıplarının en aza indirilmesi gerekir. Bu sebeple ısı kayıpları hesaplanırken ısı köprülerinde meydana gelen fazladan ısı kayıpları iki boyutlu olarak hesaplanmalıdır.

Bu çalışmanın sonuçları ile teras katlarda, farklı beton, duvar ve yalıtım ısıl iletkenliği değerlerinde ısı köprülerinin gösterdiği davranışların iki boyutlu halde nasıl değiştiği görülmektedir.

Beton, duvar ve yalıtım elemanlarının ısıl iletkenlikleri değiştirilerek yapılan incelemede U_{ξ} , U_{IK} ve ξ değerlerinde değişimler incelenmiştir.

Isı köprüsünü oluşturan elemanların ısıl iletkenliklerindeki artışa bağlı olarak hesaplanan U_{IK} ve ξ değerlerinde anlamlı artışlar meydana gelmiştir.

“ ξ ” de meydana gelen değişikliklerin üzerinde yalıtımın yeri ve ısı köprüsünün ısıl iletkenlik değerinin etkisinin önemi büyüktür.

Duvarın Isıl İletkenliğinin Değişmesi Durumunda;

- i. Duvarın ısı iletkenlik değeri nin de ğişiminin dışarı dan ve teras üştü yalıtım durumunda çok az etkili oldu ğu gözlenmiş ve di ğer yalıtım durumlarında U_{IK} değeri ndeki fark ihmal edilebilecek durumda kalmıştır. Bu da bize yapıda ısı köprüsüne “x” do ğrultusundaki ısı kayıpları bakımından duvarın ısı iletkenliğindeki de ğişimin ihmal edilebilecek farklar yarattı ğını göstermiştir.
- ii. Duvarın ısı iletkenliğinin de ğişiminde i çerden ve teras üştü yalıtım durumunda ξ değeri nin de ğişmedi ği gözlenmiştir. İ çerden yalıtım durumu en az de ğişimin oldu ğu yalıtım çe şididir. Bunun nedeni ise betonarme kısmın yalıtım dışında kalması sebebiyle ger çekle şmektedir. Duvarın ısı iletkenliğinin de ğişiminde en büyük ξ değeri ndeki fark yalıtımsız parapet betonda meydana gelmiştir.
- iii. Duvarın ısı iletkenlik değeri lerinin de ğişiminin U_{ℓ} değeri leri üzerinde anlamlı farklar ortaya ıkarmadı ğı görülmüştür. Bu sonu ç bize duvarın düşük ya da yüksek ısı iletkenlik değeri ne sahip olmasının toplam ısı akısı üzerindeki etkisinin çok az oldu ğunu göstermektedir.
- iv. Genel olarak bakıldı ğında duvarın ısı iletkenliğindeki de ğişiminin ξ üzerinde etkisi az olmaktadır, ancak ısı köprüsünün yalıtılması durumunda bu etkinin tamamen ortadan kalktı ğı görülmektedir. Dolayısıyla ξ değeri lerinin (yanal kayıpların) belirlenmesi üzerinde kiri ř ve dö şemelerin yalıtılmasının etkili oldu ğu görülmektedir.
- v. Duvarın ısı iletkenliğindeki de ğişimin U_{IK} üzerinde etkili olmaması önemli bir sonu ç olarak göz önüne alınması gerekmekte, sadece dışarı dan ve teras üştü yalıtım uygulamasında de ğişim göstermesi ise dö şeme ve kiri şin yalıtılmasından dolayı ıkımakta zorlanan ısının zayıf bir nokta bulmaya alı şması sonucu parapet kısmından yol bularak ıkımaya alı şmasıdır.
- vi. Duvarın ısı iletkenliğindeki de ğişimin U_{ℓ} üzerindeki etkisi göz önüne alındı ğında en az farkın dışarı dan ve teras üştü yalıtım uygulamasında oldu ğu görülmüştür. Bu iki gözlem bizi yalıtımın sürelilik gerektirdi ği sonucuna götürmüştür.

Yalıtımın Isıl İletkenliğinin Değişmesi Durumunda;

- i. Yalıtımın ısı iletkenliğinin değişimi durumunda çift duvar arası, çift duvar arası ve teras yalıtımlı, yalıtımsız parapet tuğla ve yalıtımsız parapet beton kesitlerinde yalıtım ısı iletkenliğinin değişimi durumunda U_{IK} üzerinde bir etkisinin olmadığı görölmektedir. Bu durumun bize çift duvar arası yalıtım yapılmasının neredeyse hiç etkisinin olmadığını göstermiştir. En düşük U_{IK} değerleri dışarıdan yalıtım durumunda meydana gelmiştir. Yalıtımın ısı iletkenlik değerinin değişimi U_{IK} üzerinde çok farklılıklar ortaya koymamıştır ancak değerler de ihmal edilecek nitelikte değildir.
- ii. Yalıtımsız parapet beton, yalıtımsız parapet tuğla ve dışarıdan yalıtım durumları incelendiğinde yalıtımın ısı iletkenlik değerinin değişiminin ξ üzerinde etkisi olmadığı gözlenmiştir. Diğer yalıtım durumları incelendiğinde de farkların çok az olduğu hatta bazılarının neredeyse ihmal edilebilecek (çift duvar arası yalıtım gibi) nitelikte olduğu görölmektedir.
- iii. Yalıtımsız parapet tuğla, yalıtımsız parapet beton, çift duvar arası yalıtım ve çift duvar ve teras üstü yalıtım durumlarında U_{ℓ} farkların ortaya çıkmadığı görölmüştür. U_{ℓ} deki değişim bu dört kesit (yalıtımsız parapet tuğla, yalıtımsız parapet beton, çift duvar arası yalıtım ve çift duvar ve teras üstü yalıtım) dışındaki kesitlerde büyük farklar oluşturmamıştır. Yalıtımın ısı iletkenlik değişiminin ξ , U_{IK} ve U_{ℓ} tablolarında büyük değişim yapmadığı görölmüştür.

Betonun Isıl İletkenliğinin Değişmesi Durumunda;

- i. Teras kat döşemelerinde, betonun ısı iletkenliğinin değişiminde çift duvar arası yalıtımın uygulandığı kesitlerde U_{IK} değerlerinin yalıtımsız kesitlere yakın çıktığı görölmüştür. Yalıtımsız parapet tuğla ve yalıtımsız parapet beton ile çift duvar arası yalıtım ve çift duvar ve teras üstü yalıtım durumları arasında inceleme yapıldığında bu iki yalıtım arasında çok fark olmadığı ve çift duvar arası yalıtımın ısı kayıplarını önlemeye etkisinin çok az olduğu gözlenmiştir.

- ii. Betonun ısı iletkenlik değerlerinin değişiminde dışarıdan yalıtımlı kesit en verimli kesit ve “x” doğrultusunda en az kayıpların olduğu kesittir. Betonun ısı iletkenlik değerinde değişim arttıkça U_{IK} üzerinde anlamlı farklar ortaya çıkmış. Dışarıdan ve teras üstü yalıtım durumunda U_{IK} en düşük değerleri almıştır.
- iii. Beton ısı iletkenlik değerlerinin artması ile elde edilen ξ değerler tablosuna bakıldığında artışların birbirleri arasında daha fazla olduğu, ancak duvarın ısı iletkenlik değerlerinin artmasıyla elde edilen ξ değerler tablosunda ise artımların az olduğu gözlenmiştir.
- iv. Beton ısı iletkenlik değeri artıkça yanal ısı kayıpları artmaktadır, yanal ısı kayıplarında en büyük fark yalıtımsız parapet betonda meydana gelmiştir. İçerden ve teras üstü yalıtımlı durumda, ξ değerlerinin çok değişmediği, bunun sebebinin de betonarme kısmın yalıtımın dışında kalması sebebiyle olduğudur. En düşük ξ değeri içerden yalıtımlı durumda meydana gelmiştir. Yanal ısı kayıplarının hesaba katılmasından dolayı ξ değerleri parapet tuğla ve parapet beton için farklı bulunmuştur.
- v. Betonun ısı iletkenlik değerinin artması ile U_{ℓ} değerinde büyük farklılıklar ortaya çıkmıştır. Betonun ısı iletkenlik değeri ısı köprüsüne etki eden en büyük parametredir. Betonun ısı iletkenlik değerinin değişmesi durumunda U_{ℓ} değerlerinin dışarıdan ve teras üstü yalıtım durumunda en az değişim gösterdiği kesittir. Betonun ısı iletkenlik değerinin değişimi sonucu toplam ısı kayıpları en fazla yalıtımsız parapet betonarme kesitte meydana gelmiştir. Betonun ısı iletkenliğinin değişimi ısı köprüsü üzerinde önemli ısı kayıpları meydana getirmiştir.

Geleceğe dönük bir öneri olarak, burada teras katlar için yapılmış olan bütün hesaplamalar ve değerlendirmeler ara katlar için de malzeme özelliklerinin değişiminin ısı köprüsü davranışına etkileri incelendiğinde, daha genel sonuçlar elde edileceği açıktır. Aynı zamanda malzeme özellikleri değişiminin ısı köprüsü davranışına etkilerinin yanında malzemelerin kalınlık, yoğunluk gibi değerlerinin değişiminin de etkileri incelendiğinde çok daha genel sonuçlar elde edilecektir.

7. KAYNAKLAR

Akgün G ve Dilmaç Ş (2005) Isı Köprüsü Problemlerinde Kullanılan Matematik Modellerin Karşılaştırılması. İTÜ Dergisi.5:3-16.

Anonim (2008). TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Anonim (1990). TS EN 10211-1 Isı Yalıtımı Hesaplama Metotları – Düzlem Yapı Yüzeylerinde Dikdörtgen Kesitli Isı Köprüleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Anonim (1996). İBB tarafından desteklenen proje kapsamında İternorm Şirketinin sağladığı teknik doküman, İSTANBUL.

Anonim (2000). TS EN ISO 10221-1 Binalarda Isı Köprüleri – Isı akışları ve Yüzey Sıcaklıkları- Bölüm 1: Genel Hesaplama Metodları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

Anonim ISO 10211-2. Thermal Bridges in Building Construction – Heat Flows and Surface Temperatures- Part 2: Linear Thermal bridges, the International Organization for Standardization, Geneva

Bulut Y (1999). Yapılarda Enerji Tüketiminin Azaltılması ve Enerji Tasarufu Üzerine Bir Çalışma. Trakya Üniversitesi. Makine Mühendisliği Bölümü.Edirne.

Cihan M (2004) . EPS Bloklü Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvarlı Binanın Isıl Performansı. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çorlu.

Cihan M T (2004). Düşey Delikli Hafif Tuğla ve EPS Yatay Delikli Duvarların Çift Duvar Arası Yalıtım İle Karşılaştırılması, Seminer Notları, ÇORLU.

Cihan M, Dilmaç Ş (2003). Duvarlar İçin Önerilen Yeni Yalıtım Uygulaması İle Çift Duvar Arası Yalıtımın Karşılaştırılması, Yalıtım 40:50-59.

Cihan M, Sezer F S ve Dilmaç Ş (2005). Ülkemizdeki Çift Duvar Arası Yalıtım Uygulamalarında Betonarme Kirişlerin Oluşturduğu Isı Köprülerinin Değerlendirilmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi.2:33-47.

Davies M G, The Termal Response of an Enclosure to Periodic Excitation, The CIBSE Approach, Building and Environment,29,217-235

Degue F, Ollivier F and Reux J J (2001). Effect of 2D Modeling of Thermal Bridges on the Energy Performance of buildings Numerical Application on the Matisse Apartment Energy and Buildngs.33:583-587.

Dilmaç Ş, Can A ve Kartal S (2004). Arakat Döşemelerinde Isıl Davranışın Üzerine İklim Şartlarının ve Yalıtım Sistemlerinin Etkisi. Tesisat Mühendisliği Dergisi,82.

Dilmaç Ş, Cihan M T ve Güner A (2004). Teras Çatuların Enerji Verimliliklerinin Araştırılması. Dizayn Konstrüksiyon.226:68-77.

Dilmaç Ş, Cihan M T ve Alamut Ö (2004). Teras Kat Döşemelerinde Isıl Davranışın Üzerine İklim Şartlarının Etkisi. Dizayn Konstrüksiyon.225:68-77.

Dilmaç Ş, Güner A, ve Sezer F S (2004). Ara Kat Kirişli Döşemelerde İçerden ve Dışarıdan Yalıtım Uygulamalarının Enerji Verimliliklerinin Karşılaştırılması. Tesisat Mühendisliği Dergisi.80:7-20

Dilmaç Ş, Güner A, Alamut Ö (2004). Teras kat Döşemelerinin Isıl Davranışı Üzerine İklim Şartlarının Etkisi, Dizayn Konstrüksiyon, 225: 68-83.

Dilmaç Ş and Kesen N (2003). A Comparison of New Turkish Termal Insulation Standart (TS 825), ISO 9164, EN 832 and German Regulation, Energy and Buildings, Vol. 35, No 2 161-174.

Dilmaç Ş (2001). Binalarda Isı Yalıtımı Seminer Notları, PÜD, İSTANBUL

Dilmaç Ş (2006). Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapıların Yalıtımı Ve Korunumu Dersi, Ders Notları.Çorlu.

Dilmaç Ş (2006) Binalarda Isı Yalıtımı, TMMOB Yapı Tasarım Kursu, İstanbul.

Ekinci C E (2003).Yalıtım Teknikleri, Atlas Yayınları, İstanbul,

Ersoy G (1991). Bayındırlık ve İskan Bakanlığı' nın Tip Duvarlarında Simetrik Köşelerin Isı Köprüsü Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi.Mimarlık Fakültesi.İstanbul.

Gao Y, Roux J J, Zhao L H and Jiong Y (2008). Dynamic Building Simulation: A Low Order Model for Thermal Bridges Losses. Energy and Buildings.40:2236-2240.

Kemaldere T (2005). Çift Duvar Arası Yalıtım Uygulamalarında Isı Köprülerinin Isıl Davranışı, Bitirme Ödevi, Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çorlu.

Kosny J and Kossecka (2002). Multi-dimensşonal Heat Transver Through Coplex Building Envelope Assemblies in Hourly Energy Simulation programs. Energy and Buildings.34:445-454.

Larbi B A (2005). Statical Modeling of Heat Transfer for Thermal Bridges of Buildigs. Energy and Buildings.37:945-951.

Mao G and Johonnesson G (1997). Dynamic Colculation of Thermal Bridges. Energy Buildings.26:233-240.

Martin K, Erkoreka A, Flores I, Odriozola M and Sala J M (2011). Problems in the colculation of thermal bridges in dynamic conditions. Enerji and Building.43:529-538.

Meral Z (2005). İçerden Isı Yalıtım Uygulamalarında Isı Köprülerinin Sıcaklık Ve Isı Akısı Dağılımının Değişimi. Bitirme Ödevi, Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü. Çorlu.

Mıhlayanlar E (2009).Trakya Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü “Yapıların Yalıtımı Ve Korunumu Dersi”, Yüksek Lisans Ders Notları, Edirne.

Nakıoğlu O (1997). Isı Koprleri. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. Makina Fakültesi. İstanbul.

Skchdopole R E (1961). Thermal conductivity of Foamed Plastics, Foamed Organics

Tezcan Y (1970). Sıcak Yapı Elamanlarının Kondansasyon Kontrolü Hesaplarında Kullanılacak Dış Sınır Şartları ve Periyotlarının Belirlenmesi İçin Yeni Bir Metod, Doktora Tezi, İTÜ Mimarlık Fakültesi. İstanbul.

Theodosiou T G and Papadopoulous (2008) The İmpack Of Thermal Bridges on the Energy demand of buildgs with Double brick Wall Construction. Energy and Buildings.40:2083-2089.

TÜBİTAK İÇTAG-I242 (2005). Döşemelerde Yanal Isı Kayıplarının Hesaplanması İçin Parametrelerin Belirlenmesi.

Yıldız A (1998). Dışarıdan Isı Yalıtımı Srekliğinin Sağlanması zerine Bir İnceleme. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1998.

Ek 1.1. Teras kat döşemelerinde beton ısıletkenliği 1.2 W/mK, Duvar ısıletkenliği 0,15 W/mK ve yalıtım ısıletkenliğinin 0,03 W/mK olması durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması ($R_i = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$, $R_e = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$).

Teras kat	T_{iy} K	T_{dy} K	ΔT , °C	Yatay ısı akısı, W/m ²			U _k , W/m ² K			Değer	Düşey ısı akısı, W/m ²			Formül	Değer	U _y , W/mK		
				Üst	Orta	Alt	Bleşke	Formül	Üst		Orta	Alt	Toplam			Formül	b, m	Değer
Yalıtımsız, parapet tuğla	290	281,41	8,59	-10,746	-23	-28,225	21,6	21,6	2,15	12,945	8,275	6	27,2	$\frac{q_y * (d_{IK} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	1,08	$b * U_{IK} + \xi$	0,6	2,37
Yalıtımsız, parapet betonarme	290	281,41	8,59	-10,56	-22,81	-28,2	21,5	21,5	2,15	14,128	8,77	6,12	29,0	$\frac{q_y * (d_{IK} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	1,15	$b * U_{IK} + \xi$	0,6	2,44
Dışardan yalıtımlı	291,88	281,12	10,8	-0,5	-7,86	-9,2	6,5	6,5	0,55	17	11,13	4,62	32,8	$\frac{q_y * (d_{IK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	1,14	$b * U_{IK} + \xi$	0,6	1,46
Dışardan ve teras üstü yalıtımlı	292,17	281,14	11,03	-6,83	-7,05	-7,5	7,1	7,1	0,58	6,55	3,85	1,83	12,2	$\frac{q_y * (d_{IK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	0,41	$b * U_{IK} + \xi$	0,6	0,76
İçerden yalıtımlı	292,05	281,21	10,84	-19,96	-10,5	-8,71	12,3	12,3	0,95	1,01	-2,5	0,29	3,8	$\frac{q_y * (d_{IK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	0,13	$b * U_{IK} + \xi$	0,6	0,70
İçerden ve teras üstü yalıtımlı	290,89	281,15	9,74	-9,43	-7,3	-7,51	7,9	7,9	0,71	7,34	0,91	1,3	9,55	$\frac{q_y * (d_{IK} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	0,38	$b * U_{IK} + \xi$	0,6	0,81
Çift duvar arası yalıtımlı	290,17	281,33	8,84	-10,68	-22,73	-27,5	21,3	21,3	2,14603	12,89	7,73	4,07	24,69	$\frac{q_y * (d_{IK} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	0,94962	$b * U_{IK} + \xi$	0,6	2,23723
Çift duvar arası ve teras yalıtımlı	291,46	281,39	10,07	-22,5	-25,32	-27,86	25,5	25,5	2,14603	5,1	2,78	2,88	10,76	$\frac{q_y * (d_{IK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	0,3633	$b * U_{IK} + \xi$	0,6	1,65091
Çift duvar arası, teras ve kırış iç yüzü yalıtımlı	291,85	281,27	10,58	-20,12	-12,76	-16,168	15,7	15,7	1,18716	1,6	0,33	6,17	8,1	$\frac{q_y * (d_{IK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	0,29475	$b * U_{IK} + \xi$	0,6	1,00705

Ek 1.2. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 1.2 W/mK, Duvar ısı iletkenliği 0,30 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,03 W/mK olması durumunda köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması (Ri= 0,13 m²K/W, Re= 0,04 m²K/W).

Teras kat	T _{yr} K	T _{gy} K	ΔT, °C	Yalay ısı akışı, W/m ²			U _{ik} , W/m ² K	Düşey ısı akışı, W/m ²			Σ, W/m ² K	Değer	U _t , W/mK	b, m	Değer	
				Üst	Orta	Alt		Üst	Orta	Alt						Toplam
Yalıtımsız, parapet tuğla Sıvalı	289,71	281,5	8,21	-11	-23	-28	21,5	2,15	13,3	8,36	6,02	27,6	$\frac{q_y * (d_{IK} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	2,43
Yalıtımsız, parapet betonarme Sıvalı	289,7	281,5	8,2	-11	-23	-28	21,5	2,15	14,1	8,74	6,12	29,0	$\frac{q_y * (d_{IK} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	2,49
Dışardan yalıtımlı Sıvalı	291,79	281,17	10,6	-0,1	-8,4	-9,4	6,7	0,57	17,9	12,7	5,35	36,0	$\frac{q_y * (d_{IK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	1,60
Dışardan ve teras üstü yalıtımlı Sıvalı	292,07	281,15	10,92	-7,9	-7,8	-7,5	7,7	0,63	8,86	5,6	2,47	16,9	$\frac{q_y * (d_{IK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	0,96
İçerden yalıtımlı Sıvalı	291,99	281,23	10,76	-20	-10	-8,5	12,1	0,94	1,67	-2,3	0,17	4,18	$\frac{q_y * (d_{IK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	0,72
İçerden ve teras üstü yalıtımlı Sıvalı	290,85	281,17	9,68	-9,4	-7,3	-7,4	7,8	0,71	7,43	0,89	1,18	9,5	$\frac{q_y * (d_{IK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	0,81
Çift duvar arası yalıtımlı Sıvalı	290,1	281,35	8,75	-11	-23	-28	21,4	2,146	13,2	7,88	4,28	25,37	$\frac{q_y * (d_{IK} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	2,2734
Çift duvar arası ve teras yalıtımlı Sıvalı	291,38	281,41	9,97	-22	-25	-28	25,4	2,146	6,24	3,23	3,14	12,61	$\frac{q_y * (d_{IK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	1,7176
Çift duvar arası, teras ve kırış iç yuzu yalıtımlı Sıvalı	291,78	281,29	10,49	-20	-12	-16	15,4	1,177	2,3	0,72	6,6	9,62	$\frac{q_y * (d_{IK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	1,0593

Ek 1.3. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 1.2 W/mK, Duvar ısı iletkenliği 0,30 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,04 W/mK olması durumunda köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması (Ri= 0,13 m²K/W, Re= 0,04 m²K/W).

Teras kat	T _{iy} K	T _{dy} K	ΔT, °C	Yatay ısı akısı, W/m ²			U _{ik} , W/m ² K			Düşey ısı akısı, W/m ²			Değer	U _{it} , W/mK	b, m	Değer		
				Üst	Orta	Alt	Bileşik Formül	Değer	Üst	Orta	Alt	Toplam					Formül	Formül
Yalıtımsız, parapet tuğla	289,71	281,5	8,21	-11	-23	-28	21,5				2,15	13,3	8,36	6,02	27,6		1,14	2,43
Yalıtımsız, parapet betonarme	289,7	281,5	8,2	-11	-23	-28	21,5				2,15	14,1	8,74	6,12	29,0		1,20	2,49
Dışardan yalıtımlı	291,68	281,16	10,5	-0,9	-9,3	-10	7,5				0,64	14,4	12,5	5	31,9		1,13	1,51
Dışardan ve teras üstü yalıtımlı	291,91	281,18	10,73	-8,5	-8,7	-9	8,8				0,72	9,03	5,27	2,61	16,9		0,59	1,02
İçerden yalıtımlı	291,85	281,25	10,6	-19	-11	-9,8	12,7				1,00	2,21	-1,7	0,61	4,54		0,16	0,76
İçerden ve teras üstü yalıtımlı	290,76	281,19	9,57	-9,5	-8,1	-8,8	8,7				0,79	7,83	1,43	1,6	10,86		0,44	0,91
Çift duvar arası yalıtımlı	290,06	281,36	8,7	-11	-23	-28	21,3				2,146	13,2	7,87	4,26	25,338		0,990221	2,277838
Çift duvar arası ve teras yalıtımlı	291,27	281,42	9,85	-22	-25	-28	25,2				2,146	6,5	3,42	3,16	13,08		0,451492	1,73911
Çift duvar arası ve kırış iç yüzü yalıtımlı	291,66	281,31	10,35	-20	12,5	-17	15,7				1,2042	2,78	1,03	6,47	10,275		0,38221	1,10476

Ek 1.4 Teras kat döşemelerinde betonun 1.2 W/mK, Duvar ısı iletkenliği 0,30 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,05 W/mK olması durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması (Ri= 0,13 m²K/W, Re= 0,04 m²K/W).

Teras kat	T _{yr} K	T _{dyr} K	ΔT, °C	Yatay ısı akısı, W/m ²			U _{ik} , W/m ² K	Değer	Düşey ısı akısı, W/m ²			Formül	Değer	U _r , W/mK	b, m	Değer
				Üst	Orta	Alt			Üst	Orta	Alt					
Yalıtımsız, parapet tuğla	289,71	281,5	8,21	-11	-23	-28	21,5	2,15	13,3	8,36	6,02	27,6	1,14	b * U _{ik} + ξ	0,6	2,43
Yalıtımsız, parapet betonarme	289,7	281,5	8,2	-11	-23	-28	21,5	2,15	14,1	8,74	6,12	29,0	1,20	b * U _{ik} + ξ	0,6	2,49
Dışardan yalıtımlı	291,59	281,24	10,4	-1,6	-9,7	-11	8,2	0,70	17,1	11,2	4,96	33,3	1,20	b * U _{ik} + ξ	0,6	1,62
Dışardan ve teras üstü yalıtımlı	291,77	281,26	10,51	-9	-9,7	-10	9,7	0,80	9,18	5,41	2,75	17,3	0,62	b * U _{ik} + ξ	0,6	1,09
İçerden yalıtımlı	291,73	281,27	10,46	-19	-12	-11	13,3	1,04	2,7	-1,2	0,98	4,86	0,18	b * U _{ik} + ξ	0,6	0,80
İçerden ve teras üstü yalıtımlı	290,68	281,21	9,47	-9,5	-8,9	-10	9,4	0,85	8,17	1,89	1,94	12	0,49	b * U _{ik} + ξ	0,6	1,00
Çift duvar arası yalıtımlı	290,02	281,38	8,64	-11	-23	-28	21,3	2,14603	13,2	7,86	4,23	25,29	0,9952083	b * U _{ik} + ξ	0,6	2,2828255
Çift duvar arası ve teras yalıtımlı	291,18	281,43	9,75	-21	-25	-28	25,0	2,14603	6,74	3,58	3,18	13,5	0,4707692	b * U _{ik} + ξ	0,6	1,7583864
Çift duvar arası ve giriş yüzü yalıtımlı	291,55	281,32	10,23	-19	-13	-17	15,9	1,22926	3,2	1,3	6,35	10,85	0,40933333	b * U _{ik} + ξ	0,6	1,14588947

Ek 1.5. Teras kat döşemelerinde betonun 1.2 W/mK, Duvar ısl iletkenliği 0,45 W/mK ve yalıtım ısl iletkenliğinin 0,03 W/mK olması durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması (Ri= 0,13 m²K/W, Re= 0,04 m²K/W).

Teras kat	T _{iy} , K	T _{oy} , K	ΔT, °C	Yatay ısı akısı, W/m ²			U _{ik} , W/m ² K	Formül	Değer	Düşey ısı akısı, W/m ²			Formül	Değer	U _k , W/mK		
				Üst	Orta	Alt				Üst	Orta	Alt			Formül	b, m	Değer
Yalıtımsız, parapet tuğla	289,48	281,57	7,91	-11	-23	-28	21,5	$\frac{1}{\alpha_i + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{d_{JK}}{\lambda_{JK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}}$	2,15	13,5	8,41	5,98	27,9	$\frac{q_y * (d_{JK} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{oy}}$	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	2,49
Yalıtımsız, parapet betonarme	289,48	281,57	7,91	-11	-23	-28	21,4	$\frac{1}{\alpha_i + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{d_{JK}}{\lambda_{JK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}}$	2,15	14,1	8,7	6,04	28,8	$\frac{q_y * (d_{JK} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{oy}}$	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	2,53
Dışardan yalıtımlı	291,74	281,14	10,6	-0,7	-8,1	-8,7	6,4	$\frac{1}{\alpha_i + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{0,669 * d_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{d_{JK}}{\lambda_{JK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}}$	0,55	18,3	12	5,41	35,7	$\frac{q_y * (d_{JK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{oy}}$	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	1,59
Dışardan ve teras üstü yalıtımlı	292	281,19	10,81	-8,7	-7,9	-7,5	8,0	$\frac{1}{\alpha_i + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{0,679 * d_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{d_{JK}}{\lambda_{JK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}}$	0,65	10,5	6,03	3,02	19,6	$\frac{q_y * (d_{JK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{oy}}$	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	1,07
İçerden yalıtımlı	291,96	281,23	10,73	-20	-10	-8,3	11,9	$\frac{1}{\alpha_i + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{0,57 * d_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{d_{JK}}{\lambda_{JK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}}$	0,93	2,15	-2,3	0,03	4,426	$\frac{q_y * (d_{JK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{oy}}$	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	0,72
İçerden ve teras üstü yalıtımlı	290,82	281,17	9,65	-9,4	-7,2	-7,2	7,8	$\frac{1}{\alpha_i + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{0,415 * d_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{d_{JK}}{\lambda_{JK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}}$	0,71	7,5	0,86	1,04	9,4	$\frac{q_y * (d_{JK} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{oy}}$	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	0,80
Çift duvar arası yalıtımlı	290,36	281,36	9	-11	-23	-28	21,4	$\frac{1}{\alpha_i + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{d_{JK}}{\lambda_{JK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}}$	2,146	13,5	8	4,44	25,9	$\frac{q_y * (d_{JK} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{oy}}$	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	2,3
Çift duvar arası ve teras yalıtımlı	291,33	281,42	9,91	-22	-25	-28	25,3	$\frac{1}{\alpha_i + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{0,274 * d_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{d_{JK}}{\lambda_{JK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}}$	2,146	7,1	3,6	3,33	14,03	$\frac{q_y * (d_{JK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{oy}}$	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	1,8
Çift duvar arası, teras ve kişiş iç yüzü yalıtımlı	291,73	281,3	10,43	-20	-12	-17	15,5	$\frac{1}{\alpha_i + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{0,274 * d_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{d_{JK}}{\lambda_{JK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}}$	1,1848	2,87	1,01	7	10,88	$\frac{q_y * (d_{JK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{oy}}$	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	1,1

Ek 1.6. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 1,5 W/mK, Duvar ısı iletkenliği 0,15 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,03 W/mK olması durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması (Ri= 0,13 m²K/W, Re= 0,04 m²K/W).

Teras kat	T _{ör}	K _{Tör}	K ΔT	°C	a			U _{İK} , W/m ² K			Değer	Düşey ısı akısı, W/m ²			Değer	ξ, W/mK			U _İ , W/mK		
					Bileşki	Orta	Alt	Bileşke	Formül	Değer		Üst	Orta	Alt		Toplam	Formül	Değer		Formül	Değer
Yalıtmsız, parapet tuğla	289,92	281,36	8,56	-12,2	-25,3	-31,2	24,0	Formül	$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{d_{İK}}{\lambda_{İK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{İS}}{\lambda_{İS}}}$	2,40	14,3	9,01	4,9	28,2	Formül	$\frac{q_y \cdot (d_{İK} + d_{ds} + d_{İS}) \cdot \xi}{T_{iy} - T_{dy}}$	1,12	Formül	$b \cdot U_{İK} + \xi$	0,6	2,56
Yalıtmsız, parapet betonarme	289,74	281,44	8,3	-12,2	-25,3	-31,2	24,0	Formül	$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{d_{İK}}{\lambda_{İK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{İS}}{\lambda_{İS}}}$	2,40	14,3	9,01	4,9	28,2	Formül	$\frac{q_y \cdot (d_{İK} + d_{ds} + d_{İS}) \cdot \xi}{T_{iy} - T_{dy}}$	1,16	Formül	$b \cdot U_{İK} + \xi$	0,6	2,60
Dışardan yalıtımlı	291,79	281,12	10,7	-1,49	-8,24	-10,2	7,2	Formül	$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{0,67 \cdot d_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{d_{İK}}{\lambda_{İK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{İS}}{\lambda_{İS}}}$	0,60	19,13	13,15	5,68	38,0	Formül	$\frac{q_y \cdot (d_{İK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{İS}) \cdot \xi}{T_{iy} - T_{dy}}$	1,33	Formül	$b \cdot U_{İK} + \xi$	0,6	1,69
Dışardan ve teras üstü yalıtımlı	292,15	281,14	11,01	-7,21	-7,3	-7,91	7,5	Formül	$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{0,675 \cdot d_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{d_{İK}}{\lambda_{İK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{İS}}{\lambda_{İS}}}$	0,61	6,87	4,15	2,014	13,0	Formül	$\frac{q_y \cdot (d_{İK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{İS}) \cdot \xi}{T_{iy} - T_{dy}}$	0,44	Formül	$b \cdot U_{İK} + \xi$	0,6	0,81
İçerden yalıtımlı	291,98	281,24	10,74	-23,6	-11,8	-9,46	14,0	Formül	$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{0,566 \cdot d_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{d_{İK}}{\lambda_{İK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{İS}}{\lambda_{İS}}}$	1,06	0,59	-3,4	0,008	3,9976	Formül	$\frac{q_y \cdot (d_{İK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{İS}) \cdot \xi}{T_{iy} - T_{dy}}$	0,14	Formül	$b \cdot U_{İK} + \xi$	0,6	0,78
İçerden ve teras üstü yalıtımlı	290,75	281,16	9,59	-10,9	-7,85	-7,9	8,6	Formül	$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{0,408 \cdot d_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{d_{İK}}{\lambda_{İK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{İS}}{\lambda_{İS}}}$	0,78	7,7	0,74	1,3	9,74	Formül	$\frac{q_y \cdot (d_{İK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{İS}) \cdot \xi}{T_{iy} - T_{dy}}$	0,39	Formül	$b \cdot U_{İK} + \xi$	0,6	0,86
Çift duvar arası yalıtımlı	289,92	281,36	8,56	-12,2	-25,3	-31,2	24,0	Formül	$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{d_{İK}}{\lambda_{İK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{İS}}{\lambda_{İS}}}$	2,40398	14,3	9,01	4,9	28,213	Formül	$\frac{q_y \cdot (d_{İK} + d_{ds} + d_{İS}) \cdot \xi}{T_{iy} - T_{dy}}$	1,12061	Formül	$b \cdot U_{İK} + \xi$	0,6	2,6
Çift duvar arası ve teras yalıtımlı	291,31	281,44	9,87	-26,4	-28,6	-31,7	29,1	Formül	$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{d_{İK}}{\lambda_{İK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{İS}}{\lambda_{İS}}}$	2,40398	5,38	2,95	3,31	11,64	Formül	$\frac{q_y \cdot (d_{İK} + d_{ds} + d_{İS}) \cdot \xi}{T_{iy} - T_{dy}}$	0,400973	Formül	$b \cdot U_{İK} + \xi$	0,6	1,8
Çift duvar arası, teras ve kırış iç yüzü yalıtımlı	291,76	281,3	10,46	-23,8	-13,7	-18,3	17,7	Formül	$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{0,278 \cdot d_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{d_{İK}}{\lambda_{İK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{İS}}{\lambda_{İS}}}$	1,31581	1,36	0,023	6,83	8,213	Formül	$\frac{q_y \cdot (d_{İK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{İS}) \cdot \xi}{T_{iy} - T_{dy}}$	0,302295	Formül	$b \cdot U_{İK} + \xi$	0,6	1,1

Ek 1.7. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 1.5 W/mK, Duvar ısı iletkenliği 0,30 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,03 W/mK olması durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması (Ri= 0,13 m²/KW, Re= 0,04 m²/KW).

Teras kat	T _{bp} K	T _{bp} KΔT, °C	Yatay ısı akısı, W/m ²		U _{İK} , W/m ² K	Değer	Düşey ısı akısı, W/m ²		Toplam	ξ, ?/W/mK	Değer	U _e , W/mK							
			Üst	Orta /Alt			Üst	Orta /Alt											
Yalıtımsız, parapet tuğla	289,47	281,53	7,94	-12,3	-25	-31,8	24,3	1	$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\lambda_{İK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}}$	2,40	14,7	9,8	7,14	31,7	$\frac{q_y * (d_{İK} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	1,36	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	2,80
Yalıtımsız, parapet betonarme	289,45	281,54	7,91	-12,1	-25,4	-31,8	24,2	1	$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\lambda_{İK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}}$	2,40	16,1	10,4	7,3	33,8	$\frac{q_y * (d_{İK} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	1,45	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	2,90
Dışardan yalıtımlı	291,7	281,14	10,6	0,74	-8,41	-9,92	7,0	1	$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\lambda_{yal}} + \frac{0,674 * d_{yal}}{\lambda_{İK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}}$	0,60	19,9	13,7	6,15	39,8	$\frac{q_y * (d_{İK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	1,41	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	1,76
Dışardan ve teras üstü yalıtımlı	292,04	281,15	10,89	-8,5	-7,87	-8,06	8,1	1	$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\lambda_{yal}} + \frac{0,676 * d_{yal}}{\lambda_{İK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}}$	0,66	9,42	5,57	2,73	17,7	$\frac{q_y * (d_{İK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	0,61	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	1,00
İçerden yalıtımlı	291,92	281,25	10,67	-23,5	-11,6	-9,24	13,8	1	$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\lambda_{yal}} + \frac{0,574 * d_{yal}}{\lambda_{İK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}}$	1,06	1,28	-3,2	-0,09	4,57	$\frac{q_y * (d_{İK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	0,16	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	0,80
İçerden ve teras üstü yalıtımlı	291,17	281,2	9,97	-10,9	-7,8	-7,8	8,6	1	$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\lambda_{yal}} + \frac{0,411 * d_{yal}}{\lambda_{İK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}}$	0,75	7,82	0,75	1,2	9,77	$\frac{q_y * (d_{İK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	0,38	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	0,83
Çift duvar arası yalıtımlı	289,85	281,38	8,47	-12,2	-25,3	-31,3	24,0	1	$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\lambda_{İK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}}$	2,40	14,7	9,19	5,16	29,01	$\frac{q_y * (d_{İK} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	1,16451	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	2,6069
Çift duvar arası ve teras yalıtımlı	291,23	281,46	9,77	-26,1	-28,5	-31,8	29,0	1	$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\lambda_{yal}} + \frac{0,274 * d_{yal}}{\lambda_{İK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}}$	2,40	6,61	3,46	3,61	13,68	$\frac{q_y * (d_{İK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	0,4760696	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	1,91846
Çift duvar arası, teras ve giriş iç yüzü yalıtımlı	291,68	281,32	10,36	-23,7	-13,6	-18,4	17,7	1	$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\lambda_{yal}} + \frac{0,274 * d_{yal}}{\lambda_{İK}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}}$	1,33	2,14	0,47	7,32	9,93	$\frac{q_y * (d_{İK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * 1}{T_{iy} - T_{dy}}$	0,3690703	$b * U_{ik} + \xi$	0,6	1,16409

Ek 1.8. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 1,5 W/mK, Duvar ısı iletkenliği 0,30 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,04 W/mK olması durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması (Ri= 0,13 m²K/W, Re= 0,04 m²K/W).

Teras kat	T _{yo} K	T _{bo}	K ΔT, °C	Yatay ısı akısı, W/m ²			Düşey ısı akısı, W/m ²			U _k , W/m ² K	Formül	Değer	U _y , W/mK	Formül	b, m	Değer		
				Üst	Orta	Alt	Üst	Orta	Alt								Toplam	
Yalıtımsız, paraset tuğla	289,47	281,53	7,94	-12,3	-25	-31,8	24,3				2,40	14,74	9,8	7,14	31,7	1,36	0,6	2,80
Yalıtımsız, paraset betonarme	289,45	281,54	7,91	-12,1	-25,4	-31,77	24,2				2,40	16,11	10,4	7,3	33,8	1,45	0,6	2,90
Disardan yalıtımlı	291,6	281,17	10,4	-0,1	-9,36	-11,19	7,7				0,65	19,6	13,44	6,03	39,1	1,40	0,6	1,79
Disardan ve teras üstü yalıtımlı	291,87	281,19	10,68	-9,2	-9,1	-9,6	9,3				0,76	9,64	5,78	2,9	18,3	0,64	0,6	1,09
İçerden yalıtımlı	291,78	281,27	10,51	-23,01	-12,3	-10,66	14,4				1,11	1,87	-2,52	0,4	4,79	0,18	0,6	0,84
İçerden ve teras üstü yalıtımlı	290,61	281,2	9,41	-10,96	-8,71	-9,35	9,5				0,86	8,25	1,34	1,66	11,25	0,46	0,6	0,98
Çift duvar arası yalıtımlı	289,81	281,4	8,41	-12,22	-25,33	-31,26	24,0				2,40	14,66	9,18	5,13	28,97	1,17	0,6	2,61
Çift duvar arası ve teras üstü yalıtımlı	291,13	281,47	9,66	-25,55	-28,38	-31,71	28,8				2,40	6,9	3,67	3,65	14,22	0,50	0,6	1,94
Çift duvar arası, teras ve köprü, iç yalıtımlı	291,56	281,34	10,22	-23,16	-14,06	-18,9	17,9				1,35	2,62	0,81	7,2	10,63	0,35	0,6	1,16

Ek 1.9. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 1.5 W/mK, Duvar ısı iletkenliği 0,30 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,05 W/mK olması durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması (Ri= 0,13 m²K/W, Re= 0,04 m²K/W).

Teras kat	T _{ör}	K _{Tör}	K _{ΔT}	°C	Yatay ısı akısı, W/m ²			U _{ık} , W/m ² K			Düşey ısı akısı, W/m ²			Formül	Değer	U _t , W/mK	b, m	Değer	
					Üst	Orta	Alt	Bileşik Formül	Değer	Üst	Orta	Alt	Toplam						Formül
Sıvahlı	289,47	281,53			7,94	-12,3	-25	-31,8	24,3		2,40	14,74	9,8	7,14	31,7	$q_y * (d_{İK} + d_{ds} + d_{is}) * I$	$b * U_{ık} + \xi$	0,6	2,80
Yalıtımsız, parapet tuğla																$q_y * (d_{İK} + d_{ds} + d_{is}) * I$	$b * U_{ık} + \xi$		
Yalıtımsız, parapet betonarme	289,45	281,54			7,91	-12,1	-25,4	-31,8	24,2		2,40	16,11	10,4	7,3	33,8	$q_y * (d_{İK} + d_{ds} + d_{is}) * I$	$b * U_{ık} + \xi$	0,6	2,90
Dışardan yalıtımlı	291,49	281,19			10,3	-0,85	-10,2	-12,3	8,6		0,73	19,32	13,21	6,03	38,6	$q_y * (d_{İK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * I$	$b * U_{ık} + \xi$	0,6	1,83
Dışardan ve teras üstü yalıtımlı	291,73	281,22			10,51	-9,78	-10,2	-11	10,4		0,84	9,83	6	3,067	18,9	$q_y * (d_{İK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * I$	$b * U_{ık} + \xi$	0,6	1,18
İçerden yalıtımlı	291,66	281,29			10,37	-22,6	-12,9	-11,9	15,0		1,16	2,4	-1,9	0,83	5,13	$q_y * (d_{İK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * I$	$b * U_{ık} + \xi$	0,6	0,89
İçerden ve teras üstü yalıtımlı	290,53	281,22			9,31	-11	-9,53	-10,7	10,3		0,93	8,64	1,86	2,06	12,56	$q_y * (d_{İK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * I$	$b * U_{ık} + \xi$	0,6	1,08
Çift duvar arası yalıtımlı	289,73	281,44			8,29	-12,2	-25,3	-31,2	24,0		2,40398	14,66	9,2	5,11	28,97	$q_y * (d_{İK} + d_{ds} + d_{is}) * I$	$b * U_{ık} + \xi$	0,6	2,6305418
Çift duvar arası ve teras yalıtımlı	291,03	281,48			9,55	-25	-28,3	-31,7	28,6		2,40398	7,15	3,9	3,7	14,75	$q_y * (d_{İK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * I$	$b * U_{ık} + \xi$	0,6	1,9675183
Çift duvar arası, teras ve kırış iç yüzü yalıtımlı	291,46	281,35			10,11	-22,7	-14,5	-19,4	18,2		1,37682	3,07	1,13	7,1	11,3	$q_y * (d_{İK} + d_{yal} + d_{ds} + d_{is}) * I$	$b * U_{ık} + \xi$	0,6	1,2564105

Ek 1.10. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 1.5 W/mK, Duvar ısı iletkenliği 0,45 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,03 W/mK olması durumunda ısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması (R_i= 0,13 m²K/W, Re= 0,04 m²K/W).

Teras kat	T _{br} K	T _{gr} K	ΔT _s °C	Yatay ısı akısı, W/m ²		Bileşik L _z değeri	Üst veya alt yalıtım d _{yalıtım}	U _{ik} , W/m ² K	Değer	Düşey ısı akısı, W/m ²		Toplam	ε _y , W/mK	Değer	U _e , W/mK	b, m	Değer
				Üst	Orta					Alt	Formül						
Yalıtımsız, parapet tuğla	289,24	281,61	7,63	Üst	12,29	-2,5	-31,6	24,2	3,17	0,404	1,347	32,0	1,43	b * U _{ik} + ε	0,6	2,87	
				Orta	25,37	-31,6	24,1	3,16	0,405	1,350							
Yalıtımsız, parapet betonarme	289,23	281,61	7,62	Üst	12,29	-2,5	-31,6	24,2	3,17	0,404	1,347	32,0	1,43	b * U _{ik} + ε	0,6	2,87	
				Orta	25,37	-31,6	24,1	3,16	0,405	1,350							
Dışardan yalıtımlı	291,64	281,1	10,5	Üst	0,17	-8,54	-9,67	6,8	0,65	0,040	0,790	41,4	1,46	b * U _{ik} + ε	0,6	1,81	
				Orta	8,26	-8,06	8,5	0,78	0,031	0,628							
Dışardan ve teras üstü yalıtımlı	291,97	281,16	10,81	Üst	0,17	-8,54	-9,67	6,8	0,65	0,040	0,790	41,4	1,46	b * U _{ik} + ε	0,6	1,81	
				Orta	8,26	-8,06	8,5	0,78	0,031	0,628							
İçerden yalıtımlı	291,9	281,25	10,65	Üst	23,3	-11,4	-9,02	13,6	1,28	0,016	0,324	5,12	0,19	b * U _{ik} + ε	0,6	0,81	
				Orta	-7,75	-7,66	8,5	0,90	0,026	0,523							
İçerden ve teras üstü yalıtımlı	290,68	281,18	9,5	Üst	11	-7,75	-7,66	8,5	0,90	0,026	0,523	9,7	0,19	b * U _{ik} + ε	0,6	0,86	
				Orta	-25,3	-31,4	24,1	2,86	0,455	1,516							
Çift duvar arası yalıtımlı	289,81	281,4	8,41	Üst	12,2	-25,3	-31,4	24,1	2,86	0,455	1,516	29,65	1,20	b * U _{ik} + ε	0,6	2,64	
				Orta	-28,4	-31,9	28,9	2,98	0,434	1,448							
Çift duvar arası ve teras yalıtımlı	291,18	281,47	9,71	Üst	25,9	-28,4	-31,9	28,9	2,98	0,434	1,448	15,25	0,53	b * U _{ik} + ε	0,6	1,98	
				Orta	-13,5	-18,6	17,7	1,72	0,010	0,205							
Çift duvar arası, teras ve giriş iç yüzü yalıtımlı	291,63	281,33	10,3	Üst	23,6	-13,5	-18,6	17,7	1,72	0,010	0,205	11,29	0,42	b * U _{ik} + ε	0,6	1,22	
				Orta	-13,5	-18,6	17,7	1,72	0,010	0,205							

Ek 1.11. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 2,1 W/mK, Duvar ısı iletkenliği 0,15 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,03 W/mK olması durumunda köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması (Ri= 0,13 m²K/W, Re= 0,04 m²K/W).

Teras kat	T _{br}	K.T _{öy}	K.ΔT	°C	a			U _{ik} , W/m ² K			Dişey ısı akısı, W/m ²			Değer	Formül	Değer	U _{ik} , W/mK	Formül	b, m	Değer	
					Üst	Orta	Alt	Üst	Orta	Alt	Üst	Orta	Alt								
Sıvalı	289,4	281,5		7,9	-14,8	-29,4	-37,9	28,6				2,79	16,63	12,09	9,86	38,6				0,6	3,33
Yalıtımsız, parapet tuğla																					
Yalıtımsız, parapet betonarme	289,38	281,49		7,89	-14,7	-29,3	-37,8	28,5				2,79	19,54	13,26	9,3	42,1				0,6	3,49
Dişardan yalıtımlı	291,63	281,12		10,5	3,46	-8,7	-11,8	8,4				0,70	22,5	16,63	7,6	46,7				0,6	2,08
Dişardan ve teras üstü yalıtımlı	292,13	281,15		10,98	-7,72	-7,6	-8,47	7,9				0,64	7,3	4,6	2,3	14,2				0,6	0,87
İçerden yalıtımlı	291,87	281,27		10,6	-30	-14	-10,8	16,9				1,26	-0,271	-5,11	-0,61	5,9911				0,6	0,97
İçerden ve teras üstü yalıtımlı	290,55	281,17		9,38	-13,5	-8,77	-8,51	9,9				0,89	8,106	0,36	1,19	9,656				0,6	0,93
Çift duvar arası yalıtımlı	289,56	281,42		8,14	-14,7	-29	-36,8	28,1				2,7868	16,49	11	6,35	34,023				0,6	3,09
Çift duvar arası ve teras yalıtımlı	291,08	281,51		9,57	-33,1	-34	-38	34,9				2,7868	5,742	3,032	3,95	12,724				0,6	2,12
Çift duvar arası, teras ve kırık iç yüzü yalıtımlı	291,6	281,36		10,24	-30,2	-16,3	-21,6	21,6				1,55013	0,826	-0,68	9	10,50077				0,6	1,32

Ek 1.12. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 2,1 W/mK, Duvar ısı iletkenliği 0,30 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,03 W/mK olması durumunda köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması (Ri= 0,13 m²K/W, Re= 0,04 m²K/W)

Teras kat	T _{iy}	K T _{öy}	K ΔT, °C	Yatay ısı akısı, W/m ²			U _{ik} , W/m ² K	Değer	Düşey ısı akısı, W/m ²			Formül	Değer	U _{iz} , W/mK		
				Üst	Orta	Alt			Üst	Orta	Alt			Formül	b, m	Değer
Yalıtımsız, parapet tuğla	289,11	281,6	7,51	-14,8	-29	-37,6	28,5	2,79	17,1	12,3	9,07	38,4	1,74	b * U _{ik} + ε	0,6	3,41
Yalıtımsız, parapet betonarme	289,09	281,59	7,5	-14,7	-29,5	-37,6	28,5	2,79	19,5	13,3	9,36	42,2	1,91	b * U _{ik} + ε	0,6	3,58
Dışardan yalıtılmış	291,54	281,14	10,4	2,57	-8,91	-11,6	8,2	0,70	23,4	17,3	8,16	48,9	1,75	b * U _{ik} + ε	0,6	2,17
Dışardan ve teras üstü yalıtılmış	292	281,16	10,84	-9,3	-8,3	-8,75	8,7	0,71	10,2	6,22	3,15	19,5	0,67	b * U _{ik} + ε	0,6	1,10
İçerden yalıtılmış	291,81	281,28	10,53	-29,9	-13,7	-10,5	16,7	1,25	0,5	-4,88	-0,68	6,053	0,22	b * U _{ik} + ε	0,6	0,97
İçerden ve teras üstü yalıtılmış	290,5	281,19	9,31	-13,6	-8,72	-8,4	9,8	0,89	8,25	0,38	1,14	9,765	0,40	b * U _{ik} + ε	0,6	0,94
Çift duvar arası yalıtılmış	289,49	281,44	8,05	-14,7	-29,2	-37	28,2	2,79	16,9	11,4	6,67	35,024	1,47927453	b * U _{ik} + ε	0,6	3,1514
Çift duvar arası ve teras yalıtılmış	291	281,53	9,47	-32,8	-33,6	-37,8	34,8	2,79	7,13	3,65	4,32	15,103	0,54224076	b * U _{ik} + ε	0,6	2,2143
Çift duvar arası, teras ve giriş iç yüzü yalıtılmış	291,52	281,37	10,15	-30,1	-16,3	-21,7	21,5	1,56	1,72	-0,13	8,3	10,15	0,385	b * U _{ik} + ε	0,6	1,321

Ek 1.13. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 2,1 W/mK, Duvar ısı iletkenliği 0,30 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,04 W/mK olması durumunda sı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması (Ri= 0,13 m²K/W, Re= 0,04 m²K/W).

Teras kat	T _{ör} K	T _{ör} K	ΔT, °C	Yatay ısı akısı, W/m ²			U _{ik} , W/m ² K	Değer	Düşey ısı akısı, W/m ²			Formül	Değer	U _b , W/mK		
				Üst	Orta	Alt			Üst	Orta	Alt			Formül	Değer	
Sıvalı	289,11	281,6	7,51	-14,8	-29	-37,64	28,5	2,79	17,07	12,26	9,07	38,4	1,74	b * U _{ik} + ε	0,6	3,41
Sıvalı	289,09	281,59	7,5	-14,66	-29,45	-37,6	28,5	2,79	19,54	13,28	9,36	42,2	1,91	b * U _{ik} + ε	0,6	3,58
Dışardan yalıtımlı	291,43	281,17	10,3	1,57	-9,92	-12,88	8,8	0,75	23,086	16,99	8,06	48,1	1,75	b * U _{ik} + ε	0,6	2,20
Dışardan ve teras üstü yalıtımlı	291,83	281,19	10,64	-10,11	-9,63	-10,45	10,0	0,81	10,47	6,5	3,36	20,3	0,71	b * U _{ik} + ε	0,6	1,20
İçerden yalıtımlı	291,67	281,31	10,36	-29,45	-14,48	-11,997	17,4	1,31	1,13	-4,07	-0,0945	5,2945	0,20	b * U _{ik} + ε	0,6	0,98
İçerden ve teras üstü yalıtımlı	290,4	281,22	9,18	-13,566	-9,67	-10,066	10,8	0,98	8,747	1,077	1,68	11,504	0,48	b * U _{ik} + ε	0,6	1,07
Çift duvar arası yalıtımlı	289,45	281,45	8	-14,725	-29,2	-36,924	28,2	2,79	16,92	11,42	6,65	34,99	1,487075	b * U _{ik} + ε	0,6	3,16
Çift duvar arası ve teras yalıtımlı	290,89	281,54	9,35	-32,1	-33,46	-37,68	34,5	2,79	7,43	3,922	4,3	15,652	0,56916364	b * U _{ik} + ε	0,6	2,24
Çift duvar arası, teras ve giriş iç yüzü yalıtımlı	291,4	281,39	10,01	-29,505	-16,72	-22,28	21,8	1,59	2,24	0,277	8,21	10,727	0,41257692	b * U _{ik} + ε	0,6	1,37

Ek 1.14. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 2,1 W/mK, Duvar ısı iletkenliği 0,30 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,05 W/mK olması durumunda iç köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması (Ri= 0,13 m²K/W, Re= 0,04 m²K/W).

Teras kat	T _{sp} K	T _{sp}	KΔT, °C	Yatay ısı akısı, W/m ²			U _{ik} , W/m ² K	Değer	Düşey ısı akısı, W/m ²			Toplam	ξ, W/mK	Formül	Değer	U _e , W/mK	Formül	b, m	Değer
				Üst	Orta	Alt			Üst	Orta	Alt								
Yalıtımsız, parapet tuğla	289,11	281,6	7,51	-14,8	-29	-37,6	28,5	2,79	17,1	12,3	9,07	38,4	1,74	$\frac{q_y \cdot (d_{ik} + d_{ya} + d_{ds} + d_{is})}{T_{iy} - T_{dy}}$	b * U _{ik} + ξ	0,6	3,41		
																		$\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{d_{ik}}{\lambda_{ik}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}$	$\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{d_{ik}}{\lambda_{ik}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}$
Yalıtımsız, parapet betonarme	289,09	281,59	7,5	-14,7	-29,5	-37,6	28,5	2,79	19,5	13,3	9,36	42,2	1,91	$\frac{q_y \cdot (d_{ik} + d_{ya} + d_{ds} + d_{is})}{T_{iy} - T_{dy}}$	b * U _{ik} + ξ	0,6	3,58		
																		$\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{0,669 \cdot d_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{d_{ik}}{\lambda_{ik}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}$	$\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{0,669 \cdot d_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{d_{ik}}{\lambda_{ik}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}$
Dışardan yalıtımlı	291,33	281,19	10,1	0,68	-10,8	-14,1	9,4	0,80	22,8	16,7	7,99	47,5	1,75	$\frac{q_y \cdot (d_{ik} + d_{ya} + d_{ds} + d_{is})}{T_{iy} - T_{dy}}$	b * U _{ik} + ξ	0,6	2,23		
																		$\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{0,679 \cdot d_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{d_{ik}}{\lambda_{ik}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}$	$\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{0,679 \cdot d_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{d_{ik}}{\lambda_{ik}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}$
Dışardan ve teras üstü yalıtımlı	291,68	281,22	10,46	-10,8	-10,8	-12	11,2	0,91	10,7	6,75	3,56	21,0	0,75	$\frac{q_y \cdot (d_{ik} + d_{ya} + d_{ds} + d_{is})}{T_{iy} - T_{dy}}$	b * U _{ik} + ξ	0,6	1,29		
																		$\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{0,57 \cdot d_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{d_{ik}}{\lambda_{ik}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}$	$\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{0,57 \cdot d_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{d_{ik}}{\lambda_{ik}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}$
İçerden yalıtımlı	291,54	281,33	10,21	-28,8	-15,1	-13,3	18,0	1,35	1,72	-3,35	0,41	5,48	0,21	$\frac{q_y \cdot (d_{ik} + d_{ya} + d_{ds} + d_{is})}{T_{iy} - T_{dy}}$	b * U _{ik} + ξ	0,6	1,02		
																		$\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{0,415 \cdot d_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{d_{ik}}{\lambda_{ik}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}$	$\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{0,415 \cdot d_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{d_{ik}}{\lambda_{ik}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}$
İçerden ve teras üstü yalıtımlı	290,32	281,24	9,08	-13,6	-10,5	-11,5	11,6	1,05	9,19	1,7	2,15	13,037	0,55	$\frac{q_y \cdot (d_{ik} + d_{ya} + d_{ds} + d_{is})}{T_{iy} - T_{dy}}$	b * U _{ik} + ξ	0,6	1,18		
																		$\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{d_{ik}}{\lambda_{ik}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}$	$\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{d_{ik}}{\lambda_{ik}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}$
Çift duvar arası yalıtımlı	289,41	281,46	7,95	-14,7	-29,2	-36,9	28,1	2,79	16,9	11,4	6,63	34,96	1,50	$\frac{q_y \cdot (d_{ik} + d_{ya} + d_{ds} + d_{is})}{T_{iy} - T_{dy}}$	b * U _{ik} + ξ	0,6	3,17		
																		$\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{d_{ik}}{\lambda_{ik}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}$	$\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{d_{ik}}{\lambda_{ik}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}$
Çift duvar arası ve teras yalıtımlı	290,8	281,55	9,25	-31,5	-33,3	-37,6	34,3	2,79	7,71	4,17	4,44	16,32	0,60	$\frac{q_y \cdot (d_{ik} + d_{ya} + d_{ds} + d_{is})}{T_{iy} - T_{dy}}$	b * U _{ik} + ξ	0,6	2,27		
																		$\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{0,274 \cdot d_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{d_{ik}}{\lambda_{ik}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}$	$\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{0,274 \cdot d_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{d_{ik}}{\lambda_{ik}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}$
Çift duvar arası ve teras yalıtımlı	291,3	281,4	9,9	-28,9	-17,2	-22,8	22,0	2,83	2,75	0,66	8,12	11,33	0,39	$\frac{q_y \cdot (d_{ik} + d_{ya} + d_{ds} + d_{is})}{T_{iy} - T_{dy}}$	b * U _{ik} + ξ	0,6	2,09		
																		$\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{0,274 \cdot d_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{d_{ik}}{\lambda_{ik}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}$	$\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{0,274 \cdot d_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{d_{ik}}{\lambda_{ik}} + \frac{d_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{d_{is}}{\lambda_{is}}$

Ek 1.15. Teras kat döşemelerinde betonun ısı iletkenliği 2,1 W/mK, Duvar ısı iletkenliği 0,45 W/mK ve yalıtım ısı iletkenliğinin 0,03 W/mK olması durumundaısı köprüsüne ait parametrelerin hesaplanması (Ri= 0,13 m² K/W, Re= 0,04 m² K/W).

Teras kat	T _{sp}	K T _{sp}	K ΔT	°C	Yatay ısı akısı, W/m ²			U _{ik} , W/m ² K	Değer	Düşey ısı akısı, W/m ²			Formül	Değer	U _i , W/mK	b, m	Değer
					Üst	Orta	Alt			Üst	Orta	Alt					
Yalıtımsız, parapet tuğla	288,88	281,66	281,66	7,22	-14,8	-29	-37,4	28,4	2,79	17,43	12,4	9,1	38,9	1,83	b * U _{ik} + ξ	0,6	3,51
Yalıtımsız, parapet betonarme	288,87	281,66	281,66	7,21	-14,7	-29,2	-37,3	28,3	2,79	19,53	13,25	9,35	42,1	1,99	b * U _{ik} + ξ	0,6	3,66
Dışardan yalıtımlı	291,38	281,14	281,14	10,2	1,87	-9,06	-11,3	8,0	0,69	24,22	17,89	8,68	50,8	1,85	b * U _{ik} + ξ	0,6	2,26
Dışardan ve teras üstü yalıtımlı	291,92	281,16	281,16	10,76	-10,4	-8,76	-8,86	9,2	0,75	12,36	7,5	3,86	23,7	0,82	b * U _{ik} + ξ	0,6	1,27
İçerden yalıtımlı	291,78	281,29	281,29	10,49	-29,8	-13,6	-10,3	16,5	1,24	1,1	-4,72	-0,8	6,62	0,24	b * U _{ik} + ξ	0,6	0,99
İçerden ve teras üstü yalıtımlı	290,48	281,19	281,19	9,29	-13,6	-8,86	-8,3	9,9	0,90	8,4	0,4	1,03	9,83	0,41	b * U _{ik} + ξ	0,6	0,95
Çift duvar arası yalıtımlı	289,45	281,45	281,45	8	-14,8	-29,2	-37,1	28,2	2,79	17,3	11,64	6,94	35,88	1,52	b * U _{ik} + ξ	0,6	3,20
Çift duvar arası ve teras yalıtımlı	290,94	281,54	281,54	9,4	-32,5	-33,5	-37,9	34,7	2,79	8,203	4,15	4,64	16,993	0,61	b * U _{ik} + ξ	0,6	2,29
Çift duvar arası, teras ve kırış iç yüzü yalıtımlı	291,47	281,38	281,38	10,09	-30	-16,2	-21,9	21,6	1,57	2,43	0,301	8,78	11,511	0,44	b * U _{ik} + ξ	0,6	1,38

ÖZGEÇMİŞ

Adem BAKIŞ 11.05.1983 tarihinde Iğdır' da doğdu.1999 yılında İstanbul Pendik Lisesini bitirdi. 2002 tarihinde Niğde Üniversitesi Mimarlık Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde okudu, 2003 tarihinde Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'ne yatay geçiş yaptı. 2007 tarihlerinde Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü bitirdi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans çalışması devam etmekte. Halen Milli Savunma Bakanlığı' nda İnceleme Kontrol Subayı olarak çalışmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.

İLETİŞİM

Esertepe Mah. Barışyolu Cad. Alımlı Sokak. Etlik Keçiören Ankara.
adembakis76@hotmail.com