T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Binaların Isıtılmasında Enerji Verimliliğinin Termodinamik Değerlendirmesi

Selin ENGİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr.-Ing. Ahmet CAN
EDİRNE-2012

T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Binaların Isıtılmasında Enerji Verimliliğinin Termodinamik Değerlendirmesi

Selin ENGİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr.- Ing. Ahmet CAN

EDİRNE- 2012

T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Binaların Isıtılmasında Enerji Verimliliğinin Termodinamik Değerlendirmesi

Selin ENGİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu tez 06/08/ 2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr.- Ing. Ahmet CAN	Yrd. Doç. Dr. Güler GAYGUSUZOĞLU	Yrd. Doç.Dr. Doğan ERYENER
Jüri Başkanı	Üye	Üye

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİNALARIN ISITILMASINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN TERMODİNAMİK DEĞERLENDİRMESİ

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Dünyada birincil enerji kaynağı olarak kullanılan fosil yakıt rezervlerinin hızla tükenmesi ve kullanımları sonucu çevreye olan olumsuz etkileri sebebiyle, enerjinin korunumu ve dolayısıyla enerji verimliliği konusunu çok önemli ve zorunlu hale getirmiştir.

Türkiye' de enerji tüketiminin büyük bir kısmı binalarda gerçekleşmektedir ve binalarda tüketilen enerjinin büyük bir kısmı da ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Binalarda ısıtma amaçlı tüketilen enerji miktarını azaltmak, buna bağlı olarak yakıt tüketimini düşürmek ve çevre kirliliğini en aza indirgemek için standartlar ve yönetmeliklere uygunluk zorunlu hale getirilmiştir. Bu uygulamalardan biri de Termodinamik Birinci ve İkinci Yasa kullanılarak hazırlanmış olan TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standardıdır.

Tamamlanmış bu yüksek lisans tezinde; enerji, enerji verimliliği ve bu açıdan binalarda ilk olarak sağlanması gereken ısı yalıtımı konusunun temeli olan termodinamik yasaları incelenmiş, bu yasaların uygulandığı TS 825 standardı hesap metodu ve hesap programı ayrıntı bir şekilde anlatılmıştır. İkinci derece- gün bölgesinde bulunan örnek bir bina ele alınarak, TS 825' e göre; biri, hesap metodu kullanılarak teorik olarak ve diğeri hesap programı kullanılarak, iki farklı yalıtım tasarımı uygulaması yapılmış, her iki durum için de binanın ısıtma enerjisi ihtiyacı incelenmiştir.

Sonuç bölümünde; yapılan iki farklı tasarımda bulunan sonuçlar değerlendirilmiş ve ısı yalıtımının önemi vurgulanarak, bu konuda alınabilecek diğer önlemlerle ilgili önerilerde bulunulmuştur.

2012, 274 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Termodinamik Birinci ve İkinci Yasa, Enerji Verimliliği, Isı Yalıtımı, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları.

ABSTRACT

MASTER THESIS

THERMODYNAMIC ASSESSMENT OF ENERGY EFFICIENCY IN THE HEATING OF BUILDINGS

TRAKYA UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE

DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

Reserves in the world, the rapid depletion of fosil fuel used as a primary source of energy and because of negative environmental effects as a result of their use, conservation of energy and therefore the issue of energy efficiency has become a very important and necessary.

Turkey, a large portion of the energy consumption is realized in buildings and building a large part of the energy consumed is used for heating purposes. Reduce the amount of energy consumed for heating in buildings, reducing fuel consumption as a result and heat insulation applications were developed to minimize environmental pollution. One of these applications of thermodynamics 1 and 2 the law was prepared using the TS 825 "Thermal Insulation Rules of Buildings " standard.

Completed his master's thesis in this, energy, energy efficiency and in this respect as the basis for the issue of thermal insulation should be provided for the first time in buildings examined the laws of thermodynamics, laws have been applied in this method of accounting standards and accountability program of the TS 825 is described in detail. Second-degree-day located in the sample a building has been taken, TS 825, in accordance with the unit, the theoretically using the method of the account, and the other using the program account, application is made of two different insulating design, examined for both the building's heating energy needs.

In the conclusion, the results were evaluated in two different designs and emphasizing the importance of thermal insulation, suggestions were made about other measures that can be taken in this regard.

2012, 274 Pages

Key Words: First Law and Second Law of Thermodynamics, Energy Efficiency, Heat Insulation, TS 825 Heat Insulation Rules in Buildings.

ÖNSÖZ

Enerji verimliliği, üretimdeki kalite, miktar ve hayat standardını düşürmeden en az enerji tüketimi olarak tanımlanmaktadır. Enerji verimliliğinin sağlanabilmesinde, enerji tasarrufu önemli bir kavramdır. Enerji tüketiminin büyük bir kısmı, özellikle binaların ısıtılmasında harcanmaktadır.

Bu yüksek lisans tezinde; binaların ısıtılmasında enerji verimliliğinin sağlanmasında önem arz eden ısı yalıtımı konusu, termodinamik yasaları ile değerlendirilmiştir. Enerji verimli bina tasarımı yapılarak, teorik olarak ve program ile iki şekilde incelenmiştir.

Görülmüştür ki; termodinamik, bir enerji bilimidir ve termodinamik yasaları hayatın her alanında var olan, doğanın en temel yasalarıdır. Doğadaki tüm fiziksel ve kimyasal olaylar daima bir enerji alışverişi ile olmaktadır.

Haziran, 2012 Selin ENGİN

İÇİNDEKİLER

ÖZET i

ABSTRACT ii

ÖNSÖZ iii

SEMBOLLER vi

ŞEKİL LİSTESİ xi

TABLO LİSTESİ xiv

ÇİZELGE LİSTESİ xvi

1. GİRİŞ 1

1.1. Enerji Kavramı 3

1.2. Termodinamiğin Birinci Yasası 4

2. ENERJİ VERİMLİLİĞİ 9

2.1. Enerji Verimliliği Ve Türkiye' de Durum 9

2.2. Binalarda Enerji Verimliliğinin Önemi 9

3. ISI YALITIMI 13

3.1. Isı Yalıtımının Teorik Esası 13

3.1.1. İletim yoluyla ısı geçişi 14

3.1.2. Taşınım yoluyla ısı geçişi 16

3.1.2.1. Yoğuşma 18

3.1.2.2. Kaynama 22

3.1.3. Işınım yoluyla ısı geçişi 24

3.2. Termodinamiğin İkinci Yasası 26

3.3. Isı Geçişi İle Enerji Verimliliği İlişkisi 28

3.4. Binalarda Isı Yalıtımının Enerji Verimliliği Açısından Önemi 31

3.5. Isı Yalıtım Malzemeleri Ve Özellikleri 39

4. BİNALARDA ISI YALITIMI UYGULAMALARININ ENERJİ VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ 42

4.1. TS 825 Hesap Metodu 43

4.2. TS 825 Hesap Programı 60

4.3. TS 825' e Göre Yalıtım Yapılmış Örnek Binanın Isı Geçişi Özellikleri 63

4.3.1. Örnek binanın C sınıfına göre yalıtım yapılmış şekli 63

4.3.2. Örnek binanın A sınıfına göre yalıtım yapılmış şekli 132

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME 174

EKLER 181

KAYNAKLAR 255

TEŞEKKÜR 257

ÖZGEÇMİŞ 258

SEMBOLLER

A_d : Dış hava ile temas eden tabanın alanı, m^2

A_{ds} : Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı, m^2

A_D : Dış duvarın alanı, m^2

A_i : i yönünde toplam pencere alanı, m^2

A_n : Bina kullanım alanı, m^2

A_p : Pencere alanı, m^2

A_t : Taban alanı, m^2

A_T : Tavan alanı, m^2

α : Yutma oranı

b : Isı köprüsü oluşturan yapı elemanının genişliği, m

c : Havanın özgül ısısı, J/kgK

c_{ps} : Doymuş sıvının özgül ısısı, J/kgK

d : Tabaka kalınlığı, m

E : Yüzeyin yaydığı ısı akısı, W/m^2

E_b : Yüzeyin yayma gücü, W/m^2

$\dot{E}_{ç}$: Sistemden çıkan enerji, kJ/kg

$\dot{E}_d$: Sistemde depo edilen enerji, kJ/kg

$\dot{E}_g$: Sisteme giren enerji, kJ/kg

$\dot{E}_{ü}$: Sistemde üretilen enerji, kJ/kg

ε : Yayma oranı

g : Yerçekimi ivmesi, m/s^2

g_{ev} : Buharlaşan su miktarı, $kg/m^2 s$

$g_{i,ay}$: i yönünde saydam yapı elemanlarının güneş enerjisi geçirme faktörü

g_{sw} : 1 saniyedeki yoğuşma miktarı, $kg/m^2 s$

$g_{\perp}$: Laboratuar şartlarında ölçülen yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü

G_{abs} : Yüzeyin birim zamanda yutulan ışınım enerjisi, W/m^2

σ : Sıvı ve buhar arasındaki yüzey gerilimi, N/m

ρ : Yoğunluk, kg/m^3

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

ρ_b : Doymuş buharın özgül kütlesi, kg/m^3

ρ_s : Sıvının özgül kütlesi, kg/m^3

h : Isı taşınım katsayısı, $W/m^2 K$

h_{sb} : Gizli buharlaşma ısısı, J/kg

H : Binanın özgül ısı kaybı, W/K

H_i : İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı, W/K

H_v : Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı, W/K

I : Isı köprüsünün uzunluğu, m

$I_{i,ay}$: i yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti, W/m^2

k : Isı iletim katsayısı, W/mK

KE : Kinetik enerji, kJ

KKO_{ay} : Aylık ortalama kazanç/ kayıp oranı

L : Mesafe, m

m : Kütle, kg

$\dot{m}$: Yoğuşan su debisi, kg/s

m_y : Aylık yoğuşma miktarı, kg/m^2

n_h : Hava değişim sayısı, h^{-1}

η_{ay} : Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü

μ : Su buharı difüzyon direnç faktörü

μ_s : Yoğuşan sıvının dinamik viskozitesi, Ns/m^2

p_d : Dış ortamın kısmi buhar basıncı, Pa

p_i : İç ortamın kısmi buharı basıncı, Pa

p_{sw} : Yoğuşma grafiğinde iki doğrunun kesiştiği noktadaki buhar basıncı, Pa

PE : Potansiyel enerji, kJ

Pr : Prandtl sayısı

q : Birim kütle için ısı geçişi, W/m^2

q'' : Isı akısı, W/m^2

q : Isı akış yoğunluğu, W/m^2

Q : Toplam ısı geçişi, kJ

Q_{12} : 1 halinden 2 haline toplam ısı geçişi, kJ

$Q_{T,nir}$: Tersinir ısı geçişi, kJ

Q_{ay} : Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı, J

Q_{yu} : Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, J

ϕ_i : Aylık ortalama iç kazançlar, W

$\phi_{g,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları, W

φ_i : İç ortamın bağıl nemi, %

φ_d : Dış ortamın bağıl nemi, %

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

R_i : İç yüzeyin yüzeysel ısı iletim katsayısı, m^{2}K/W

R_d : Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletim katsayısı, m^{2}K/W

S : Entropi, kJ/K

S_d : Su buharı difüzyonu- eşdeğer hava tabakası kalınlığı, m

S'_{dT} : Yoğuşma grafiğinde iç ortamdan dış ortama kadar olan mesafe, m

$S'_{d,sw}$: Yoğuşma grafiğinde dış ortamdan kesişme noktasına kadar olan mesafe, m

δ_o : Su buharı difüzyon direnci, kg/msPa

δ_y : Sıvı film kalınlığı, m

T : Sıcaklık, K

T_b : Doymuş buharın sıcaklığı, K

$T_ç$: Cismi çevreleyen yüzeyin sıcaklığı, K

$T_{d,ay}$: Aylık ortalama dış ortam sıcaklığı, K

T_h : Havanın sıcaklığı, K

T_i : Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı, K

T_s : Yüzey sıcaklığı, K

T_y : Yüzey sıcaklığı, K

T_{yi} : İç yüzey sıcaklığı, K

T_{yd} : Dış yüzey sıcaklığı, K

T_∞ : Akışkan sıcaklığı, K

t : Zaman, s

U : Toplam iç enerji, kJ

U : Isıl geçirgenlik katsayısı, W/m^2K

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

U_{ds} : Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı, W/m^2K

U_D : Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı, W/m^2K

U_I : Isı köprüsünün doğrusal ısı geçirgenliği, W/K

U_p : Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı, W/m^2K

U_{TB} : Isı köprüsü oluşturan yapı elemanının ısı geçirgenliği, W/m^2K

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

U_t : Tabanın ısı geçirgenlik katsayısı, W/m^2K

v : Hız, m/s

V' : Hacimsel hava değişim debisi, m^3/h

$V_{brüt}$: Binanın brüt hacmi, m^3

V_h	: Havalandırılan hacim, m^3
W	: Toplam iş, kJ
W_{12}	: 1 halinden 2 haline ısı geçişi sırasında yapılan toplam iş, kJ
y	: Mesafe, m
z	: Yükseklik, m
ξ	: Isı köprüsünden oluşan yanal ısı kayıpları, W/mK
λ_h	: Isı iletim kabiliyeti hesap değeri, W/mK

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1. Türkiye' de birincil enerji tüketiminin sektörel dağılımı 1

Şekil 1.2. Çevrimsel süreç 5

Şekil 3.1. İletim, taşınım ve ışınım ile ısı geçişi 14

Şekil 3.2. İletim yolu ile bir boyutlu ısı geçişi 15

Şekil 3.3. Taşınım yolu ile ısı geçişi 16

Şekil 3.4. Levha üzerindeki akışta ısı taşınımı 17

Şekil 3.5. Düşey levha üzerinde film yoğuşma 19

Şekil 3.6. Sonsuz küçük hacim elemanı 20

Şekil 3.7. Suyun 1 atm basınçtaki kaynama eğrisi 22

Şekil 3.8. Işınım yolu ile ısı geçişi 24

Şekil 3.9. Tersinir çevrimi kesen adyabatik hal değişim eğrileri 27

Şekil 3.10. Kontrol hacmi için enerji dengesi 29

Şekil 3.11. Kontrol yüzeyinde enerji dengesi 30

Şekil 3.12. Çok katlı ve tek katlı binalarda görülen ısı kayıpları 33

Şekil 3.13a. Avrupa ülkelerinde duvarlarda meydana gelen ısı kayıpları 34

Şekil 3.13b. Avrupa ülkelerinin bazılarında duvarların yalıtım kalınlığı 35

Şekil 3.14. Duvarlarda yapılan yalıtım örnekleri 36

Şekil 3.15. Yalıtımlı cam kesiti 37

Şekil 3.16. Çatılarda yapılan ısı yalıtım örnekleri 38

Şekil 4.1. Çok katmanlı yapı elemanındaki sıcaklık dağılımı 53

Şekil 4.2. Çok katmanlı yapı elemanındaki buhar basınç dağılımı 54

Şekil 4.3. Yapı elemanında bir ara yüzeyde yoğuşma oluşması durumu 55

Şekil 4.4. Yapı elemanında iki ara yüzeyde yoğuşma oluşması durumu 56

Şekil 4.5. Yapı elemanında yüzey boyunca yoğuşma oluşması durumu 57

Şekil 4.6. Yapı elemanında bir ara yüzeyinde buharlaşma oluşması durumu 58

Şekil 4.7. Yapı elemanında iki ara yüzeyinde buharlaşma oluşması durumu 58

Şekil 4.8. Yapı elemanının bir ara yüzeyinde yoğuşma, bir ara yüzeyinde buharlaşma oluşması durumu 59

Şekil 4.9. TS 825 hesap programı akış şeması 61

Şekil 4.10. Taban elemanının kesiti 83

Şekil 4.11. Taban elemanında Kasım ayı için oluşturulan yoğuşma kontrolü grafiği 89

Şekil 4.12. Taban elemanında Nisan ayı için oluşturulan yoğuşma kontrolü grafiği 94

Şekil 4.13. Taban elemanında aylara göre oluşturulan yoğuşma kontrolü grafikleri 101

Şekil 4.14. Duvar ve betonarme elemanlarının kesitleri 103

Şekil 4.15. Duvar elemanında Ocak ayı için oluşturulan yoğuşma kontrolü grafiği 107

Şekil 4.16. Duvar elemanında Aralık ayı için oluşturulan yoğuşma kontrolü grafiği 110

Şekil 4.17. Duvar elemanında aylara göre oluşturulan yoğuşma kontrolü grafikleri 115

Şekil 4.18. Betonarme elemanının aylara göre oluşturulan yoğuşma kontrolü grafikleri 121

Şekil 4.19. Tavan elemanının kesiti 122

Şekil 4.20. Tavan elemanında Ocak ayı için oluşturulan yoğuşma kontrolü grafiği 125

Şekil 4.21. Tavan elemanında Aralık ayı için oluşturulan yoğuşma kontrolü grafiği 127

Şekil 4.22. Tavan elemanının aylara göre oluşturulan yoğuşma kontrolü grafikleri 131

Şekil 4.23. Yapı elemanı duvar için giriş ekranı 133

Şekil 4.24. Yapı elemanı betonarme için giriş ekranı 133

Şekil 4.25. Yapı elemanı tavan için giriş ekranı 134

Şekil 4.26. Yapı elemanı taban için giriş ekranı 135

Şekil 4.27. Pencere bilgileri ekranı 136

Şekil 4.28. Kapı bilgileri ekranı 136

Şekil 5.1. Aylara göre ısı kayıp ve kazançları 177

Şekil 5.2. A ve C tipi enerji kimlik belgeli binalarda toplam ısı kaybı 177

Şekil 5.3. A ve C tipi enerji kimlik belgeli binaların yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı 178

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1. Bazı ülkelerdeki enerji yoğunluğu ve kişi başına düşen enerji tüketimi değerleri 9

Tablo 3.1. Duvar, döşeme ve çatı uygulamalarında kullanılan ısı yalıtım malzemeleri 40

Tablo 3.2. Cam yalıtım malzemeleri 41

Tablo 3.3. Endüstriyel ısı yalıtım malzemeleri 41

Tablo 4.1. Örnek binaya ait alan değerleri 64

Tablo 4.2. Duvarlarda kullanılan malzemeler ve özellikleri 66

Tablo 4.3. Tavanda kullanılan malzemeler ve özellikleri 66

Tablo 4.4. Tabanda kullanılan malzemeler ve özellikleri 67

Tablo 4.5. Kapı sistemlerinin U_k - değerleri 68

Tablo 4.6. Türkiye' de bölgelere göre tavsiye edilen U- değerleri 68

Tablo 4.7. Örnek binanın yönlerine göre pencere alanları 70

Tablo 4.8. Taban elemanının Kasım ayı için hesaplanan yüzey sıcaklık değerlerine karşılık gelen doymuş su buharı basınç değerleri 87

Tablo 4.9. Taban elemanının Kasım ayı için yoğuşma kontrolü grafiğinin çizilmesinde kullanılan veriler 88

Tablo 4.10. Taban elemanının Nisan ayı için hesaplanan yüzey sıcaklık değerlerine karşılık gelen doymuş su buharı basınç değerleri 93

Tablo 4.11. Taban elemanının Nisan ayı için yoğuşma kontrolü grafiğinin çizilmesinde kullanılan veriler 94

Tablo 4.12. Taban elemanının aylara göre hesaplanan değerleri 96

Tablo 4.13. Duvar elemanının Ocak ayı için hesaplanan yüzey sıcaklık değerlerine karşılık gelen doymuş su buharı basınç değerleri 106

Tablo 4.14. Duvar elemanının Ocak ayı için yoğuşma kontrolü grafiğinin çizilmesinde kullanılan veriler 107

Tablo 4.15. Duvar elemanının Aralık ayı için hesaplanan yüzey sıcaklık değerlerine karşılık gelen doymuş su buharı basınç değerleri 109

Tablo 4.16. Duvar elemanının Aralık ayı için yoğuşma kontrolü grafiğinin çizilmesinde kullanılan veriler 109

Tablo 4.17. Duvar elemanının aylara göre hesaplanan değerleri 111

Tablo 4.18. Betonarme elemanının aylara göre hesaplanan değerleri 117

Tablo 4.19. Tavan elemanının Ocak ayı için hesaplanan yüzey sıcaklık değerlerine karşılık gelen doymuş su buharı basınç değerleri 124

Tablo 4.20. Tavan elemanının Ocak ayı için yoğuşma kontrolü grafiğinin çizilmesinde kullanılan veriler 124

Tablo 4.21. Tavan elemanının Aralık ayı için hesaplanan yüzey sıcaklık değerlerine karşılık gelen doymuş su buharı basınç değerleri 126

Tablo 4.22. Tavan elemanının Aralık ayı için yoğuşma kontrolü grafiğinin çizilmesinde kullanılan veriler 126

Tablo 4.23. Tavan elemanının aylara göre hesaplanan değerleri 128

Tablo 4.24. Örnek binanın tasarım bilgileri 132

Tablo 5.1. A tipi ile C tipi enerji kimlik belgeli bina için hesaplanan U- değerleri 174

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1. Binalar için düzenlenecek enerji kimlik belgesi 11

Çizelge 4.1. Bina hakkında genel bilgiler 137

Çizelge 4.2. Isı ihtiyacı kimlik belgesi 138

Çizelge 4.3. Binanın yapı elemanlarında kullanılan malzemeler ve madde fiziki değerleri 139

Çizelge 4.4. Binanın ısı kaybı hesabı 145

Çizelge 4.5. Örnek binanın A sınıfı enerji kimlik belgesi için aylara göre hesaplanmış ısı kaybı ve ısı kazancı değerleri 146

Çizelge 4.6. Örnek binanın A sınıfı enerji kimlik belgesi için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabı 147

Çizelge 4.7. Pencerelerin hesap değerleri 147

Çizelge 4.8. Kapıların hesap değerleri 147

Çizelge 4.9. Binanın yapı elemanlarının kesitleri ve sırasıyla kullanılan malzemeler 148

Çizelge 4.10. Havalandırma raporu 152

Çizelge 4.11.Yapı elemanın madde fiziki değerleri 153

Çizelge 4.12.Yapı elemanındaki basınç ve sıcaklık dağılımları 157

Çizelge 4.13.Yapı elemanındaki yoğuşma miktarı çizelgeleri 165

Çizelge 4.14. Yapı elemanlarının yoğuşma kontrolü grafikleri 169

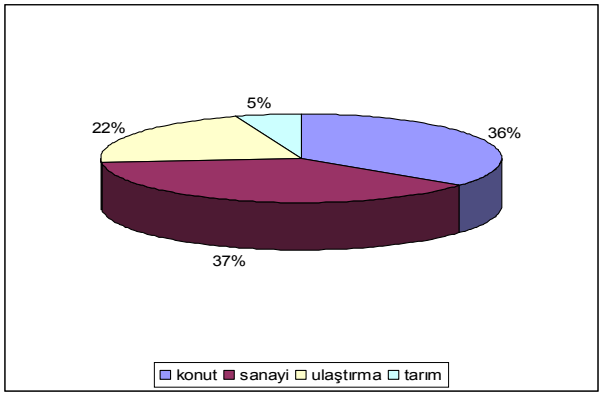
1. GİRİŞ

Enerji, ülkelerin sosyal ve ekonomik olarak gelişmesi ve çevrenin korunması açısından önemli bir etkendir.

Dünyada birincil enerji kaynağı olarak kullanılan fosil yakıt rezervlerinin hızla tükenmesi, enerjinin korunumu ve dolayısıyla enerji verimliliği konusunun ele alınmasını sağlamıştır.

Enerji verimliliğini arttırmanın temel yolu, enerji tüketimini azaltmaktır. Bu bağlamda, 02 Mayıs 2007 tarih ve 26510 sayılı Resmi Gazete' de yayımlanan, 5627 sayılı "Enerji Verimliliği Kanunu" yürürlüğe girmiştir [22]. Bu kanun kapsamında, Türkiye' nin enerji tüketimi oranını 2020 yılına kadar %15 azaltmak hedeflenmektedir.

Türkiye' de enerji tüketiminin büyük bir kısmının binalarda gerçekleştiği görülmektedir. Binalarda tüketilen enerji, Türkiye' nin toplam enerji tüketiminin %35' ini oluşturmaktadır (Şekil 1.1). Binalarda, %40' tan fazla enerji tasarrufu potansiyeli vardır. Sadece binalarda tüketilen enerjiden yıllık 7 milyar US Doları tasarruf sağlanabilir [1]. Bu nedenle, enerji verimliliği çalışmalarında öncelikli olarak binalarda tüketilen enerjiyi en aza indirgemek amaçlanmıştır.



Şekil 1.1. Türkiye' de birincil enerji tüketiminin sektörel dağılımı

Binalarda tüketilen enerjinin büyük bir kısmı ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Bu nedenle, binalarda enerji verimliliğini arttırmak amacıyla ısı yalıtımı konusu önem kazanmıştır. 05 Aralık 2008 tarihli, 27075 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" ile zorunlu hale getirilmiştir. Yönetmeliğe göre; dış iklim şartları, iç mekan gereksinimleri, mahalli şartlar ve maliyet etkinliği de dikkate alınmalıdır. Binanın bütün enerji kullanımlarının değerlendirilmesini sağlayacak hesaplama kuralları belirlenmiştir. Birincil enerji ve karbondioksit (CO_2) emisyonu açısından sınıflandırılması gereklidir. Yeni ve önemli oranda tadilat yapılacak mevcut binalar için minimum enerji performans gerekleri belirlenmelidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliği değerlendirilmelidir. Isıtma ve soğutma sistemlerinin kontrolü, sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması yapılmalıdır. Böylece binalarda performans kriterlerinin ve uygulama esaslarının belirlenmesi ile çevrenin korunması amaçlanmaktadır [23].

Gerek fosil yakıtlardan sağlanan birincil enerji ve gerekse yenilenebilir enerji kullanılarak binaların ısıtılmasında termodinamik ve sürdürülebilirlik en az enerji kullanımını gerektirmektedir. Hem enerji tasarrufu, hem de iklim değişiklerinin önlenmesi ancak Termodinamik Birinci ve İkinci Yasa esaslarına uygun tasarımı yapılmış uygulamalarla sağlanabilir [2].

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği' ne göre, binalar enerji tüketimlerine göre sınıflandırılacak ve binalara enerji kimlik belgesi düzenlenecektir. Bu belge, yetkili kuruluşlardan alınabilecek ve bu kuruluşlara bağlı enerji kimlik belgesi (EKB) uzmanları tarafından hazırlanacaktır. Enerji kimlik belgesinde ısıtma, sıhhi sıcak su, soğutma ve aydınlatma için enerji tüketim değerleri ile sera etkisi gaz (SEG) emisyon değerleri, binanın enerji tüketimi sınıfı yer alacaktır.

Bu yüksek lisans tezinde, sadece ısıtma sistemi ele alındığından, Termodinamik Yasaları gereğince, Türk Standartları Enstitüsü tarafından hazırlanmış TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" kapsamında 2. derece- gün bölgesinde bulunan model bir evin yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanmıştır. Bina iki farklı şekilde tasarımlanmış olup, teorik olarak yapılan hesaplamalarla, binanın enerji verimliliği

endeksi normal enerji verimli bina ve program ile yapılan hesaplamalarla ise süper enerji verimli bina olarak bulunmuştur. Sonuçlar tablolar ve grafikler şeklinde değerlendirilmiştir.

İlk bölümlerde temel kavramlar, Termodinamik Birinci ve İkinci Yasa değerlendirilmiştir. Böylece binaların ısıtılmasında enerji verimliliği termodinamik açıdan irdelenmiştir.

1.1. Enerji Kavramı

Fizik ve mühendislik bilimlerinde enerji ile iş ilişkilidir. Enerji en genel anlamda; bir sistemin iş yapabilme yeteneği olarak ifade edilir.

Enerjinin birçok türü vardır. Bunlardan bazıları, mekanik, elektrik, kimyasal, nükleer enerji vb. şeklindedir. Ancak enerji hangi türde olursa olsun potansiyel enerji ve kinetik enerji olarak iki şekilde var olur. Potansiyel enerji, depolanan enerjidir. Kinetik enerji, Yunanca kinesis sözcüğünden türemiş olup, hareket enerjisi anlamına gelir. Bir sistemin potansiyel enerjisi ile kinetik enerjisinin toplamı sistemin toplam enerjisini ifade eder. Enerji birimi Joule (J) olarak verilir.

Enerji bir biçimden başka bir biçime dönüşebilir. Bu dönüşümü gerçekleştiren yapılan iştir. Enerjinin bir biçimden başka bir biçime dönüşmesinde enerjinin korunumu ilkesine göre dönüşümün sonundaki toplam enerji, dönüşümün öncesindeki toplam enerjiye eşittir [3].

1.2. Termodinamiğin Birinci Yasası

Bir cisme sadece korunumlu kuvvetler etki ediyorsa, hareket süresince cismin potansiyel enerjisi ile kinetik enerjisi değişebilir. Ancak potansiyel ve kinetik enerjinin toplamı sabit kalır. Buna, mekanik enerjinin korunumu denir [4].

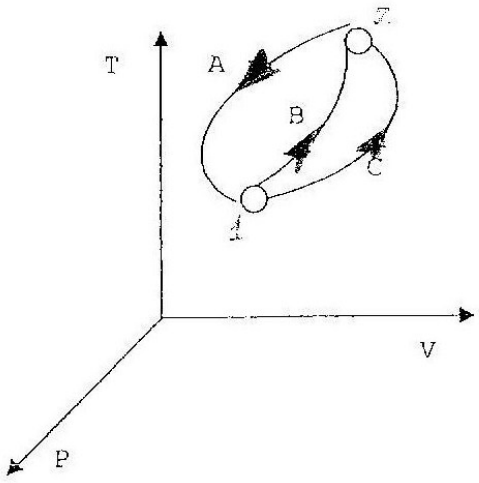
Karşılıklı olarak ısı enerjisinin, mekanik enerjiye ve mekanik enerjinin ısı enerjisine dönüşmesini inceleyen fizik dalına termodinamik denir.

Önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi, binaların en az enerji ile ısıtılması, enerjinin verimli kullanılmasını sağlar. Enerjinin verimli kullanılabilmesi için de enerjinin korunması gerekir. Bu nedenle, bu bölümde enerjinin korunumu ilkesinin matematiksel ifadesi olan Termodinamiğin Birinci Yasası teorik olarak incelenmiştir.

Termodinamik, enerji bilimi olarak tanımlanabilir ve Latince therme (ısı) ile dynamis (güç) sözcüklerinden türemiştir.

Termodinamiğin Birinci Yasası, "Enerji yoktan var edilemez, var olan enerji yok edilemez, biçim değiştirir" şeklinde ifade edilir. Doğadaki fiziksel olaylar bu ifadeyi doğrular. 19. yüzyılın başlarında Joule, yaptığı deneyle bu ifadeyi şu şekilde doğrulamıştır: m kütleli bir cismi termal olarak yalıtılmış bir ısı kutusunun içindeki çarklara bağlı olan bir makaraya bağlamıştır. Isı kutusunun içinde ayrıca sıvı ve sıvının sıcaklığını ölçen termometre bulunmaktadır. Cismi belli bir yükseklikten aşağıya bırakmıştır. Cisim, aşağı indikçe kutunun içindeki çarklar döner ve içerideki sıvının sıcaklığını ölçen termometrede ΔT kadar bir artış gözlenir. Isı kutusunun öz ısısına ve makaranın sürtünmesine harcanan enerji bu dönüşümdeki kayıplar olarak varsayılırsa Joule bu deneyinde enerjinin biçim değiştirdiğini ve korunumlu olduğunu ispatlamıştır.

Kapalı bir termodinamik sistemde, değişik hal değişimlerinde 1 halinden 2 haline geçen çevrimsel bir süreç düşünülebilir.



Şekil 1.2. Çevrimsel süreç

Şekil 1.2' de, 2 durumundan 1 durumuna A hal değişimi ile, 1 durumundan 2 durumuna B hal değişimi ve 1 durumundan 2 durumuna C hal değişimi olan çevrimsel süreçler göz önüne alınsın. Bu çevrimsel süreçlerin integrasyonu yapıldığında aşağıdaki eşitlikler yazılır.

$$\int_{2A}^{1}(\delta Q-\delta W)+\int_{1B}^{2}(\delta Q-\delta W)=0 \tag{1.1}$$

ve

$$\int_{2A}^{1}(\delta Q-\delta W)+\int_{1C}^{2}(\delta Q-\delta W)=0 \tag{1.2}$$

Eşitlik (1.1) ve (1.2) taraf tarafa çıkarılıp aşağıdaki işlemler yapılır.

$$\int_{1B}^{2}(\delta Q-\delta W)-\int_{1C}^{2}(\delta Q-\delta W)=0 \tag{1.3}$$

$$\int_{1B}^{2}(\delta Q-\delta W)=\int_{1C}^{2}(\delta Q-\delta W) \tag{1.4}$$

Burada, $(\delta Q-\delta W)$ ilk ve son durumlara bağlıdır ve sistemin toplam enerjisindeki değişime eşittir.

$$\delta Q-\delta W=dE \tag{1.5}$$

Sistemin toplam enerjisi diferansiyel formda; kinetik enerjisi (KE), potansiyel enerjisi (PE) ve iç enerjisindeki (U) değişimlerin toplamıdır.

$$dE=d\,(\mathrm{KE})+d\,(\mathrm{PE})+dU \tag{1.6}$$

Eşitlik (1.6), (1.5)' de yerine yazılırsa, aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$\delta Q-\delta W=d\,(\mathrm{KE})+d\,(\mathrm{PE})+dU \tag{1.7}$$

veya

$$\delta Q=d\,(\mathrm{KE})+d\,(\mathrm{PE})+dU+\delta W \tag{1.8}$$

Bu ifadenin integrasyonu alınarak aşağıdaki işlemler yapılır.

$$\int_{1}^{2}\delta Q=\int_{1}^{2}\left[d\,(\mathrm{KE})+d\,(\mathrm{PE})+dU+\delta W\right] \tag{1.9}$$

$$d\,(\mathrm{KE})=(\mathrm{m}/2).(\mathrm{v}_2^2-\mathrm{v}_1^2) \tag{1.10}$$

$$d\,(\mathrm{PE})=\mathrm{m.g.}(\mathrm{z}_2-\mathrm{z}_1) \tag{1.11}$$

$$dU=\mathrm{m.}(\mathrm{u}_2-\mathrm{u}_1) \tag{1.12}$$

$$Q_{12} = (m/2).(v_2^2 - v_1^2) + m.g.(z_2 - z_1) + m.(u_2 - u_1) + W_{12} \qquad (1.13)$$

Hareketsiz sistemlerde hızda veya kütle merkezinin bulunduğu noktada hal değişimi sırasında bir değişiklik olmaz. Bu nedenle hareketsiz, kapalı sistemlerin kinetik ve potansiyel enerjilerindeki değişimler ihmal edilebilir.

Buna göre Eşitlik (1.8), aşağıdaki şekilde elde edilir.

$$\delta Q = dU + \delta W \qquad (1.14)$$

Bu eşitlik ilk ve son durumları aynı hal değişimine sahip çevrimsel sürece uygulandığında iş enerji değişimi sıfır olur.

$$\oint dU = 0 \qquad (1.15)$$

İş ile ısı çevrim sonunda sıfırdan farklıdır. Çevrimsel süreçte sistemin çevresine karşı yaptığı toplam iş, çevreden sisteme giren toplam ısı ile orantılıdır.

$$\sum dW = \sum dQ \qquad (1.16)$$

Eğer dt zaman aralığında gerçekleşen bir süreç düşünülürse, Eşitlik (1.8) dt ile bölündüğünde aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$\frac{\delta Q}{dt} = \frac{d}{dt}\left[\ (\mathrm{KE}) + (\mathrm{PE}) + U\right] + \frac{\delta W}{dt} \qquad (1.17)$$

$dt \to 0$ limitinde bu eşitlik, aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\dot{Q} = \frac{dE}{dt} + \dot{W} \qquad (1.18)$$

veya

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} \tag{1.19}$$

Sistem enerji soğurursa Q pozitif, enerji kaybederse Q negatif alınır. Aynı şekilde sistem çevresi üzerine iş yaparsa, yapılan iş pozitif, sistem üzerine iş yapılırsa iş negatif alınır.

Bir sistem ile çevresi arasındaki ısı alışverişi iki yolla olmaktadır. Bunlardan birisi sistem tarafından veya sistem üzerine iş yapmaktır. Bu tür enerji değişimlerinde sistemin makroskobik değişkenlerinde (bir gazın basıncı, sıcaklığı, hacmi vb.) kayda değer bir değişme olur. Diğeri ise mikroskobik düzeyde meydana gelen ısı geçişidir. Isı geçişi konusu, 3. Bölümde ayrıntılı olarak incelenmiştir [5] [6] [7].

2. ENERJİ VERİMLİLİĞİ

2.1. Enerji Verimliliği Ve Türkiye' de Durum

Bu bölümde, enerji verimliliği, önemi, Türkiye' de ve Dünya' da bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Enerji verimliliği, üretimdeki kalite, miktar ve hayat standardını düşürmeden en az enerji tüketimi olarak tanımlanır.

Dünyadaki enerji ihtiyacının büyük bir kısmını karşılayan fosil yakıt kaynaklarının, petrol rezervlerinin hızla tükenmesi ve kullanımlarından sonra çevreye olan olumsuz etkilerinin azaltılması nedeniyle enerjinin verimli kullanılması önemli bir konu olmuştur. Enerji verimliliğini arttırmak için tüketilen enerji miktarının kalite ve performansı düşürmeden en aza indirilmesi yani enerji tasarrufu sağlanması gerekmektedir. Türkiye' de kişi başına enerji tüketimi OECD (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü) ülkeleri ortalamasının beşte biri iken enerji yoğunluğu[1] iki katıdır. Uluslararası Enerji Ajansı verilerine göre, gelişmiş ülkelerde 0,09 ile 0,19 arasında olan bu oran Türkiye'de 0,38' dir [1].

Tablo 2.1. Bazı ülkelerdeki enerji yoğunluğu ve kişi başına düşen enerji tüketimi değerleri

Ülke	Enerji Yoğunluğu (%)	Kişi Başına Tüketim (TEP/Nüfus)
Türkiye	0,38	1,06
Japonya	0,09	4,09
ABD	0,25	7,98
Yunanistan	0,2	2,62
OECD	0,19	4,68
Dünya	0,29	1,64

[1] (Gayrisafi yurtiçi hasıla başına tüketilen enerji miktarı)

Sanayileşmenin, nüfusun ve refah düzeyinin artması enerji tüketimini de arttırmıştır. 2006 yılında Türkiye' de toplam enerji tüketimi 72,2 milyonTEP (Ton Eşdeğer Petrol) olduğu görülmüş ve sadece %29' u yerli kaynaklarımız ile karşılanabilmiştir. 2020 yılında bu oranın %20 olacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle enerji verimliliğini arttırmada yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının arttırılması gerekmektedir. Türkiye' nin enerji yoğunluğunu 2020 yılına kadar %15 azaltmak için Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, "Enerji Verimliliği Kanunu" nu yürürlüğe koymuştur. Bu kanun; enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında, sanayi, ulaşım, bina vb. enerji tüketim sektörlerinde enerji verimliliğinin arttırılması, toplumda enerji bilinci geliştirilmesi, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanılmasını kapsar [22].

Türkiye' de birincil enerji tüketiminin sektörel dağılımı Şekil 1.1' de gösterildiği gibidir. Sanayi alanında %37, ulaşımda %21, konut sektöründe %35 olduğu görülür. Sadece binalarda tüketilen enerjiden yıllık 7 milyar US Doları tasarruf sağlanabilir [1]. Bu nedenle enerji verimliliği konusunda Türkiye' de yapılan mevzuat düzenleme çalışmalarına konut sektöründen başlanmıştır.

2.2. Binalarda Enerji Verimliliğinin Önemi

Avrupa Birliği ülkeleri sanayi, konut, ulaşım vb. birçok sektörde enerjinin verimli kullanılmasına yönelik bir dizi çalışmalar yapmışlardır. Avrupa Birliği uyum sürecinde olan Türkiye'de de enerji verimliliği konusu önem arz etmektedir.

Türkiye' de üretilen enerjinin %35' inin binalarda tüketilmesi ve bu oranın %85' inin ısıtma amaçlı harcanması enerji verimliliği ile ilgili kanun ve düzenlemelerin getirilmesini sağlamıştır. Önceki bölümlerde bahsedilen "Enerji Verimliliği Kanunu" bunların başında gelmektedir. Binalarda enerji verimliliğinin sağlanması amacıyla, bu kanunu takiben, 09 Ekim 2008 tarihli ve 27019 sayılı Resmi Gazete' de yayımlanan

"Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği" ve hemen ardından "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" yürürlüğe geçirilmiştir. Bu yönetmelikler gereğince binalara Çizelge 2.1' de gösterildiği şekilde, enerji kimlik belgesi verilecek ve bu belge yetkili kuruluş tarafından hazırlanacak, belgenin düzenlenme tarihinden itibaren 10 yıl geçerlilik süresi olacaktır [23].

Çizelge 2.1. Binalar için düzenlenecek enerji kimlik belgesi

ENERJİ KİMLİK BELGESİ

Belge No : Bina tipi : İnşaat yılı : Kapalı Kullanma alanı : Ada, Parsel : Adres :	Tarih : Belgeyi Düzenleyen : Oda Sicil No : Belgenin Son Geçerlilik Tarihi : İmza :
Mülk sahibi: İsim: Adres:	Müşterek tesisatların sahibi (gerekliyse): İsim: Adres:

Enerji tipine göre yıllık tüketimler

	Nihai Enerji tüketimleri	Birincil Enerji tüketimleri
Enerji Kullanım Alanı	kWh	kWh
Isıtma :		
Sıhhi sıcak su :		
Soğutma :		
Aydınlatma :		
TOPLAM :		

Isıtma, sıhhi sıcak su üretimi, soğutma ve aydınlatma için enerji tüketimleri (birincil enerji olarak) **Nihai tüketim:** **……kWsaat/ m².yıl**	Isıtma, sıhhi sıcak su üretimi, soğutma ve aydınlatma için sera etkisi gazı (SEG) emisyonları **Emisyon salımı:** **……..kg $_{eşd.}CO_2$ / m².yıl**

Enerji kimlik belgesinin oluşturulması ile binanın ısıtma ve soğutma amaçlı enerji ihtiyacı, CO_2 ve SEG emisyonları ile ilgili bilgiler, yalıtım özellikleri, ısıtma-soğutma sistemlerinin verimi, iklimsel bilgiler, binanın enerji endeksi sınıfı belirlenecektir. Enerji kimlik belgesi, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları standardına uygun olarak düzenlenmelidir.

Binalar oluşturulurken iklim bölgesi ve bu bölgenin yenilenebilir enerji kaynaklarına göre de tasarımlar yapılmalıdır. Soğuk iklim bölgelerinde güneşten maksimum fayda sağlanırken, sıcak iklim bölgelerinde gölgelendirme ve doğal havalandırma yapılmalıdır. Örneğin; binanın bulunduğu iklim şartları düşünülerek güneşe göre konumlandırılmaya çalışılmalıdır. Güneş enerjisi, ısıtma sistemleri için ısı enerjisi sağladığı gibi güneş pilleri ile elektrik enerjisi de sağlayabilir. Rüzgar enerjisi aynı şekilde soğutma sistemlerinde kullanılabilir. Isı pompaları da ısıtmada kullanıldığı gibi çevre kirliliğini önlemede yarar sağlar.

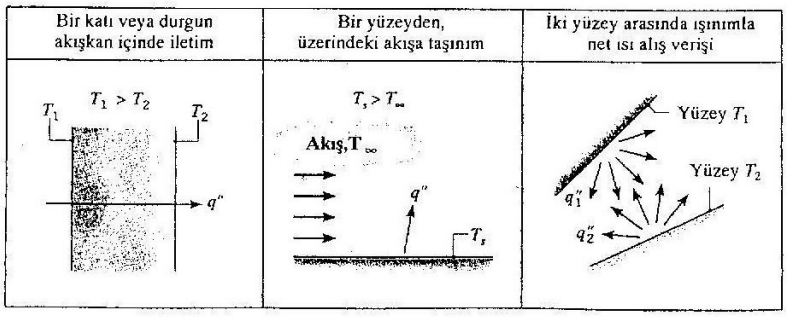
3. ISI YALITIMI

3.1. Isı Yalıtımının Teorik Esası

Isı; yüksek sıcaklıktan, düşük sıcaklığa doğru kendiliğinden geçer. Yüksek sıcaklık bölgesinin yanından, düşük sıcaklık bölgesine bir sıcaklık gradyeni oluşur. Isı yalıtımı, sıcaklık gradyeni içinden olan ısı akışını düşürerek, sıcaklık gradyenini korur. Buna göre ısı yalıtımı, farklı sıcaklıklardaki iki ortam arasında ısı şeklindeki enerji akışının azaltılması olayı olarak ifade edilebilir.

Buradan anlaşıldığı üzere, iki ortam arasında bir hal değişimi söz konusudur. Böyle bir hal değişiminin gerçekleşebilmesi için Bölüm 1.2' de tanıtılan Termodinamiğin Birinci Yasası' nın uygulanması zorunlu ancak yeter şart değildir. Termodinamiğin İkinci Yasası da hal değişiminin olup olmayacağı ve hangi yönde gerçekleşeceği hakkında bilgi verir. Birinci yasa enerji dönüşümünün niceliğini tanımlarken, ikinci yasa enerji dönüşümünün niteliğini tanımlar.

Sıcaklıkları farklı iki cisim göz önüne alınsın. Termodinamiğin İkinci Yasası' na göre, hiçbir zaman düşük sıcaklıklı bir cisimden, yüksek sıcaklıklı bir cisme ısı geçişi olmaz. Isı geçişi kavramı ilk olarak 1821 yılında Fransız bilim adamı Sadi Carnot (1796- 1832) tarafından ortaya konmuştur. Isı geçişi; sıcaklık farkından dolayı sistem ve çevresi arasında ya da maddeler arasında meydana gelen enerji akışıdır. Yemeğin pişmesi, saç kurutma makinesi, fırın, kombi, buhar kazanları, binaların ısıtılması ve soğutulması, iklimlendirme, havalandırma, binaların ısı yalıtımı vb. konular ısı geçişi bilim dalının uygulama örnekleridir.



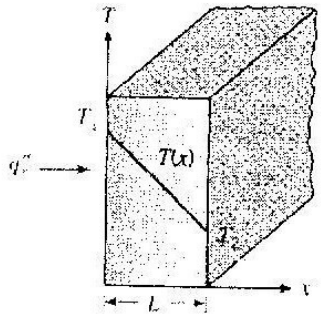
Şekil 3.1. İletim, taşınım ve ışınım ile ısı geçişi [8]

Isı geçişi türleri Şekil 3.1' de görüldüğü gibi sıcaklık farkı varken; katı veya akışkan durgun ortam içinde olan ısı geçişi iletim (kondüksiyon), bir yüzey ile hareket halindeki bir akışkan arasındaki ısı geçişi taşınım (konveksiyon) ve iki yüzey arasında (bir engel yokken) elektromanyetik dalgalar halinde yaydıkları enerji ışınım (radyasyon) olarak adlandırılır.

3.1.1. İletim yoluyla ısı geçişi

İletim yoluyla ısı geçişi maddenin atomik ve moleküler düzeyde hareketi ile ilgilidir. Bir maddenin daha yüksek enerjili parçacıklarından, daha düşük enerjili parçacıklarına enerjinin aktarılması olayı iletim yoluyla ısı geçişidir. İletim yoluyla geçen ısı enerjisini 1822 yılında ilk kez ifade eden J.B. Fourier olmuştur.

İletim yoluyla ısı geçişi için birim zamanda aktarılan enerji miktarı Fourier Yasası ile hesaplanır. Şekil 3.2' de görüldüğü gibi $T(x)$ sıcaklık dağılımına sahip, bir boyutlu düz duvar göz önüne alınsın.



Şekil 3.2. İletim yolu ile bir boyutlu ısı geçişi [8]

Fourier Yasasına göre ısı akısı tanımlanır.

$$q_x'' = k\frac{dT}{dx} \tag{3.1}$$

Isı akısı, ısı geçiş doğrultusuna dik birim yüzeyden, birim zamanda, x doğrultusunda geçen ısıdır. Bu doğrultudaki sıcaklık gradyanı dT/dx ile doğru orantılıdır. Isı iletim katsayısı duvar malzemesinin bir özelliğidir. Eksi işareti, ısı geçişinin sıcaklığın azaldığı yönde olduğunu ifade eder.

Sıcaklık dağılımının doğrusal olduğu sürekli rejimde sıcaklık gradyanı, aşağıdaki şekilde yazılır.

$$\frac{dT}{dx} = \frac{T_2 - T_1}{L} \tag{3.2}$$

Isı akısı, yani birim yüzeyden, birim zamanda geçen ısı elde edilir. Buradan, yüzey alanı A olan düz bir duvardan birim zamanda geçen ısı q_x, ısı akısı ile yüzey alanı çarpımıdır. Buradan, Fourier Isı İletim Yasası için geçerli ifade elde edilir.

$$q_x'' = -k\frac{T_2 - T_1}{L} \tag{3.3}$$

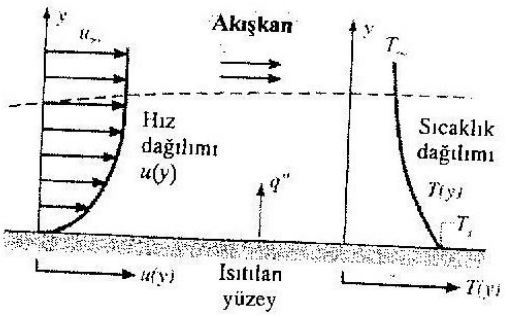
$$q_x'' = k\frac{T_1 - T_2}{L} = k\frac{\Delta T}{L} \tag{3.4}$$

$$q_x = q_x''.A \tag{3.5}$$

3.1.2. Taşınım yoluyla ısı geçişi

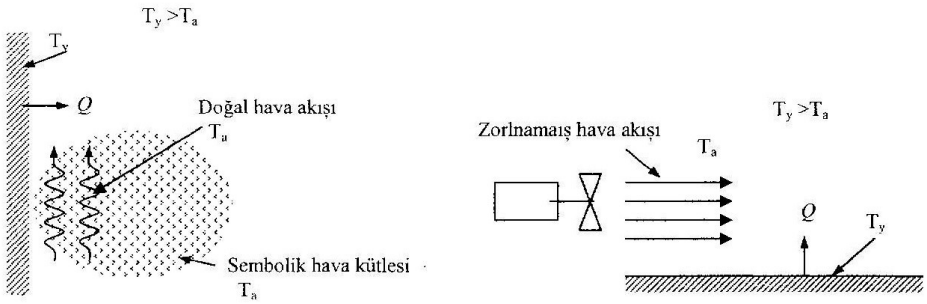
Taşınım yoluyla ısı geçişi, hareket halindeki bir akışkan ile onu çevreleyen yüzey arasında sıcaklık farkı olduğunda gerçekleşir.

Şekil 3.3' de ısıtılan yüzey üzerinde akış olduğu düşünülmüştür. Akışkan hızı 0 değerinden u_∞ değerine ulaşmıştır. Bu akışkan bölgesine hidrodinamik sınır tabaka veya hız sınır tabakası denir. Yüzey ile akışkan arasında sıcaklık farkından dolayı, $T_s \to T_\infty$ değişen akışkan bölgesi oluşmuştur. Bu bölgeye de ısıl sınır tabaka denir ve hızın değiştiği tabakadan daha ince, daha kalın veya aynı kalınlıkta olabilir. $T_s > T_\infty$ olduğunda taşınım yoluyla ısı geçişi gerçekleşir.



Şekil 3.3. Taşınım yolu ile ısı geçişi [8]

Taşınım yoluyla ısı geçişi, akışın türüne göre zorlanmış taşınım ve doğal taşınım olarak iki şekilde sınıflandırılır (Şekil 3.4). Akış; fan, pompa veya atmosferik rüzgar gibi dış etki ile oluşursa zorlanmış taşınım, akışkan içindeki sıcaklık değişimleri nedeniyle yoğunluk farkından dolayı oluşan kaldırma kuvvetleri ile ilişkiliyse doğal taşınım olarak ifade edilir.



Şekil 3.4. Levha üzerindeki akışta ısı taşınımı [9]

Taşınım ile ısı geçişinde ısı akısı için aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$q'' = h(T_s - T_\infty) \tag{3.6}$$

Isı akısı, yüzey ve akışkan sıcaklıkları arasındaki fark ile doğru orantılıdır. Bu değer, yüzey geometrisine, akışkan hareketinin türüne ve akışkanın termodinamik özelliklerine göre belirlenen sınır tabakadaki koşullara bağlıdır.

Isı akısı, yüzeyden akışkana geçtiğinde yani $T_s > T_\infty$ olduğunda artı işaretini, akışkandan yüzeye geçtiğinde yani $T_\infty > T_s$ olduğunda ise eksi işaretini alır. $T_\infty > T_s$ ise Eşitlik (3.6) aşağıdaki şekilde yazılır ve birim yüzey için geçerlidir.

$$q'' = h(T_\infty - T_s) \tag{3.7}$$

Isı geçişi yüzey alanı A için ısı geçiş ifadesi de yazılabilir.

$$q = q^{''}.A \tag{3.8}$$

veya

$$q = h.A.(T_{\infty} - T_s) \tag{3.9}$$

İlk kez 1701 yılında Newton tarafından verilen bu ifadeye Newton' un Soğurma Kanunu denir [8] [9].

Taşınım yoluyla ısı geçişi bir akışkan içinde iletim ve makroskopik hareketlerin birleşik etkileri ile oluşan enerji aktarımı olarak da tanımlanabilir. Burada aktarılan enerjiye, akışkanın duyulur veya iç ısıl enerjisi denir. Bunun yanı sıra gizli ısıl alışverişi denilen akışkanın sıvı veya buhar fazları arasındaki geçişi azaltan yoğuşma ve kaynama gibi taşınım durumları da söz konusudur.

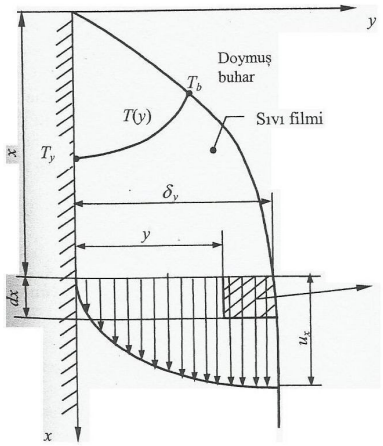
3.1.2.1. Yoğuşma

Buhar, doyma sıcaklığından daha düşük sıcaklıktaki bir yüzey ile temas ettiğinde yoğuşma oluşur. Eğer yoğuşma yüzeyi ıslatıyorsa film yoğuşma, yüzey üzerinde damlacıklar şeklinde kalıyorsa damla yoğuşma denir. Damla yoğuşmada ısı geçişinin büyük bir kısmı çapı 100 μm' den az olan damlalar üzerinden olur ve ısı geçişi film yoğuşmaya göre 10 kat daha fazladır. Damla yoğuşma, pürüzsüz madde ile kaplı yüzeylerde oluşur. Uygulamalarda damla yoğuşması oluşması zordur [9].

Sıvı fazı buhar ile yüzey arasında ısı geçişine karşı direnç oluşturur. Akış boyunca artan sıvı kalınlığı direnci arttırır. Bu nedenle film yoğuşması için kısa düşey

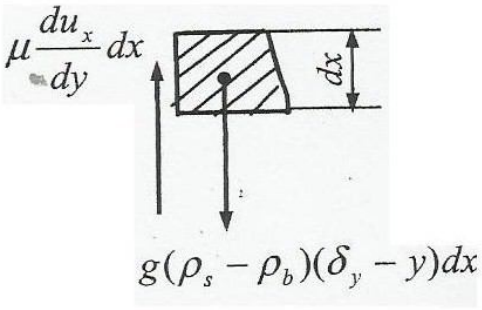
yüzeylerin veya yatay silindirlerin kullanılması uygundur. Çoğu yoğuşturucular da içinden soğutucu akışkanın aktığı, çevresinden de buharın dolaştırıldığı, yatay boru demetlerinden oluşur.

Ayrıca, film yoğuşmada ısı taşınım katsayısı, damla yoğuşmadan küçük olduğundan yoğuşturucu tasarımı yapılırken hesaplamalarda film yoğuşma baz alınır [8].



Şekil 3.5. Düşey levha üzerinde film yoğuşma [9]

Şekil 3.5' de düşey bir levhada, sıcaklığı daha büyük olan doymuş buhar temas ettiğinde yoğuşma gerçekleştiği ve yoğuşan sıvı kütlesinin sınır tabaka oluşturduğu görülmektedir. Sıvı film içinden sonsuz küçük hacim elemanı alınır ve viskoz kuvvet ile ağırlık kuvveti birbirine eşitlenirse aşağıdaki eşitlik elde edilir.



Şekil 3.6. Sonsuz küçük hacim elemanı [9]

$$g.(\rho_s - \rho_b).(\delta_y - y).dx = \mu_s \frac{du_x}{dy} dx \tag{3.10}$$

$u_x = 0$ sınır koşulu için integral alındığında, aşağıdaki eşitlikle film içindeki hız dağılımı bulunur.

$$u_x = \frac{g(\rho_s - \rho_b)}{\mu_s} \left(\delta_y y - \frac{y^2}{2} \right) \tag{3.11}$$

Sıvı film içinde sıcaklık dağılımı doğrusal kabul edilirse, aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$\frac{T_b - T}{T_b - T_y} = 1 - \frac{y}{\delta_y} \tag{3.12}$$

dx kalınlığındaki sıvı film boyunca, *dm* kadar buhar yoğuşmuş ise sıvı film kalınlığı, aşağıdaki eşitlikle ifade edilir.

$$\delta_x = \left[\frac{4k_s \mu_s (T_b - T_y)x}{g\rho_s (\rho_s - \rho_b) h_{sb}} \right] \tag{3.13}$$

Newton Soğurma Kanunu' na göre toplam ısı geçişi ve yoğuşan su debisi, aşağıdaki eşitliklerle hesaplanabilir.

$$q = \overline{h}_L . A . (T_b - T_y) \tag{3.14}$$

$$\dot{m} = \frac{q}{h'_{sb}} = \frac{\overline{h}_L A (T_b - T_y)}{h'_{sb}} \tag{3.15}$$

Burada, denklemlerde kullanılan ifadeler aşağıdaki şekilde verilmiştir.

g : Yerçekimi ivmesi, m/s^2

ρ_s : Sıvının özgül kütlesi, kg/m^3

ρ_b : Doymuş buharın özgül kütlesi, kg/m^3

T_b : Doymuş buhar sıcaklığı, K

T_s : Yüzey sıcaklığı, K

k_s : Yoğuşan sıvının ısı iletim katsayısı, W/mK

μ_s : Yoğuşan sıvının dinamik viskozitesi, Ns/m^2

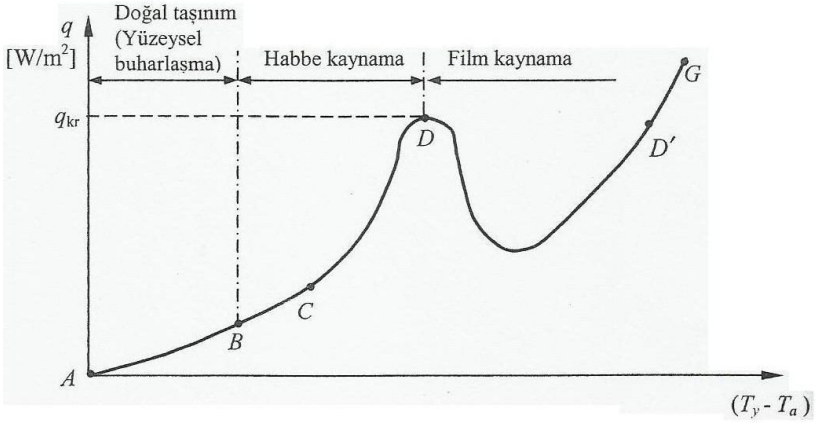
h_{sb} : $h_b - h_s$ gizli buharlaşma ısısı, J/kg

h'_{sb} : Buharın entalpisi ile yoğuşan sıvı filmin entalpisi arasındaki fark [$h'_{sb} = h_{sb} + 0{,}68 c_{ps} (T_b - T_y)$]

δ_y : Sıvı film kalınlığı, m

3.1.2.2. Kaynama

Kaynama ile sıvı fazdan buhar fazına geçiş, katı yüzeyden ısı geçişi ile sağlanır. Kaynama olayına buharlaşma da denilebilir ve sıvının hareketsiz olduğu havuz kaynama ile sıvınının hareketli olduğu zorlanmış kaynama olarak ikiye ayrılır.



Şekil 3.7. Suyun 1 atm basınçtaki kaynama eğrisi [9]

Şekil 3.7' de atmosferik basınç altındaki suyun yüzey ile arasındaki sıcaklık farkının ısı akısına oranı verilmiştir. Bu eğride gösterilen noktalar arası, aşağıdaki şekilde ifade edilir.

AB : Doğal taşınım ve yüzeysel buharlaşma

BC : Buhar zerreciklerinin oluşumu ve yukarı doğru yükselirken yoğuşma

CD : Buhar zerreciklerinin yüzeye ulaşması ve kaynamanın başlaması

CD aralığında kaynama olayına çekirdek kaynama da denir. Çekirdek kaynama için Rohsenow tarafından ortaya konulan deneysel yöntemlerle bulunan ilk bağıntı, aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$q = \mu_s h_{sb}\left[\frac{g(\rho_s - \rho_b)}{\sigma}\right]^{1/2}\left[\frac{c_{ps}(T_y - T_b)}{C.h_{sb}.\mathrm{Pr}_s^n}\right]^3 \qquad (3.16)$$

Bu eşitlikte kullanılan ifadeler, aşağıdaki şekilde verilmiştir.

q : Çekirdek kaynamada ısı akısı, W/m^2

s : Sıvıya ait indis

b : doymuş buhara ait indis

c_{ps} : Doymuş sıvının özgül ısısı, J/kg

σ : Sıvı ve buhar arasındaki yüzey gerilimi, N/m

C ve n : Akışkan ile yüzey malzemesinin cinsine bağlı katsayılar

D noktasındaki ısı akısına kritik veya maksimum ısı akısı denir ve Zuber tarafından deneysel olarak bulunan bağıntı, aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$q_{\max} = 0{,}149 h_{sb}\rho_b\left[\frac{\sigma.g.(\rho_s - \rho_b)}{\rho_b}\right]^{1/4} \qquad (3.17)$$

D noktasından itibaren yüzey sıcaklığının çok yüksek olmasından dolayı film kaynama gerçekleşir. Ancak uygulamalarda bu bölgelere çıkılmaz.

Şekil 3.7' de eğride görülen yüzey ile su arasında sıcaklık farkı B noktasında 5°C, C noktasında 10°C, D noktasında 30°C dir ve D noktasındaki maksimum ısı akısı yaklaşık 10^6 W/m^2 değerindedir.

Havuz kaynamasında akışkanın hareketi, ısıtılan yüzeyden ayrılan kabarcıkların kaldırma kuvvetinden kaynaklanan hareketleriyle olur. Zorlanmış taşınımlı kaynamada ise kaldırma etkileriyle birlikte akışkanın yönlendirilmiş makroskopik hareketine bağlıdır. Zorlanmış taşınımlı kaynama, ısıtılan levhalar, silindirler üzerinden dış akış, kanalda iç akış vb. geometriye bağlıdır. İç akışlı kaynamaya iki fazlı akış da denir ve içinden sıvı akarken ısıtılan borunun iç yüzeyinde kabarcık oluşumu ile olur. Kabarcık

büyümesi ve yüzeyden ayrılması akış hızından etkilenir ve hidrodinamik etkiler havuz kaynamasında ortaya çıkanlardan farklıdır. Farklı iki fazlı akışlar nedeniyle genelleştirmeler yapılamaz [8] [9].

3.1.3. Işınım yoluyla ısı geçişi

Işınım yoluyla ısı geçişi, sonlu sıcaklıktaki atom ve moleküllerin elektron düzenlerindeki hareket sonucu elektromanyetik dalgalar (fotonlar) halinde yayılmalarıyla oluşur. İletim ve taşınım yoluyla ısı geçişi gerçekleşmesi için bir ortam gerekirken, ışınım yoluyla ısı geçişi boşlukta olabilmektedir.

1879 yılında Stefan yaptığı çalışmalarda ilk kez ışınım yoluyla ısı geçişi için temelleri ortaya koymuştur. 1884 yılında ise Boltzmann Termodinamiğin Birinci Yasası ve fiziksel bağıntılar ile ışınımla ısı geçişini teorik olarak kanıtlamıştır. Bu sebeple ışınımla ısı geçişi, Stefan- Boltzmann Isı Işınım Kanunu ismini almıştır.



a) b)

Şekil 3.8. Işınım yolu ile ısı geçişi [8]

Şekil 3.8' de görüldüğü gibi birim zamanda birim yüzeyden serbest bırakılan enerji yani yüzeyin yayma gücü tanımlanır. Böyle yüzeye siyah cisim denir.

$$\mathrm{E}_b = \sigma T_s^4 \tag{3.18}$$

Gerçek bir yüzeyin yaydığı ışınımla ısı ise, aşağıdaki değerdedir.

$$\mathrm{E} = \varepsilon.\sigma.T_s^4 \tag{3.19}$$

Burada ε yayma oranıdır ve değeri $0 \le \varepsilon \le 1$ aralığındadır.

Bir yüzey üzerine çevresinden gelen ışınıma gelen ışınım (G) denir ve gelen ışınımın bir kısmı yüzey tarafından yutulabilir. Yüzeyin birim zamanda yutulan ışınım enerjisi, aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$\mathrm{G}_{abs} = \alpha\,\mathrm{G} = \alpha.\sigma.T_ç^4 \tag{3.20}$$

Burada α yutma oranıdır ve değeri $0 \le \alpha \le 1$ arasındadır. Eğer $\alpha < 1$ ve yüzey ışınım geçirmez ise gelen ışınımın bir kısmı geri yansıtılır. Eğer yüzey yarı geçirgen ise gelen ışınımın bir kısmı geçer.

Yüzeyin yuttuğu ve yaydığı ışınımlar maddenin ısıl enerjisinde değişime sebep olurken yansıttığı ve geçirdiği ışınımlar bir değişim oluşturmaz.

Eğer yüzey $\alpha = \varepsilon$ (gri cisim) ise birim alandan birim zamanda ışınım yoluyla ısı geçişi, aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$q'' = \frac{q}{A} = \varepsilon\,\mathrm{E}_b T_s - \alpha\,\mathrm{G} = \varepsilon.\sigma.(T_s^4 - T_ç^4) \tag{3.21}$$

Uygulamalarda geçerli ifade aşağıdaki biçimdedir ve ışınımla ısı geçiş katsayısı h_r kullanılmaktadır.

$$q'' = h_r.A.(T_s - T_ç) \tag{3.22}$$

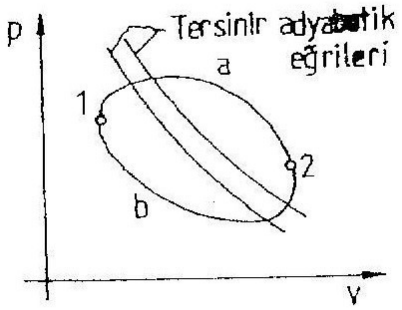
$$h_r \equiv \varepsilon.\sigma.(T_s + T_ç).(T_s^2 + T_ç^2) \tag{3.23}$$

Şekil 3.8'deki gibi yüzeylerden taşınım yoluyla ısı geçişi de olabileceğinden b durumu için, yüzeyden birim zamandaki toplam ısı geçişi ifadesi yazılabilir.

$$q = q_{taş.} + q_{ışı.} = h.A.(T_s - T_\infty) + \varepsilon.A.\sigma.(T_s^4 - T_ç^4) \tag{3.24}$$

3.2. Termodinamiğin İkinci Yasası

Termodinamiğin İkinci Yasası' nın hal değişimlerinin hangi yönde gerçekleşeceği hakkında bilgi verir. Bu bölümde bu ifade matematiksel olarak incelenecektir. Clausius (1822- 1888) tarafından ilk kez tanımlanan entropi değeri Termodinamiğin İkinci Yasası için geçerli parametredir. Clausius yalıtılmış termodinamik sistem ele alarak yaptığı çalışmasında, aynı iç enerjiye sahip iki hal göz önüne almış ve bu hallerden hangisinin başlangıç hali hangisinin de sonuç hali olduğunu entropi kavramı ile göstermiştir. Entropi, maddenin tersinir adyabatik bir eğri boyunca sabit kalan özelliğidir.



Şekil 3.9. Tersinir çevrimi kesen adyabatik hal değişim eğrileri [7]

Şekil 3.9' da, a ve b şeklinde sisteme ait tersinir iki hal değişiminin verildiği çevrim ele alınmıştır. Sistem a üzerinden $1 \rightarrow 2$ getirilmekte ve b yolu üzerinden tekrar geri 1' e dönmektedir. 1a2 eğrisi boyunca sisteme tersinir ısı verilmekte, 2b1 eğrisi boyunca sistemden ısı çekilmektedir. Tersinir adyabatik eğriler birbirlerine yaklaştıkça eğriler arasındaki ısı alışverişi sabit sıcaklığa gelebilir. Tersinir çevrimde aşağıdaki gibi eğrisel integralin değeri sıfıra eşittir denir.

$$\oint \frac{dQ}{T} = 0 \tag{3.25}$$

Eşitlik (3.25)' e göre, aşağıdaki ifadeler yazılabilir.

$$\int_{1a}^{2} \frac{dQ_{T,nir}}{T} + \int_{2b}^{1} \frac{dQ_{T,nir}}{T} = 0 \tag{3.26}$$

$$\int_{1a}^{2} \frac{dQ_{T,nir}}{T} = -\int_{2b}^{1} \frac{dQ_{T,nir}}{T} \tag{3.27}$$

$$\int_{1a}^{2} \frac{dQ_{T,nir}}{T} = \int_{1}^{2b} \frac{dQ_{T,nir}}{T} \tag{3.28}$$

Eşitlik (3.28), bir S eğrisi boyunca gerçekleştirilen tersinir hal değişiminde $\int_S \frac{dQ}{T}$ integralinin hal değişiminin meydana geldiği yola değil başlangıç ve son durumlarına bağlı olduğunu ifade eder. Entropinin tanımını anlatan bu ifade için denklem, aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$dS = \frac{dQ_{T,nir}}{T} \tag{3.29}$$

Eşitlik (3.25), T ve T_0 şeklinde farklı sıcaklıklı iki ısı kaynağı arasında çalışan herhangi bir çevrim için düşünüldüğünde Q/T oranının toplamı sıfırdan küçük veya sıfıra eşit olur.

$$\oint \frac{dQ}{T} \leq 0 \tag{3.30}$$

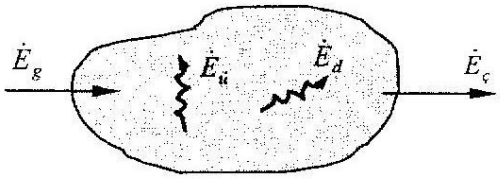
Eşitlik (3.30)' a Clausius eşitsizliği denir ve Termodinamiğin İkinci Yasası' nı ifade eder.

Yalıtım yapılmış bir sistemin entropisi dengeye gelene kadar yükselerek maksimum seviyeye ulaşır.

3.3. Isı Geçişi İle Enerji Verimliliği İlişkisi

Buraya kadar anlatılmış olan ısı geçişi ve ısı geçiş türleri ile termodinamiğin ilişkisi değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkar.

Isı geçişi problemlerinin çoğu enerji dengesine bağlı olarak çözülür.



Şekil 3.10. Kontrol hacmi için enerji dengesi [9]

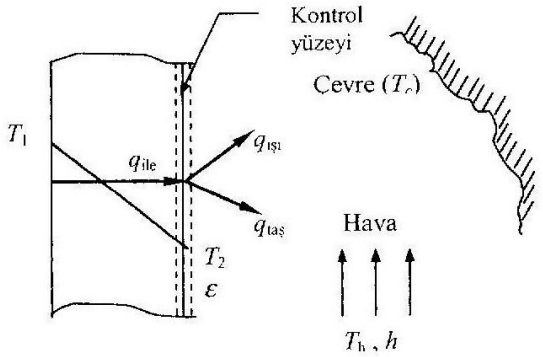
Şekil 3.10' da kontrol hacmine giren enerji $\dot{E}_g$, kontrol hacminden çıkan enerji $\dot{E}_ç$, kontrol hacmi içinde üretilen enerji $\dot{E}_ü$, kontrol hacminde depo edilen enerji $\dot{E}_d$ olarak verilmiştir. Kontrol hacminde enerji dengesi Termodinamiğin Birinci Yasası' na bağlı olarak yazılır.

$$\dot{E}_g + \dot{E}_ü - \dot{E}_ç = \Delta\dot{E}_d \tag{3.31}$$

Teorik olarak kabul edilen kontrol yüzeyi kütle veya hacim içermediğinden, kontrol yüzeyinde enerji üretimi ve depolanması olmaz. Buna göre kontrol yüzeyi için enerji dengesi de aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\dot{E}_g - \dot{E}_ç = 0 \tag{3.32}$$

Isı geçişi için kontrol yüzeyi düşünüldüğünde, ısı geçişinin iletim, taşınım ve ışınım şeklindeki üç halinin görüldüğü Şekil 3.11 ele alınmıştır.



Şekil 3.11. Kontrol yüzeyinde enerji dengesi [9]

Şekil 3.11' de cisim içinden kontrol yüzeyine iletim ile, kontrol yüzeyinden akışkan havaya taşınım ile birlikte çevreye de ışınım ile ısı geçişi olduğu görülmektedir. İletim ile iç yüzeyden dış yüzeye gelen ısı, taşınım ve ışınım ile dış yüzeyden çıkan ısıların toplamına eşit olmalıdır. Birim alan için enerji dengesi aşağıdaki şekilde yazılır.

$$\dot{q}_{ile} - \dot{q}_{taş} - \dot{q}_{ışı} = 0 \tag{3.33}$$

veya

$$\dot{q}_{ile} = \dot{q}_{taş} + \dot{q}_{ışı} \tag{3.34}$$

Bölüm 3.1' de açıklanan iletim, taşınım ve ışınım için ısı akılarının değerleri Şekil 3.11' e göre Eşitlik (3.34)' de yerlerine yazılarak aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$k\frac{T_1 - T_2}{L} = h(T_2 - T_h) + \sigma.\varepsilon.(T_2^4 - T_ç^4) \tag{3.35}$$

Buradan ısı geçişinin ve termodinamiğin birbirleri ile ilişkili ve birbirini tamamlayan konular olduğu anlaşılmaktadır. Termodinamik, ısı geçişinin nasıl, hangi hızda olduğu vb. hesap yöntemleri ile değil, maddenin denge halleri ile ilgilenir. Termodinamik kurallarına göre maddenin hal değişimleri sırasındaki ısı enerjisi

hesaplanabilir. Bu aşamada ısı geçişi bilimi, iletim, taşınım ve ışınım denklemlerinden faydalanır.

3.4. Binalarda Isı Yalıtımının Enerji Verimliliği Açısından Önemi

Türkiye' de enerji tüketiminin %35' i binalarda gerçekleşmekte ve bu oranın %85' i ısıtma için harcanmaktadır [1]. Binalarda ısıtma amaçlı tüketilen enerji miktarını azaltmak, buna bağlı olarak yakıt tüketimini düşürmek ve çevre kirliliğini en aza indirgemek için ısı yalıtım uygulamaları geliştirilmiştir. Sadece binalarda ısı yalıtımı yapılarak %50 enerji tasarrufu sağlanabilir [10]. Binalarda kışın iç ortamdan dış ortama ısı geçişini azaltarak soğuktan korunmak ve yazın da dış ortamdan iç ortama ısı geçişini azaltarak sıcaktan korunmak için yapılan ısı yalıtımı ile birim zamanda olan ısı geçiş miktarı düşürülmektedir.

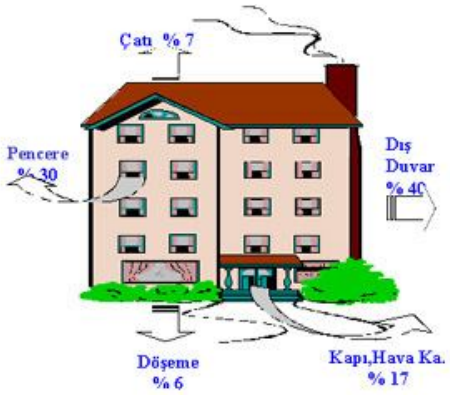
Isı yalıtımı, ısıl konfor sağlamaktadır. Bir ortamdaki duyulur ısıl memnuniyeti ifade eden ısıl konfor kavramı; hareket ve kıyafet durumuna bağlı olarak kışın titreme veya yazın terleme gibi vücudun çevreyle ısıl denge kurması, ortam sıcaklığı, nemi, hava hareketleri ve kişiyi çevreleyen yüzeylerin ortalama ışınım sıcaklığına bağlıdır. Vücuttan kaybedilen ısı, vücudun ürettiği ısıdan fazla ise (ortam soğuk ise) vücudun sıcaklığı düşer. Böyle bir ortamda zamanla vücut iç sıcaklığı da düşer. Bu durumun tam tersi de söz konusu olabilir. O halde ortam sıcaklığı yüksek olduğunda vücut sıcaklığı da artar. Her iki durum da kişileri ısıl konfordan uzaklaştırır. Eğer, vücudun ısıl dengesinin sağlandığı, yani titreme veya terleme görülmeyen ortam sıcaklığına ulaşılmış ise ısıl konfor koşulları sağlanmıştır denir.

Ortam koşulları sıcak olduğunda kişiler üzerinde uyku hali ve yorgunluğa sebep olabilirken, soğuk olduğunda ise dikkat dağınıklığı, bedensel ve zihinsel yorgunluk görülebilir. Isıl konforu sağlamak için ortam sıcaklığı ile duvar iç yüzey sıcaklığı arasındaki fark en fazla $3^{\circ}C$ olmalıdır [11]. İç yüzey sıcaklığı düşük ise ısı soğuk

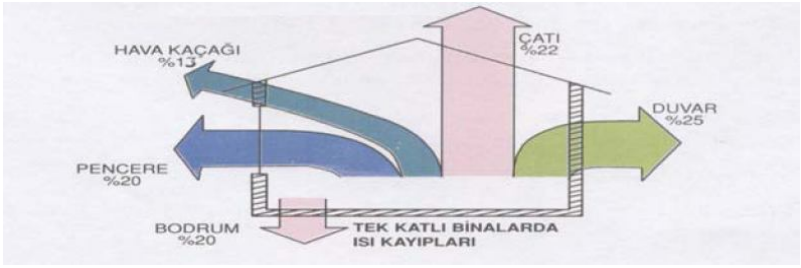
yüzeylere doğru hava akımları oluşturur. Hava akımlarını engellemek için ısı yalıtımı yapılmalıdır.

Isıl konfor sağlamada bir diğer önemli parametre yoğuşma oluşmamasıdır. Su buharı basınç farkı nedeniyle ısı akımı ile aynı yönde hareket ederek yapı elemanının gözeneklerinden geçerek dış ortama ulaşır. Bu geçiş sırasında, su buharı doyma sıcaklığının altında bir sıcaklıkta yüzeye temas ederse bir kısmı yoğuşur. Yoğuşma binanın yapı bileşenlerine hasar verir. Yoğuşmanın görülmemesi için yapı bileşenlerindeki sıcaklıkların su buharı doyma sıcaklığından yüksek olması gerekir. Bunun için yapı elemanları iklim şartlarına uygun olarak yalıtılmalıdır [11].

Binalarda kullanılan enerji miktarı, binanın bulunduğu yerin iklimsel özelliklerine, binanın yönüne, formuna, bina ve binayı çevreleyen elemanların ısısal özelliklerine, binanın kullanım saatlerine, binayı ısıtmak veya soğutmak için kullanılan sistemlerin özelliklerine bağlıdır. Bu özellikler göz önünde bulundurularak dünyada enerji kullanım ihtiyacı yıllık 15 kWh/m^2' yi geçmeyecek şekilde tasarlanmış, %90' a varan enerji tasarrufu sağlayan binalar yapılmaktadır [21]. Bu tip binalar enerji tasarrufunun yanı sıra ısıl konfor da sağlamaktadır.



a) Çok katlı bina için



b) Tek katlı bina için

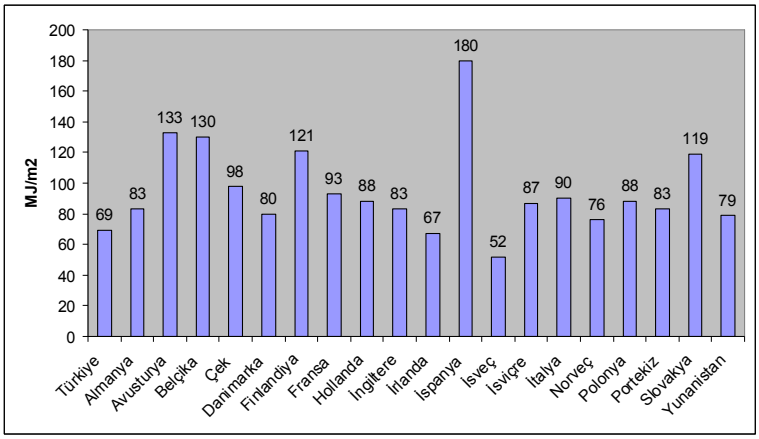
Şekil 3.12. Çok katlı ve tek katlı binalarda görülen ısı kayıpları [1] [20]

Binalarda ısı kayıpları binanın mimari projesi ve konumuna göre değişir. Ancak genel olarak bakıldığında, Şekil 3.12' de görüldüğü gibi çok katlı konutlarda toplam ısı kaybının %40' ı dış duvarlardan, %30' u pencerelerden, %7' si çatılardan, %6' sı bodrum döşemesinden, %17' i hava kaçaklarından oluşur. Tek katlı konutlarda ise ısı kayıplarının dış duvarlardan %25, çatılardan %22, pencerelerden %20, bodrum döşemesinden %20 ve hava kaçaklarından %13 olduğu tespit edilmiştir [12].

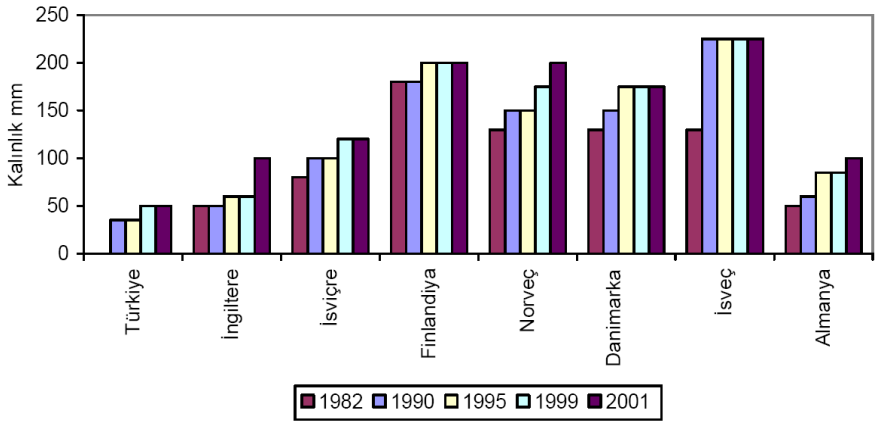
Buradan da anlaşıldığı üzere, bir binanın ısı yalıtımına etki eden parametreler duvarlar, pencereler, tavan ve döşemelerden oluşmaktadır. Bir binanın sağlıklı bir ısı yalıtımının sağlanması ve enerjinin verimli kullanılması için bu yapı elemanlarından sadece birinde yalıtım yapılması yeterli değildir. Bina için tüm parametreler bir bütünü oluşturduğundan hepsi için iyi bir yalıtım sağlanmış olmalıdır. Örneğin; dış duvarlarda yalıtım uygulanmış ancak tavanda uygulanmamış bir binada tavandan ısı kayıpları

olmakta, duvar ile tavanın kesişim noktalarında ısı köprüleri oluşmaktadır. Isı köprüleri oluştuğunda yüzey sıcaklığı düşük olacağından iç ortamdaki sıcak hava soğuk yüzey ile temas edecek ve yoğuşma görülecektir. Daha önce belirtildiği gibi yoğuşma oluşması, yapı bileşenlerine ve insan sağlığına zarar vereceğinden istenmeyen bir durumdur.

Binalarda meydana gelen taşınım ile ısı kayıpları ve dolayısıyla enerji kayıplarının büyük bir kısmı duvarlardan kaynaklanır. Şekil 3.13a ve Şekil 3.13b' de, Türkiye' de ve Avrupa' nın bazı ülkelerinde duvarlardan meydana gelen ısı kayıpları ve yalıtım kalınlığı oranı karşılaştırılmıştır. Türkiye' de duvarlardan meydana gelen enerji kaybı tavsiye edilen azami enerji tüketimi değeri olan 50 J/m^2' nin üzerindedir. Türkiye' de duvarların yalıtım kalınlığının da Avrupa ülkelerine oranla çok düşük olduğu görülmektedir. Bu nedenle, Türkiye' de ısıl konforun sağlanması için yalıtım konusuna gerekli önemin verilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.



Şekil 3.13a. Avrupa ülkelerinde duvarlarda meydana gelen ısı kayıpları [10]



Şekil 3.13b. Avrupa ülkelerinin bazılarında duvarların yalıtım kalınlığı [10]

Duvarlarda yalıtım içten, ortadan ve dıştan yapılabilir (Şekil 3.14). İçten yalıtım uygulamaları ile iç yüzeyin sıcaklığı su buharı doyma sıcaklığının üzerinde tutulur ve yoğuşma engellenir. Ancak kışın içerisi çabuk ısındığı gibi duvarlar dışarıdan hava ile temas ettiğinden çabuk soğur ve ısı köprüleri oluşturur. Dıştan yapılan uygulamalarda ise duvarlar sıcak kalır, yoğuşma ve ısı köprüleri oluşmaz.

İki katlı bir binayı ele aldığımızda, içten yalıtım yapıldığında yalıtımsız duruma göre yıllık yakıt tüketiminde %60, ortadan yalıtım yapıldığında %40, dıştan yalıtım yapıldığında ise %70 oranında tasarruf sağlanabilmektedir. Bu sonuçlardan görüldüğü üzere duvarlarda yapılan yalıtımda en sağlıklı ve tasarruflu olanı dıştan yapılan yalıtım şeklidir. Dış duvarlarda yapılan yalıtımın kalınlığı arttıkça, ısı kaybı aynı oranda azalmaktadır. Örneğin; yalıtılmamış duruma göre 12 cm yalıtım kalınlığı uygulandığında %90' a varan ısıl konfor sağlanabilmektedir.



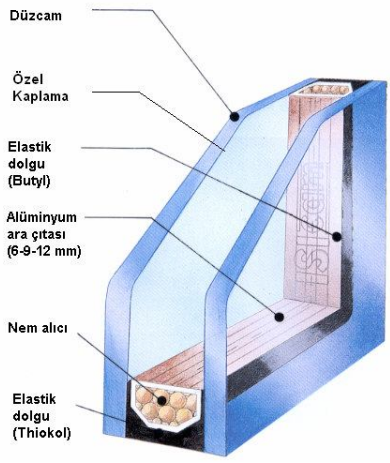
a)



b)

Şekil 3.14. Duvarlarda yapılan yalıtım örnekleri

Pencereler, güneşli günlerde ışınım ile ısı kazancı sağladıkları gibi kapalı günlerde ise dışarıya olan ısı kaybı çok büyük olur. Bu nedenle pencerelerde kullanılan cam türü önemlidir. Tek cam yüzeylerin, ısıl iletim değeri duvarların yaklaşık 5 katıdır. Isı kaybının azaltılması için iki veya üç katmanlı ve değişik kalınlıklarda, arasında değişik gaz dolgusu bulunan camlar kullanılmalıdır (Şekil 3.15). Örneğin; low- e kaplamalı camlar güneşin görünür ve görünmez ışınım enerjisini geçirir ve odanın sıcaklığından kaynaklanan daha uzun dalgalı ışınım enerjisinin dışarı çıkmasını önler. Pencerelerden olan ısı ve dolayısıyla enerji kayıplarının %70' i ışınım ve %30' u iletim ile gerçekleşmektedir. Low- e kaplamalı cam bu %70' lik kaybın büyük bir kısmının önlenmesinde etkilidir. Örneğin; 12 mm ara boşluklu ısı cama kıyasla yalıtım değerini %35 oranında iyileştirmektedir [13] [14].

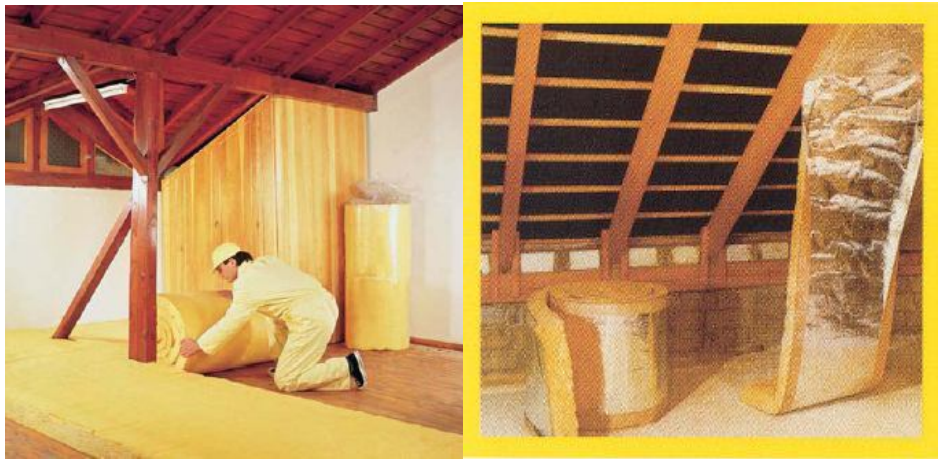


Şekil 3.15. Yalıtımlı cam kesiti [11]

Pencere doğramaları da alüminyum, ahşap ve PVC kaplamalı olarak kullanılmaktadır. Alüminyumun ısı geçirme katsayısı, ahşap ve PVC' ye göre daha yüksektir [15].

Cam ve doğramanın niteliğinden sonra pencerelerin konumları ile güneş alma süreleri de ısı ihtiyacının azalmasına katkıda bulunan parametrelerdir. Pencerelerin alanlarının cephelere göre dağılımları ayarlanmalıdır. Pencere kalınlıkları da buna göre seçilmeli, güneye bakan pencereler ince, kuzeye bakanlar kalın olmalıdır. Ayrıca, pencere ve kapıların açılıp kapanan kısımlarının ve denizlik, söve vb. kısımlarının ısı köprüsü ve sızdırmazlık oluşturmadan uygulanmasına dikkat edilmelidir.

Isınan havanın yükselerek çatıdan dışarı geçişi, çatılara da yalıtım yapılması gerektiğini gösterir. Çatıların ısı yalıtımı, kullanılmayan çatı boşluğu varsa tavan döşemesinin üzerine, kullanılan çatı arası ise çatı seviyesine yapılır (Şekil 3.16). Bunun yanı sıra çatıların yalıtımında iklim koşulları da önemlidir. Örneğin; rüzgarlı bölgelerde kiremit çatı yerine kaplama çatı ve açık renkler tercih edilmelidir.



Şekil 3.16. Çatılarda yapılan ısı yalıtım örnekleri

Isı yalıtımı tesisatlara da yapılmaktadır. Isıtma ve soğutma tesisatlarında enerji tasarrufu sağlamasının yanında buhar ve kaynar su tesisatlarında yüzey sıcaklığının yüksek olmasından dolayı ısı yalıtımı ile kazaların önüne geçilebilir. Kazan dairesinin aşırı ısınmasından dolayı diğer sistemlerin zarar görmesi ve ısı köprüsü oluşumu engellenir.

Tüm bu bahsedilen ısı yalıtım sistemlerinden başka, binalarda kullanılan yakıt türü de çok önemlidir. Kömür veya petrol gibi fosil yakıtların yanması sonucu CO_2 ve başka sera gazları açığa çıkmaktadır. CO_2, diğer sera gazlarına oranla %55' lik bir etkiyle küresel ısınmaya sebep olur. Bunun yanında termik santrallerde, sanayide ve binalarda yakıt olarak kömür kullanılması sonucu açığa çıkan kül, civa, kurşun, arsenik ve kadmiyum elementlerini içerdiğinden yüksek oranda kirletici etkiye sahiptir. Kömüre alternatif olarak kullanılan bir diğer yakıt türü doğal gaz giderek yaygınlaşmaktadır. Yanma veriminin diğer yakıtlara göre daha iyi olması ve yanmanın kolay kontrol edilebilmesi nedeniyle doğal gaz ısıl konfor ve enerji verimliliği sağlamaktadır. Binalarda kullanılan merkezi sistemli bir doğal gaz kazanı, kömür kazanına göre %15 daha ekonomiktir ve %60 daha az CO_2 yaymaktadır [16].

Görüldüğü üzere binalarda ısı yalıtımı, yalıtım için kullanılan malzemelerin üretiminden uygulanmasına kadar ekonomi, inşaat, mimarlık, makine, fizik, kimya vb. pek çok bilim dalının ortaklaşa ve detaylı çalışmasını gerektirmektedir.

Binalarda enerjinin verimli ve sürdürülebilir kullanımının sağlanması için tasarım ve yapım aşamalarının doğru hazırlanması gerekmektedir. Bu nedenle, Türkiye' de yönetmelik ve standartlar geliştirilmesi ve bu standartlara bağlı olarak ısı yalıtım sistemleri geliştirilmesi, eğitimler ile yetkili kişiler yetiştirilmesi, kamuoyunun bilinçlendirilmesi vb. birçok çalışmalar yürütülmektedir.

Binaların, henüz tasarım aşamasındayken enerji verimli şekilde yapılmaları gerekmektedir. Bunun için de binanın bulunduğu yer yani coğrafi konumu, iklimi, rakım ve arsa durumu ile binanın yönü, formu, bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri önemli parametrelerdir. Bina duvar, tavan, taban vb. yapı elemanlarının yalıtımı ile toplam ısı iletim katsayısı düşürülerek, ısı geçişi azaltılabilmekte ve yapı elemanlarından beton içindeki çeliğin paslanarak mukavemetini kaybetmesine ve taşıma kapasitesinin düşmesine neden olan yoğuşma engellenebilmektedir.

Bu bölümde tasarım aşamasından itibaren enerji verimli bina yapılmasını sağlamak için hazırlanan TS 825 standardı, binalarda harcanan yıllık ısıtma enerjisini sınırlandırılmakta, bölgelere göre ısıl geçirgenlik katsayısı (U) değerleri belirtilmekte ve yoğuşma tahkiki incelenmektedir. 4. Bölüm'de TS 825 standardı değerlendirilerek örnek bir binanın standarda uygun olarak ısı yalıtımı yapılmıştır.

3.5. Isı Yalıtım Malzemeleri Ve Özellikleri

Isıl konfor ve enerjinin verimli kullanılmasını sağlamak amacıyla binaların duvarlarında, pencerelerinde, çatı ve döşemeleri ile tesisatlarında ısı yalıtım uygulamaları yapıldığı açıklandı. Bu uygulamalarda kullanılan ısı yalıtım malzemeleri

ısı kayıp ve kazançlarının azaltılmasında kullanılan, heterojen yapılı, yüksek ısı direncine sahip malzemelerdir. Malzemenin ısı geçiş sayısı düştükçe yalıtım özelliği artmaktadır.

Isı yalıtım malzemeleri; su ve nemden etkilenmemeli, kohezyona karşı dayanıklı olmalı, yeterli basınç- çekme dayanımına sahip olmalı, kimyasal etkenlere karşı direnç göstermeli, değişken sıcaklık ve nem etkileri altında şekil ve hacim değiştirmemeli, ısı tutuculuğu yüksek olmalı, düşük birim hacim ağırlığına ve istenen buhar difüzyon direnci gibi fiziksel ve kimyasal faktörlere sahip olmalıdır.

Isı yalıtım malzemeleri açık gözenekli ve kapalı gözenekli olarak sınıflandırılmaktadır. Açık gözenekli malzemeler; cam yünü, taş yünü, ahşap yünü, seramik yünü, cüruf yünü, kapalı gözenekli malzemeler de; EPS genleştirilmiş polistiren, XPS ekstürüde polistiren, elastomerik kauçuk, polietilen köpüğü, cam köpüğü şeklinde örneklendirilebilir.

Uygulama alanlarına göre ısı yalıtım malzemeleri, Tablo 3.1, 3.2 ve 3.3' te verilmektedir [11].

Tablo 3.1. Duvar, döşeme ve çatı uygulamalarında kullanılan ısı yalıtım malzemeleri

Cam yünü	[TS 901 / TS 901-1 EN 13162]
Taş yünü	[TS 901/ TS 901-1 EN 13162]
Genleştirilmiş polistiren	(EPS) [TS 7316 EN 13163]
Ekstrüde polistiren	(XPS) [TS 11989 EN 13164]
Poliüretan	(PUR) [TS EN 13165]
Fenol köpüğü	[TS EN 13166]
Cam köpüğü	[TS EN 13167]
Ahşap yünü levhalar	[TS EN 13168]
Genleştirilmiş perlit	(EPB) [TS EN 13169]
Genleştirilmiş mantar	(ICB) [TS EN 13170]
Ahşap lifli levhalar	[TS EN 13171]

Tablo 3.2. Cam yalıtım malzemeleri

Standart yalıtım camı üniteleri	[TS 3539; EN 1279]
Özel ısı kontrol kaplamalı yalıtım camı üniteleri	[TS 3539; EN 1279; TS EN 1096]
Özel ısı ve güneş kontrol kaplamalı yalıtım camı üniteleri	[TS 3539; EN 1279; TS EN 1096]

Tablo 3.3. Endüstriyel ısı yalıtım malzemeleri

Cam yünü	[TS 7232, prEN 14303]
Taş yünü	[TS 7232, prEN 14303]
Elastomerik kauçuk	(FEF) [prEN 14304]
Cam köpüğü	(CG) [prEN 14305]
Kalsiyum silikat	(CS) [prEN 14306]
Ekstrüde polistiren	(XPS) [prEN 14307]
Poliüretan	(PUR / PIR) [prEN 14308]
Genleştirilmiş polistiren	(EPS) [prEN 14309]
Polietilen köpük	(PEF) [prEN 14313]
Fenolik köpük	(PF) [prEN 14314]

4. BİNALARDA ISI YALITIMI UYGULAMALARININ ENERJİ VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Binaların ısıtılmasında enerjinin verimli kullanılması amacıyla, 14 Haziran 2000 tarihinden itibaren yürürlüğe giren TS 825 "Binaların Isı Yalıtım Kuralları" standardı, binaların ısıtılması için gerekli enerji ihtiyacının hesaplanmasında kullanılan hesap metodunu vermektedir.

Bu standart; konutlar, büro ve idari binalar, eğitim yapıları, hastaneler vb. binalarda uygulanır.

Bu standartta bina özellikleri, iç ve dış iklim şartları, güneşten gelen kazançlar ve iç kazançlar ile iletim ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları ele alınarak yapılan hesaplamada binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı bulunmaktadır. Bulunan bu değerin standarda uygunluğuna göre hangi enerji sınıfında olduğu belirlenir. Konutlar için enerji sınıfları, süper enerji verimli bina A, iyi enerji verimli bina B ve normal enerji verimli bina C olarak standarda göre belirlenmiştir. Binanın enerji sınıfı, binanın ısı yalıtım projesinde verilir.

Bu bilgiler dışında binanın duvar, tavan, döşeme, pencere ve kapı sistemlerinin yapımında ve yalıtımında kullanılan malzemeler kalınlık, ısıl iletkenlik, alan, ısıl geçirgenlik değerleri ile sıralı olarak çizelgede verilmelidir (Ek 1). Isı kayıp ve kazançları, kazanç/ kayıp oranı, kazanç kullanım faktörü, aylık ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, güneş enerjisi kazancı, sıcaklık farkı, özgül ısı kaybı çizelgede gösterilmelidir (Ek 1). Binadaki yapı elemanlarının kesitleri detayları ile çizilmeli, pencere ve kapı elemanlarının yönlere göre alanları ve U- değerleri belirtilmelidir. Bina yapı elemanlarının yoğuşma ve buharlaşma miktarları hesaplanmalıdır. Havalandırma raporu düzenlenmelidir. Binanın enerji verimliliği sınıfını gösteren ısı ihtiyacı kimlik belgesi düzenlenmelidir (Ek 1).

Yalıtım yapılmış bir binanın; hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, standartta verilen sınır değerinden küçük olması, dış duvar, tavan ve döşeme için hesaplanan toplam ısı transfer katsayısı standartta verilen değere eşit ya da küçük olması, binanın ısı kaybeden yüzeylerinde yoğuşma oluşmaması ya da yoğuşma miktarının buharlaşma miktarından küçük olması, iç yüzey sıcaklığının iç ortam sıcaklığından $3^{\circ}C$ az olması standarda uygunluğunu gösterir [14] [17].

Bu bölümde TS 825 standardında kullanılan hesap metodu ve hesap programı, bu hesap metodunun iki farklı yalıtım yapılmış örnek bir binada uygulanması sonucu elde edilen bulgular değerlendirilmiştir.

4.1. TS 825 Hesap Metodu

TS 825 hesap metodunda, sabit rejim için denge denklemleri kullanılmakta, dış ortam sıcaklık değişimleri ve güneş enerjisi kazançlarının dinamik etkilerini dikkate almaktadır. Standarda göre konutlar için iç sıcaklık değerleri $19^{\circ}C$ ve dış sıcaklık değerleri derece- gün bölgelerine göre alınacaktır (Ek 3). Binanın tamamı aynı sıcaklığa kadar ısıtılıyorsa ya da ortamlar arasındaki sıcaklık farkı 4K' den küçük ise binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı tek bölge için hesaplanır [17].

Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanmasında, her ay için ısı kayıplarından ısı kazançlarının çıkarılması ile bulunan aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının toplamı olarak, aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$Q_{yu} = \sum Q_{ay} \tag{4.1}$$

$$Q_{ay} = [\ H\,(T_i - T_{d,ay}) - \eta_{ay}(\phi_i + \phi_{g,ay})\ ] \times t \tag{4.2}$$

Burada;

$Q_{yıl}$: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, J

Q_{ay} : Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı, J

H : Binanın özgül ısı kaybı, W/K

$T_{d,ay}$: Aylık ortalama dış ortam sıcaklığı, K

T_i : Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı, K

η_{ay} : Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü

ϕ_i : Aylık ortalama iç kazançlar, W

$\phi_{g,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları, W

t : Zaman, s

anlamındadır. Her ay için hesaplanan ısıtma enerjisi ihtiyacı değerlerinin sadece pozitif olduğu aylar için toplama yapılır, negatif aylar hesaba katılmaz.

1K değerinde sıcaklık farkı durumunda binanın dış kabuğundan birim zamanda kaybedilen ısı enerjisine özgül ısı kaybı denir. Binanın özgül ısı kaybı iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ile havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybının toplamıdır.

$$H = H_i + H_v \tag{4.3}$$

Yapı elemanlarından ve ısı köprülerinden iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı için aşağıdaki eşitlikler yazılır.

$$H_i = \sum AU + I\,U_I \tag{4.4}$$

$$\begin{aligned}\sum AU = {} & U_D A_D + 0{,}8 U_T A_T + 0{,}5 U_t A_t + U_p A_p + U_k A_k \\ & + U_d A_d + 0{,}5 U_{ds} A_{ds}\end{aligned} \tag{4.5}$$

Burada;

U_D : Dış duvarın ısı geçiş sayısı, W/m^2K

U_p : Pencerenin ısı geçiş sayısı, W/m^2K

U_T : Tavanın ısı geçiş sayısı, W/m^2K

U_t : Tabanın ısı geçiş sayısı, W/m^2K

U_d : Dış hava ile temas eden tabanın ısı geçiş sayısı, W/m^2K

U_{ds} : Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısı geçiş sayısı, W/m^2K

A_D : Dış duvarın alanı, m^2

A_p : Pencere alanı, m^2

A_T : Tavan alanı, m^2

A_t : Taban alanı, m^2

A_d : Dış hava ile temas eden tabanın alanı, m^2

A_{ds} : Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı, m^2

anlamındadır. 0,5 ve 0,8 katsayıları dış yüzeyin, direkt dış hava ile temas etmeyip, dış ortamdan daha yüksek sıcaklıklı ortamla temas etmesi nedeniyle yazılmaktadır. Çatı döşemesi doğrudan hava ile temas ediyorsa U_T ' nin önündeki 0,8 katsayısı, 1 olarak alınmalıdır.

Isı köprüleri, ortalama ısı geçişinden çok daha büyük ısı geçişine sahip genellikle iki yapı elemanının kesiştiği noktalarda oluşur. Isı köprüsü ısı geçişi için aşağıdaki tanım ifadesi kullanılır.

$$U_I = b\,U_{TB} + \zeta \qquad (4.6)$$

Burada;

b : Isı köprüsü oluşturan yapı elemanının genişliği, m

I : Isı köprüsünün uzunluğu, m

U_I : Isı köprüsünün doğrusal ısı geçişi, W/K

U_{TB} : Isı köprüsü oluşturan yapı elemanının ısı geçişi, W/m^2K

ξ : Isı köprüsünden oluşan yanal ısı kayıpları, W/mK

anlamındadır.

Toplam ısı geçiş sayısı, aşağıdaki ifade ile verilmektedir.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_d}} \tag{4.7}$$

Burada yüzeysel ısı iletim dirençleri, iletim ile ısı geçirgenlik direnci, tek tabakalı yapı bileşenleri için ve çok tabakalı yapı bileşenleri tanımlanır.

$$\frac{1}{\alpha_i} = R_i \qquad \text{ve} \qquad \frac{1}{\alpha_d} = R_d \tag{4.8}$$

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d}{\lambda_h} \tag{4.9}$$

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d_1}{\lambda_{h_1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h_2}} + \ldots\ldots\ldots + \frac{d_n}{\lambda_{h_n}} \tag{4.10}$$

Eşitlik (4.8) ve (4.10), (4.7)' de yerlerine yazılarak işlemler yapılabilir.

$$U = \frac{1}{R_i + \frac{d_1}{\lambda_{h_1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h_2}} + \ldots\ldots\ldots + \frac{d_n}{\lambda_{h_n}} + R_d} \tag{4.11}$$

$$\frac{1}{U} = R_i + \frac{d_1}{\lambda_{h_1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h_2}} + \ldots\ldots\ldots + \frac{d_n}{\lambda_{h_n}} + R_d \tag{4.12}$$

Burada;

d : Tabaka kalınlığı, m

R_i : İç yüzeyin yüzeysel ısı iletim sayısı, m^2 K/W

R_d : Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletim sayısı, m^2 K/W

λ_h : Isı iletim kabiliyeti hesap değeri, W/mK

anlamındadır. λ_h her malzeme için Ek 4' de verilmiştir.

Doğal havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı, aşağıdaki ifade ile verilir.

$$H_v = \rho\, c\, V' = \rho\, c\, n_h\, V_h = 0{,}33\, n_h\, V_h \tag{4.13}$$

Burada;

c : Havanın özgül ısısı, J/kgK

n_h : Hava değişim sayısı, h^{-1}

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

V' : Hacimsel hava değişim debisi, m^3/h

V_h : Havalandırılan hacim, m^3

anlamındadır.

Ölçüm sonucuna dayanan bir belge veya değer yoksa hava değişim sayısı (n_h) 0,8' dir. Havalandırılan hacim brüt hacmin %80' i kadardır.

$$V_h = 0{,}8\ V_{brüt} \tag{4.14}$$

ρ ve c' nin sıcaklık ve basınca bağlı olarak değişikliği ihmal edilir. 20°C ve 100 kPa için, aşağıdaki değer bulunmuş ve kullanılmıştır.

$$\rho\ c/3600 = 1{,}184.1006/3600 = 0{,}33\ Jh/m^3Ks = 0{,}33\ Wh/m^3K \tag{4.15}$$

Binalarda ısı kayıplarının yanı sıra, iç ortamda saydam yüzeylerden içeri giren güneş enerjisi, çeşitli cihazların kullanımı, insanların metabolik ısısı, mutfakta ocağın kullanılması, sıcak su ve aydınlatma sistemlerinden kaynaklanan ısı kazançları oluşmaktadır. Eşitlik (4.2)' nin ikinci terimi bu ısı kazançlarını ifade etmektedir. Aylık ortalama iç kazançlar konutlar için birim döşeme alanı başına en fazla 5 W/m^2 alınmaktadır.

$$\phi_i \leq 5 \times A_n \tag{4.16}$$

ve

$$A_n = 0{,}32 \times V_{brüt} \tag{4.17}$$

Burada;

ϕ_i : Aylık ortalama iç kazançlar, W

$V_{brüt}$: Binanın brüt hacmi, m^3

A_n : Bina kullanım alanı, m^2

anlamındadır. Yönlere göre hesaplanan aylık ortalama güneş enerjisi kazancı aşağıdaki şekilde verilmektedir. Pencerelerden birim zamanda doğrudan sağlanan güneş enerjisi miktarını ifade etmektedir.

$$\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i \tag{4.18}$$

Burada;

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

$\phi_{g,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları, W

$g_{i,ay}$: i yönünde saydam yapı elemanlarının güneş enerjisi geçirme faktörü

$I_{i,ay}$: i yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti, W/m^2

A_i : i yönünde toplam pencere alanı, m^2

anlamındadır. $r_{i,ay}$ değeri, binanın konumuna göre ayrık ve 3 kata kadar binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için 0,8, ağaçlardan kaynaklanan gölgelendirmenin olduğu ve 10 kata kadar yükseklikteki binaların bulunduğu bölgeler için 0,6, bitişik nizam ve çok katlı binaların bulunduğu bölgeler için de 0,5 değerini alır.

$g_{i,ay}$ değeri, güneş ışınlarının geliş açısına bağlı olarak değişmektedir.

$$g_{i,ay} = 0{,}80 \times g_{\perp} \tag{4.19}$$

$g_{\perp}$, laboratuar şartlarında ölçülen yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörüdür. Berrak tek cam için $g_{\perp}$, 0,85, berrak çok katlı cam için 0,75, ısıl geçirgenlik katsayısı $2W/m^2K$' den az olan ısı yalıtım kaplamalı cam için 0,50 değerini alır.

$I_{i,ay}$ i yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti değerleri de yönlere göre Ek 5' de verilmiştir.

Isı kazançlarının bir kısmı yapı elemanlarında depolanır, bir kısmı da anlık kazançlar olup ısıtmanın gerekmediği zamanlarda gelebilir veya pencerelerin açılmasıyla kaybedilebilir. Bu nedenle aylık kazanç kullanım faktörü ile kazançlar azaltılabilir.

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})} \tag{4.20}$$

$$KKO_{ay} = (\phi_i + \phi_{g,ay}) / H\,(T_i - T_{d,ay}) \tag{4.21}$$

Burada KKO_{ay}, aylık ortalama kazanç/ kayıp oranıdır, 2,5 ve üzerinde olursa o ay için ısı kaybı olmadığı kabul edilir. T_i, iç ortam sıcaklığı konutlar için 19 °C alınır.

TS 825 için verilen bu hesap metodu ile binanın yıllık net ısıtma enerjisi ihtiyacı ($Q_{yıl}$) belirlenir. Binanın net oda yüksekliği 2,6 m veya daha az ise kullanım alanı başına düşen, 2,6 m' den yüksek ise brüt hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Q) bulunur.

Net oda yüksekliği; $> 2,6$ $Q = Q_{yıl} / V_{brüt}$ kWh/m^3

$\leq 2,6$ $Q = Q_{yıl} / A_n$ kWh/m^3

Standartta verilen sınır değerlerine göre müsaade edilen maksimum yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Q') hesaplanır (Ek 6). Bu hesaplamalar sonucunda $Q < Q'$ ise proje standarda uygundur denir. Q / Q' oranı da binanın hangi enerji sınıfına girdiğinin belirlenmesini sağlar.

Binayı oluşturan yapı elemanlarının yalıtımının sağlıklı ve uzun ömürlü olabilmesi için dikkate alınması gereken bir diğer olgu da yoğuşma kontrolünün

yapılmasıdır. Yoğuşma, yapı elemanının iki yüzü arasında sıcaklıkların ve bağıl nemin farklı olmasından kaynaklanan farklı buhar basınçlarının oluşumundan ileri gelir. Su buharının dış ortama geçememesi yapı elemanının içinde sıvılaşması şeklinde meydana gelir. Yapı elemanlarına uygulanan yalıtım sonucu yoğuşma oluşup oluşmadığının belirlenmesi ve yoğuşma oluşmuş ise farklı yalıtım şekilleriyle giderilmesi için bina proje aşamasındayken yoğuşma kontrolünün yapılması doğru yalıtım uygulanabilmesi için önemli bir parametredir.

Yapı malzemelerinin kalınlıkları, diziliş sırası, ısı geçişi, su buharı difüzyonuna gösterdikleri direnç, içlerinde oluşan sıcaklık dağılımı, yapının kullanım amacı ve yapının bulunduğu bölgenin iklim şartları yoğuşma oluşumuna etki eden temel faktörlerdir.

Yapı malzemelerinin ısıl iletkenlik hesap değerleri ve su buharı difüzyon direnç faktörleri TS 825' de verilmektedir (Ek 4). Duvar, tavan ve tabanı oluşturan yapı bileşenlerinin termofiziksel özellikleri TS 825' den alınır.

Çok tabakalı bir yapı elemanı için toplam ısı geçiş direnci için aşağıdaki ifade tanımlanır.

$$R = \frac{1}{\Lambda} = \frac{d_1}{\lambda_{h_1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h_2}} + \ldots\ldots\ldots + \frac{d_n}{\lambda_{h_n}} \tag{4.22}$$

Yoğuşma kontrolü hesaplamalarında yapı elemanlarının iç ve dış yüzeylerindeki yüzeysel ısı iletim direnci direnç değerleri $R_i = 0{,}25\ \mathrm{m^2K/W}$ ve $R_d = 0{,}04\ \mathrm{m^2K/W}$ alınmaktadır.

Isı geçiş sayısı (U) ise Eşitlik (4.12)' de verildiği şekilde hesaplanmaktadır.

Her ay için ısı akış yoğunluğu hesaplanmalıdır.

$$q = U\,(T_i - T_{d,ay}) \tag{4.23}$$

Konut olarak kullanılan binalarda iç ortam sıcaklığı, TS 825 standardında verilen iç sıcaklık değeri 1 °C arttırılarak, 20 °C (19 + 1) olarak alınır. Dış ortam sıcaklık değerleri, TS 825' de derece- gün bölgelerine göre aylık ortalama dış sıcaklık değerleri olarak verilen listeden alınmaktadır (Ek 3). Yapı elemanına temas eden toprak sıcaklığı için TS 825' de verilen dış hava sıcaklıklarının ortalaması kullanılır.

Yapı elemanının iç yüzey sıcaklığı, Eşitlik (4.24), dış yüzey sıcaklığı Eşitlik (4.25) ve ara yüzey sıcaklıkları Eşitlik (4.26) ile hesaplanmalıdır.

$$T_{yi} = T_i - R_i q \tag{4.24}$$

$$T_{yd} = T_{d,ay} - R_d q \tag{4.25}$$

$$T_1 = T_{yi} - R_1 q$$

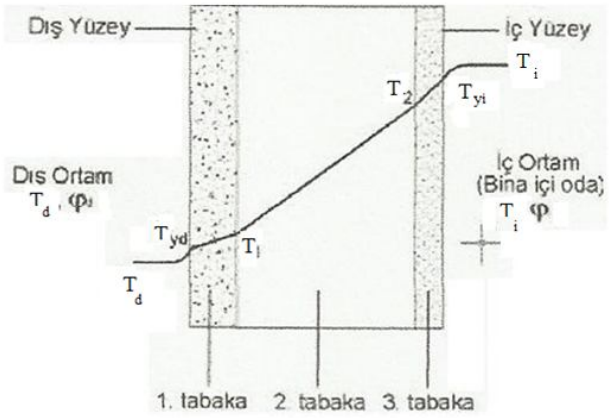
$$T_2 = T_1 - R_2 q$$

$$\vdots$$

$$T_n = T_{n-1} - R_n q \tag{4.26}$$

Küf oluşumu olmaması yani yoğuşma görülmemesi için iç yüzey sıcaklığı, kabul edilen iç ortam sıcaklık değerinden en fazla 3 °C düşük olmalıdır.

Şekil 4.1' de sıcaklık dağılımı doğrusaldır. Çünkü işlemler sürekli rejimde yapılmaktadır. Yapı elemanının ara yüzeyleri için hesaplanan sıcaklık değerlerine karşılık gelen su buharı doyma basınçları TS 825' de verilen çizelgeden okunur (Ek 7).



Şekil 4.1. Çok katmanlı yapı elemanındaki sıcaklık dağılımı [19]

Su buharı difüzyonu- eşdeğer hava tabakası kalınlığı, aşağıdaki eşitlik ile verilir.

$$S_d = \mu.d \tag{4.27}$$

Bir yapı elemanı katmanının su buharının geçişine gösterdiği dirence eşdeğer direnci gösteren hareketsiz hava tabakasının kalınlığı olarak tanımlanır. Burada; μ, su buharı difüzyon direnç faktörüdür.

İç ve dış ortamdaki kısmi buhar basınçları, aşağıdaki eşitlikler ile tanımlanır.

$$p_i = \varphi_i \; p_{si} \tag{4.28}$$

ve

$$p_d = \varphi_d \; p_{sd} \tag{4.29}$$

Burada;

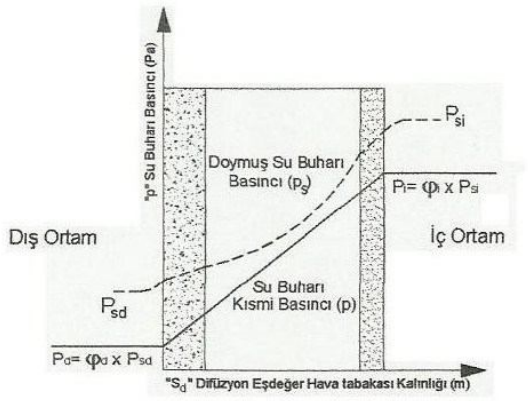
p_i : İç ortamın kısmi buharı basıncı, Pa

p_d : Dış ortamın kısmi buhar basıncı, Pa

φ_i : İç ortamın bağıl nemi, %

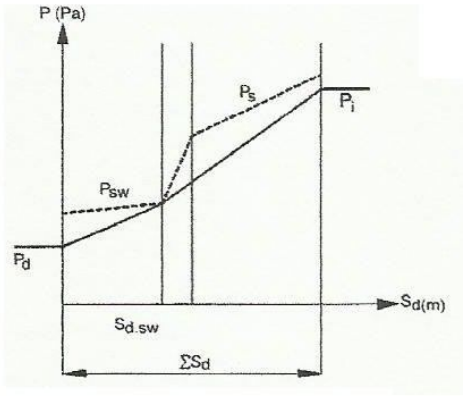
φ_d : Dış ortamın bağıl nemi, %

anlamındadır. Doğal havalandırma yapılan binalarda iç ortamın bağıl nemi %65 alınır. Dış ortamın bağıl nemi için TS825' de illere göre değerler verilmektedir (Ek 8). Toprak temaslı yapı elemanında toprağın bağıl nemi %100 alınır. Yüzeyin yoğuşma oluşturmasına neden olan %80 ve üzerindeki bağıl neme yüzeyin kritik nemi denir.



Şekil 4.2. Çok katmanlı yapı elemanındaki buhar basınç dağılımı [19]

Şekil 4.2' de görüldüğü gibi S_d - p grafiği çizilir. Burada p_i ve p_d doymuş buhar basınç değerleri düz çizgi halinde gösterilmiş ve her S_d değerine karşılık, her T sıcaklığı için çizelgeden okunan doymuş su buharı basınç değerleri belirlenerek birleştirilir. Buradaki gibi yapı bileşeni içerisindeki su buharı doyma basıncının bileşen içindeki her noktada buhar doyma basıncı değerinden küçük olması durumunda yoğuşma oluşmaz.



Şekil 4.3. Yapı elemanında bir ara yüzeyde yoğuşma oluşması durumu [19]

Eğer yapı elemanı içinde Şekil 4.3' de görüldüğü gibi bir ara yüzeyde yoğuşma oluşmuş ise bu yüzeydeki 1 saniyedeki yoğuşma miktarı, aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$g_{sw} = \delta_o \left(\frac{p_i - p_{sw}}{S'_{dT} - S'_{d,sw}} - \frac{p_{sw} - p_d}{S'_{d,sw}} \right) \tag{4.30}$$

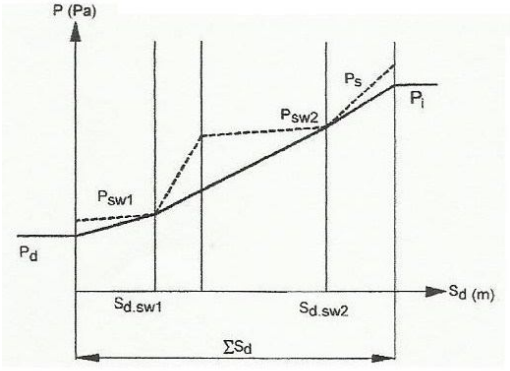
Şekilde iki doğrunun kesiştiği nokta yoğuşmanın görüldüğü noktadır. Burada;

S'_{dT} : Yoğuşma grafiğinde iç ortamdan dış ortama kadar olan mesafe, m

$S'_{d,sw}$:Yoğuşma grafiğinde dış ortamdan kesişme noktasına kadar olan mesafe, m

δ_o : Su buharı difüzyon direnci, kg/msPa

anlamındadır. δ_o, barometrik basınca bağlı olarak çok küçük değişiklikler göstermektedir. TS 825 standardında bu değişkenlerin etkileri ihmal edilmiştir. Değeri 2×10^{-10} kg/msPa olmalıdır.



Şekil 4.4. Yapı elemanında iki ara yüzeyde yoğuşma oluşması durumu [19]

Eğer yapı elemanı içinde iki ara yüzeyde yoğuşma oluşmuş ise, aşağıdaki eşitlikler geçerlidir.

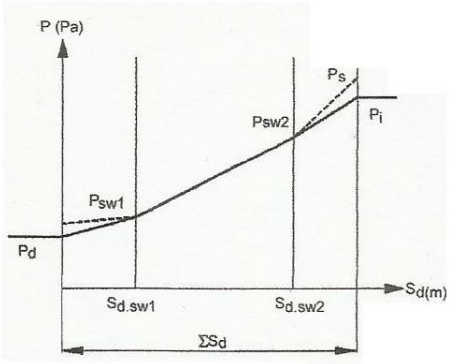
$$g_{sw1} = \delta_o \left(\frac{p_{sw2} - p_{sw1}}{S'_{d,sw2} - S'_{d,sw1}} - \frac{p_{sw1} - p_d}{S'_{d,sw1}} \right) \tag{4.31}$$

ve

$$g_{sw2} = \delta_o \left(\frac{p_i - p_{sw2}}{S'_{dT} - S'_{d,sw2}} - \frac{p_{sw2} - p_{sw1}}{S'_{d,sw2} - S'_{d,sw1}} \right) \tag{4.32}$$

Yapı elemanı içinde Şekil 4.5' deki gibi ara yüzey boyunca yoğuşma oluşmuş ise aşağıdaki eşitlik geçerlidir.

$$g_{sw1} = \delta_o \left(\frac{p_i - p_{sw2}}{S'_{dT} - S'_{d,sw2}} - \frac{p_{sw1} - p_d}{S'_{d,sw1}} \right) \tag{4.33}$$



Şekil 4.5. Yapı elemanında yüzey boyunca yoğuşma oluşması durumu [19]

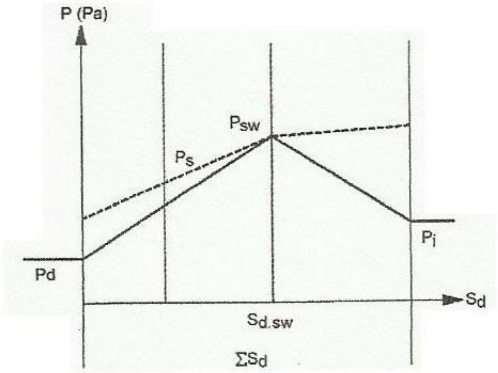
Aylık yoğuşma miktarını bulmak için hesaplanan g değeri bir aylık süre ile çarpılmalıdır.

$$\mathrm{m}_{y} = \mathrm{g} \times t \tag{4.34}$$

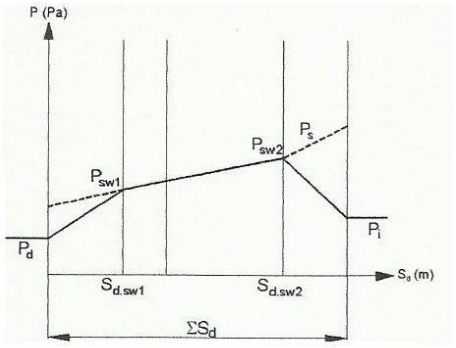
Burada t, zamanı ifade etmektedir ve değeri 86400×30 çarpımıdır.

Yoğuşma suyu bölgesinden içeri ve dışarıya doğru oluşan buhar difüzyonunun sonucu olarak buharlaşan su miktarı, yapı elemanının bir ara yüzeyinde buharlaşma oluştuğu Şekil 4.6' daki durum için, aşağıdaki eşitlik uygulanır.

$$\mathrm{g}_{ev} = \delta_{o} \left(\frac{p_{i} - p_{sw}}{S'_{dT} - S'_{d,sw}} - \frac{p_{sw} - p_{d}}{S'_{d,sw}} \right) \tag{4.35}$$



Şekil 4.6. Yapı elemanında bir ara yüzeyinde buharlaşma oluşması durumu [19]



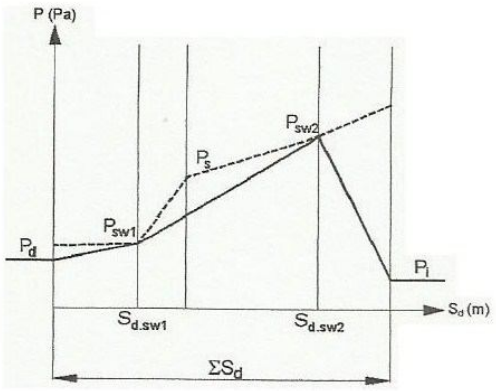
Şekil 4.7. Yapı elemanında iki ara yüzeyinde buharlaşma oluşması durumu [19]

Şekil 4.7' deki gibi iki ara yüzeyde buharlaşma miktarı, her bir ara yüzey için ayrı ayrı hesaplanmaktadır.

$$g_{ev1} = \delta_o \left(\frac{p_{sw2} - p_{sw1}}{S'_{d,sw2} - S'_{d,sw1}} - \frac{p_{sw1} - p_d}{S'_{d,sw1}} \right) \tag{4.36}$$

ve

$$g_{ev2} = \delta_o \left(\frac{p_i - p_{sw2}}{S'_{dT} - S'_{d,sw2}} - \frac{p_{sw2} - p_{sw1}}{S'_{d,sw2} - S'_{d,sw1}} \right) \tag{4.37}$$



Şekil 4.8. Yapı elemanının bir ara yüzeyinde yoğuşma, bir ara yüzeyinde buharlaşma oluşması durumu [19]

Şekil 4.8' de olduğu gibi bir ara yüzeyde yoğuşma, diğer ara yüzeyde buharlaşma görülebilir. Bu durumda yoğuşma miktarı için, Eşitlik (4.38), buharlaşma miktarı için Eşitlik (4.39) kullanılır.

$$g_{sw} = \delta_o \left(\frac{p_{sw2} - p_{sw1}}{S'_{d,sw2} - S'_{d,sw1}} - \frac{p_{sw1} - p_d}{S'_{d,sw1}} \right) \tag{4.38}$$

$$g_{ev} = \delta_o \left(\frac{p_i - p_{sw2}}{S'_{dT} - S'_{d,sw2}} - \frac{p_{sw1} - p_d}{S'_{d,sw2} - S'_{d,sw1}} \right) \tag{4.39}$$

Bu ifadelerden de görüldüğü üzere, yoğuşan suyun kütlesini hesaplamak için kullanılan tüm ifadeler buharlaşma miktarını hesaplamak için de geçerlidir. Sonuç pozitif bulunmuş ise yoğuşma oluşmuş, negatif bulunmuş ise buharlaşma oluşmuştur denir. Eğer pozitif değerler toplamda negatif değerlerden az ise yoğuşan suyun kütlesi buharlaşan suyun kütlesinden küçüktür ve bu durumda yoğuşma zararsızdır.

Yapı bileşenlerinde yoğuşma oluşmaması için bir takım önlemler alınması gereklidir. Yoğuşmadan dolayı yapı bileşeni içinde toplanan suyun tekrar buharlaştırılarak atmosfere verilmesi sağlanmalıdır. Yapı bileşenlerinde oluşan

yoğuşma suyunun kütlesi 1 kg/m^2' yi aşmamalıdır. Yoğuşma, suyu absorbe edemeyen yapı bileşenleri tabakalarının birbirlerine temas ettikleri yüzeylerde oluşuyorsa, suyun akma ve damlamasını önlemek için müsaade edilen yoğuşma suyu kütlesinin 0,5 kg/m^2' yi aşmaması gerekir. Ahşap bileşenlerde nem muhtevasının kütle cinsinden ifade edildiği durumda, ahşap malzemenin kütlesinin nem nedeniyle %5' den, işlenmiş ahşap malzemenin de %3' ten daha fazla artmasına izin verilmez.

Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değerlerini geçmeyecek şekilde tasarımlanmış bir binada yapı elemanlarının yüzeylerinde yoğuşmadan kaynaklanabilecek herhangi bir hasar oluşmaması için bina içi bölümlerinin iç sıcaklığı ve bağıl nem oranı, havalandırma ve ısıtma yoluyla ayarlanmalıdır.

4.2. TS 825 Hesap Programı

Önceki bölümde konut tipi binalar için TS 825 hesap metodunu teorik olarak incelendi. Görüldüğü gibi TS 825 oldukça detaylı çözümler gerektiren bir hesap metodudur. Bu nedenle TS 825 standardındaki ısı kaybı, ısıtma enerjisi ihtiyacı ve yoğuşma tahkiki hesaplamalarının kolaylıkla yapılabilmesi için program geliştirilmiştir. Bu program, hesaplanan bu değerlerin standartta verilen sınır değerler ile kıyaslayarak binanın enerji verimliliğini değerlendirmektedir.

Hesaplama programı binanın yapı elemanlarının ve yalıtım malzemelerinin kalınlığının standartta verilen sınır şartlara uygun olarak tasarımlanmasını sağlar. Standarda göre; duvar, döşeme, çatı, pencere vb. yapı elemanları bir bütün olarak tasarlanır.

Pasif güneş enerjisi sistemleri bulunan binalarda ve ısıtma sistemlerinin tasarımında TS 825 standardı kullanılmaz.

Programın işleyişi TS 825 standardına paraleldir ve akış şeması Şekil 4.9' da verilmiştir.



Şekil 4.9. TS 825 hesap programı akış şeması [19]

Programa bina ile ilgili bilgiler girilerek, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ve yoğuşma hesapları yapılır, standarda uygunluğu kontrol edilir. Bu iki parametreden biri bile standarda uygun değilse tasarımda yeniden düzenleme yapılmalıdır. Projenin uygunluğu sağlandığında ısı ihtiyacı kimlik belgesi oluşturulur. İstenirse geri ödeme süresi hesabı yapılarak yalıtım yatırımının enerji tasarrufu ile kendini ne kadar sürede geri ödediği belirlenebilir [18] [19].

TS 825 hesap programı çeşitli firmalar tarafından kullanıcıların hizmetine sunulmakta ve standarda paralel oluşturulduğundan hepsinin içeriği aynı olmaktadır. Genel olarak veri girişleri, parametre girişleri, yoğuşma hesabı ve çizelgeler vb. başlıkları kapsamaktadır.

Veri girişleri yapılırken, öncelikle proje bilgileri girilmelidir. Proje bilgileri ekranında binanın adı, sahibi, arsa bilgileri, projeyi yapan kişiye ait bilgiler bulunmaktadır. Bina tipi, kat adedi, brüt hacim, kullanım alanı, tavan yüksekliği, havalandırma türü vb. hesaplamalarda kullanılacak olan temel bilgiler de genellikle bu kısımda yer alır.

Hesaplamaların yapılması için yapının duvar, tavan ve tabanında kullanılan malzemelerin türünün belirtildiği yapı elemanları ekranında yapı bileşenleri ayrı ayrı seçilerek isimlendirilir. Her bir yapı elemanı için malzeme listesinden, elemanın içten dışa doğru malzeme girişi yapılır. Girişi yapılan malzemelerin kalıklıkları da belirtilir. Her yapı elemanı için alan bilgileri verilmelidir. Girişi yapılan bu değerler yapı elemanının toplam ısı geçiş sayısının (U) hesaplanmasını sağlar. Ayrıca malzeme girişleri yapıldıkça ekranda yapının kesiti de şekil olarak görülmektedir. Malzeme listesinde yer almayan fakat standarda uygunluk belgesi olan bir ürünün, ısı iletim kabiliyeti hesap değeri (λ_h) ve difüzyon direnç faktörü değeri (μ) programa girilerek de kullanılabilir.

Pencere bilgileri ekranında, yönlere göre pencerelerin alanları ve toplam pencere alanı programa girilmektedir. Binada kullanılan pencere sistemi belirlenmekte ve U-değeri girilmektedir (Ek 9). Güneş enerjisi geçirme faktörü ($g_{i,ay}$) ve gölgelenme faktörleri ($r_{i,ay}$) belirtilerek güneş enerjisi kazancı belirlenmektedir.

Kapı bilgileri ekranında ise alan ve U- değerleri belirtilmelidir.

Parametre girişleri kısmı da yoğuşma parametreleri, ısı köprüsü parametreleri ve ısıtma sistemi parametreleri şeklindedir. Yoğuşma parametreleri ekranı, yoğuşma hesabında kullanılacak sıcaklık ve nem sabitlerinin bölgelere göre ayarlanması için kullanılan verileri içerir. Isı köprüsünün meydana geldiği balkonlar, çatılar, döşemeler, iç duvarlar, kolonlar, köşeler ve pencereler şeklinde yapı elemanlarının türünün belirlenmesi, ısı köprüsü parametreleri ekranında belirlenir. Isıtma sistemi parametreleri ekranında, yakıt türlerinin alt ısıl değerleri, kullanılan yakıt türü için kazan verimleri şeklinde değerleri içerir.

Çizelgeler ekranında, tüm girişler yapıldıktan sonra elde edilen roporlar ve çizelgeler verilmektedir. Bunlar bina hakkında genel bilgiler, ısı ihtiyacı kimlik belgesi, binanın özgül ısı kaybı hesabı, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, pencere ve kapı listesi, kesitli yapı elemanları listesi, havalandırma raporu, yapı elemanının madde fiziki değerleri çizelgesi, yapı elemanındaki basınç ve sıcaklık dağılımı çizelgesi ve yapı

elemanındaki yoğuşma ve buharlaşma miktarı çizelgesi, yoğuşma grafikleri şeklinde TS 825 hesap raporunda düzenlenen belgelerdir.

4.3. TS 825' e Göre Yalıtım Yapılmış Örnek Binanın Isı Geçişi Özellikleri

Bu bölümde, ikinci derece- gün bölgesinde bulunan Tekirdağ il sınırları içerisinde, ayrık nizamlı, 2 katlı konut olarak kullanılan örnek binanın ısıtma enerjisi 90 kWh/m^2 yıl değerinin altında olacak şekilde TS 825 standardına göre iki farklı yalıtım tasarımı yapılarak enerji verimliliği yönünden karşılaştırma yapılmıştır (Ek 4).

Örnek binaya enerji kimlik belgesi C tipi normal enerji verimli bina olacak şekilde ve A tipi süper enerji verimli bina olacak şekilde iki farklı tasarım uygulanmıştır.

Örnek binanın ısı kaybı ve yoğuşma hesaplamaları TS 825 standardına uygun hesap programı ile bir defa C sınıfına göre, ikinci defa da A sınıfına göre yapılarak iki şekilde incelenmiştir.

4.3.1. Örnek binanın C sınıfına göre yalıtım yapılmış şekli

Ayrık nizamlı, 2 katlı, konut olarak kullanılan örnek binanın mimari projesi ekte verilmiştir (Ek11). Hesaplamalarda kullanılan yapı elemanlarına ait değerler mimari projeden okunmuştur.

Tablo 4.1. Örnek binaya ait alan değerleri

Bina alanı	118 m^2
Dış duvar alanı, A_D	156,26 m^2
Betonarme alanı, A_{bet}	15,40 m^2
Tavan alanı, A_T	67,80 m^2
Taban alanı, A_t	50,20 m^2
Pencere alanı, A_p	22,90 m^2
Kapı alanı, A_k	8,24 m^2

Tablo 4.1' de verilen yapı elemanlarına ait alan değerlerinin toplamı yazılarak toplam ısı geçiş yüzeyi bulunur.

$$A_{top} = A_D + A_{bet} + A_t + A_T + A_p + A_k \tag{4.40}$$

$$A_{top} = 156,26 + 15,40 + 50,20 + 67,80 + 22,90 + 8,24$$
$$= 320,80\ m^2 \tag{4.41}$$

Binanın birinci kat ve zemin kat için yükseklikleri 2,9 m olup, toplam yükseklik 5,8 m' dir. Bu durumda brüt hacim; zemin kat ve birinci kat olmak üzere ölçülen boyutların değerlerinden yararlanılarak hesaplanır.

$$\text{Zemin kat hacmi} = 2,9 \times 50,20 = 145,58\ m^3 \tag{4.42}$$

$$\text{Birinci kat hacmi} = 2,9 \times 67,80 = 196,62\ m^3 \tag{4.43}$$

Bu değerlerin toplamı ve bina kullanım alanı aşağıdaki şekilde belirlenir.

$$V_{brüt} = 145,58 + 196,62 = 342,20\ m^3 \tag{4.44}$$

$$A_n = 0,32 \times V_{brüt}$$
$$= 0,32 \times 342,20$$
$$= 109,51 \text{ m}^2 \quad (4.45)$$

Yapı elemanlarında kullanılan malzemeler Ek 4' den alınmıştır. Duvarlarda; tuğla üzerine $\lambda = 0,035$ W/mK olan 5 cm kalınlığında ısı yalıtım malzemesi kullanılmıştır. Duvar yüzeyleri iki kısımda ele alınarak ısı geçiş sayısı (U) hesaplanmıştır.

Tablo 4.2' de binanın duvarlarında kullanılan malzemeler ve özellikleri sıralı olarak verilmiştir. Eşitlik (4.11)' de verilen ısı geçiş sayısı formülünde bu değerler yerlerine konularak, aşağıdaki değerler bulunur.

$$U_{D1} = \frac{1}{R_i + \frac{d_1}{\lambda_{h_1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h_2}} + \frac{d_3}{\lambda_{h_3}} + \frac{d_4}{\lambda_{h_4}} + R_d}$$
$$= \frac{1}{0,13 + 0,02 + 0,86 + 1,43 + 0,02 + 0,04}$$
$$= 0,406 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (4.46)$$

ve

$$U_{D2} = \frac{1}{0,13 + 0,02 + 0,12 + 1,43 + 0,02 + 0,04}$$
$$= 0,568 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (4.47)$$

Tablo 4.2. Duvarlarda kullanılan malzemeler ve özellikleri

Duvar- 1 (Dış Hava Temaslı)	**Yapı Elemanının Kalınlığı d (m)**	**Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri λ_h (W/mK)**	**Isı İletim Direnci R (m2K/W)**
Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1	0,02
Normal harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	0,19	0,22	0,86
Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥30; ısıl iletkenlik grubu 035	0,05	0,035	1,43
Çimento harcı	0,03	1,6	0,02
Duvar- 2 (Dış Hava Temaslı)			
Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1	0,02
Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,3	2,5	0,12
Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥25; ısıl iletkenlik grubu 035	0,05	0,035	1,43
Çimento harcı	0,03	1,6	0,02

Tablo 4.3. Tavanda kullanılan malzemeler ve özellikleri

Tavan (Üzeri Çatılı)	**Yapı Elemanının Kalınlığı d (m)**	**Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ_h (W/mK)**	**Isıl İletkenlik Direnci R (m2K/W)**
Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1	0,02
Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,12	2,5	0,05
Cam köpüğü TS 901 EN 13167 e uygun; yoğunluk 100-150; ısıl iletkenlik grubu 045	0,1	0,045	2,22

Tablo 4.3' de görüldüğü gibi tavanda, λ = 2,5 W/mK olan ve 12 cm kalınlığında yalıtım malzemesi ve λ = 0,045 W/mK olan 10 cm kalınlığında cam köpüğü kullanılmıştır.

$$U_T = \frac{1}{0{,}13 + 0{,}02 + 0{,}05 + 2{,}22 + 0{,}08}$$

$$= 0{,}4 \text{ W/m}^2\text{K} \qquad (4.48)$$

Tabanda, λ = 0,03 W/mK olan 10 cm kalınlığında yalıtım malzemesi ve λ = 0,19 W/mK olan 0,8 cm kalınlığında yalıtım örtüsü kullanılmıştır (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Tabanda kullanılan malzemeler ve özellikleri

Taban (Toprak Temaslı)	**Yapı Elemanının Kalınlığı d (m)**	**Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ_h (W/mK)**	**Isıl İletkenlik Direnci R (m2K/W)**
Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	0,005	3,5	0
Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,04
Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,02
Poliüretan sert köpük - TS 2193, TS 10981, TS EN 13165 e uygun; yoğunluk ≥30; ısıl iletkenlik grubu 030	0,1	0,03	3,33
Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,02
Çimento harçlı şap	0,02	1,4	0,01
Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,1	2,5	0,04
Donatısız -Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,1	1,65	0,06

Tablo 4.4' te verilen değerler kullanılarak, taban için ısı geçiş sayısı belirlenir.

$$U_t = \frac{1}{0{,}17 + 0 + 0{,}04 + 0{,}02 + 3{,}33 + 0{,}02 + 0{,}01 + 0{,}04 + 0{,}06 + 0}$$

$$= 0{,}271 \text{ W/m}^2\text{K} \qquad (4.49)$$

Pencereler, ısıl geçirgenlik katsayısı $U_p = 2$ W/m^{2}K olan çok katlı cam olarak Ek 9' dan seçilmiştir.

Tablo 4.5. Kapı sistemlerinin U_k - değerleri

Kapı Türü	**U_k - değerleri**
Ağaç, plastik (dış)	3,5 W/m^{2}K
Metal- Isı yalıtımlı (dış)	4 W/m^{2}K
Metal- Isı yalıtımsız (dış)	5,5 W/m^{2}K
Isıtılmayan iç ortama açılan	2 W/m^{2}K

Tablo 4.5' den kapılar için ısıl geçirgenlik katsayısı $U_{k1} = 4$ W/m^{2}K olan metal ısı yalıtımlı ve $U_{k2} = 3{,}5$ W/ m^{2}K olan plastik dış kapı seçilmiştir.

Yapı elemanları için hesapladığımız bu U- değerleri, Tablo 4.6 ile verilen bölgelere göre tavsiye edilen U- değerlerinin altında olduğundan standarda uygundur.

Tablo 4.6. Türkiye' de bölgelere göre tavsiye edilen U- değerleri

	U_D (W/m²K)	**U_T (W/m²K)**	**U_t (W/m²K)**	**U_P (W/m²K)**
1. Bölge	0,70	0,45	0,70	2,4
2. Bölge	0,60	0,40	0,60	2,4
3. Bölge	0,50	0,30	0,45	2,4
4. Bölge	0,40	0,25	0,40	2,4

Binanın yapı elemanlarında yoğuşma gerçekleşmediği ve ısı köprüsü oluşmadığı kabul edildiğinden iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı hesabında $I.U_I$ değeri ihmal edilir.

Binanın iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı hesaplanabilir.

$$\begin{aligned} H_i &= \sum A.U \\ &= A_{D1}U_{D1} + A_{D2}U_{D2} + 0{,}8\,A_T U_T \\ &\quad + 0{,}5\,A_t U_t + A_p U_p + A_{k1}U_{k1} + A_{k2}U_{k2} \\ &= 156{,}26.0{,}406 + 15{,}4.0{,}568 + 0{,}8.67{,}8.0{,}4 \\ &\quad + 0{,}5.50{,}2.0{,}271 + 22{,}9.2 + 2{,}3.4 + 5{,}94.3{,}5 \\ &= 176{,}50 \text{ W/K} \end{aligned} \tag{4.50}$$

Bina havalandırma tipi doğal havalandırma olduğundan havalandırma yolu ile olan ısı kaybı hesabı, Eşitlik (4.51)' de, Eşitlik (4.14) ile verilen havalandırılan hacim ve hava değişim sayısı yerine koyularak aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$H_v = 0{,}33.n_h.V_h \tag{4.51}$$

$$\begin{aligned} H_v &= 0{,}33.n_h.0{,}8.V_{brüt} \\ &= 0{,}33.0{,}8.0{,}8.342{,}20 \\ &= 72{,}27 \text{ W/K} \end{aligned} \tag{4.52}$$

Eşitlik (4.50) ve (4.52)' de bulduğumuz iletim ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı değerleri toplanarak binanın özgül ısı kaybı hesaplanır.

$$\begin{aligned} H &= H_i + H_v \\ &= 176{,}50 + 72{,}27 \\ &= 248{,}77 \text{ W/K} \end{aligned} \tag{4.53}$$

Konutlar için aylık ortalama iç kazançlar Eşitlik (4.16) ile hesaplanır.

$$\begin{aligned}\phi_i &= 5.A_n \\ &= 5.109,5 \\ &= 547,5\ W\end{aligned} \tag{4.54}$$

Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları Eşitlik (4.18) yardımıyla belirlenir.

$$\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i \tag{4.18}$$

Aylık ortalama gölgelenme faktörü değeri ($r_{i,ay}$), bina ayrık ve iki katlı olduğundan 0,8, güneş enerjisi geçirme faktörü ($g_\perp$), pencerelerin ısıl geçirgenlik katsayısı 2 W/m^2K olduğundan 0,5 alınmıştır. Bu durumda i yönünde pencereler için güneş enerjisi geçirme faktörü $g_{i,ay}$ tespit edilir.

$$\begin{aligned}g_{i,ay} &= 0,80.g_\perp \\ &= 0,80.0,5 \\ &= 0,4\end{aligned} \tag{4.55}$$

A_i ile gösterilen yönlere göre pencere alanları, Tablo 4.7' de verilmiştir.

Tablo 4.7. Örnek binanın yönlerine göre pencere alanları

$A_{güney}$	8,34 m^2
A_{kuzey}	4,06 m^2
$A_{doğu}$	4,20 m^2
$A_{batı}$	6,30 m^2

$I_{i,ay}$, i yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddetleri her yön için Ek 5' den alınmaktadır.

Tüm bu değerler Eşitlik (4.18)' de yerlerine konularak her ay için ortalama güneş enerjisi kazançları hesaplanır.

Ocak ayı için;

$$\begin{aligned}\phi_{g,ocak} &= r_{güney,ocak} \times g_{güney,ocak} \times I_{güney,ocak} \times A_{güney,ocak} \\ &+ r_{kuzey,ocak} \times g_{kuzey,ocak} \times I_{kuzey,ocak} \times A_{kuzey,ocak} \\ &+ r_{doğ,ocak} \times g_{doğ,ocak} \times I_{doğ,ocak} \times A_{doğ,ocak} \\ &+ r_{batı,ocak} \times g_{batı,ocak} \times I_{batı,ocak} \times A_{batı,ocak} \\ &= 0,8 \times 0,4 \times 71,87 \times 8,34 + 0,8 \times 0,4 \times 24,56 \times 4,06 \\ &+ 0,8 \times 0,4 \times 41,46 \times 4,20 + 0,8 \times 0,4 \times 41,46 \times 6,30 \\ &= 363,02 \text{ W} \end{aligned} \quad (4.56)$$

Şubat ayı için;

$$\begin{aligned}\phi_{g,şubat} &= r_{güney,şubat} \times g_{güney,şubat} \times I_{güney,şubat} \times A_{güney,şubat} \\ &+ r_{kuzey,şubat} \times g_{kuzey,şubat} \times I_{kuzey,şubat} \times A_{kuzey,şubat} \\ &+ r_{doğ,şubat} \times g_{doğ,şubat} \times I_{doğ,şubat} \times A_{doğ,şubat} \\ &+ r_{batı,şubat} \times g_{batı,şubat} \times I_{batı,şubat} \times A_{batı,şubat} \\ &= 0,8 \times 0,4 \times 85,09 \times 8,34 + 0,8 \times 0,4 \times 35,42 \times 4,06 \\ &+ 0,8 \times 0,4 \times 55,75 \times 4,20 + 0,8 \times 0,4 \times 55,75 \times 6,30 \\ &= 460,42 \text{ W} \end{aligned} \quad (4.57)$$

Mart ayı için;

$$\begin{aligned}\phi_{g,mart} &= r_{güney,mart} \times g_{güney,mart} \times I_{güney,mart} \times A_{güney,mart} \\ &+ r_{kuzey,mart} \times g_{kuzey,mart} \times I_{kuzey,mart} \times A_{kuzey,mart} \\ &+ r_{doğ,mart} \times g_{doğ,mart} \times I_{doğ,mart} \times A_{doğ,mart} \\ &+ r_{batı,mart} \times g_{batı,mart} \times I_{batı,mart} \times A_{batı,mart} \\ &= 0,8 \times 0,4 \times 96,61 \times 8,34 + 0,8 \times 0,4 \times 51,3 \times 4,06 \\ &+ 0,8 \times 0,4 \times 76,88 \times 4,20 + 0,8 \times 0,4 \times 76,88 \times 6,30 \\ &= 582,80 \text{ W} \end{aligned} \quad (4.58)$$

Nisan ayı için;

$$\begin{aligned}\phi_{g,nisan} &= r_{güney,nisan} \times g_{güney,nisan} \times I_{güney,nisan} \times A_{güney,nisan} \\ &+ r_{kuzey,nisan} \times g_{kuzey,nisan} \times I_{kuzey,nisan} \times A_{kuzey,nisan} \\ &+ r_{doğ,nisan} \times g_{doğ,nisan} \times I_{doğ,nisan} \times A_{doğ,nisan} \\ &+ r_{batı,nisan} \times g_{batı,nisan} \times I_{batı,nisan} \times A_{batı,nisan} \\ &= 0,8 \times 0,4 \times 84,24 \times 8,34 + 0,8 \times 0,4 \times 65,33 \times 4,06 \\ &+ 0,8 \times 0,4 \times 89,18 \times 4,20 + 0,8 \times 0,4 \times 89,18 \times 6,30 \\ &= 609,34 \text{ W} \end{aligned} \quad (4.59)$$

Mayıs ayı için;

$$\begin{aligned}\phi_{g,may} &= r_{güney,may} \times g_{güney,may} \times I_{güney,may} \times A_{güney,may} \\ &+ r_{kuzey,may} \times g_{kuzey,may} \times I_{kuzey,may} \times A_{kuzey,may} \\ &+ r_{doğ,may} \times g_{doğ,may} \times I_{doğ,may} \times A_{doğ,may} \\ &+ r_{batı,may} \times g_{batı,may} \times I_{batı,may} \times A_{batı,may} \\ &= 0,8 \times 0,4 \times 93,29 \times 8,34 + 0,8 \times 0,4 \times 79,12 \times 4,06 \\ &+ 0,8 \times 0,4 \times 113,96 \times 4,20 + 0,8 \times 0,4 \times 113,96 \times 6,30 \\ &= 734,67 \text{ W} \end{aligned} \quad (4.60)$$

Haziran ayı için;

$$\begin{aligned}\phi_{g,haziran} &= r_{güney,haziran} \times g_{güney,haziran} \times I_{güney,haziran} \times A_{güney,haziran} \\ &\quad + r_{kuzey,haziran} \times g_{kuzey,haziran} \times I_{kuzey,haziran} \times A_{kuzey,haziran} \\ &\quad + r_{doğ,haziran} \times g_{doğ,haziran} \times I_{doğ,haziran} \times A_{doğ,haziran} \\ &\quad + r_{batı,haziran} \times g_{batı,haziran} \times I_{batı,haziran} \times A_{batı,haziran} \\ &= 0{,}8 \times 0{,}4 \times 94{,}88 \times 8{,}34 + 0{,}8 \times 0{,}4 \times 83{,}44 \times 4{,}06 \\ &\quad + 0{,}8 \times 0{,}4 \times 121{,}19 \times 4{,}20 + 0{,}8 \times 0{,}4 \times 121{,}19 \times 6{,}30 \\ &= 768{,}82 \text{ W} \end{aligned} \tag{4.61}$$

Temmuz ayı için;

$$\begin{aligned}\phi_{g,temmuz} &= r_{güney,temmuz} \times g_{güney,temmuz} \times I_{güney,temmuz} \times A_{güney,temmuz} \\ &\quad + r_{kuzey,temmuz} \times g_{kuzey,temmuz} \times I_{kuzey,temmuz} \times A_{kuzey,temmuz} \\ &\quad + r_{doğ,temmuz} \times g_{doğ,temmuz} \times I_{doğ,temmuz} \times A_{doğ,temmuz} \\ &\quad + r_{batı,temmuz} \times g_{batı,temmuz} \times I_{batı,temmuz} \times A_{batı,temmuz} \\ &= 0{,}8 \times 0{,}4 \times 93{,}29 \times 8{,}34 + 0{,}8 \times 0{,}4 \times 81{,}17 \times 4{,}06 \\ &\quad + 0{,}8 \times 0{,}4 \times 117{,}28 \times 4{,}20 + 0{,}8 \times 0{,}4 \times 117{,}28 \times 6{,}30 \\ &= 748{,}49 \text{ W} \end{aligned} \tag{4.62}$$

Ağustos ayı için;

$$\begin{aligned}\phi_{g,agustos} &= r_{güney,agustos} \times g_{güney,agustos} \times I_{güney,agustos} \times A_{güney,agustos} \\ &\quad + r_{kuzey,agustos} \times g_{kuzey,agustos} \times I_{kuzey,agustos} \times A_{kuzey,agustos} \\ &\quad + r_{doğ,agustos} \times g_{doğ,agustos} \times I_{doğ,agustos} \times A_{doğ,agustos} \\ &\quad + r_{batı,agustos} \times g_{batı,agustos} \times I_{batı,agustos} \times A_{batı,agustos} \\ &= 0{,}8 \times 0{,}4 \times 94{,}60 \times 8{,}34 + 0{,}8 \times 0{,}4 \times 72{,}58 \times 4{,}06 \\ &\quad + 0{,}8 \times 0{,}4 \times 105{,}22 \times 4{,}20 + 0{,}8 \times 0{,}4 \times 105{,}22 \times 6{,}30 \\ &= 700{,}30 \text{ W} \end{aligned} \tag{4.63}$$

Eylül ayı için;

$$\begin{aligned}\phi_{g,eylül} &= r_{güney,eylül} \times g_{güney,eylül} \times I_{güney,eylül} \times A_{güney,eylül} \\ &+ r_{kuzey,eylül} \times g_{kuzey,eylül} \times I_{kuzey,eylül} \times A_{kuzey,eylül} \\ &+ r_{doğ,eylül} \times g_{doğ,eylül} \times I_{doğ,eylül} \times A_{doğ,eylül} \\ &+ r_{batı,eylül} \times g_{batı,eylül} \times I_{batı,eylül} \times A_{batı,eylül} \\ &= 0,8 \times 0,4 \times 90,47 \times 8,34 + 0,8 \times 0,4 \times 56,29 \times 4,06 \\ &+ 0,8 \times 0,4 \times 80,59 \times 4,20 + 0,8 \times 0,4 \times 80,59 \times 6,30 \\ &= 585,36 \text{ W} \end{aligned} \quad (4.64)$$

Ekim ayı için;

$$\begin{aligned}\phi_{g,ekim} &= r_{güney,ekim} \times g_{güney,ekim} \times I_{güney,ekim} \times A_{güney,ekim} \\ &+ r_{kuzey,ekim} \times g_{kuzey,ekim} \times I_{kuzey,ekim} \times A_{kuzey,ekim} \\ &+ r_{doğ,ekim} \times g_{doğ,ekim} \times I_{doğ,ekim} \times A_{doğ,ekim} \\ &+ r_{batı,ekim} \times g_{batı,ekim} \times I_{batı,ekim} \times A_{batı,ekim} \\ &= 0,8 \times 0,4 \times 83,38 \times 8,34 + 0,8 \times 0,4 \times 39,02 \times 4,06 \\ &+ 0,8 \times 0,4 \times 58,61 \times 4,20 + 0,8 \times 0,4 \times 58,61 \times 6,30 \\ &= 470,15 \text{ W} \end{aligned} \quad (4.65)$$

Kasım ayı için;

$$\begin{aligned}\phi_{g,kas} &= r_{güney,kas} \times g_{güney,kas} \times I_{güney,kas} \times A_{güney,kas} \\ &+ r_{kuzey,kas} \times g_{kuzey,kas} \times I_{kuzey,kas} \times A_{kuzey,kas} \\ &+ r_{doğ,kas} \times g_{doğ,kas} \times I_{doğ,kas} \times A_{doğ,kas} \\ &+ r_{batı,kas} \times g_{batı,kas} \times I_{batı,kas} \times A_{batı,kas} \\ &= 0,8 \times 0,4 \times 66,80 \times 8,34 + 0,8 \times 0,4 \times 25,58 \times 4,06 \\ &+ 0,8 \times 0,4 \times 40,39 \times 4,20 + 0,8 \times 0,4 \times 40,39 \times 6,30 \\ &= 347,22 \text{ W} \end{aligned} \quad (4.66)$$

Aralık ayı için;

$$\begin{aligned}\phi_{g,ara} &= r_{güney,ara} \times g_{güney,ara} \times I_{güney,ara} \times A_{güney,ara} \\ &\quad + r_{kuzey,ara} \times g_{kuzey,ara} \times I_{kuzey,ara} \times A_{kuzey,ara} \\ &\quad + r_{doğ,ara} \times g_{doğ,ara} \times I_{doğ,ara} \times A_{doğ,ara} \\ &\quad + r_{batı,ara} \times g_{batı,ara} \times I_{batı,ara} \times A_{batı,ara} \\ &= 0,8 \times 0,4 \times 63,57 \times 8,34 + 0,8 \times 0,4 \times 21,22 \times 4,06 \\ &\quad + 0,8 \times 0,4 \times 35,83 \times 4,20 + 0,8 \times 0,4 \times 35,83 \times 6,30 \\ &= 317,61 \text{ W} \end{aligned} \quad (4.67)$$

Eşitlik (4.20) ile verilen aylık kazanç kullanım faktörünün hesaplanması için Eşitlik (4.21)' de verilen kazanç/ kayıp oranının her ay için belirlenmesi gerekir. Kazanç/ kayıp oranının (KKO) hesabında kullanılan sıcaklık değerleri konutlar için iç ortam sıcaklığı $19^{\circ}C$ olarak ve aylık ortalama dış ortam sıcaklıkları Tekirdağ ilinin bulunduğu ikinci derece- gün bölgesi için Ek 3' den alınmıştır. Her ay için kazanç/ kayıp oranları ve kazanç kullanım faktörleri hesaplanmıştır. Kazanç/ kayıp oranı hesabı; iç ısı kazançları ile aylık güneş enerjisi kazançlarının toplamının, aylık ısı kayıplarına oranı bulunarak yapılır.

Ocak ayı için;

$$\begin{aligned}KKO_{ocak} &= (\phi_i + \phi_{g,ocak}) / H\,(T_i - T_{d,ocak}) \\ &= (547,5 + 363,02) / 248,77\,(19 - 2,9) \\ &= 0,23 \end{aligned} \quad (4.68)$$

$$\begin{aligned}\eta_{ocak} &= 1 - e^{(-1/KKO_{ocak})} \\ &= 1 - e^{(-1/0,23)} \\ &= 0,987 \end{aligned} \quad (4.69)$$

Şubat ayı için;

$$KKO_{şubat} = (\phi_i + \phi_{g,şubat}) / H\,(T_i - T_{d,şubat})$$
$$= (547{,}5 + 460{,}42) / 248{,}77\,(19 - 4{,}4)$$
$$= 0{,}28 \qquad (4.70)$$

$$\eta_{şubat} = 1 - e^{(-1/KKO_{şubat})}$$
$$= 1 - e^{(-1/0{,}28)}$$
$$= 0{,}972 \qquad (4.71)$$

Mart ayı için;

$$KKO_{mart} = (\phi_i + \phi_{g,mart}) / H\,(T_i - T_{d,mart})$$
$$= (547{,}5 + 582{,}80) / 248{,}77\,(19 - 7{,}3)$$
$$= 0{,}39 \qquad (4.72)$$

$$\eta_{mart} = 1 - e^{(-1/KKO_{mart})}$$
$$= 1 - e^{(-1/0{,}39)}$$
$$= 0{,}923 \qquad (4.73)$$

Nisan ayı için;

$$KKO_{nisan} = (\phi_i + \phi_{g,nisan}) / H\,(T_i - T_{d,nisan})$$
$$= (547{,}5 + 609{,}34) / 248{,}77\,(19 - 12{,}8)$$
$$= 0{,}75 \qquad (4.74)$$

$$\eta_{nisan} = 1 - e^{(-1/KKO_{nisan})}$$
$$= 1 - e^{(-1/0{,}75)}$$
$$= 0{,}736 \qquad (4.75)$$

Mayıs ayı için;

$$\begin{aligned} KKO_{may} &= (\phi_i + \phi_{g,may}) / H\,(T_i - T_{d,may}) \\ &= (547{,}5 + 734{,}67) / 248{,}77\,(19-18) \\ &= 5{,}15 \end{aligned} \tag{4.76}$$

$$\begin{aligned} \eta_{may} &= 1 - e^{(-1/KKO_{may})} \\ &= 1 - e^{(-1/5{,}15)} \\ &= 0{,}176 \end{aligned} \tag{4.77}$$

Haziran ayı için;

$$\begin{aligned} KKO_{haziran} &= (\phi_i + \phi_{g,haziran}) / H\,(T_i - T_{d,haziran}) \\ &= (547{,}5 + 768{,}82) / 248{,}77\,(19-22{,}5) \\ &= -1{,}51 \end{aligned} \tag{4.78}$$

$$\begin{aligned} \eta_{haziran} &= 1 - e^{(-1/KKO_{haziran})} \\ &= 1 - e^{(-1/-1{,}51)} \\ &= -0{,}939 \end{aligned} \tag{4.79}$$

Temmuz ayı için;

$$\begin{aligned} KKO_{temmuz} &= (\phi_i + \phi_{g,temmuz}) / H\,(T_i - T_{d,temmuz}) \\ &= (547{,}5 + 748{,}49) / 248{,}77\,(19-24{,}9) \\ &= -0{,}88 \end{aligned} \tag{4.80}$$

$$\begin{aligned} \eta_{temmuz} &= 1 - e^{(-1/KKO_{temmuz})} \\ &= 1 - e^{(-1/-0{,}88)} \\ &= -2{,}115 \end{aligned} \tag{4.81}$$

Ağustos ayı için;

$$\begin{aligned} \text{KKO}_{agustos} &= (\phi_i + \phi_{g,agustos}) / \text{H}\ (\text{T}_i - \text{T}_{d,agustos}) \\ &= (547{,}5 + 700{,}30) / 248{,}77\ (19 - 24{,}3) \\ &= -0{,}95 \end{aligned} \tag{4.82}$$

$$\begin{aligned} \eta_{agustos} &= 1 - \text{e}^{(-1/KKO_{agustos})} \\ &= 1 - \text{e}^{(-1/-0{,}95)} \\ &= -1{,}865 \end{aligned} \tag{4.83}$$

Eylül ayı için;

$$\begin{aligned} \text{KKO}_{eylül} &= (\phi_i + \phi_{g,eylül}) / \text{H}\ (\text{T}_i - \text{T}_{d,eylül}) \\ &= (547{,}5 + 585{,}36) / 248{,}77\ (19 - 19{,}9) \\ &= -5{,}06 \end{aligned} \tag{4.84}$$

$$\begin{aligned} \eta_{eylül} &= 1 - \text{e}^{(-1/KKO_{eylül})} \\ &= 1 - \text{e}^{(-1/-5{,}06)} \\ &= -0{,}219 \end{aligned} \tag{4.85}$$

Ekim ayı için;

$$\begin{aligned} \text{KKO}_{ekim} &= (\phi_i + \phi_{g,ekim}) / \text{H}\ (\text{T}_i - \text{T}_{d,ekim}) \\ &= (547{,}5 + 470{,}15) / 248{,}77\ (19 - 14{,}1) \\ &= 0{,}83 \end{aligned} \tag{4.86}$$

$$\begin{aligned} \eta_{ekim} &= 1 - \text{e}^{(-1/KKO_{ekim})} \\ &= 1 - \text{e}^{(-1/0{,}83)} \\ &= 0{,}700 \end{aligned} \tag{4.87}$$

Kasım ayı için;

$$KKO_{kas} = (\phi_i + \phi_{g,kas}) / H\,(T_i - T_{d,kas})$$
$$= (547{,}5 + 347{,}22) / 248{,}77\,(19 - 8{,}5)$$
$$= 0{,}34 \qquad (4.88)$$

$$\eta_{kas} = 1 - e^{(-1/KKO_{kas})}$$
$$= 1 - e^{(-1/0{,}34)}$$
$$= 0{,}947 \qquad (4.89)$$

Aralık ayı için;

$$KKO_{ara} = (\phi_i + \phi_{g,ara}) / H\,(T_i - T_{d,ara})$$
$$= (547{,}5 + 317{,}61) / 248{,}77\,(19 - 3{,}8)$$
$$= 0{,}23 \qquad (4.90)$$

$$\eta_{ara} = 1 - e^{(-1/KKO_{ara})}$$
$$= 1 - e^{(-1/0{,}23)}$$
$$= 0{,}987 \qquad (4.91)$$

Bu hesaplamalar sonucunda, mayıs ayı için Eşitlik (4.76)' da kazanç/ kayıp oranının değerinin 5,15 olarak bulunduğu görülür. Kazanç/ kayıp oranı 2,5 ve üzerinde bir değer bulunduğundan mayıs ayı için ısı kaybı olmadığı kabul edilir ve mayıs ayı için aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanmasına gerek yoktur.

Ayrıca, haziran ile eylül ayları arasında dış sıcaklık değerlerinin iç ortam sıcaklık değerlerinden büyük olması nedeniyle, kazanç/ kayıp oranları ile kazanç kullanım faktörleri negatif değerler alır. Bu sebeple, haziran ve eylül ayları arasındaki aylar için aylık ısıtma enerjisine gereksinim yoktur.

Her ay için aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı değeri, Eşitlik (4.2) ifadesinde bu aşamaya kadar bulduğumuz değerler yerlerine konularak hesaplanır. Ancak bu eşitlikte daha önce açıklanmış olan bir zaman ifadesi vardır ve değeri $t = 86400 \times 30$ saniye olarak alınmaktadır.

Ocak ayı için;

$$\begin{aligned} Q_{ocak} &= [\, H\,(T_i - T_{d,ocak}) - \eta_{ocak}(\phi_i + \phi_{g,ocak})\,] \times t \\ &= [\, 248{,}77\,(19 - 2{,}9) - 0{,}987\,(547{,}5 + 363{,}02)\,] \times 86400 \times 30 \times 10^{-3} \\ &= 8052083 \text{ kJ} \end{aligned} \tag{4.92}$$

Şubat ayı için;

$$\begin{aligned} Q_{şubat} &= [\, H\,(T_i - T_{d,şubat}) - \eta_{şubat}(\phi_i + \phi_{g,şubat})\,] \times t \\ &= [\, 248{,}77\,(19 - 4{,}4) - 0{,}972\,(547{,}5 + 460{,}42)\,] \times 86400 \times 30 \times 10^{-3} \\ &= 6874875 \text{ kJ} \end{aligned} \tag{4.93}$$

Mart ayı için;

$$\begin{aligned} Q_{mart} &= [\, H\,(T_i - T_{d,mart}) - \eta_{mart}(\phi_i + \phi_{g,mart})\,] \times t \\ &= [\, 248{,}77\,(19 - 7{,}3) - 0{,}923\,(547{,}5 + 582{,}80)\,] \times 86400 \times 30 \times 10^{-3} \\ &= 4840150 \text{ kJ} \end{aligned} \tag{4.94}$$

Nisan ayı için;

$$\begin{aligned} Q_{nisan} &= [\, H\,(T_i - T_{d,nisan}) - \eta_{nisan}(\phi_i + \phi_{g,nisan})\,] \times t \\ &= [\, 248{,}77\,(19 - 12{,}8) - 0{,}736\,(547{,}5 + 609{,}34)\,] \times 86400 \times 30 \times 10^{-3} \\ &= 1790915 \text{ kJ} \end{aligned} \tag{4.95}$$

Ekim ayı için;

$$Q_{ekim} = [\, H\,(T_i - T_{d,ekim}) - \eta_{ekim}(\phi_i + \phi_{g,ekim})\,] \times t$$
$$= [\, 248{,}77\,(19 - 14{,}1) - 0{,}700\,(547{,}5 + 470{,}15)\,] \times 86400 \times 30 \times 10^{-3}$$
$$= 1313153 \text{ kJ} \qquad (4.96)$$

Kasım ayı için;

$$Q_{kas} = [\, H\,(T_i - T_{d,kas}) - \eta_{kas}(\phi_i + \phi_{g,kas})\,] \times t$$
$$= [\, 248{,}77\,(19 - 8{,}5) - 0{,}947\,(547{,}5 + 347{,}22)\,] \times 86400 \times 30 \times 10^{-3}$$
$$= 4574323 \text{ kJ} \qquad (4.97)$$

Aralık ayı için;

$$Q_{ara} = [\, H\,(T_i - T_{d,ara}) - \eta_{ara}(\phi_i + \phi_{g,ara})\,] \times t$$
$$= [\, 248{,}77\,(19 - 3{,}8) - 0{,}987\,(547{,}5 + 317{,}61)\,] \times 86400 \times 30 \times 10^{-3}$$
$$= 7587925 \text{ kJ} \qquad (4.98)$$

Aylık olarak hesaplanan ısıtma enerjisi ihtiyacı değerleri toplanarak Eşitlik (4.1) ile verilen binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı belirlenmiştir.

$$Q_{yıl} = Q_{ocak} + Q_{şubat} + Q_{mart} + Q_{nisan} + Q_{ekim} + Q_{kas} + Q_{ara}$$
$$= 8052083 + 6874875 + 4840150 + 1790915 + 1313153$$
$$+ 4574323 + 7587925$$
$$= 35033424 \text{ kJ} \qquad (4.99)$$

ve

$$Q_{yıl} = 35033424 \text{ kJ} \times \frac{0{,}278 \times 10^{-3}\, kWh}{1 kJ} = 9{,}739 \text{ kWh} \qquad (4.100)$$

Kullanım alanı başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, aşağıdaki şekilde bulunur.

$$Q = Q_{yıl} / A_n$$
$$= 9{,}739 / 109{,}5$$
$$= 88{,}94 \text{ kWh/m}^2 \text{ yıl} \quad (4.101)$$

Örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı, aşağıdaki gibidir.

$$A_{top} / V_{brüt} = 320{,}80 / 342{,}20 = 0{,}94 \text{ m}^{-1} \quad (4.102)$$

Örnek binanın bulunduğu ikinci bölge için Ek 6' dan alınan denklem ile izin verilen maksimum yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı belirlenir.

$$Q' = 70\ A_{top} / V_{brüt} + 24{,}4$$
$$= 70.\ 0{,}94 + 24{,}4$$
$$= 90{,}2 \text{ kWh/m}^2 \text{ yıl} \quad (4.103)$$

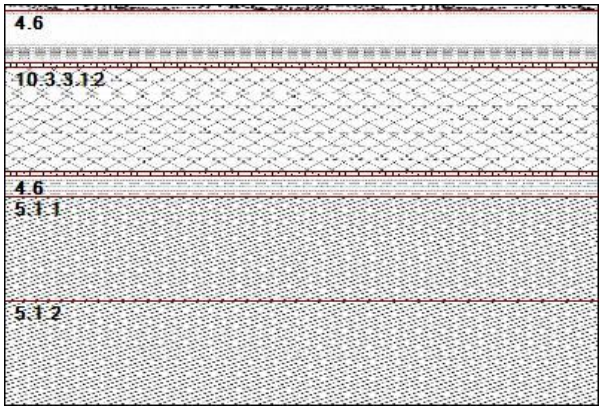
Bu durumda, $Q < Q'$ (88,94 < 90,2) olarak bulunduğundan bu proje TS 825 standardında verilen hesap metoduna uygundur denir.

Örnek bina için yapılan bu hesaplamalar sonucunda, $Q / Q' = 88{,}94 / 90{,}2 = 0{,}98$ olduğundan bina normal enerji verimliliği C tipi bina olarak tasarımlanmış demektir.

Örnek bina için yalıtım tasarımı yapılmış ve buna göre ısı ihtiyacı hesaplanmıştır. Ancak, binanın yalıtımının sağlıklı olup olmadığının belirlenmesi için yapı elemanlarının yoğuşma ve buharlaşma kontrolü yapılmalıdır. Yoğuşma ve buharlaşma suyu miktarı hesaplamaları aynı şekilde yapılmakta ve çıkan sonuç pozitif ise yoğuşma, negatif ise buharlaşma olduğu görülmektedir. Yoğuşma ve buharlaşma olayının örnek binanın yapı elemanlarından taban elemanında gözlenmesi nedeniyle, yoğuşma ve buharlaşma kontrolünün nasıl gerçekleştiği, taban elemanında yoğuşma

gözlemlenen ilk ay olan kasım ayı ile yoğuşmanın oluşmadığı, buharlaşmanın görüldüğü ilk ay olan nisan ayı için Bölüm 4.1' de TS 825 hesap metodunda anlatılan yoğuşma ve buharlaşma tahkiki hesaplama şekli ile ayrıntılı olarak incelenmiştir. Diğer tüm aylar için aynı prensiple yapılan hesaplamaların sonuçları tablolar ve grafikler şeklinde verilmiştir. Aynı şekilde, binanın diğer yapı elemanları olan duvar ve taban elemanlarında oniki ay için yoğuşma ve buharlaşma kontrolü hesaplamaları yapılması sonucunda yoğuşma gözlenmemiştir ve veriler tablolar ve grafikler şeklinde sunulmuştur.

İkinci derece- gün bölgesinde bulunan Tekirdağ ili sınırları içerisinde olan örnek binanın taban elemanının kesiti Şekil 4.10' da gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Taban elemanının kesiti (Ek 11)

Şekil 4.10' da kesiti verilen taban elemanında kullanılan malzemeler Tablo 4.4 ile verilmiştir ve bu malzemelerin madde fiziki değerleri Ek 4' den alınmıştır.

Çok tabakalı yapı bileşeni için toplam ısı geçiş direnci Eşitlik (4.22)' den yararlanılarak hesaplanır. Görüldüğü gibi yapı elemanında yedi ara yüzey bulunmaktadır.

$$R = \frac{1}{\Lambda} = \frac{d_1}{\lambda_{h_1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h_2}} + \frac{d_3}{\lambda_{h_3}} + \frac{d_4}{\lambda_{h_4}} + \frac{d_5}{\lambda_{h_5}} + \frac{d_6}{\lambda_{h_6}} + \frac{d_7}{\lambda_{h_7}}$$

$$= \frac{0,005}{3,5} + \frac{0,05}{1,4} + \frac{0,004}{0,19} + \frac{0,1}{0,03} + \frac{0,004}{0,19} + \frac{0,02}{1,4} + \frac{0,1}{2,5} + \frac{0,1}{1,65}$$

$$= 3,528 \text{ m}^2 \text{K/W} \qquad (4.104)$$

Toplam ısı geçiş sayısı Eşitlik (4.7)' den elde edilir.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_d}}$$

$$= \frac{1}{0,25 + 3,528 + 0}$$

$$= 0,26 \text{ W/m}^2 \text{K} \qquad (4.105)$$

Burada, taban toprak temaslı olduğundan dış yüzeyin ısı iletim sayısı değeri sıfır alınmaktadır.

Su buharı difüzyonu- eşdeğer hava tabakası kalınlığı Eşitlik (4.27) kullanılarak yapı elemanının tüm yüzeyleri için hesaplanır. İç yüzey için herhangi bir tabaka kalınlığı söz konusu değildir. Bu nedenle, $S_d = 0$ ve kümülatif değer $S_{dT} = 0$ olur.

1. ara yüzey; $S_d = \mu.d = 0,005.10000 = 50$ m ve $S_{dT} = 0 + 50 = 50$ m (4.106)
2. ara yüzey; $S_d = \mu.d = 0,05.\ 15 = 0,75$ m ve $S_{dT} = 50 + 0,75 = 50,75$ m (4.107)
3. ara yüzey; $S_d = \mu.d = 0,004.20000 = 80$ m ve $S_{dT} = 50,75 + 80 = 130,75$ m (4.108)
4. ara yüzey; $S_d = \mu.d = 0,1.60 = 6$ m ve $S_{dT} = 130,75 + 6 = 136,75$ m (4.109)
5. ara yüzey; $S_d = \mu.d = 0,004.20000 = 80$ m ve $S_{dT} = 136,75 + 80 = 216,75$ m (4.110)
6. ara yüzey; $S_d = \mu.d = 0,02.15 = 0,3$ m ve $S_{dT} = 216,75 + 0,3 = 217,05$ m (4.111)
7. ara yüzey; $S_d = \mu.d = 0,1.100 = 10$ m ve $S_{dT} = 217,05 + 10 = 227,05$ m (4.112)

Dış yüzey; $S_d = \mu.d = 0,1.100 = 10$ m ve $S_{dT} = 227,05 + 10 = 237,05$ m (4.113)

Hesaplamada görüldüğü üzere kümülatif S_{dT} değerleri bulunmuştur. Yoğuşma oluşup oluşmadığını belirlemek için çizilen grafikte kümülatif eşdeğer hava tabakası kalınlık (S_{dT}) değerlerine karşılık gelen doymuş su buharı basıncı (p_s) değerleri belirlenecektir. Doymuş su buharı basınç (p_s) değerlerini belirlemek için de yüzey sıcaklıkları hesaplanmalıdır. S_{dT} değerleri malzeme özelliklerine bağlı olduğu için sabit alınırken, yüzey sıcaklıkları ve dolayısıyla p_s değerleri her ay için ayrı ayrı hesaplanmalıdır. Taban yapı elemanında, yoğuşmanın başladığı ilk ay olan kasım ayı için Eşitlik (4.23) ile verilen ısı akış yoğunluğu bulunur

$$\begin{aligned} q &= U\,(T_i - T_{d,kas}) \\ &= 0{,}26.(20 - 8{,}5) \\ &= 3{,}044\ \mathrm{W/m^2} \end{aligned} \qquad (4.114)$$

Buradaki, iç ortam sıcaklığı (T_i), tüm aylar için sabit değer olan 20 °C ve dış ortam sıcaklığı (T_d) değeri 8,5 °C Ek 3' den alınmıştır.

p_s değerlerinin belirlenmesi için kullanılacak yapı bileşenlerinin yüzey sıcaklıkları Eşitlik (4.24), (4.25) ve (4.26) ile hesaplanır.

İç yüzey sıcaklığı;

$$\begin{aligned} T_{yi} &= T_i - R_i\,q \\ &= 20 - 0{,}25.3{,}044 \\ &= 19{,}24\ ^\circ\mathrm{C} \end{aligned} \qquad (4.115)$$

1. ara yüzey sıcaklığı;

$$\begin{aligned} T_1 &= T_{yi} - R_1\,q \\ &= 19{,}24 - 0{,}001.3{,}044 \\ &= 19{,}24\ ^\circ\mathrm{C} \end{aligned} \qquad (4.116)$$

2. ara yüzey sıcaklığı; $T_2 = T_1 - R_2 q$

$= 19,24 - 0,036.3,044$

$= 19,13\ ^\circ C$ (4.117)

3. ara yüzey sıcaklığı; $T_3 = T_2 - R_3 q$

$= 19,13 - 0,021.3,044$

$= 19,06\ ^\circ C$ (4.118)

4. ara yüzey sıcaklığı; $T_4 = T_3 - R_4 q$

$= 19,06 - 3,333.3,044$

$= 8,92\ ^\circ C$ (4.119)

5. ara yüzey sıcaklığı; $T_5 = T_4 - R_5 q$

$= 8,92 - 0,021.3,044$

$= 8,85\ ^\circ C$ (4.120)

6. ara yüzey sıcaklığı; $T_6 = T_5 - R_6 q$

$= 8,85 - 0,014.3,044$

$= 8,81\ ^\circ C$ (4.121)

7. ara yüzey sıcaklığı; $T_7 = T_6 - R_7 q$

$= 8,81 - 0,04.3,044$

$= 8,67\ ^\circ C$ (4.122)

Dış yüzey sıcaklığı; $T_{yd} = T_{d,kas} - R_d q$

$= 8,5 - 0.3,044$

$= 8,5\ ^\circ C$ (4.123)

Bölüm 4.1 TS 825 hesap metodunda, yapı elemanlarının iç ve dış yüzeylerindeki, yüzeysel ısı iletim direnci değerlerinin $R_i = 0,25\ m^2 K/W$ ve $R_d = 0,04$

m^2 K/W olarak alındığı yazılmıştır. Fakat taban elemanının dış yüzeyi toprak temaslı olduğundan, burada dış yüzey için yüzeysel ısı iletim direnci $R_d = 0$ alınmıştır.

Tablo 4.8. Taban elemanının Kasım ayı için hesaplanan yüzey sıcaklık değerlerine karşılık gelen doymuş su buharı basınç değerleri

	Sıcaklık (˚C)	**Doymuş Subuharı Basıncı (Pa)**
iç ortam	20	2340
iç yüzey	19,24	2233
1. ara yüzey	19,24	2233
2. ara yüzey	19,13	2217
3. ara yüzey	19,06	2206
4. ara yüzey	8,92	1142
5.ara yüzey	8,85	1137
6. ara yüzey	8,81	1134
7. ara yüzey	8,67	1127
dış yüzey	8,5	1110
dış ortam	8,5	1110

Tablo 4.8' de verilen, hesaplamış olduğumuz yüzey sıcaklıklarına karşılık gelen doymuş su buharı basınçları Ek 7' den okunmuştur.

Eşitlik (4.28) ve (4.29) ile verilen iç ve dış ortamdaki kısmi su buharı basınçları hesaplanırken; iç ortamın bağıl nem değeri (φ_i), bina havalandırma tipi doğal havalandırma olduğundan %65 ve dış ortamın bağıl nem değeri (φ_d), her ay için Ek 8' den alınır.

İç ortamın kısmi basıncı; $p_i = \varphi_i \; p_{si}$

$= 0{,}65.2340$

$= 1521$ Pa (4.124)

Dış ortamın kısmi basıncı; $p_d = \varphi_d \; p_{sd}$

$= 1.1110$

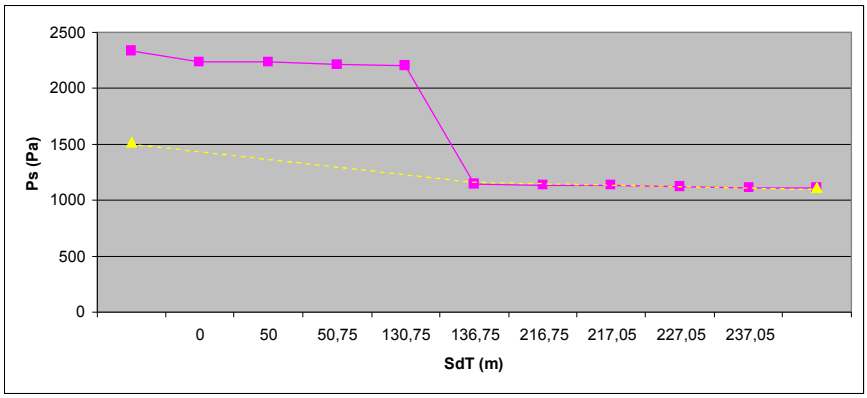
$=1110$ Pa (4.125)

Burada, taban elemanı toprak temaslı olduğundan tüm aylar için toprağın (dış ortamın) bağıl nemi %100 alınmıştır.

Yoğuşma kontrolü için hesaplanan tüm değerler, p_s - S_{dT} grafiğinin çizilmesini kolaylaştırmak amacıyla Tablo 4.9' da verilmiştir.

Tablo 4.9. Taban elemanının Kasım ayı için yoğuşma kontrolü grafiğinin çizilmesinde kullanılan veriler

	S_{dT} (m)	**Sıcaklık (˚C)**	**Doymuş Subuharı Basıncı (Pa)**	**Kısmi Basınç (Pa)**
iç ortam	-	20	2340	1521
iç yüzey	0	19,24	2233	
1. ara yüzey	50	19,24	2233	
2. ara yüzey	50,75	19,13	2217	
3. ara yüzey	130,75	19,06	2206	
4. ara yüzey	136,75	8,92	1142	
5. ara yüzey	216,75	8,85	1137	
6. ara yüzey	217,05	8,81	1134	
7. ara yüzey	227,05	8,67	1127	
dış yüzey	237,05	8,5	1110	
dış ortam	-	8,5	1110	1110



Şekil 4.11. Taban elemanında Kasım ayı için oluşturulan yoğuşma kontrolü grafiği

Şekil 4.11' de kasım ayı için p_s - S_{dT} garfiği çizilmiştir. Grafikte Tablo 4.9' daki S_{dT} değerlerine karşılık olarak, p_s değerleri düz çizgili doğruyu ve kısmi basınç değerleri kesik çizgili doğruyu oluşturmuştur. Grafikte bu iki doğrunun $p_{sw} = 1142$ Pa – $S_{dT} = 136{,}75$ m noktasında kesiştiği görülür. Kesişmenin oluştuğu nokta, taban elemanının dördüncü ara yüzeyine denk gelmektedir. O halde taban elemanında dördüncü bileşende yoğuşma oluşmuştur denir.

Yapı elemanında bir ara yüzeyde yoğuşma oluştuğu için Eşitlik (4.30) ile yoğuşma miktarı belirlenir.

$$g_{sw} = \delta_o \left(\frac{p_i - p_{sw}}{S'_{dT} - S'_{d,sw}} - \frac{p_{sw} - p_d}{S'_{d,sw}} \right) \tag{4.30}$$

Hesaplamada kullanılan su buharı difüzyon direnci $\delta_o = 2 \times 10^{-10}$ kg/msPa olarak sabit değerlidir. Şekil 4.11' deki grafiğe göre, p_i iç ortamın kısmi basınç değeri, p_d dış ortamın kısmi basınç değeri olup, p_{sw} iki doğrunun kesiştiği noktadaki basınç değeridir. Su buharı difüzyonu- eşdeğer hava tabakası kalınlık değerleri ise iç ortamdan dış ortama kadar olan mesafe S'_{dT} ve dış ortamdan iki doğrunun kesiştiği noktaya kadar olan mesafe $S'_{d,sw}$ olarak alınır.

$$g_{sw} = \delta_o \left(\frac{p_i - p_{sw}}{S'_{dT} - S'_{d,sw}} - \frac{p_{sw} - p_d}{S'_{d,sw}} \right)$$

$$= 2 \times 10^{-10} \left(\frac{1521 - 1142}{136,75} - \frac{1142 - 1110}{237,05 - 136,75} \right)$$

$$= 2 \times 10^{-10} \left(\frac{379}{136,75} - \frac{32}{100,3} \right)$$

$$= 4,905 \times 10^{-10} \text{ kg/m}^2 \text{ s} \qquad (4.126)$$

Eşitlik (4.126)' da dördüncü bileşende oluşan bir saniyedeki yoğuşma miktarı hesaplanmıştır. Aylık yoğuşma miktarını bulmak için de Eşitlik (4.34) kullanılarak hesaplanan g_{sw} değeri aylık zaman ifadesi ($t = 86400 \times 30$) ile çarpılır.

$$m_y = g_{sw} \times t$$

$$= 4,905 \times 10^{-10} \times 86400 \times 30$$

$$= 0,00127 \text{ kg/m}^2 \qquad (4.127)$$

Eşitlik (4.127)' deki sonuç, taban elemanının dördüncü bileşeninde, kasım ayında oluşan, yoğuşan suyun miktarını vermektedir ve $0,00127 \text{ kg/m}^2 < 0,5 \text{ kg/m}^2$ olduğundan TS 825 standardındaki sınırlar içerisindedir.

Taban elemanında, yoğuşma oluşumunun durduğu ve buharlaşma oluşumunun başladığı ilk ay olan nisan ayı için de aynı şekilde buharlaşma kontrolü incelenmiştir. Taban elemanı için daha önce hesaplanan ısı geçiş direnci (R), ısı geçiş sayısı (U) değerleri ile yapı elemanının tüm yüzeyleri için hesaplanan S_{dT} kümülatif su buharı difüzyonu- eşdeğer hava tabakası kalınlık değerleri malzemelerin özelliklerine bağlı değerler olduğundan tüm aylar için aynı alınır.

Buharlaşmanın başladığı ilk ay olan nisan ayı için ısı akış yoğunluğu aşağıdaki şekilde bulunur.

$$q = U\,(T_i - T_{d,nisan})$$
$$= 0{,}26.(20 - 12{,}8)$$
$$= 1{,}872\ W/m^2 \qquad (4.128)$$

Şekil 4.10 ile verilmiş yapı elemanının yüzey sıcaklıkları sırasıyla aşağıdaki şekilde belirlenir.

İç yüzey sıcaklığı;
$$T_{yi} = T_i - R_i\,q$$
$$= 20 - 0{,}25.1{,}872$$
$$= 19{,}53\ ^\circ C \qquad (4.129)$$

1. ara yüzey sıcaklığı;
$$T_1 = T_{yi} - R_1\,q$$
$$= 19{,}53 - 0{,}001.1{,}872$$
$$= 19{,}53\ ^\circ C \qquad (4.130)$$

2. ara yüzey sıcaklığı;
$$T_2 = T_1 - R_2\,q$$
$$= 19{,}53 - 0{,}036.1{,}872$$
$$= 19{,}46\ ^\circ C \qquad (4.131)$$

3. ara yüzey sıcaklığı;
$$T_3 = T_2 - R_3\,q$$
$$= 19{,}46 - 0{,}021.1{,}872$$
$$= 19{,}42\ ^\circ C \qquad (4.132)$$

4. ara yüzey sıcaklığı;
$$T_4 = T_3 - R_4\,q$$
$$= 19{,}42 - 3{,}333.1{,}872$$
$$= 13{,}18\ ^\circ C \qquad (4.133)$$

5. ara yüzey sıcaklığı; $T_5 = T_4 - R_5 q$

$= 13,18 - 0,021.1,872$

$= 13,14\ ^\circ C$ (4.134)

6. ara yüzey sıcaklığı; $T_6 = T_5 - R_6 q$

$= 13,14 - 0,014.1,872$

$= 13,12\ ^\circ C$ (4.135)

7. ara yüzey sıcaklığı; $T_7 = T_6 - R_7 q$

$= 13,12 - 0,04.1,872$

$= 13,04\ ^\circ C$ (4.136)

Dış yüzey sıcaklığı; $T_{yd} = T_{d,nisan} - R_d q$

$= 12,8 - 0.1,872$

$= 12,8\ ^\circ C$ (4.137)

Tablo 4.10. Taban elemanının Nisan ayı için hesaplanan yüzey sıcaklık değerlerine karşılık gelen doymuş su buharı basınç değerleri

	Sıcaklık (˚C)	**Doymuş Subuharı Basıncı (Pa)**
iç ortam	20	2340
iç yüzey	19,53	2273
1. ara yüzey	19,53	2273
2. ara yüzey	19,46	2262
3. ara yüzey	19,42	2257
4. ara yüzey	13,18	1516
5.ara yüzey	13,14	1512
6. ara yüzey	13,12	1510
7. ara yüzey	13,04	1502
dış yüzey	12,8	1479
dış ortam	12,8	1479

Tablo 4.10’ da gösterilen nisan ayı için hesaplanan sıcaklık değerlerine karşılık gelen basınç değerleri Ek 7’ den okunmuştur.

İç ortamın kısmi basıncı, ortam sıcaklığı 20 ˚C ve bağıl nem değeri doğal havalandırma için %65 olduğundan Eşitlik (4.124) ile aynıdır.

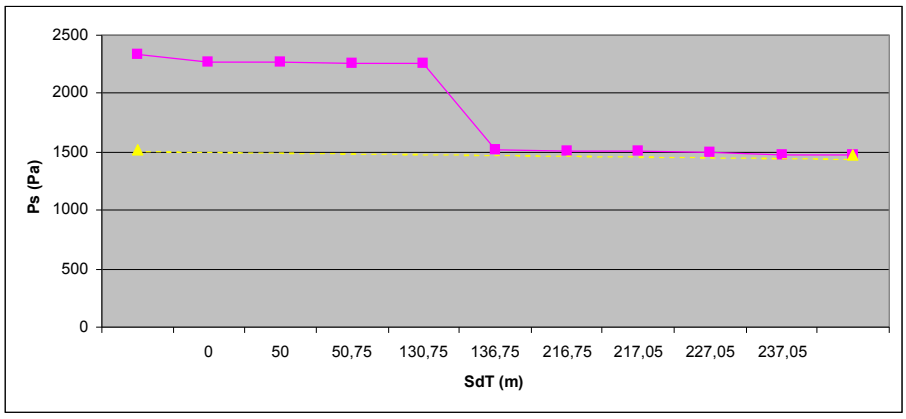
$$p_i = \varphi_i \; p_{si} \; = \; 0{,}65.2340 = 1521 \text{ Pa} \qquad (4.124)$$

Dış ortamın kısmi basıncı ise dış ortam sıcaklığı aylara göre değiştiği için Tablo 4.10’ da görüldüğü gibi nisan ayı için 1479 Pa bulunan dış ortamın basıncı ve toprak temaslı taban için bağıl nem değeri (%100)’ nin çarpımıdır.

$$p_d = \varphi_d \; p_{sd} = 1.1479 = 1479 \text{ Pa} \qquad (4.138)$$

Tablo 4.11. Taban elemanının Nisan ayı için yoğuşma kontrolü grafiğinin çizilmesinde kullanılan veriler

	S_{dT} (m)	Sıcaklık (˚C)	Doymuş Subuharı Basıncı (Pa)	Kısmi Basınç (Pa)
iç ortam	-	20	2340	1521
iç yüzey	0	19,53	2273	
1. ara yüzey	50	19,53	2273	
2. ara yüzey	50,75	19,46	2262	
3. ara yüzey	130,75	19,42	2257	
4. ara yüzey	136,75	13,18	1516	
5. ara yüzey	216,75	13,14	1512	
6. ara yüzey	217,05	13,12	1510	
7. ara yüzey	227,05	13,04	1502	
dış yüzey	237,05	12,8	1479	
dış ortam	-	12,8	1479	1479



Şekil 4.12. Taban elemanında Nisan ayı için oluşturulan yoğuşma kontrolü grafiği

Grafikte görüldüğü gibi, dördüncü bileşende buharlaşma oluşmuştur. Bir ara yüzeyde buharlaşma oluşması durumu için Eşitlik (4.34) ve (4.35) kullanılır.

$$g_{ev} = \delta_o \left(\frac{p_i - p_{sw}}{S'_{dT} - S'_{d,sw}} - \frac{p_{sw} - p_d}{S'_{d,sw}} \right)$$

$$= 2 \times 10^{-10} \left(\frac{1521 - 1516}{136,75} - \frac{1516 - 1479}{237,05 - 136,75} \right)$$

$$= -6,647 \times 10^{-11} \text{ kg/m}^2 \text{ s} \qquad (4.139)$$

ve

$$m_y = g_{ev} \times t$$

$$= -6,647 \times 10^{-11} \times 86400 \times 30$$

$$= -0,000172 \text{ kg/m}^2 \qquad (4.140)$$

Eşitlik (4.140)' ta sonucun negatif çıkması nisan ayında buharlaşma olduğunu göstermektedir.

Örnek binanın taban elemanında yoğuşma oluşumu gözlenmiş ve yoğuşmanın oluştuğu ilk ay olan kasım ayı için yoğuşma kontrolü ile oluşan yoğuşmanın buharlaşarak yapıya zarar vermediğinin gözlenmesiyle buharlaşmanın oluştuğu ilk ay olan nisan ayı için buharlaşma kontrolü ayrıntılı şekilde incelenmiştir. Diğer tüm aylar için ayrıntılı yoğuşma ve buharlaşma kontrolü gösterilmemiş, ancak hesaplamalar aynı şekilde yapılarak sonuçlar tablo ve grafikler halinde verilmiştir.

Tablo 4.12. Taban elemanının aylara göre hesaplanan değerleri

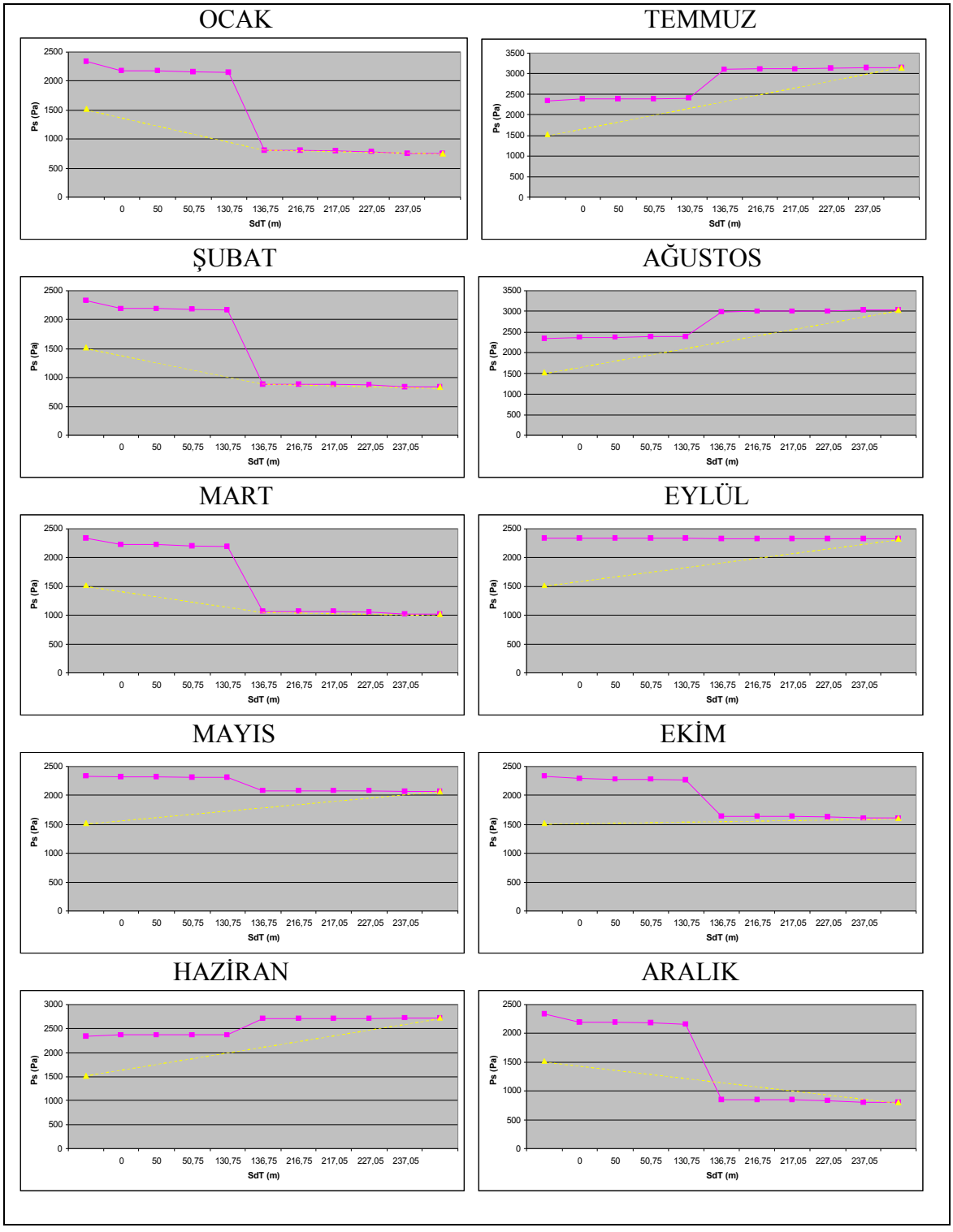
U= 0,26 W/m^2 K		**φ_i (%) = 65**		**φ_d (%) = 100**
q= 4,446 W/m^2			**m$_y$ = 0,00245 kg/m^2**	
		S_{dT} (m)	**Sıcaklık (˚C)**	**Doymuş Subuharı Basıncı (Pa)**	**Kısmi Basınç (Pa)**
OCAK	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	18,89	2184	
	1. ara yüzey	50	18,88	2182	
	2. ara yüzey	50,75	18,72	2163	
	3. ara yüzey	130,75	18,63	2149	
	4. ara yüzey	136,75	3,81	804	
	5. ara yüzey	216,75	3,72	799	
	6. ara yüzey	217,05	3,66	796	
	7. ara yüzey	227,05	3,48	786	
	dış yüzey	237,05	2,9	753	
	dış ortam	-	2,9	753	753
q= 4,056 W/m^2			**m$_y$ = 0,00215 kg/m^2**	
ŞUBAT	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	18,99	2196	
	1. ara yüzey	50	18,98	2195	
	2. ara yüzey	50,75	18,84	2177	
	3. ara yüzey	130,75	18,75	2165	
	4. ara yüzey	136,75	5,23	886	
	5. ara yüzey	216,75	5,15	881	
	6. ara yüzey	217,05	5,09	877	
	7. ara yüzey	227,05	4,93	868	
	dış yüzey	237,05	4,4	837	
	dış ortam	-	4,4	837	837

q= 3,302 W/m^2				m_y = 0,00145 kg/m^2	
MART	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	19,17	2223	
	1. ara yüzey	50	19,17	2223	
	2. ara yüzey	50,75	19,05	2205	
	3. ara yüzey	130,75	18,98	2195	
	4. ara yüzey	136,75	7,98	1072	
	5. ara yüzey	216,75	7,91	1067	
	6. ara yüzey	217,05	7,86	1063	
	7. ara yüzey	227,05	7,73	1054	
	dış yüzey	237,05	7,3	1023	
	dış ortam	-	7,3	1023	1023
q= 0,52 W/m^2				**m_y = -0,00220 kg/m^2**	
MAYIS	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	19,87	2320	
	1. ara yüzey	50	19,87	2320	
	2. ara yüzey	50,75	19,85	2317	
	3. ara yüzey	130,75	19,84	2316	
	4. ara yüzey	136,75	18,11	2080	
	5. ara yüzey	216,75	18,10	2079	
	6. ara yüzey	217,05	18,09	2078	
	7. ara yüzey	227,05	18,08	2076	
	dış yüzey	237,05	18	2065	
	dış ortam	-	18	2065	2065
q= -0,65 W/m^2				**m_y = -0,00438 kg/m^2**	
	iç ortam	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	20,16	2363	

HAZİRAN	**1. ara yüzey**	50	20,16	2363	
	2. ara yüzey	50,75	20,19	2368	
	3. ara yüzey	130,75	20,20	2369	
	4. ara yüzey	136,75	22,37	2706	
	5. ara yüzey	216,75	22,38	2708	
	6. ara yüzey	217,05	22,39	2709	
	7. ara yüzey	227,05	22,42	2714	
	dış yüzey	237,05	22,5	2727	
	dış ortam	-	22,5	2727	2727
q= -1,274 W/m^2				**m_y = -0,00577 kg/m^2**	
TEMMUZ	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	20,32	2387	
	1. ara yüzey	50	20,33	2389	
	2. ara yüzey	50,75	20,38	2396	
	3. ara yüzey	130,75	20,40	2399	
	4. ara yüzey	136,75	24,65	3105	
	5. ara yüzey	216,75	24,68	3110	
	6. ara yüzey	217,05	24,69	3112	
	7. ara yüzey	227,05	24,75	3123	
	dış yüzey	237,05	24,9	3151	
	dış ortam	-	24,9	3151	3151
q= -1,118 W/m^2				**m_y = -0,00538 kg/m^2**	
	iç ortam	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	20,28	2381	

	1. ara yüzey	50	20,28	2381	
	2. ara yüzey	50,75	20,32	2387	
	3. ara yüzey	130,75	20,34	2390	
	4. ara yüzey	136,75	24,07	2998	
	5. ara yüzey	216,75	24,09	3001	
	6. ara yüzey	217,05	24,11	3005	
	7. ara yüzey	227,05	24,15	3012	
	dış yüzey	237,05	24,3	3040	
	dış ortam	-	24,3	3040	3040
q= 0,026 W/m^2				**m$_y$ = -0,00306 kg/m^2**	
EYLÜL	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	19,99	2338	
	1. ara yüzey	50	19,99	2338	
	2. ara yüzey	50,75	19,99	2338	
	3. ara yüzey	130,75	19,99	2338	
	4. ara yüzey	136,75	19,91	2326	
	5. ara yüzey	216,75	19,90	2324	
	6. ara yüzey	217,05	19,90	2324	
	7. ara yüzey	227,05	19,90	2324	
	dış yüzey	237,05	19,9	2324	
	dış ortam	-	19,9	2324	2324
q= 1,534 W/m^2				**m$_y$ = -0,000633 kg/m^2**	
	iç ortam	-	20	2340	1521

EKİM	**iç yüzey**	0	19,62	2286	
	1. ara yüzey	50	19,61	2284	
	2. ara yüzey	50,75	19,56	2277	
	3. ara yüzey	130,75	19,53	2273	
	4. ara yüzey	136,75	14,41	1643	
	5. ara yüzey	216,75	14,38	1640	
	6. ara yüzey	217,05	14,36	1638	
	7. ara yüzey	227,05	14,30	1631	
	dış yüzey	237,05	14,1	1610	
	dış ortam	-	14,1	1610	1610
q= 4,212 W/m^2				**m$_y$ = 0,00228 kg/m^2**	
ARALIK	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	18,95	2191	
	1. ara yüzey	50	18,94	2190	
	2. ara yüzey	50,75	18,79	2184	
	3. ara yüzey	130,75	18,70	2158	
	4. ara yüzey	136,75	4,66	852	
	5. ara yüzey	216,75	4,58	848	
	6. ara yüzey	217,05	4,52	844	
	7. ara yüzey	227,05	4,35	834	
	dış yüzey	237,05	3,8	803	
	dış ortam	-	3,8	803	803



Şekil 4.13. Taban elemanında aylara göre oluşturulan yoğuşma kontrolü grafikleri

Yapı elemanında, kritik nem değeri olan %80 ve üzerinde dış bağıl nem görülüyorsa bu değer yapı elemanının yoğuşma oluşturmasına sebep olur. Taban elemanı da toprak temaslı olduğundan dış bağıl nem değeri %100 alınır. Bu nedenle, örnek binanın yapı elemanlarından taban üzerinde yapılan yoğuşma- buharlaşma kontrolü sonucunda, yapı elemanında 4. bileşende, su yalıtım tabakasında yoğuşma gözlenmiştir.

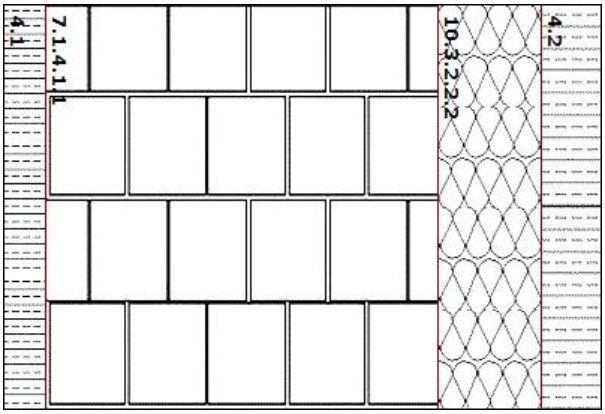
Oniki ay için yapılan hesaplamalar sonucunda, iç yüzey ile iç ortam sıcaklıkları arasındaki fark 3 °C' den az olduğundan TS 825 standardına göre yapı elemanında küf oluşma riski yoktur. Yoğuşma suyunun birim alan başına kütlesi 1 kg/m^2' den az olduğundan TS 825 standardına göre kabul edilebilir sınırlar içerisindedir. Su yalıtım tabakasında oluşan yoğuşma suyu miktarı TS 825 standardında müsaade edilen 0,5 kg/m^2' nin altında olduğundan akma ve damlama oluşmaz.

Kasım, aralık, ocak, şubat ve mart aylarında toplam 0,0096 kg/m^2 yoğuşma gerçekleşmiş, nisan, mayıs, haziran, temmuz, ağustos, eylül ve ekim aylarında toplam 0,02160 kg/m^2 buharlaşma oluştuğundan yoğuşan suyun tamamının buharlaştığı ve yoğuşmanın zararsız olduğu görülmüştür.

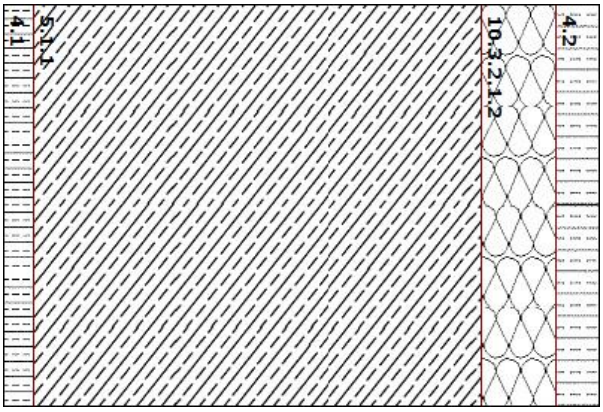
Yoğuşma- buharlaşma kontrolü yapılan yapı bileşeni TS 825 standardında verilen bütün kriterleri sağladığından standarda uygundur.

Teorik olarak yapılan tüm bu hesaplamalar, program ile de yapılmış ve hesaplamaların sonuçlarının birbirine yakın olduğu görülmüştür (Ek 11).

Örnek binanın yapı elemanlarından taban için yapılan hesaplamalarda yoğuşma gözlenmesine rağmen, zararsız olduğu sonucuna varılmıştır. Binanın diğer yapı elemanları olan duvar ve tavan elemanı için de, ilk ay ocak ve son ay aralık için ayrıntılı inceleme yapılarak yoğuşma oluşup oluşmadığı irdelenmiştir. Diğer tüm aylar için hesaplama sonuçları tablo ve grafikler şeklinde verilmiştir.



a)



b)

Şekil 4.14. Duvar ve betonarme elemanlarının kesitleri (Ek 11)

Şekil 4.14a' da kesiti verilen duvar elemanı için, Tablo 4.2' deki kullanılan malzemelerin madde fiziki değerleri Ek 4' den alınarak çok tabakalı yapı bileşeni için toplam ısı geçirgenlik direnci Eşitlik (4.22)' den yararlanılarak belirlenir.

$$R = \frac{1}{\Lambda} = \frac{d_1}{\lambda_{h_1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h_2}} + \frac{d_3}{\lambda_{h_3}} + \frac{d_4}{\lambda_{h_4}}$$

$$= \frac{0,02}{1} + \frac{0,19}{0,22} + \frac{0,05}{0,035} + \frac{0,03}{1,6}$$

$$= 2,332 \text{ m}^2 \text{K/W} \qquad (4.141)$$

Toplam ısı geçiş sayısı Eşitlik (4.7)' den tespit edilir.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_d}}$$

$$= \frac{1}{0,25 + 2,332 + 0,04}$$

$$= 0,38 \text{ W/m}^2\text{K} \qquad (4.142)$$

Su buharı difüzyonu- eşdeğer hava tabakası kalınlığı Eşitlik (4.27) kullanılarak yapı elemanının tüm yüzeyleri için hesaplanır. İç yüzey için tabaka kalınlığı olmadığından $S_d = 0$ ve $S_{dT} = 0$ olur.

1. ara yüzey; $S_d = \mu.d = 0,02.15 = 0,3$ m ve $S_{dT} = 0 + 0,3 = 0,3$ m (4.143)
2. ara yüzey; $S_d = \mu.d = 0,19.\ 8 = 1,52$ m ve $S_{dT} = 0,3 + 1,52 = 1,82$ m (4.144)
3. ara yüzey; $S_d = \mu.d = 0,05.150 = 7,5$ m ve $S_{dT} = 1,82 + 7,5 = 9,32$ m (4.145)

Dış yüzey; $S_d = \mu.d = 0,03.15 = 0,45$ m ve $S_{dT} = 9,32 + 0,45 = 9,77$ m (4.146)

Ocak ayı için;

Eşitlik (4.23) ile verilen ısı akış yoğunluğu belirlenir.

$$q = U\,(T_i - T_{d,ocak})$$

$$= 0,38.(20 - 2,9)$$

$$= 6,498 \text{ W/m}^2 \qquad (4.147)$$

Yapı elemanının yüzey sıcaklıkları Eşitlik (4.24), (4.25) ve (4.26) kullanılarak hesaplanır.

İç yüzey sıcaklığı; $T_{yi} = T_i - R_i q$

$= 20 - 0{,}25.6{,}498$

$= 18{,}38\ ^\circ C$ (4.148)

1. ara yüzey sıcaklığı; $T_1 = T_{yi} - R_1 q$

$= 18{,}38 - 0{,}02.6{,}498$

$= 18{,}25\ ^\circ C$ (4.149)

2. ara yüzey sıcaklığı; $T_2 = T_1 - R_2 q$

$= 18{,}25 - 0{,}864.6{,}498$

$= 12{,}64\ ^\circ C$ (4.150)

3. ara yüzey sıcaklığı; $T_3 = T_2 - R_3 q$

$= 12{,}64 - 1{,}43.6{,}498$

$= 3{,}34\ ^\circ C$ (4.151)

Dış yüzey sıcaklığı; $T_{yd} = T_{d,ocak} - R_d q$

$= 2{,}9 - 0{,}04.6{,}498$

$= 2{,}64\ ^\circ C$ (4.152)

Tablo 4.13. Duvar elemanının Ocak ayı için hesaplanan yüzey sıcaklık değerlerine karşılık gelen doymuş su buharı basınç değerleri

	Sıcaklık (˚C)	**Doymuş Subuharı Basıncı (Pa)**
iç ortam	20	2340
iç yüzey	18,38	2116
1. ara yüzey	18,25	2098
2. ara yüzey	12,64	1464
3. ara yüzey	3,34	779
dış yüzey	2,64	740
dış ortam	2,9	753

Tablo 4.13' de verilen sıcaklık değerlerine karşılık gelen doymuş su buharı basınçları Ek 7' den okunmuştur.

İç ve dış ortamdaki kısmi su buharı basınçları hesaplanırken; iç ortamın bağıl nem değeri (φ_i), bina havalandırma tipi doğal havalandırma olduğundan %65 ve dış ortamın bağıl nem değeri (φ_d), her ay için Ek 8' den alınır.

İç ortamın kısmi basıncı; $p_i = \varphi_i \; p_{si}$

$= 0{,}65.2340$

$= 1521$ Pa (4.153)

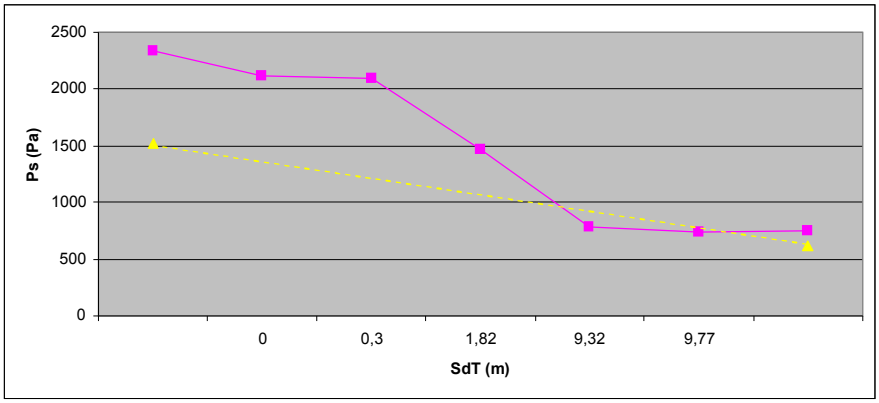
Dış ortamın kısmi basıncı; $p_d = \varphi_d \; p_{sd}$

$= 0{,}82.753$

$= 618$ Pa (4.154)

Tablo 4.14. Duvar elemanının Ocak ayı için yoğuşma kontrolü grafiğinin çizilmesinde kullanılan veriler

	S_{dT} (m)	Sıcaklık (°C)	Doymuş Subuharı Basıncı (Pa)	Kısmi Basınç (Pa)
iç ortam	-	20	2340	1521
iç yüzey	0	18,38	2116	
1. ara yüzey	0,3	18,25	2098	
2. ara yüzey	1,82	12,64	1464	
3. ara yüzey	9,32	3,34	779	
dış yüzey	9,77	2,64	740	
dış ortam	-	2,9	753	618



Şekil 4.15. Duvar elemanında Ocak ayı için oluşturulan yoğuşma kontrolü grafiği

Tablo 4.14' deki bilgilerden faydalanılarak Şekil 4.15 oluşturulmuştur. Grafikte S_{dT} değerlerine karşılık olarak p_s değerlerini gösteren düz çizgili doğru ile iç ve dış ortamın kısmi basınç değerlerini gösteren kesik çizgili doğru görülmektedir. Bu iki doğru arasında S_{dT} noktalarından birinde kesişme görülmemiştir. O halde duvar elemanında herhangi bir bileşende, ocak ayında yoğuşma oluşmamıştır.

Aralık ayı için;

Isı akış yoğunluğu,

$$q = U\,(T_i - T_{d,ara}) = 0{,}38.(20 - 3{,}8) = 6{,}156\ W/m^2 \quad (4.155)$$

İç yüzey sıcaklığı; $T_{yi} = T_i - R_i\,q = 20 - 0{,}25.6{,}156 = 18{,}46\ ^\circ C$ (4.156)

1. ara yüzey sıcaklığı; $T_1 = T_{yi} - R_1\,q = 18{,}46 - 0{,}02.6{,}156 = 18{,}34\ ^\circ C$ (4.157)

2. ara yüzey sıcaklığı; $T_2 = T_1 - R_2\,q = 18{,}34 - 0{,}864.6{,}156 = 13{,}02\ ^\circ C$ (4.158)

3. ara yüzey sıcaklığı; $T_3 = T_2 - R_3\,q = 13{,}02 - 1{,}43.6{,}156 = 4{,}22\ ^\circ C$ (4.159)

Dış yüzey sıcaklığı; $T_{yd} = T_{d,ara} - R_d\,q = 3{,}8 - 0{,}04.6{,}156 = 3{,}55\ ^\circ C$ (4.160)

Tablo 4.15. Duvar elemanının Aralık ayı için hesaplanan yüzey sıcaklık değerlerine karşılık gelen doymuş su buharı basınç değerleri

	Sıcaklık (˚C)	**Doymuş Subuharı Basıncı (Pa)**
iç ortam	20	2340
iç yüzey	18,46	2127
1. ara yüzey	18,34	2111
2. ara yüzey	13,02	1500
3. ara yüzey	4,22	826
dış yüzey	3,55	790
dış ortam	3,8	803

İç ortamın kısmi basıncı; $p_i = \varphi_i \; p_{si}$

$= 0{,}65.2340$

$= 1521$ Pa (4.161)

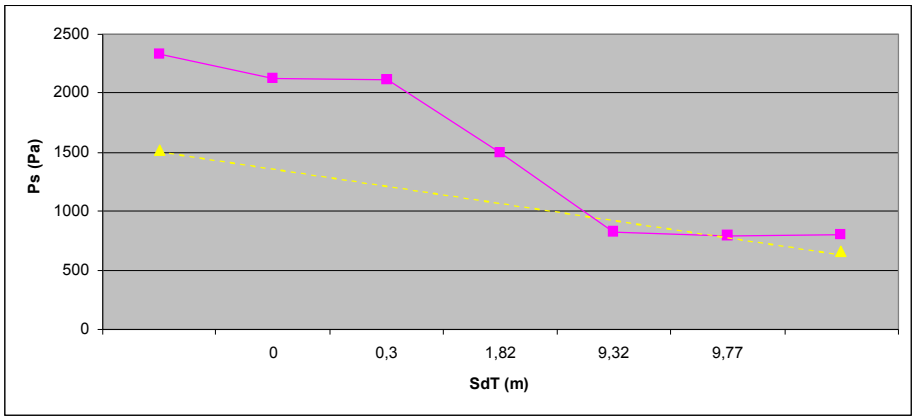
Dış ortamın kısmi basıncı; $p_d = \varphi_d \; p_{sd}$

$= 0{,}82.803$

$= 659$ Pa (4.162)

Tablo 4.16. Duvar elemanının Aralık ayı için yoğuşma kontrolü grafiğinin çizilmesinde kullanılan veriler

	S_{dT} (m)	**Sıcaklık (˚C)**	**Doymuş Subuharı Basıncı (Pa)**	**Kısmi Basınç (Pa)**
iç ortam	-	20	2340	1521
iç yüzey	0	18,46	2127	
1. ara yüzey	0,3	18,34	2111	
2. ara yüzey	1,82	13,02	1500	
3. ara yüzey	9,32	4,22	826	
dış yüzey	9,77	3,55	790	
dış ortam	-	3,8	803	659



Şekil 4.16. Duvar elemanında Aralık ayı için oluşturulan yoğuşma kontrolü grafiği

Grafikte, S_{dT} değerlerine karşılık olarak p_s değerlerini gösteren düz çizgili doğru ile iç ve dış ortamın kısmi basınç değerlerini gösteren kesik çizgili doğru görülmektedir. Bu iki doğru arasında S_{dT} noktalarından birinde kesişme görülmemiştir. O halde duvar elemanında herhangi bir bileşende, aralık ayında yoğuşma oluşmamıştır.

Diğer tüm aylar için de Tablo 4.17 ve Şekil 4.17' deki sonuçlardan görüldüğü üzere duvar elemanında yoğuşma gözlenmemektedir.

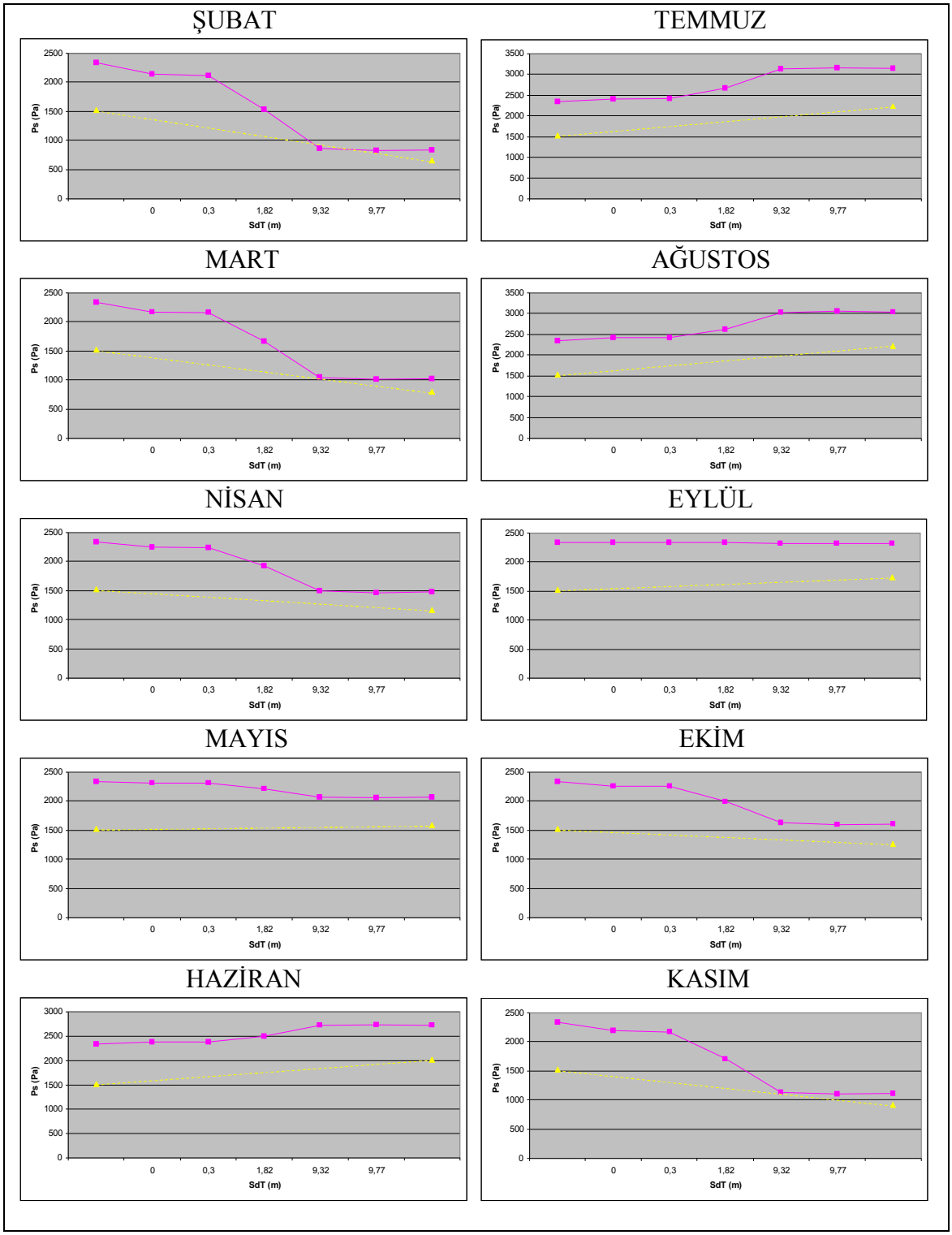
Tablo 4.17. Duvar elemanının aylara göre hesaplanan değerleri

U= 0,38 W/m^2 K				**φ_i (%) = 65**	
q= 5,928 W/m^2				**φ_d (%) = 79**	
		S_{dT} (m)	**Sıcaklık (˚C)**	**Doymuş Subuharı Basıncı (Pa)**	**Kısmi Basınç (Pa)**
ŞUBAT	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	18,52	2135	
	1. ara yüzey	0,3	18,40	2119	
	2. ara yüzey	1,82	13,28	1526	
	3. ara yüzey	9,32	4,80	861	
	dış yüzey	9,77	4,16	823	
	dış ortam	-	4,4	837	661
q= 4,826 W/m^2				**φ_d (%) = 79**	
MART	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	18,79	2171	
	1. ara yüzey	0,3	18,69	2157	
	2. ara yüzey	1,82	14,52	1659	
	3. ara yüzey	9,32	7,62	1047	
	dış yüzey	9,77	7,11	1009	
	dış ortam	-	7,3	1023	808
q= 2,736 W/m^2				**φ_d (%) = 79**	
NİSAN	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	19,31	2242	
	1. ara yüzey	0,3	19,26	2235	
	2. ara yüzey	1,82	16,90	1926	
	3. ara yüzey	9,32	12,98	1496	
	dış yüzey	9,77	12,69	1469	
	dış ortam	-	12,8	1479	1168
q= 0,76W/m^2				**φ_d (%) = 77**	
MAYIS	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	19,81	2311	
	1. ara yüzey	0,3	19,79	2309	

	2. ara yüzey	1,82	19,14	2218	
	3. ara yüzey	9,32	18,05	2072	
	dış yüzey	9,77	17,97	2061	
	dış ortam	-	18	2065	1590
q= -0,95W/m^2				**φ_d (%) = 74**	
HAZİRAN	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	20,24	2375	
	1. ara yüzey	0,3	20,26	2378	
	2. ara yüzey	1,82	21,08	2501	
	3. ara yüzey	9,32	22,44	2717	
	dış yüzey	9,77	22,54	2734	
	dış ortam	-	22,5	2727	2018
q= -1,862 W/m^2				**φ_d (%) = 71**	
TEMMUZ	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	20,47	2409	
	1. ara yüzey	0,3	20,50	2413	
	2. ara yüzey	1,82	22,11	2663	
	3. ara yüzey	9,32	24,77	3127	
	dış yüzey	9,77	24,97	3164	
	dış ortam	-	24,9	3151	2237
q= -1,634 W/m^2				**φ_d (%) = 73**	
AĞUSTOS	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	20,41	2414	
	1. ara yüzey	0,3	20,44	2419	
	2. ara yüzey	1,82	21,85	2621	

	3. ara yüzey	9,32	24,18	3017	
	dış yüzey	9,77	24,37	3053	
	dış ortam	-	24,3	3040	2219
q= 0,038 W/m^2				φ_d **(%) = 75**	
EYLÜL	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	19,99	2338	
	1. ara yüzey	0,3	19,99	2338	
	2. ara yüzey	1,82	19,96	2334	
	3. ara yüzey	9,32	19,90	2324	
	dış yüzey	9,77	19,90	2324	
	dış ortam	-	19,9	2324	1743
q= 2,242 W/m^2				φ_d **(%) = 79**	
EKİM	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	19,44	2260	
	1. ara yüzey	0,3	19,39	2253	
	2. ara yüzey	1,82	17,46	1996	
	3. ara yüzey	9,32	14,25	1626	
	dış yüzey	9,77	14,01	1600	
	dış ortam	-	14,1	1610	1272
q= 4,37 W/m^2				φ_d **(%) = 82**	
KASIM	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	18,91	2187	
	1. ara yüzey	0,3	18,82	2175	
	2. ara yüzey	1,82	15,04	1710	

	3. ara yüzey	9,32	8,80	1133	
	dış yüzey	9,77	8,32	1097	
	dış ortam	-	8,5	1110	910



Şekil 4.17. Duvar elemanında aylara göre oluşturulan yoğuşma kontrolü grafikleri

Şekil 4.14b' de kesiti verilen betonarme duvar elemanı için, duvar elemanında olduğu gibi toplam ısı geçiş direnci ve ısı geçiş sayısı değerleri hesaplanır.

$$R = \frac{1}{\Lambda} = \frac{d_1}{\lambda_{h_1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h_2}} + \frac{d_3}{\lambda_{h_3}} + \frac{d_4}{\lambda_{h_4}}$$

$$= \frac{0,02}{1} + \frac{0,3}{2,5} + \frac{0,05}{0,035} + \frac{0,03}{1,6}$$

$$= 1,587 \text{ m}^2 \text{K/W} \qquad (4.163)$$

ve

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_d}}$$

$$= \frac{1}{0,25 + 1,587 + 0,04}$$

$$= 0,53 \text{ W/m}^2 \text{K} \qquad (4.164)$$

Betonarme elemanı için su buharı difüzyonu- eşdeğer hava tabakası kalınlığı hesaplanır. İç yüzey için tabaka kalınlığı, $S_d = 0$ ve $S_{dT} = 0$' dır.

1. ara yüzey; $S_d = \mu.d = 0,02.15 = 0,3$ m ve $S_{dT} = 0 + 0,3 = 0,3$ m (4.165)

2. ara yüzey; $S_d = \mu.d = 0,3.100 = 30$ m ve $S_{dT} = 0,3 + 30 = 30,3$ m (4.167)

3. ara yüzey; $S_d = \mu.d = 0,05.150 = 7,5$ m ve $S_{dT} = 30,3 + 7,5 = 37,8$ m (4.168)

Dış yüzey; $S_d = \mu.d = 0,03.15 = 0,45$ m ve $S_{dT} = 37,8 + 0,45 = 38,25$ m (4.169)

Duvar elemanının hesaplamalarında olduğu gibi, betonarme duvar elemanı için de sıcaklık değerleri bulunarak bu sıcaklık değerlerine karşılık gelen basınçlar Ek 7' den okunur. İç ve dış ortam kısmi basınçları duvar elemanı ile aynıdır. Basınç değerlerine karşılık eşdeğer hava tabakası kalınlığı grafiği çizilir ve yapı elemanında yoğuşma oluşup oluşmadığı incelenir. Her ay için duvar elemanının ocak ve aralık ayı hesabında

olduğu gibi hesaplamalar yapılmış, tüm bu işlemler sonucunda betonarme duvar elemanında yoğuşma oluşmadığı görülmüştür. Betonarme duvar elemanına ait değerler Tablo 4.18 ve Şekil 4.18' de grafikler şeklinde her ay için verilmiştir.

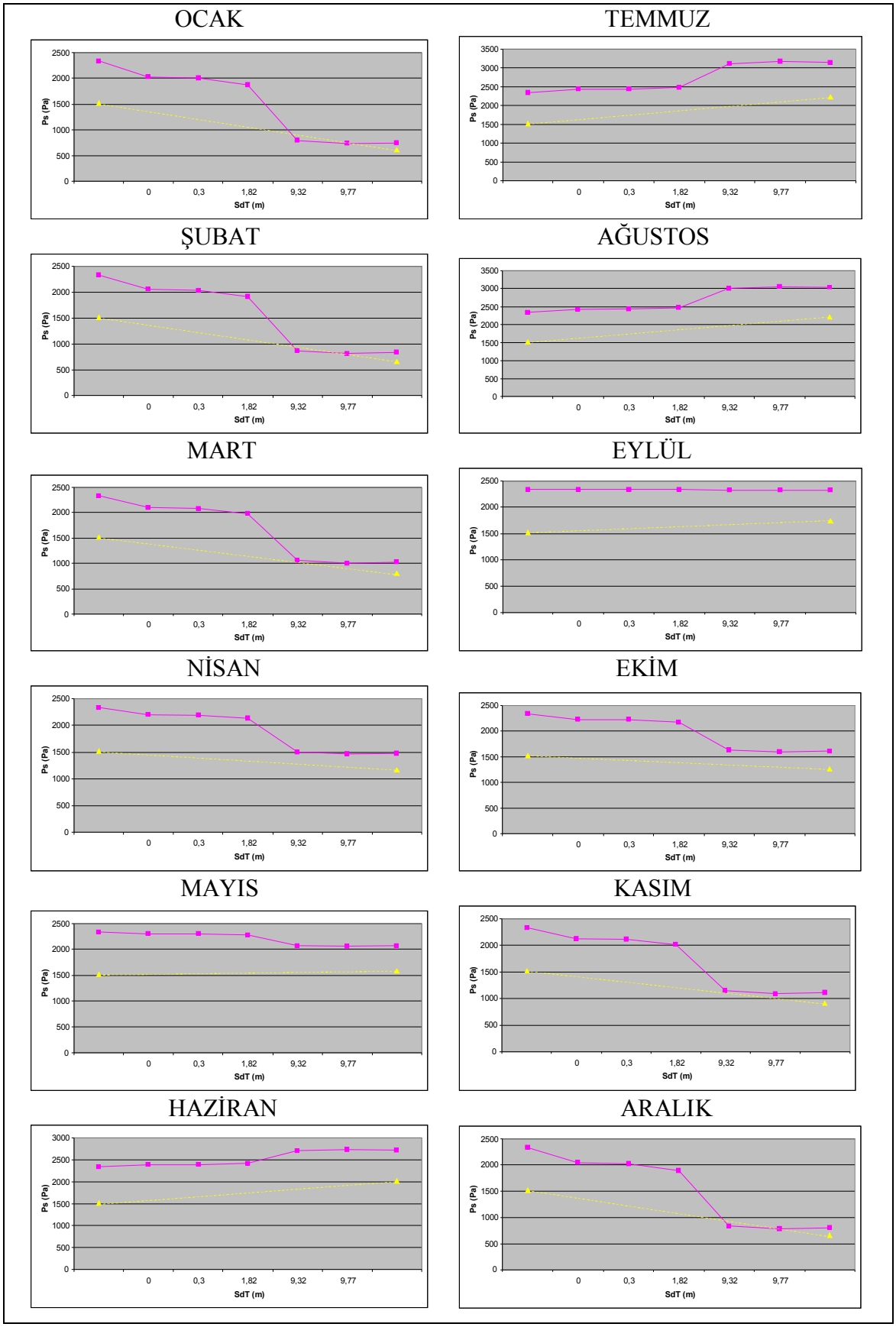
Tablo 4.18. Betonarme elemanının aylara göre hesaplanan değerleri

U= 0,53 W/m^2 K				**φ_i (%) = 65**	
q= 9,063 W/m^2				**φ_d (%) = 82**	
		S_{dT} (m)	**Sıcaklık (˚C)**	**Doymuş Subuharı Basıncı (Pa)**	**Kısmi Basınç (Pa)**
OCAK	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	17,73	2031	
	1. ara yüzey	0,3	17,55	2008	
	2. ara yüzey	30,3	16,47	1874	
	3. ara yüzey	37,8	3,51	791	
	dış yüzey	38,25	2,53	734	
	dış ortam	-	2,9	753	618
q= 8,268 W/m^2				**φ_d (%) = 79**	
ŞUBAT	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	17,93	2056	
	1. ara yüzey	0,3	17,77	2035	
	2. ara yüzey	30,3	16,78	1911	
	3. ara yüzey	37,8	4,95	869	
	dış yüzey	38,25	4,07	817	
	dış ortam	-	4,4	837	661
q= 6,731 W/m^2				**φ_d (%) = 79**	
MART	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	18,32	2108	
	1. ara yüzey	0,3	18,18	2087	
	2. ara yüzey	30,3	17,37	1984	
	3. ara yüzey	37,8	7,75	1056	
	dış yüzey	38,25	7,03	1004	
	dış ortam	-	7,3	1023	808

q= 3,816 W/m^2				**φ_d (%) = 79**	
NİSAN	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	19,05	2205	
	1. ara yüzey	0,3	18,97	2193	
	2. ara yüzey	30,3	18,51	2133	
	3. ara yüzey	37,8	13,05	1503	
	dış yüzey	38,25	12,65	1465	
	dış ortam	-	12,8	1479	1168
q= 1,06 W/m^2				**φ_d (%) = 77**	
MAYIS	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	19,74	2302	
	1. ara yüzey	0,3	19,71	2298	
	2. ara yüzey	30,3	19,59	2282	
	3. ara yüzey	37,8	18,07	2075	
	dış yüzey	38,25	17,96	2060	
	dış ortam	-	18	2065	1590
q= -1,325 W/m^2				**φ_d (%) = 74**	
HAZİRAN	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	20,33	2386	
	1. ara yüzey	0,3	20,36	2393	
	2. ara yüzey	30,3	20,52	2416	
	3. ara yüzey	37,8	22,41	2713	
	dış yüzey	38,25	22,55	2736	
	dış ortam	-	22,5	2727	2018
q= -2,597 W/m^2				**φ_d (%) = 71**	
	iç ortam	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	20,65	2436	

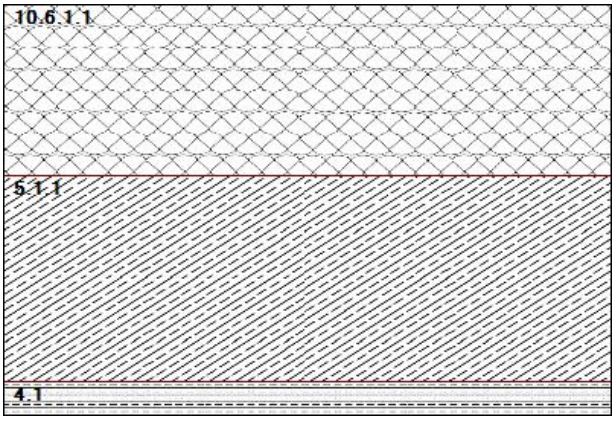
TEMMUZ	**1. ara yüzey**	0,3	20,70	2443	
	2. ara yüzey	30,3	21,01	2489	
	3. ara yüzey	37,8	24,73	3119	
	dış yüzey	38,25	25	3169	
	dış ortam	-	24,9	3151	2237
q= -2,279 W/m^2				**φ_d (%) = 73**	
AĞUSTOS	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	20,57	2424	
	1. ara yüzey	0,3	20,62	2431	
	2. ara yüzey	30,3	20,89	2471	
	3. ara yüzey	37,8	24,15	3012	
	dış yüzey	38,25	24,39	3057	
	dış ortam	-	24,3	3040	2219
q= 0,053 W/m^2				**φ_d (%) = 75**	
EYLÜL	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	19,99	2338	
	1. ara yüzey	0,3	19,99	2338	
	2. ara yüzey	30,3	19,98	2337	
	3. ara yüzey	37,8	19,90	2324	
	dış yüzey	38,25	19,90	2324	
	dış ortam	-	19,9	2324	1743
q= 3,127 W/m^2				**φ_d (%) = 79**	
	iç ortam	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	19,22	2230	

EKİM	**1. ara yüzey**	0,3	19,16	2221	
	2. ara yüzey	30,3	18,78	2169	
	3. ara yüzey	37,8	14,31	1632	
	dış yüzey	38,25	13,97	1596	
	dış ortam	-	14,1	1610	1272
q= 6,095 W/m^2				**φ_d (%) = 82**	
KASIM	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	18,48	2129	
	1. ara yüzey	0,3	18,35	2117	
	2. ara yüzey	30,3	17,62	2017	
	3. ara yüzey	37,8	8,91	1141	
	dış yüzey	38,25	8,26	1093	
	dış ortam	-	8,5	1110	910
q= 8,586 W/m^2				**φ_d (%) = 82**	
ARALIK	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	17,85	2046	
	1. ara yüzey	0,3	17,68	2024	
	2. ara yüzey	30,3	16,65	1895	
	3. ara yüzey	37,8	4,37	835	
	dış yüzey	38,25	3,46	785	
	dış ortam	-	3,8	803	659



Şekil 4.18. Betonarme elemanının aylara göre oluşturulan yoğuşma kontrolü grafikleri

Örnek binanın tavan elemanının kesti Şekil 4.9’ da verilmiştir. Bu yapı elemanında kullanılan malzemeler ve Ek 4’ den alınan madde fiziki değerleri, Tablo 4.3’ de görülmektedir.



Şekil 4.19. Tavan elemanının kesiti (Ek 11)

Toplam ısı geçiş direnci ve toplam ısı geçiş sayısı aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$R = \frac{1}{\Lambda} = \frac{d_1}{\lambda_{h_1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h_2}} + \frac{d_3}{\lambda_{h_3}}$$

$$= \frac{0,1}{0,045} + \frac{0,12}{2,5} + \frac{0,02}{1}$$

$$= 2,290 \text{ m}^2 \text{K/W} \qquad (4.169)$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_d}}$$

$$= \frac{1}{0,25 + 2,290 + 0,04}$$

$$= 0,39 \text{ W/m}^2 \text{K} \qquad (4.170)$$

Su buharı difüzyonu- eşdeğer hava tabakası kalınlığı hesaplanır. İç yüzey için tabaka kalınlığı olmadığından $S_d = 0$ ve $S_{dT} = 0$ olur.

1. ara yüzey; $S_d = \mu.d = 0{,}02.\ 15 = 0{,}3$ m ve $S_{dT} = 0 + 0{,}3 = 0{,}3$ m (4.171)
2. ara yüzey; $S_d = \mu.d = 0{,}12.100 = 12$ m ve $S_{dT} = 0{,}3 + 12 = 12{,}3$ m (4.172)

Dış yüzey; $S_d = \mu.d = 0{,}1.1500 = 150$ m ve $S_{dT} = 12{,}3 + 150 = 162{,}3$ m (4.173)

Ocak ayı için;

Isı akış yoğunluğu;
$$q = U\,(T_i - T_{d,ocak}) = 0{,}39.(20 - 2{,}9) = 6{,}669\ W/m^2 \quad (4.174)$$

İç yüzey sıcaklığı;
$$T_{yi} = T_i - R_i\,q = 20 - 0{,}25.6{,}669 = 18{,}33\ ^\circ C \quad (4.175)$$

1. ara yüzey sıcaklığı;
$$T_1 = T_{yi} - R_1\,q = 18{,}33 - 0{,}02.6{,}669 = 18{,}20\ ^\circ C \quad (4.176)$$

2. ara yüzey sıcaklığı;
$$T_2 = T_1 - R_2\,q = 18{,}20 - 0{,}048.6{,}669 = 17{,}88\ ^\circ C \quad (4.177)$$

Dış yüzey sıcaklığı;
$$T_{yd} = T_{d,ocak} - R_d\,q = 2{,}9 - 0{,}04.6{,}669 = 2{,}63\ ^\circ C \quad (4.178)$$

Tablo 4.19' da hesaplanan sıcaklık değerlerine karşılık gelen doymuş su buharı basınç değerleri Ek 7' den okunarak verilmiştir.

Tablo 4.19. Tavan elemanının Ocak ayı için hesaplanan yüzey sıcaklık değerlerine karşılık gelen doymuş su buharı basınç değerleri

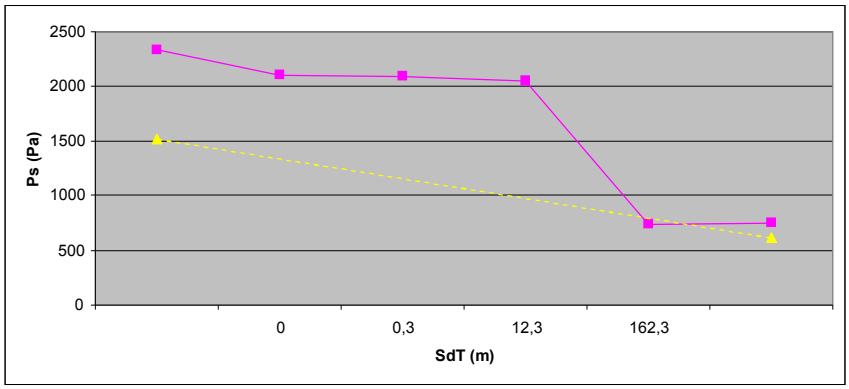
	Sıcaklık (˚C)	**Doymuş Subuharı Basıncı (Pa)**
iç ortam	20	2340
iç yüzey	18,33	2109
1. ara yüzey	18,20	2091
2. ara yüzey	17,88	2049
dış yüzey	2,63	739
dış ortam	2,9	753

İç ortamın kısmi basıncı; $p_i = \varphi_i \; p_{si} = 0{,}65.2340 = 1521$ Pa (4.179)

Dış ortamın kısmi basıncı; $p_d = \varphi_d \; p_{sd} = 0{,}82.753 = 618$ Pa (4.180)

Tablo 4.20. Tavan elemanının Ocak ayı için yoğuşma kontrolü grafiğinin çizilmesinde kullanılan veriler

	S_{dT} (m)	**Sıcaklık (˚C)**	**Doymuş Subuharı Basıncı (Pa)**	**Kısmi Basınç (Pa)**
iç ortam	-	20	2340	1521
iç yüzey	0	18,33	2109	
1. ara yüzey	0,3	18,20	2091	
2. ara yüzey	12,3	17,88	2049	
dış yüzey	162,3	2,63	739	
dış ortam	-	2,9	753	618



Şekil 4.20. Tavan elemanında Ocak ayı için oluşturulan yoğuşma kontrolü grafiği

Şekil 4.20' deki grafikten görüldüğü üzere ocak ayında yapı elemanında yoğuşma oluşmamıştır.

Aralık ayı için;

Isı akış yoğunluğu;
$$q = U\,(T_i - T_{d,ara})$$
$$= 0{,}39.(20 - 3{,}8)$$
$$= 6{,}318\ W/m^2 \qquad (4.181)$$

İç yüzey sıcaklığı;
$$T_{yi} = T_i - R_i\,q$$
$$= 20 - 0{,}25.6{,}318$$
$$= 18{,}42\ ^\circ C \qquad (4.182)$$

1. ara yüzey sıcaklığı;
$$T_1 = T_{yi} - R_1\,q$$
$$= 18{,}42 - 0{,}02.6{,}318$$
$$= 18{,}29\ ^\circ C \qquad (4.183)$$

2. ara yüzey sıcaklığı;
$$T_2 = T_1 - R_2\,q$$
$$= 18{,}29 - 0{,}048.6{,}318$$
$$= 17{,}99\ ^\circ C \qquad (4.184)$$

Dış yüzey sıcaklığı; $T_{yd} = T_{d,ara} - R_d\, q$

$= 3,8 - 0,04.6,318$

$= 3,55\ ^{\circ}C$ (4.185)

Tablo 4.21. Tavan elemanının Aralık ayı için hesaplanan yüzey sıcaklık değerlerine karşılık gelen doymuş su buharı basınç değerleri

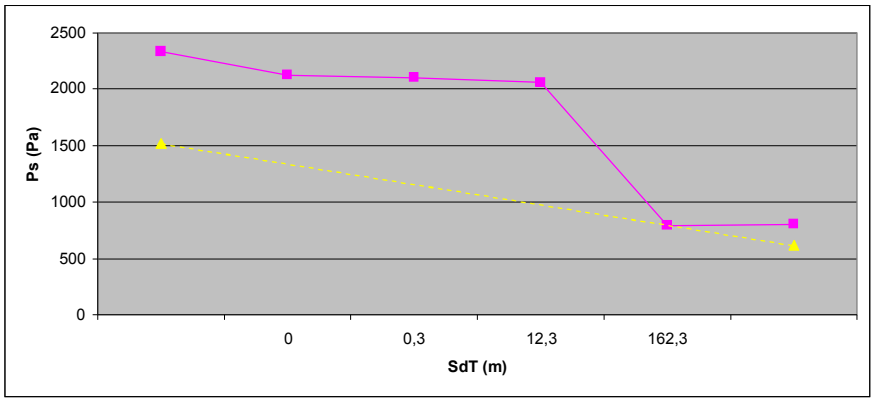
	Sıcaklık (˚C)	**Doymuş Subuharı Basıncı (Pa)**
iç ortam	20	2340
iç yüzey	18,42	2122
1. ara yüzey	18,29	2104
2. ara yüzey	17,99	2064
dış yüzey	3,55	790
dış ortam	3,8	803

İç ortamın kısmi basıncı; $p_i = \varphi_i\ p_{si} = 0,65.2340 = 1521$ Pa (4.186)

Dış ortamın kısmi basıncı; $p_d = \varphi_d\ p_{sd} = 0,82.803 = 659$ Pa (4.187)

Tablo 4.22. Tavan elemanının Aralık ayı için yoğuşma kontrolü grafiğinin çizilmesinde kullanılan veriler

	S_{dT} (m)	**Sıcaklık (˚C)**	**Doymuş Subuharı Basıncı (Pa)**	**Kısmi Basınç (Pa)**
iç ortam	-	20	2340	1521
iç yüzey	0	18,42	2122	
1. ara yüzey	0,3	18,29	2104	
2. ara yüzey	12,3	17,99	2064	
dış yüzey	162,3	3,55	790	
dış ortam	-	3,5	803	618



Şekil 4.21. Tavan elemanında Aralık ayı için oluşturulan yoğuşma kontrolü grafiği

Şekil 4.20' deki grafikten görüldüğü üzere aralık ayında yapı elemanında yoğuşma oluşmamıştır.

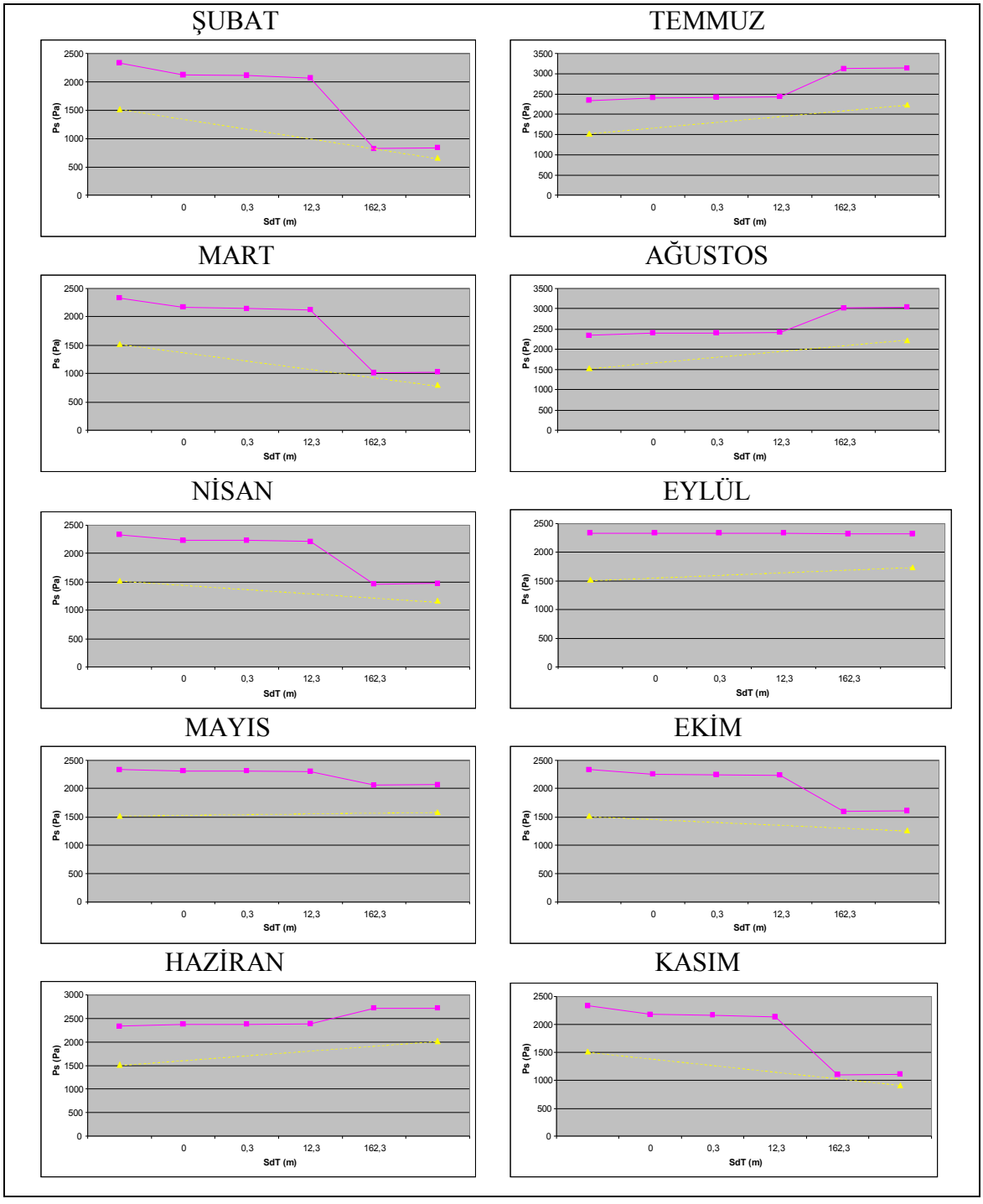
Diğer tüm aylar için de yapılan hesaplamalar sonucunda tavan elemanında yoğuşma gözlenmemiştir. Sonuçlar Tablo 4.23 ve Şekil 4.22' de grafikler şeklinde verilmiştir.

Tablo 4.23. Tavan elemanının aylara göre hesaplanan değerleri

U= 0,39 W/m^2 K				**φ_i (%) = 65**	
q= 6,084 W/m^2				**φ_d (%) = 79**	
		S_{dT} (m)	**Sıcaklık (˚C)**	**Doymuş Subuharı Basıncı (Pa)**	**Kısmi Basınç (Pa)**
ŞUBAT	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	18,48	2129	
	1. ara yüzey	0,3	18,36	2113	
	2. ara yüzey	12,3	18,07	2075	
	dış yüzey	162,3	4,16	823	
	dış ortam	-	4,4	837	661
q= 4,953 W/m^2				**φ_d (%) = 79**	
MART	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	18,76	2166	
	1. ara yüzey	0,3	18,66	2153	
	2. ara yüzey	12,3	18,42	2122	
	dış yüzey	162,3	7,10	1008	
	dış ortam	-	7,3	1023	808
q= 2,808 W/m^2				**φ_d (%) = 79**	
NİSAN	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	19,30	2241	
	1. ara yüzey	0,3	19,24	2233	
	2. ara yüzey	12,3	19,11	2214	
	dış yüzey	162,3	12,69	1469	
	dış ortam	-	12,8	1479	1168
q= 0,78 W/m^2				**φ_d (%) = 77**	
MAYIS	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	19,81	2311	
	1. ara yüzey	0,3	19,79	2309	
	2. ara yüzey	12,3	19,75	2304	
	dış yüzey	162,3	17,97	2062	
	dış ortam	-	18	2065	1590
q= -0,975 W/m^2				**φ_d (%) = 74**	

HAZİRAN	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	20,24	2375	
	1. ara yüzey	0,3	20,26	2378	
	2. ara yüzey	12,3	20,31	2386	
	dış yüzey	162,3	22,46	2721	
	dış ortam	-	22,5	2727	2018
q= -1,911 W/m^2				**φ_d (%) = 71**	
TEMMUZ	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	20,48	2410	
	1. ara yüzey	0,3	20,52	2416	
	2. ara yüzey	12,3	20,61	2430	
	dış yüzey	162,3	24,82	3136	
	dış ortam	-	24,9	3151	2237
q= -1,677 W/m^2				**φ_d (%) = 73**	
AĞUSTOS	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	20,42	2402	
	1. ara yüzey	0,3	20,45	2406	
	2. ara yüzey	12,3	20,53	2418	
	dış yüzey	162,3	24,23	3027	
	dış ortam	-	24,3	3040	2219
q= 0,039 W/m^2				**φ_d (%) = 75**	
EYLÜL	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	19,99	2338	
	1. ara yüzey	0,3	19,99	2338	

	2. ara yüzey	12,3	19,99	2338	
	dış yüzey	162,3	19,90	2324	
	dış ortam	-	19,9	2324	1743
q= 2,301 W/m^2				φ_d **(%) = 79**	
EKİM	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	19,42	2257	
	1. ara yüzey	0,3	19,38	2251	
	2. ara yüzey	12,3	19,27	2237	
	dış yüzey	162,3	14,01	1600	
	dış ortam	-	14,1	1610	1272
q= 4,485 W/m^2				φ_d **(%) = 82**	
KASIM	**iç ortam**	-	20	2340	1521
	iç yüzey	0	18,88	2182	
	1. ara yüzey	0,3	18,79	2171	
	2. ara yüzey	12,3	18,57	2141	
	dış yüzey	162,3	8,32	1097	
	dış ortam	-	8,5	1110	910



Şekil 4.22. Tavan elemanının aylara göre oluşturulan yoğuşma kontrolü grafikleri

4.3.2. Örnek binanın A sınıfına göre yalıtım yapılmış şekli

Önceki bölümde C sınıfına göre tasarımlanmış örnek binanın ısıtma enerjisi ihtiyacı ve yoğuşma kontrolü teorik hesaplamalar yapılarak incelenmiştir. Bu bölümde, örnek bina A sınıfına göre TS 825 hesap programı ile tasarımlanarak, ısıtma enerjisi ihtiyacı ve yoğuşma kontrolü incelenmiştir.

Hesap programına öncelikle binaya ait bilgiler girilmiştir. Bu bilgiler; bina bilgileri, tasarım bilgileri ve proje sorumlusu bilgileri şeklindedir. Programda, hesaplamalarda kullanılacak bilgiler tasarım bilgileri olup Tablo 4.24' de verildiği şekilde girilmiştir.

Tablo 4.24. Örnek binanın tasarım bilgileri

Brüt Hacim	342,2 m^3
Tavan Yüksekliği	< 2,6 m
Kat Adedi	2
Bina Tipi	Konut
Yakıt Türü	Doğalgaz
Bölgesi	Tekirdağ- 2
Havalandırma Şekli	Doğal
Pencere Alanı Oranı	% 60' tan az

Örnek binanın yapı elemanlarından dış hava temaslı duvar elemanı seçilerek, kullanılan malzemelerin, iç ortamdan dış ortama doğru girişi yapılır. Her bir yapı bileşeninin girişi yapıldıkça duvar elemanının kesiti oluşur.

Şekil 4.23' de görüldüğü gibi duvar bileşeni için 5 cm kalınlığında ve 0,06 W/mK ısı iletim kabiliyeti hesap değerine sahip yalıtımlı iç sıva harcı, 19 cm kalınlığında ve 0,2 W/mK ısı iletim kabiliyeti hesap değerine sahip tuğla ve 6 cm kalınlığında, 0,057 W/mK ısı iletim kabiliyeti hesap değerinde yalıtımlı dolgu sıva harcı kullanılmıştır. Kullanılan yalıtım ürünlerinden bazıları programın içeriğinde kayıtlı

değildir, kullanıcı tanımlı olarak girilmiştir [24]. Duvar bileşeninin alan değeri 156,26 m^2 olarak ekrana girilmiştir.

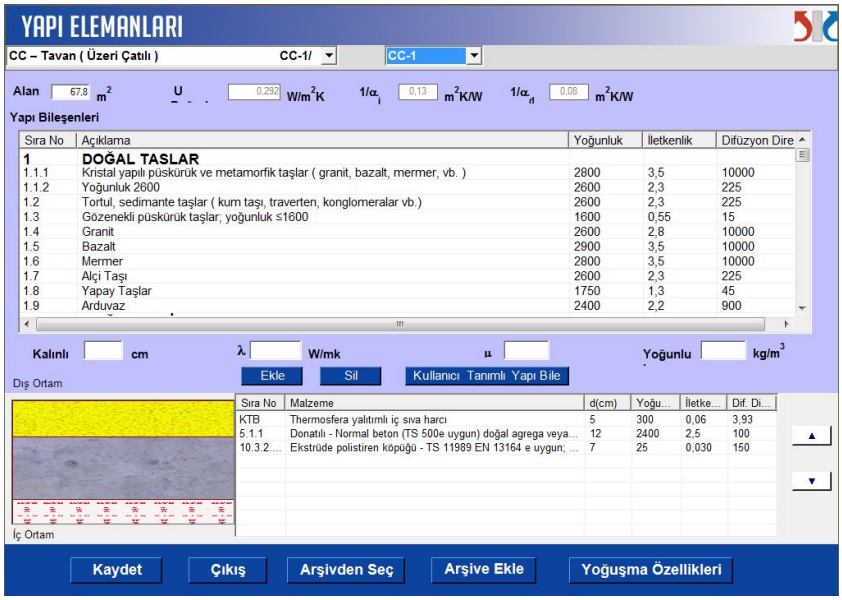


Şekil 4.23. Yapı elemanı duvar için giriş ekranı



Şekil 4.24. Yapı elemanı betonarme için giriş ekranı

Şekil 4.24' de verilen betonarme duvar elemanı için kullanılan malzemeler 3 cm kalınlığında, 0,06 W/mK ısı iletim kabiliyeti hesap değerine sahip yalıtımlı iç sıva harcı, 30 cm kalınlığında, 2,5 W/mK ısı iletim kabiliyeti hesap değerine sahip beton ve 6 cm kalınlığında, 0,057 W/mK ısı iletim kabiliyeti hesap değerine sahip sıva harcı şeklindedir. Betonarme duvar elemanının alanı ekrana 15,4 m^2 girilmiştir.

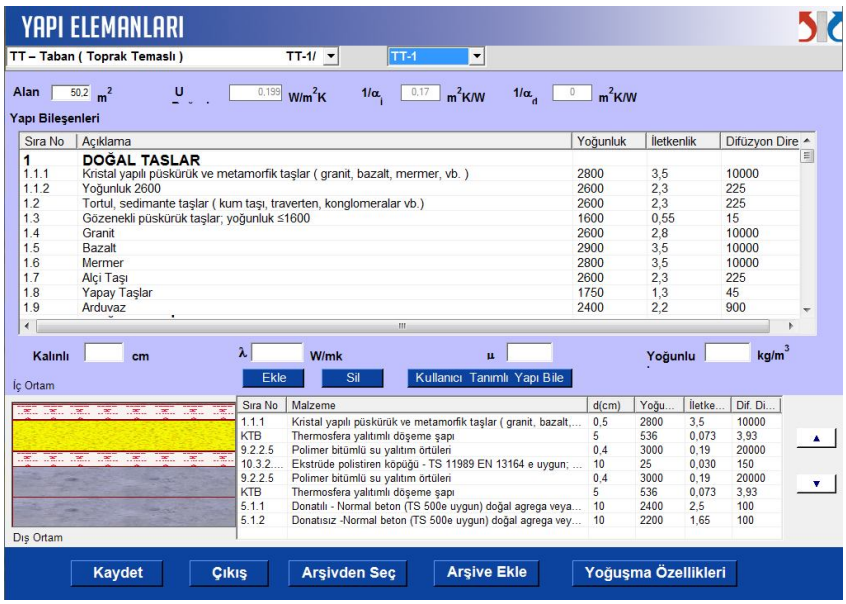


Şekil 4.25. Yapı elemanı tavan için giriş ekranı

Şekil 4.25' de tavan elemanı için 5 cm kalınlığında, 0,06 W/mK ısı iletim kabiliyeti hesap değerine sahip sıva harcı, 12 cm kalınlığında, 2,5 W/mK ısı iletim kabiliyeti hesap değerine sahip beton ve 7 cm kalınlığında 0,03 W/mK ısı iletim kabiliyeti hesap değerine sahip XPS030 yalıtım ürünü kullanılmıştır. Tavan elemanının alanı 67,8 m^2 ekrana girilir.

Şekil 4.26' da taban elemanı için 0,5 cm kalınlığında, 3,5 W/mK ısı iletim kabiliyeti hesap değerine sahip döşeme taşı, 5 cm kalınlığında ve 0,073 W/mK ısı iletim kabiliyeti hesap değerine sahip döşeme şapı, 0,4 cm kalınlığında ve 0,19 W/mK ısı iletim kabiliyeti hesap değerine sahip yalıtım örtüleri, 10 cm kalınlığında ve 0,030 W/mK ısı iletim kabiliyeti hesap değerine sahip XPS030 yalıtım ürünü, 10 cm

kalınlığında, 2,5 W/mK ve 1,65 W/mK ısı iletim kabiliyeti hesap değerine sahip olan beton kullanılmıştır. Taban elemanının alanı 50,2 m^2 ekrana girilir.

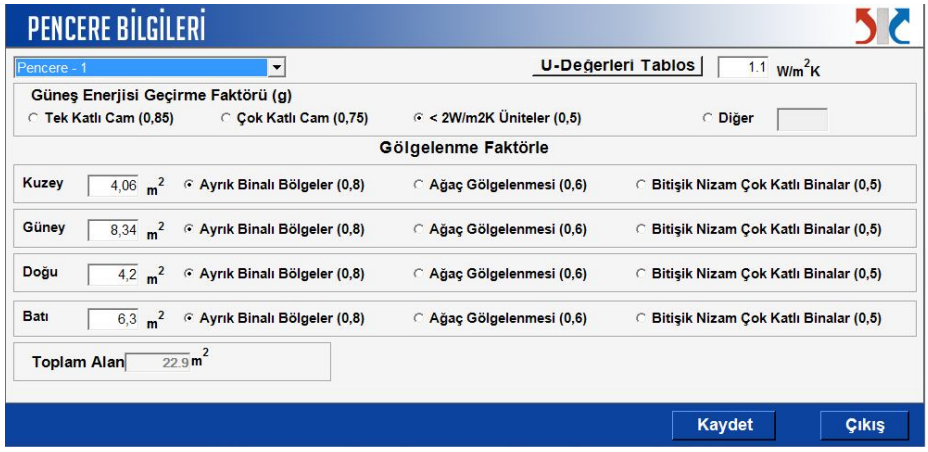


Şekil 4.26. Yapı elemanı taban için giriş ekranı

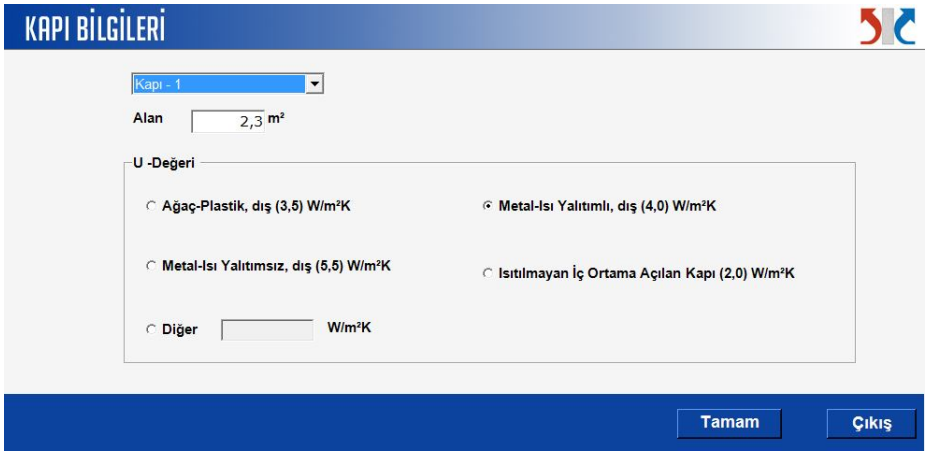
Şekil 4.23, 4.24, 4.25 ve 4.26' da görüldüğü gibi tüm yapı elemanlarında alan ve yapı bileşeni girişleri yapıldıkça, program yapı elemanları için kesitler oluşturur ve toplam ısı geçiş sayısı değerlerini hesaplar.

Şekil 4.27' de pencere bilgileri ekranında; güneş enerjisi geçirme faktörü (g), " < 2 W/m^2 K" olan üniteler, ısı geçiş sayısı (U), "1,1 W/m^2 K" olan iki kaplamalı üç katlı cam ve pencerelerin bulunduğu yönlere göre alanları ile gölgelenme faktörü ayrık binalı bölgeler olarak seçilmiştir.

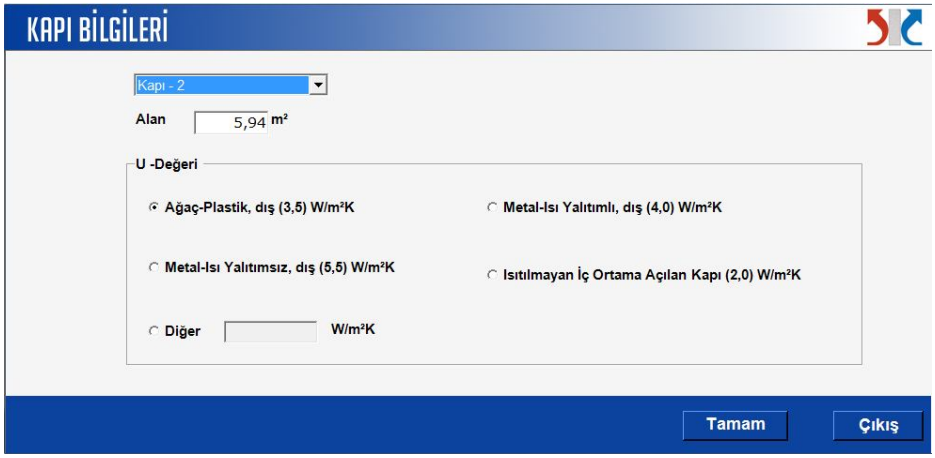
Şekil 4.28' de kapı bilgileri ekranında binanın dış ortama bakan iki adet kapısına ait alan değerleri ile ısı geçiş sayısı (U) değerleri belirlenmiştir.



Şekil 4.27. Pencere bilgileri ekranı



a)



b)

Şekil 4.28. Kapı bilgileri ekranı

Buraya kadar programa girişi yapılan tüm bu bilgiler ile TS 825 standardında verilen hesaplama sistemine göre çalışan program, örnek binaya ait el ile yapılan tüm hesaplamaları yaparak sonuçları çizelgeler halinde sunmaktadır.

Örnek binanın A sınıfına göre program ile yapılan hesaplama sonuçları aşağıda çizelgelerde verildiği şekilde program tarafından raporlanır.

Çizelge 4.1. Bina hakkında genel bilgiler

BİNA HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Bina Bilgileri

Projenin Adı	:	Bahriye Yanıkoğlu
Binanın Adı	:	
Ada/Parsel	:	
Sokak-No	:	
Semt	:	
İlçe / İl	:	Marmara Ereğlisi/ Tekirdağ

Tasarım Bilgileri:

Brüt Hacim	:	342,2
Net Kullanım Alanı	:	109,5
Tavan Yüksekliği	:	< 2.6 m
İç Sıcaklık	:	19
Kat Adedi	:	2
Bina Tipi	:	Konut
Yakıt Türü	:	Doğalgaz
Bölgesi	:	TEKİRDAĞ - 2
Havalandırma	:	Doğal
Pencere Alanı Oranı	:	%60'tan az

Proje Sorumlusu Bilgileri:

Adı Soyadı	:	Selin Engin
Mesleği	:	
Sicil No	:	
Kuruluşu	:	
Adresi	:	
Telefon	:	
Faks	:	
E-Posta	:	
Web Adresi	:	

Çizelge 4.2. Isı ihtiyacı kimlik belgesi

ISI İHTİYACI KİMLİK BELGESİ		
Ada/Parsel : Binanın Tanımı : Cadde ve Bina Numarası : Semt/İlçe/İl :Marmara Ereğlisi, Tekirdağ Kullanılacak Yakıt Türü :Doğalgaz		
	Müsaade Edilen Maksimum Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı	Hesaplanan Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
A_{top} = 320,8 m^2 $V_{brüt}$ = 342,2 m^3 A/V = 0,94 m^{-1} A_n = 109,5 m^2	Q' = ---- kWh/m^3 Q' = 90,02 kWh/m^2	Qyıl = ---- kWh/m^3 Qyıl = 69,63 kWh/m^2
Birim hacim veya birim alan başına tüketilecek yakıt miktarı [kg. m^3] 860 x Qyıl / (Yakıtın Kalorifik Değeri x Sistem Verimi) [Kcal / kg.m^3] = 8,14 [kg.m^3] yakıt Önemli Not : Buradaki hesaplama sonucu elde edilen yakıt miktarı, binanın TS 825'teki kabullerine göre yalıtılması sonucu elde edilmektedir. Yerleşim birimlerindeki iklimsel koşullara göre değişiklik gösterebilecek olan bu değer her zaman gerçek tüketimi vermeyebilir.		
A_{top} : Dış duvar, tavan, taban/döşeme, pencere, kapı. Dış ölçülere göre bulunur. $V_{brüt}$: Binayı çevreleyen dış kabuğun ölçülerine göre hesaplanan hacmidir. Birimi "m^3"tür. A/V : Isı kaybeden toplam yüzeyin (A_{top}) ısıtılmış yapı hacmine ($V_{brüt}$)oranıdır. Birimi "m^{-1}" dir Q' : A/V oranına bağlı olarak izin verilen maksimum yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacıdır. Birimi "kWh/m^2, kWh/m^3" tür Qyıl :Bu bina için hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı. Birimi "kWh/m^2, kWh/m^3" tür. A_n :Binanın net kullanım alanıdır ($A_n = 0.32\ V_{brüt}$ formülü ile hesaplanır.)		
Binanın Enerji Verimliliği Endeksi		
C Tipi Bina ☐ Normal Enerji Verimli Bina	B Tipi Bina ☐ İyi Enerji Verimli Bina	A Tipi Bina X Süper Enerji Verimli Bina
Not : Qyıl/Q' < 0,99 veya ≥ 0,90 ise C tipi bina Qyıl/Q' < 0,90 veya ≥ 0,80 ise B tipi bina Qyıl/Q' < 0,80 ise A tipi bina		
Düzenleyenler		Onay
Adı, Soyadı : Selin Engin Ünvanı : İmza:	Adı, Soyadı: Ünvanı: İmza:	

Çizelge 4.3. Binanın yapı elemanlarında kullanılan malzemeler ve madde fiziki değerleri

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		**Yapı Elemanının Kalınlığı**	**Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri**	**Isı Geçiş Direnci**	**Isı Geçiş Sayısı**	**Isı Kaybedilen Yüzey**	**Isı Kaybı**
		d (m)	**λ_h (W/mK)**	**R (m^2K/W)**	**U (W/m^2K)**	**A (m^2)**	**A x U (W/K)**
DH-1 Duvar (Dış Hava Temaslı)							
$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim sayısı (iç)			0,13			
KTB	Thermosfera yalıtımlı iç sıva harcı	0,05	0,06	0,83			
7.1.4.2.2	TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu ≤ 1000 harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	0,19	0,20	0,95			
KTB	Thermosfera yalıtımlı dolgu sıva harcı	0,06	0,057	1,05			
$1/\alpha_d$	Yüzeysel			0,04			

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		**Yapı Elemanının Kalınlığı**	**Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri**	**Isı Geçiş Direnci**	**Isı Geçiş Sayısı**	**Isı Kaybedilen Yüzey**	**Isı Kaybı**
		d (m)	**λ_h (W/mK)**	**R (m^2K/W)**	**U (W/m^2K)**	**A (m^2)**	**A x U (W/K)**
	ısı iletim sayısı (dış)						
TOPLAM				**3**	**0,333**	**156,26**	**52,03**
DH-2 Duvar (Dış Hava Temaslı)							
$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim sayısı (iç)			0,13			
KTB	Thermosfera yalıtımlı iç sıva harcı	0,03	0,06	0,5			
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,3	2,5	0,12			
KTB	Thermosfera yalıtımlı dolgu sıva harcı	0,06	0,057	1,05			

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri	Isı Geçiş Direnci	Isı Geçiş Sayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d (m)	λ_h (W/mK)	R (m^2K/W)	U (W/m^2K)	A (m^2)	A x U (W/K)
$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim sayısı (dış)			0,04			
TOPLAM				**1,84**	**0,543**	**15,4**	**8,36**
CC-1 Tavan (Üzeri Çatılı)							
$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
KTB	Thermosfera yalıtımlı iç sıva harcı	0,05	0,06	0,83			
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,12	2,5	0,05			
10.3.2.1.1	Ekstrüde	0,07	0,030	2,33			

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri	Isı Geçiş Direnci	Isı Geçiş Sayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d (m)	λ_h (W/mK)	R (m^2K/W)	U (W/m^2K)	A (m^2)	A x U (W/K)
	polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥25; ısıl iletkenlik grubu 030						
$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim sayısı (dış)			0,08			
TOPLAM				**3,42**	**0,8x0,292**	**67,8**	**15,84**
TT-1 Taban (Toprak Temaslı)							
$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim sayısı (iç)			0,17			
1.1.1	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt,	0,005	3,5	0			

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri	Isı Geçiş Direnci	Isı Geçiş Sayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d (m)	λ_h (W/mK)	R (m^2K/W)	U (W/m^2K)	A (m^2)	A x U (W/K)
	mermer, vb.)						
KTB	Thermosfera yalıtımlı döşeme şapı	0,05	0,073	0,68			
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,02			
10.3.2.1.1	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥25; ısıl iletkenlik grubu 030	0,1	0,030	3,33			
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,02			
KTB	Thermosfera yalıtımlı	0,05	0,073	0,68			

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri	Isı Geçiş Direnci	Isı Geçiş Sayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d (m)	λ_h (W/mK)	R (m^2K/W)	U (W/m^2K)	A (m^2)	A x U (W/K)
	döşeme şapı						
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,1	2,5	0,04			
5.1.2	Donatısız - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,1	1,65	0,06			
$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim			0			

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		**Yapı Elemanının Kalınlığı**	**Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri**	**Isı Geçiş Direnci**	**Isı Geçiş Sayısı**	**Isı Kaybedilen Yüzey**	**Isı Kaybı**
		d (m)	**λ_h (W/mK)**	**R (m^2K/W)**	**U (W/m^2K)**	**A (m^2)**	**A x U (W/K)**
	sayısı (dış)						
TOPLAM				**5**	**0,5x0,199**	**50,2**	**4,99**
PENCERE 1					1.1	22.9	25,19
KAPI 1					4,0	2,3	9,2
KAPI 2					3,5	5,94	20,79

Çizelge 4.4. Binanın ısı kaybı hesabı

İletim Yolu ile Gerçekleşen Isı Kaybı, H_i	= 136,4	W/K
Havalandırma Yolu ile Gerçekleşen Isı Kaybı, H_v	= 72,27	W/K
Binanın Toplam Isı Kaybı, $H = H_i + H_v$	= 208,67	W/K

Çizelge 4.5. Örnek binanın A sınıfı enerji kimlik belgesi için aylara göre hesaplanmış ısı kaybı ve ısı kazancı değerleri

Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazanci	Toplam			
	$H=H_i + H_v$ (W/K)	$T_i - T_d$ (^oC)	$H(T_i - T_d)$ (W)	Φ_i (W)	Φ_g (W)	$\Phi_1=\Phi_i+\Phi_g$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Ocak	209	16,1	3.360	548	370	918	0,27	0,974	6.390.500
Şubat	209	14,6	3.047	548	464	1.011	0,33	0,951	5.404.799
Mart	209	11,7	2.442	548	580	1.127	0,46	0,885	3.741.571
Nisan	209	6,2	1.294	548	610	1.157	0,89	0,673	1.334.719
Mayıs	209	1	209	548	731	1.279	6,13	(-)	
Haziran	209	Td yüksek	(-)	548	771	1.319	(-)	(-)	
Temmuz	209	Td yüksek	(-)	548	750	1.297	(-)	(-)	
Ağustos	209	Td yüksek	(-)	548	699	1.247	(-)	(-)	
Eylül	209	Td yüksek	(-)	548	584	1.131	(-)	(-)	
Ekim	209	4,9	1.023	548	469	1.017	0,99	0,634	979.148
Kasım	209	10,5	2.191	548	352	899	0,41	0,913	3.552.632
Aralık	209	15,2	3.172	548	324	871	0,27	0,974	6.022.771

Çizelge 4.6. Örnek binanın A sınıfı enerji kimlik belgesi için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabı

Toplam $Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay} = 27.426.141$ kJ $Q_{yıl} = 0,278 \times 1/1000 \times 27.426.141 = 7.624$ kWh Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı Q' = 90,02 kWh / m² Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı Q = 69,63 kWh / m² Q < Q' olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi TS 825 standardına uygundur.

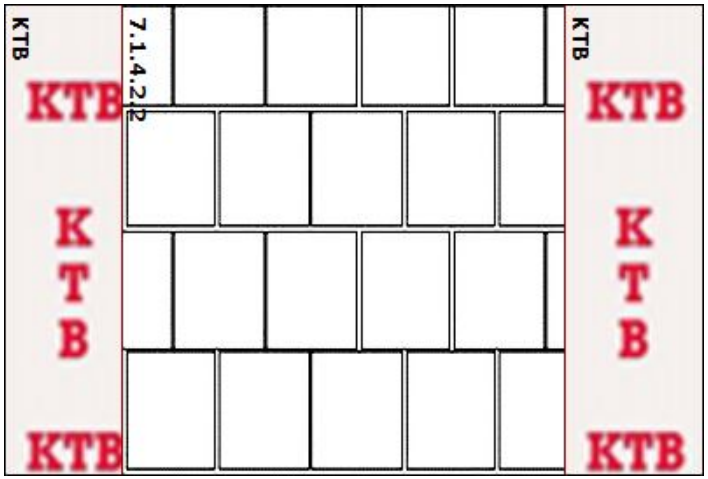
Çizelge 4.7. Pencerelerin hesap değerleri

PENCERE - 1		
Toplam Alan	**U – Değeri**	**Güneş Enerjisi Geçirme Faktörü (g)**
22.9 m^2	1,1 W/m^2K	<2W/m ² K Üniteler (0,5)
Yönler	**Gölgelenme Faktörü**	
Güney 8,34 m^2	Ayrık Binalı Bölgeler (0,8)	
Kuzey 4,06 m^2	Ayrık Binalı Bölgeler (0,8)	
Doğu 4,20 m^2	Ayrık Binalı Bölgeler (0,8)	
Batı 6,30 m^2	Ayrık Binalı Bölgeler (0,8)	

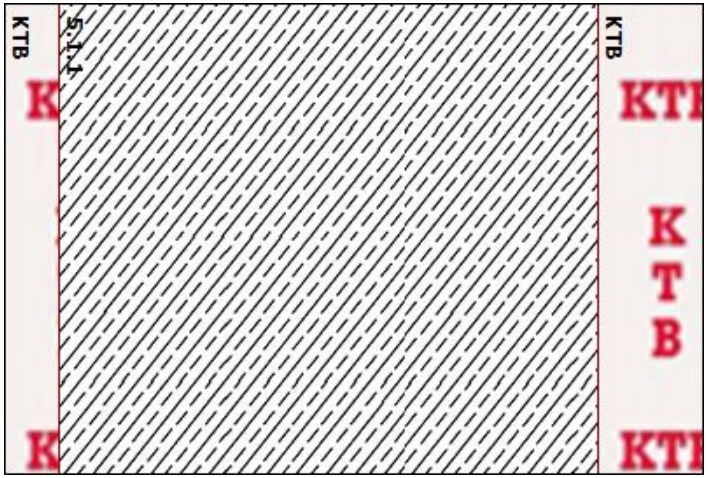
Çizelge 4.8. Kapıların hesap değerleri

KAPI - 1	
Toplam Alan	**U - Değeri**
2,30 m^2	Metal - Isı Yalıtımlı, Dış(4,0) W/m^2K
KAPI - 2	
Toplam Alan	**U - Değeri**
5,94 m^2	Ağaç - Plastik, Dış(3,5) W/m^2K

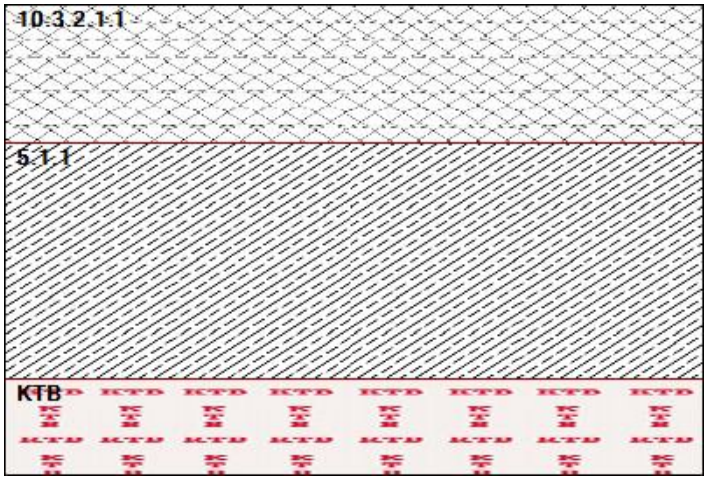
Çizelge 4.9. Binanın yapı elemanlarının kesitleri ve sırasıyla kullanılan malzemeler

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı Elemanının Kalınlığı	Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri	Isı Geçiş Direnci	Isı Geçiş Sayısı
			d (m)	λ_h (W/mK)	R (m^2K/W)	U (W/m^2K)
DH-1 Duvar (Dış Hava Temaslı)						
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim sayısı (iç)			0,13	
	KTB	Thermosfera yalıtımlı iç sıva harcı	0,05	0,06	0,83	
	7.1.4.2.2	TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu ≤ 1000 harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	0,19	0,20	0,95	
	KTB	Thermosfera yalıtımlı dolgu sıva harcı	0,06	0,057	1,05	
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim sayısı (dış)			0,04	
TOPLAM					**3**	**0,333**

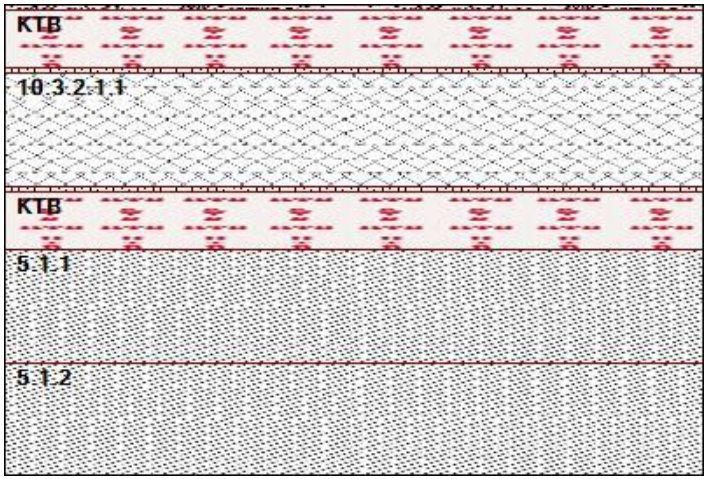
a)

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı Elemanının Kalınlığı	Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri	Isı Geçiş Direnci	Isı Geçiş Sayısı
			d (m)	λ_h (W/mK)	R (m^2K/W)	U (W/m^2K)
DH-2 Duvar (Dış Hava Temaslı)						
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim sayısı (iç)			0,13	
	KTB	Thermosfera yalıtımlı iç sıva harcı	0,03	0,06	0,5	
	5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,3	2,5	0,12	
	KTB	Thermosfera yalıtımlı dolgu sıva harcı	0,06	0,057	1,05	
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim sayısı (dış)			0,04	
TOPLAM					**1,84**	**0,543**

b)

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı Elemanının Kalınlığı	Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri	Isı Geçiş Direnci	Isı Geçiş Sayısı
			d (m)	λ_h (W/mK)	R (m^2K/W)	U (W/m^2K)
CC-1 Tavan (Üzeri Çatılı)						
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim sayısı (dış)			0,08	
	10.3.2.1.1	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥25; ısıl iletkenlik grubu 030	0,07	0,030	2,33	
	5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,12	2,5	0,05	
	KTB	Thermosfera yalıtımlı iç sıva harcı	0,05	0,06	0,83	
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim sayısı (iç)			0,13	
TOPLAM					**3,42**	**0,8x0,292**

c)

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı Elemanının Kalınlığı	Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri	Isı Geçiş Direnci	Isı Geçiş Sayısı
			d (m)	λ_h (W/mK)	R (m^2K/W)	U (W/m^2K)
TT-1 Taban (Toprak Temaslı)						
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim sayısı (iç)			0,17	
	1.1.1	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	0,005	3,5	0	
	KTB	Thermosfera yalıtımlı döşeme şapı	0,05	0,073	0,68	
	9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,02	
	10.3.2.1.1	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥25; ısıl iletkenlik grubu 030	0,1	0,030	3,33	
	9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,02	
	KTB	Thermosfera yalıtımlı döşeme şapı	0,05	0,073	0,68	
	5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,1	2,5	0,04	
	5.1.2	Donatısız -Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,1	1,65	0,06	
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim sayısı (dış)			0	
TOPLAM					**5**	**0,5x0,199**

d)

Çizelge 4.10. Havalandırma raporu

Havalandırma Tipi	Doğal Havalandırma
Havalandırılan hacim	273.76 m^3
Hava Değişim Katsayısı (n_h)	0.8 h^{-1}
Havalandırma Kayıpları (H_v)	72,27264 W/K

Çizelge 4.11.Yapı elemanın madde fiziki değerleri

a) Duvar (Dış Hava Temaslı) DH - 1

Sütun	1	2	3	4	5	6	7	8
No.	**Tabaka**	**Tabaka Kalınlığı**	**Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı**	**Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı**	**Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (kümülatif)**	**Isı İletim Hesap Değeri**	**Yüzeysel Isı Geçiş Direnci, Malzemenin Isı Direnci**	**Yüzeysel Isı Geçiş Direnci, Malzemenin Isı Direnci (kümülatif)**
		d (m)	**μ**	**S_d (m)**	**S_{dT} (m)**	**λ_h (W/mK)**	**R (m^2K/W)**	**Rt (m^2K/W)**
-	İçeri Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,25	0,25
-	Thermosfera yalıtımlı iç sıva harcı	0,05	3,93	0,1965	0,1965	0,06	0,833	1,08
7.1.4.2.2	TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu ≤ 1000 harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	0,19	8	1,52	1,7165	0,20	0,95	2,03
-	Thermosfera yalıtımlı dolgu sıva harcı	0,06	3,93	0,2358	1,9523	0,057	1,053	3,09
-	Dışarı Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,04	3,13

U Değeri= 0.32 W/m^2K

b) Duvar (Dış Hava Temaslı) DH - 2

Sütun	1	2	3	4	5	6	7	8
No.	**Tabaka**	**Tabaka Kalınlığı**	**Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı**	**Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı**	**Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (kümülatif)**	**Isı İletim Hesap Değeri**	**Yüzeysel Isı Geçiş Direnci, Malzemenin Isı Direnci**	**Yüzeysel Isı Geçiş Direnci, Malzemenin Isı Direnci (kümülatif)**
		d (m)	**μ**	**S_d (m)**	**S_{dT} (m)**	**λ_h (W/mK)**	**R (m^2K/W)**	**Rt (m^2K/W)**
-	İçeri Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,25	0,25
-	Thermosfera yalıtımlı iç sıva harcı	0,03	3,93	0,1179	0,1179	0,06	0,5	0,75
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,3	100	30	30,1179	2,5	0,12	0,87
-	Thermosfera yalıtımlı dolgu sıva harcı	0,06	3,93	0,2358	30,3537	0,057	1,053	1,92
-	Dışarı Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,04	1,96

U Değeri= 0.51 W/m^2K

c) Tavan (Üzeri Çatılı) CC - 1

Sütun	1	2	3	4	5	6	7	8
No.	Tabaka	Tabaka Kalınlığı	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (kümülatif)	Isı İletim Hesap Değeri	Yüzeysel Isı Geçiş Direnci, Malzemenin Isı Direnci	Yüzeysel Isı Geçiş Direnci, Malzemenin Isı Direnci (kümülatif)
		d (m)	μ	S_d (m)	S_{dT} (m)	λ_h (W/mK)	R (m^2K/W)	Rt (m^2K/W)
-	İçeri Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,25	0,25
-	Thermosfera yalıtımlı iç sıva harcı	0,05	3,93	0,1965	0,1965	0,06	0,833	1,08
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,12	100	12	12,1965	2,5	0,048	1,13
10.3.2.1.1	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥25; ısıl iletkenlik grubu 030	0,07	150	10,5	22,6965	0,030	2,333	3,46
-	Dışarı Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,04	3,5

U Değeri= 0.29 W/m^2K

d) Taban (Toprak Temaslı) TT - 1

Sütun	1	2	3	4	5	6	7	8
No.	Tabaka	Tabaka Kalınlığı	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (kümülatif)	Isı İletim Hesap Değeri	Yüzeysel Isı Geçiş Direnci, Malzemenin Isı Direnci	Yüzeysel Isı Geçiş Direnci, Malzemenin Isı Direnci (kümülatif)
		d (m)	μ	S_d (m)	S_{dT} (m)	λ_h (W/(mK)	R (m^2K/W)	Rt (m^2K/W)
-	İçeri Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,25	0,25
1.1.1	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb,)	0,005	10000	50	50	3,5	0,001	0,25
-	Thermosfera yalıtımlı döşeme şapı	0,05	3,93	0,1965	50,1965	0,073	0,685	0,94
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	20000	80	130,1965	0,19	0,021	0,96
10.3.2.1.1	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥25; ısıl iletkenlik grubu 030	0,1	150	15	145,1965	0,030	3,333	4,29
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	20000	80	225,1965	0,19	0,021	4,31
-	Thermosfera yalıtımlı döşeme şapı	0,05	3,93	0,1965	225,393	0,073	0,685	5
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,1	100	10	235,393	2,5	0,04	5,04
5.1.2	Donatısız -Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,1	100	10	245,393	1,65	0,061	5,1
-	Dışarı Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0	5,1

U Değeri= 0.2 W/m^2K

Çizelge 4.12.Yapı elemanındaki basınç ve sıcaklık dağılımları

a) Duvar (Dış Hava Temaslı) DH – 1

İç Sıcaklık - θ_τ(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_t (%) =65

	EYLÜL		EKİM		KASIM		ARALIK		OCAK		ŞUBAT	
	Sıcaklık dağılımı (°C)	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**
İç Ortam	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339
İç Yüzey	19.99	2337	19.53	2272	19.08	2209	18.7	2157	18.63	2148	18.75	2164
1Ara Yüzey	19.96	2333	17.96	2060	16.02	1822	14.38	1640	14.07	1607	14.59	1662
2Ara Yüzey	19.93	2329	16.17	1839	12.52	1453	9.46	1186	8.87	1140	9.85	1217
Dış Yüzey	19.9	2324	14.18	1619	8.65	1123	4	815	3.11	765	4.6	850
Dış Ortam	19.9	2324	14.1	1611	8.5	1112	3.8	803	2.9	754	4.4	838
Sonuçlar												

Duvar (Dış Hava Temaslı) DH – 1 (devam)

İç Sıcaklık - θ_τ(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_t (%) =65

	MART		NİSAN		MAYIS		HAZİRAN		TEMMUZ		AĞUSTOS	
	Sıcaklık dağılımı (°C)	Basınç dağılımı (Pa)	Sıcaklık dağılımı (°C)	Basınç dağılımı (Pa)	Sıcaklık dağılımı (°C)	Basınç dağılımı (Pa)	Sıcaklık dağılımı (°C)	Basınç dağılımı (Pa)	Sıcaklık dağılımı (°C)	Basınç dağılımı (Pa)	Sıcaklık dağılımı (°C)	Basınç dağılımı (Pa)
İç Ortam	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339
İç Yüzey	18.98	2195	19.42	2256	19.84	2316	20.2	2368	20.39	2396	20.34	2388
1Ara Yüzey	15.6	1774	17.5	2001	19.31	2241	20.87	2467	21.7	2596	21.49	2563
2Ara Yüzey	11.74	1380	15.31	1741	18.7	2157	21.63	2585	23.19	2841	22.8	2775
Dış Yüzey	7.46	1036	12.88	1488	18.03	2069	22.47	2720	24.84	3137	24.25	3028
Dış Ortam	7.3	1024	12.8	1480	18	2065	22.5	2725	24.9	3148	24.3	3037
Sonuçlar												

b) Duvar (Dış Hava Temaslı) DH – 2

İç Sıcaklık - θ_τ(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_t (%) =65

	EYLÜL		EKİM		KASIM		ARALIK		OCAK		ŞUBAT	
	Sıcaklık dağılımı (°C)	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**
İç Ortam	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339
İç Yüzey	19.99	2337	19.25	2233	18.54	2136	17.94	2057	17.82	2042	18.01	2066
1Ara Yüzey	19.96	2333	17.75	2033	15.61	1775	13.81	1581	13.46	1545	14.04	1604
2Ara Yüzey	19.95	2331	17.39	1987	14.91	1697	12.82	1482	12.41	1443	13.09	1508
Dış Yüzey	19.9	2324	14.22	1623	8.74	1130	4.13	822	3.24	772	4.72	857
Dış Ortam	19.9	2324	14.1	1611	8.5	1112	3.8	803	2.9	754	4.4	838
Sonuçlar												

Duvar (Dış Hava Temaslı) DH – 2 (devam)

İç Sıcaklık - θ_τ(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_t (%) =65

	MART		NİSAN		MAYIS		HAZİRAN		TEMMUZ		AĞUSTOS	
	Sıcaklık dağılımı (°C)	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**
İç Ortam	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339
İç Yüzey	18.38	2115	19.08	2209	19.75	2303	20.32	2385	20.62	2430	20.55	2419
1Ara Yüzey	15.14	1722	17.25	1970	19.24	2231	20.96	2481	21.87	2623	21.65	2588
2Ara Yüzey	14.36	1638	16.81	1916	19.12	2215	21.11	2504	22.17	2671	21.91	2629
Dış Yüzey	7.55	1042	12.95	1495	18.05	2071	22.45	2717	24.8	3129	24.22	3023
Dış Ortam	7.3	1024	12.8	1480	18	2065	22.5	2725	24.9	3148	24.3	3037
Sonuçlar												

c) Tavan (Üzeri Çatılı) CC – 1

İç Sıcaklık - θ_τ(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_t (%) =65

	EYLÜL		EKİM		KASIM		ARALIK		OCAK		ŞUBAT	
	Sıcaklık dağılımı (°C)	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**
İç Ortam	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339
İç Yüzey	19.99	2337	19.58	2279	19.18	2223	18.84	2176	18.78	2168	18.89	2183
1Ara Yüzey	19.97	2334	18.18	2088	16.45	1872	14.99	1706	14.71	1675	15.18	1727
2Ara Yüzey	19.97	2334	18.1	2078	16.29	1854	14.77	1682	14.48	1651	14.97	1704
Dış Yüzey	19.9	2324	14.17	1618	8.63	1121	3.98	813	3.09	764	4.58	848
Dış Ortam	19.9	2324	14.1	1611	8.5	1112	3.8	803	2.9	754	4.4	838
Sonuçlar												

Tavan (Üzeri Çatılı) CC – 1 (devam)

İç Sıcaklık - θ_τ(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_t (%) =65

	MART		NİSAN		MAYIS		HAZİRAN		TEMMUZ		AĞUSTOS	
	Sıcaklık dağılımı (°C)	Basınç dağılımı (Pa)	Sıcaklık dağılımı (°C)	Basınç dağılımı (Pa)	Sıcaklık dağılımı (°C)	Basınç dağılımı (Pa)	Sıcaklık dağılımı (°C)	Basınç dağılımı (Pa)	Sıcaklık dağılımı (°C)	Basınç dağılımı (Pa)	Sıcaklık dağılımı (°C)	Basınç dağılımı (Pa)
İç Ortam	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339
İç Yüzey	19.09	2210	19.49	2266	19.86	2319	20.18	2365	20.35	2390	20.31	2384
1Ara Yüzey	16.07	1828	17.78	2037	19.38	2251	20.77	2452	21.51	2566	21.33	2538
2Ara Yüzey	15.9	1808	17.68	2024	19.35	2246	20.8	2457	21.58	2577	21.39	2547
Dış Yüzey	7.45	1035	12.89	1489	18.02	2067	22.46	2719	24.84	3137	24.25	3028
Dış Ortam	7.3	1024	12.8	1480	18	2065	22.5	2725	24.9	3148	24.3	3037
Sonuçlar												

d) Taban (Toprak Temaslı) TT – 1

İç Sıcaklık - θ_τ(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_t (%) =65

	ARALIK		OCAK		ŞUBAT		MART		NİSAN		MAYIS	
	Sıcaklık dağılımı (°C)	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**
İç Ortam	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339
İç Yüzey	19.21	2227	19.16	2220	19.23	2230	19.38	2251	19.65	2289	19.9	2324
1Ara Yüzey	19.21	2227	19.16	2220	19.23	2230	19.38	2251	19.65	2289	19.9	2324
2Ara Yüzey	17.03	1943	16.86	1922	17.13	1955	17.67	2023	18.68	2155	19.63	2286
3Ara Yüzey	16.96	1934	16.79	1913	17.07	1947	17.62	2016	18.65	2151	19.62	2284
4Ara Yüzey	6.37	961	5.61	912	6.87	995	9.31	1174	13.94	1594	18.31	2105
5Ara Yüzey	6.3	956	5.54	907	6.81	991	9.26	1170	13.91	1591	18.3	2104
6Ara Yüzey	4.12	822	3.24	772	4.71	856	7.55	1042	12.94	1494	18.03	2069
7Ara Yüzey	3.99	814	3.11	765	4.59	849	7.45	1035	12.88	1488	18.01	2066
Dış Yüzey	3.8	803	2.9	754	4.4	838	7.3	1024	12.8	1480	18	2065
Dış Ortam	3.8	803	2.9	754	4.4	838	7.3	1024	12.8	1480	18	2065
Sonuçlar	**4. bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.**		**4. bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.**		**4. bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.**		**4. bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.**					

Taban (Toprak Temaslı) TT – 1 (devam)

İç Sıcaklık - θ_τ(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_t (%) =65

	HAZİRAN		TEMMUZ		AĞUSTOS		EYLÜL		EKİM		KASIM	
	Sıcaklık dağılımı (°C)	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**
İç Ortam	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339
İç Yüzey	20.12	2356	20.24	2374	20.21	2369	20	2339	19.71	2297	19.44	2259
1Ara Yüzey	20.12	2356	20.24	2374	20.21	2369	20	2339	19.71	2297	19.44	2259
2Ara Yüzey	20.46	2406	20.9	2472	20.79	2455	19.99	2337	18.92	2187	17.89	2051
3Ara Yüzey	20.47	2407	20.92	2475	20.81	2458	19.99	2337	18.9	2184	17.84	2044
4Ara Yüzey	22.1	2660	24.12	3005	23.62	2916	19.92	2327	15.04	1711	10.32	1256
5Ara Yüzey	22.11	2661	24.14	3008	23.64	2919	19.92	2327	15.02	1709	10.27	1252
6Ara Yüzey	22.45	2717	24.8	3129	24.22	3023	19.91	2326	14.23	1624	8.72	1128
7Ara Yüzey	22.47	2720	24.84	3137	24.25	3028	19.91	2326	14.18	1619	8.63	1121
Dış Yüzey	22.5	2725	24.9	3148	24.3	3037	19.9	2324	14.1	1611	8.5	1112
Dış Ortam	22.5	2725	24.9	3148	24.3	3037	19.9	2324	14.1	1611	8.5	1112
Sonuçlar												

Çizelge 4.13.Yapı elemanındaki yoğuşma miktarı çizelgeleri

a) Duvar (Dış Hava Temaslı) DH - 1

İç Sıcaklık - θ_τ(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_t (%) =65

	θd(°C)	φd(%)
EYLÜL	19,9	75
EKİM	14,1	79
KASIM	8,5	82
ARALIK	3,8	82
OCAK	2,9	82
ŞUBAT	4,4	79
MART	7,3	79
NİSAN	12,8	79
MAYIS	18,0	77
HAZİRAN	22,5	74
TEMMUZ	24,9	71
AĞUSTOS	24,3	73

Yapı elemanında TS 825'e göre yoğuşma oluşmamıştır.

İç yüzey ile İç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için standarda uygundur.

b) Duvar (Dış Hava Temaslı) DH - 2

İç Sıcaklık - θ_τ(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_t (%) =65

	θd(°C)	φd(%)
EYLÜL	19,9	75
EKİM	14,1	79
KASIM	8,5	82
ARALIK	3,8	82
OCAK	2,9	82
ŞUBAT	4,4	79
MART	7,3	79
NİSAN	12,8	79
MAYIS	18,0	77
HAZİRAN	22,5	74
TEMMUZ	24,9	71
AĞUSTOS	24,3	73

Yapı elemanında TS 825'e göre yoğuşma oluşmamıştır.

İç yüzey ile İç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için standarda uygundur.

c) Tavan (Üzeri Çatılı) CC - 1

İç Sıcaklık - θ_τ(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_t (%) =65

	θd(°C)	φd(%)
EYLÜL	19,9	75
EKİM	14,1	79
KASIM	8,5	82
ARALIK	3,8	82
OCAK	2,9	82
ŞUBAT	4,4	79
MART	7,3	79
NİSAN	12,8	79
MAYIS	18,0	77
HAZİRAN	22,5	74
TEMMUZ	24,9	71
AĞUSTOS	24,3	73

Yapı elemanında TS 825'e göre yoğuşma oluşmamıştır.

İç yüzey ile İç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için standarda uygundur.

d) Taban (Toprak Temaslı) TT - 1

İç Sıcaklık - θ_τ(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_t (%) =65

	θd(°C)	φd(%)	my1(kg/m^2)	my1(kg/m^2) (kümülatif)
ARALIK	3,8	100	0,00410	0,00410
OCAK	2,9	100	0,00428	0,00838
ŞUBAT	4,4	100	0,00399	0,01237
MART	7,3	100	0,00338	0,01575
NİSAN	12,8	100	0,00207	0,01782
MAYIS	18,0	100	0,000628	0,01845
HAZİRAN	22,5	100	-0,000810	0,01764
TEMMUZ	24,9	100	-0,00164	0,01600
AĞUSTOS	24,3	100	-0,00143	0,01457
EYLÜL	19,9	100	0,0000273	0,01460
EKİM	14,1	100	0,00175	0,01635
KASIM	8,5	100	0,00312	0,01947

Yapı elemanında bir bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.

İç yüzey ile İç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için standarda uygundur.

4. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırlar içerisindedir (0 < 0.5 kg/m^2). Standarda uygundur.

Yoğuşma ısı, su yalıtım veya hava tabakasında oluştu (Max. 0,5 kg/m^2).

Yoğuşan su miktarı buharlaşan su miktarından küçüktür. Yoğuşma zararsızdır.

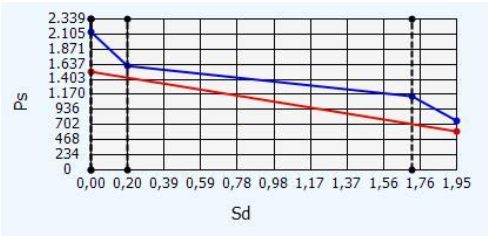
Çizelge 4.14. Yapı elemanlarının yoğuşma kontrolü grafikleri

a) Duvar (Dış Hava Temaslı) DH - 1

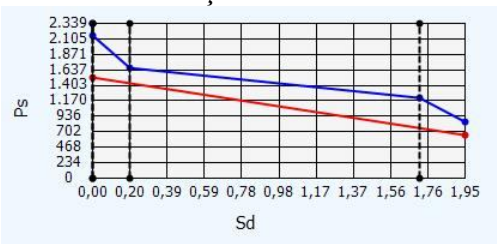
ARALIK



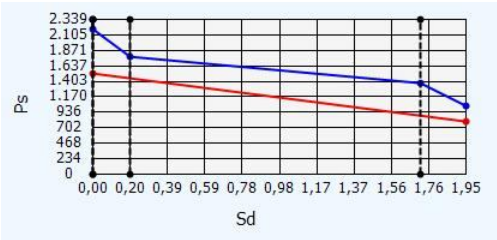
OCAK



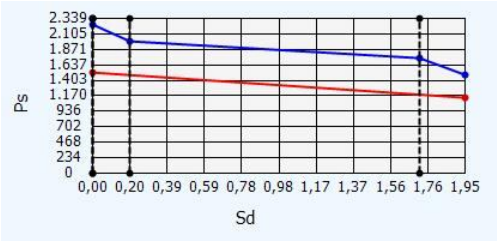
ŞUBAT



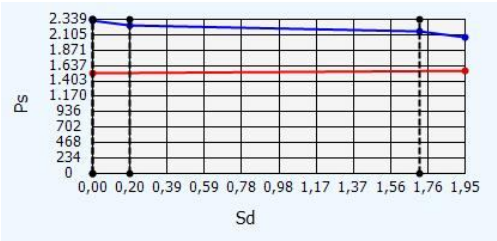
MART



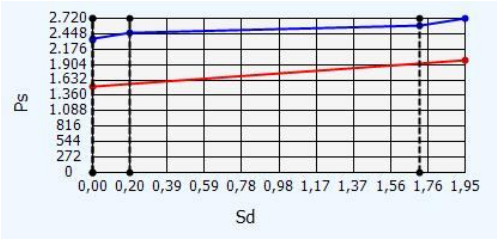
NİSAN



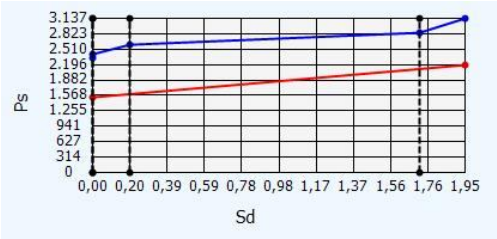
MAYIS



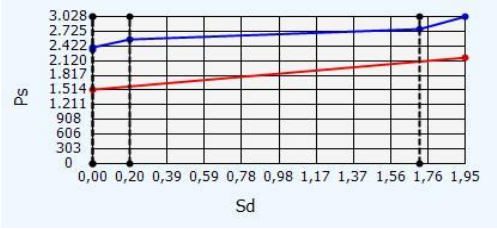
HAZİRAN



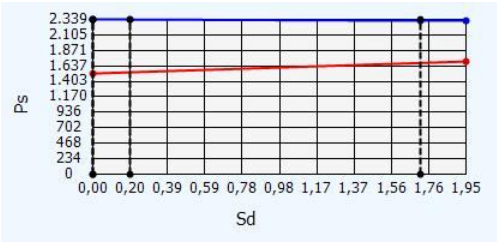
TEMMUZ



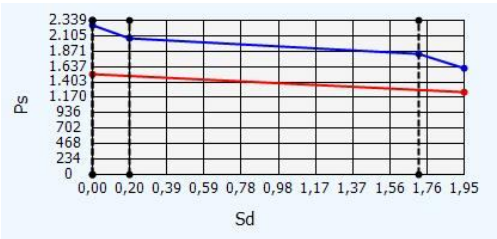
AĞUSTOS



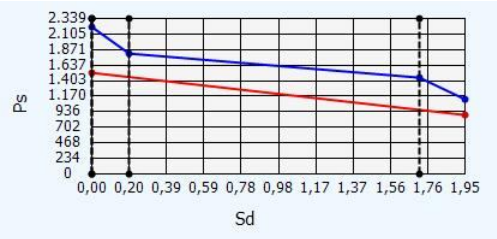
EYLÜL



EKİM

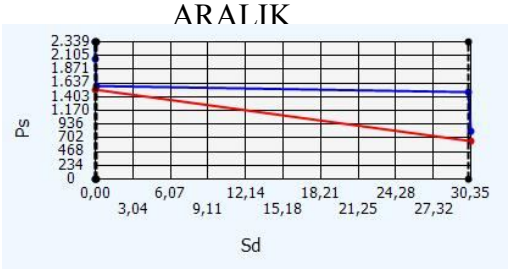


KASIM

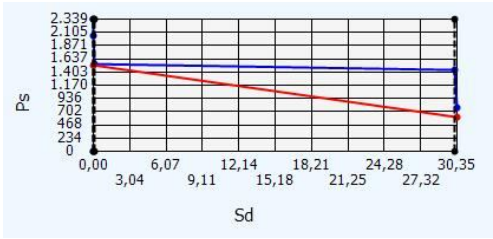


b) Duvar (Dış Hava Temaslı) DH - 2

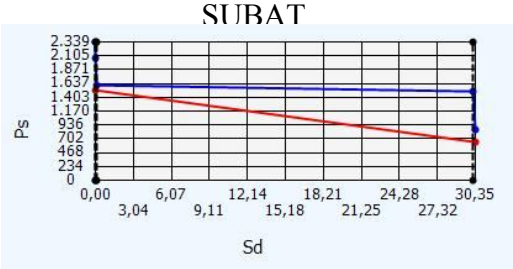
ARALIK



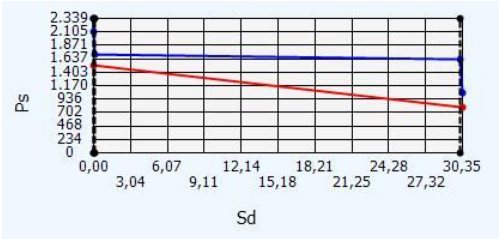
OCAK



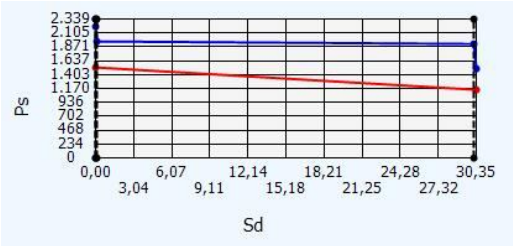
ŞUBAT



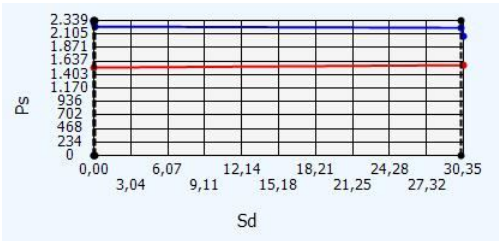
MART



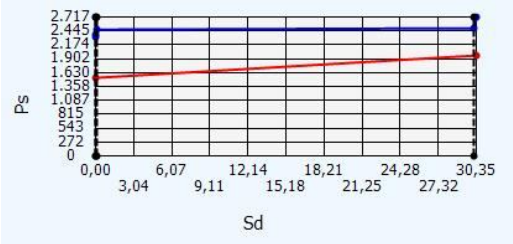
NİSAN



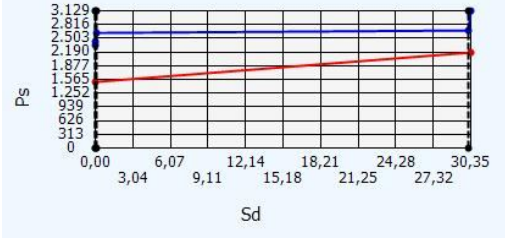
MAYIS



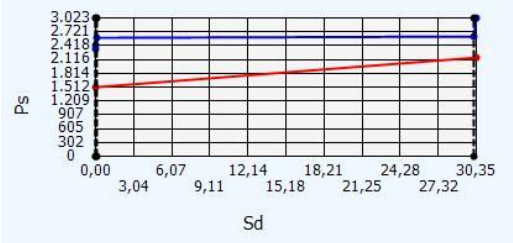
HAZİRAN



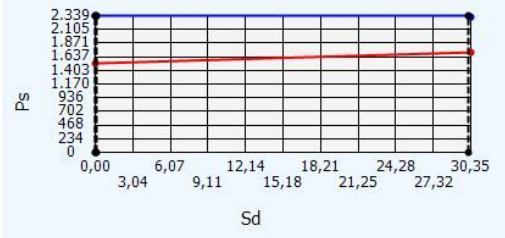
TEMMUZ



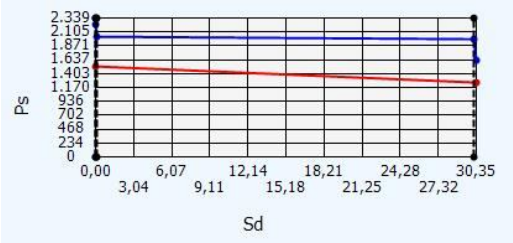
AĞUSTOS



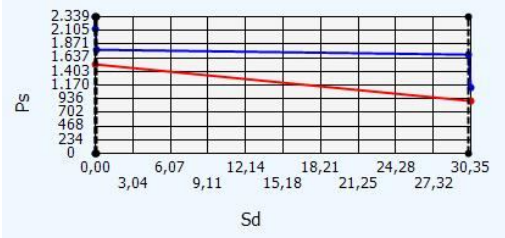
EYLÜL



EKİM

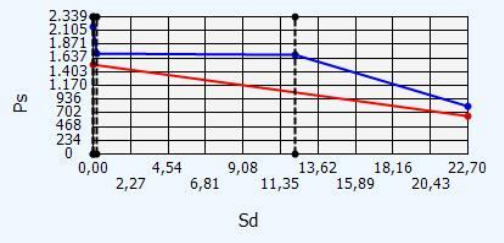


KASIM

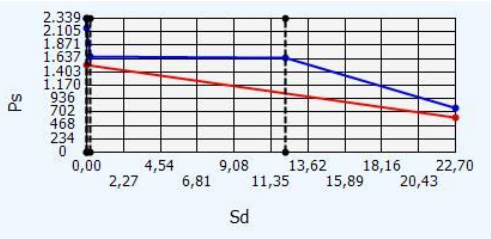


c) Tavan (Üzeri Çatılı) CC - 1

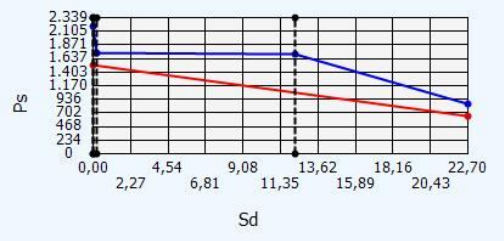
ARALIK



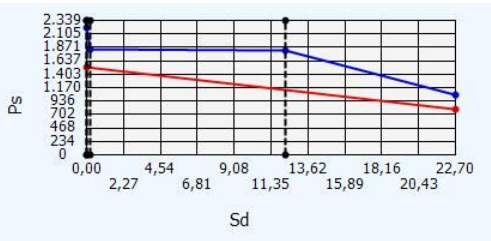
OCAK



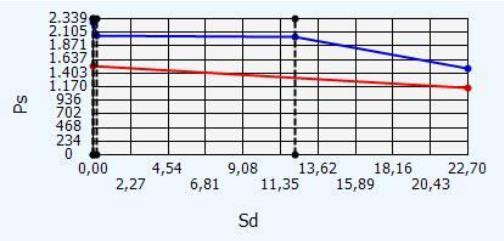
ŞUBAT



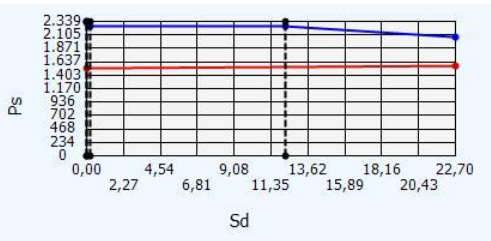
MART



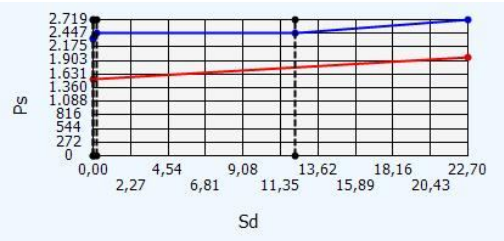
NİSAN



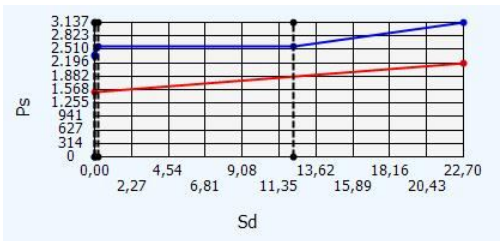
MAYIS



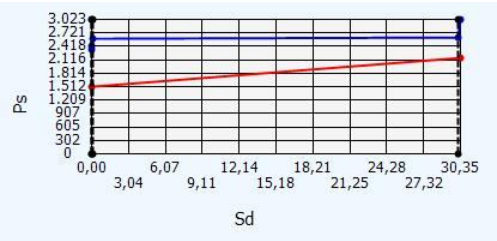
HAZİRAN



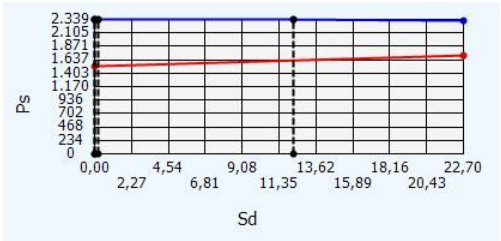
TEMMUZ



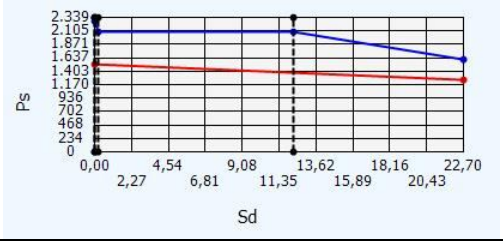
AĞUTOS



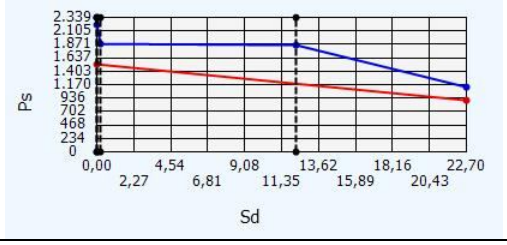
EYLÜL



EKİM

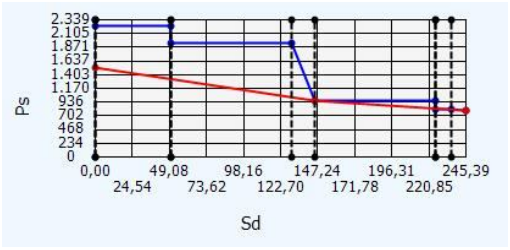


KASIM

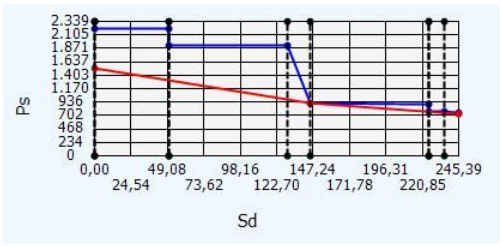


d) Taban (Toprak Temaslı) TT - 1

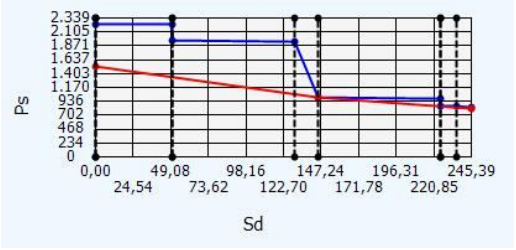
ARALIK



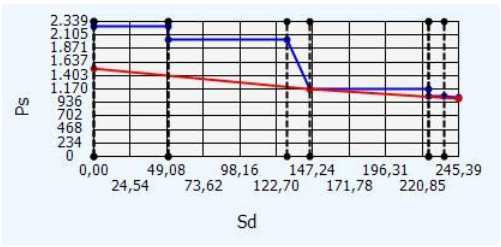
OCAK



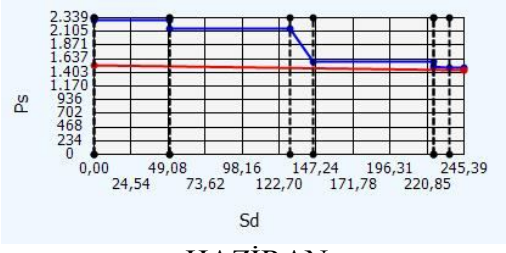
ŞUBAT



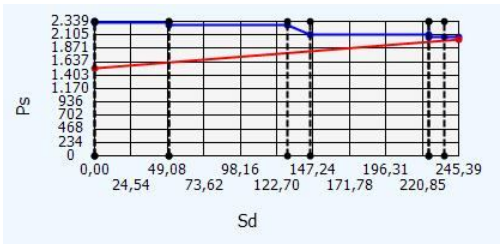
MART



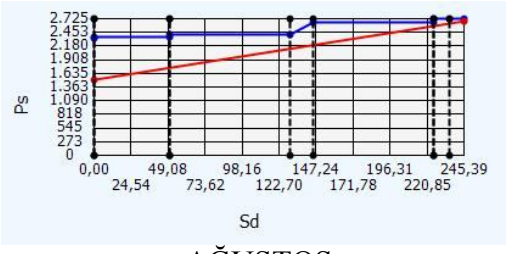
NİSAN



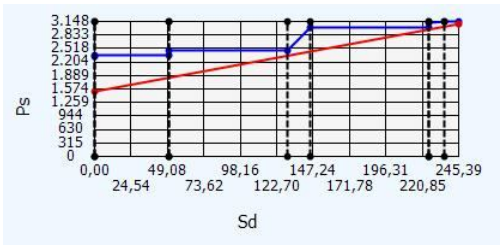
MAYIS



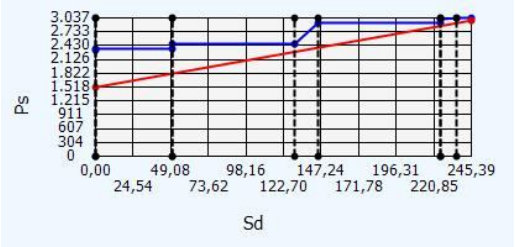
HAZİRAN



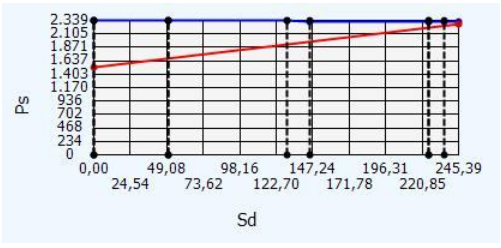
TEMMUZ



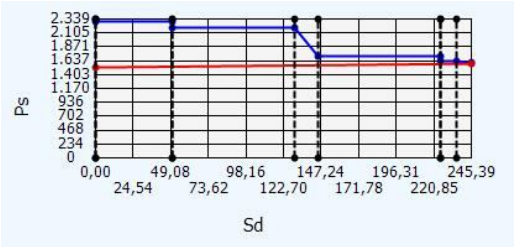
AĞUSTOS



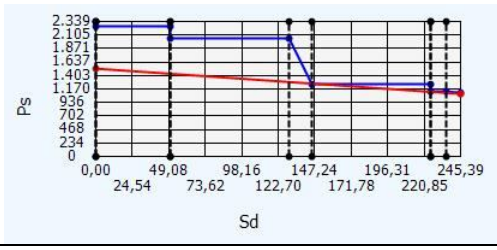
EYLÜL



EKİM



KASIM



Elde edilen sonuçlardan görüldüğü gibi program ile yapılan hesaplamalar sonucunda Çizelge 4.4‘ de ısı geçişi ile gerçekleşen ısı kaybı $H_i = 136,4$ W/K, havalandırma yolu ile gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 72,27$ W/K ve binanın toplam ısı kaybı $H = H_i + H_v = 208,67$ W/K bulunmuştur.

Çizelge 4.5’ de her ay için hesaplanan ısı kayıpları, iç ısı kazançları, güneş enerjisi kazançları, kazanç/ kayıp oranları ve kazanç kullanım faktörleri değerleri verilmiştir. Çizelge 4.6’ da bu değerler ile hesaplanan aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı değerleri görülmektedir. Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı değerlerinin toplamı ile yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı değeri Q = 69,63 kWh/m^2 olarak bulunmuştur. Bina için izin verilen değer $Q' = 90,02$ kWh/m^2 olduğundan $Q < Q'$ için projenin TS 825 standardına uyduğu görülür. $Q/Q' = 0,77$ olduğundan örnek bina için seçilen bu ısı yalıtım projesine göre bina A tipi süper enerji verimli bina olarak bulunmuştur ve Çizelge 4.2’ ye göre A tipi ısı ihtiyacı kimlik belgesi verilmiştir.

Program ile yapılan yoğuşma kontrolü hesabının sonuçları yapı elemanlarının her biri için basınç ve sıcaklık dağılımı çizelgeleri Çizelge 4.12, yoğuşma ve buharlaşma miktarı çizelgeleri Çizelge 4.13 ile verilmiştir. Çizelge 4.13d’ de taban elemanında 4. ara yüzeyde yoğuşma gerçekleştiği ancak yoğuşan su miktarının buharlaşan su miktarından küçük olduğu için yoğuşmanın zararsız olduğu görülmektedir. Yoğuşmanın olmadığı duvar ve tavan elemanları için ve yoğuşmanın oluştuğu taban elemanı için yoğuşma grafikleri Çizelge 4.14 ile gösterilmiştir. Grafiklerde görüldüğü gibi Çizelge 4.14d’ de taban elemanında Aralık ile Mart ayları arasında S_d noktasında doğruların kesiştiği görülür ve bu nokta 4. ara yüzeyde yoğuşmanın oluştuğunu gösterir. Nisan ayı ile başlayarak yaz aylarında yoğuşan su kütlesinin buharlaşarak yapı elemanından uzaklaştığı grafiklerde görülmektedir. Bu durumda, yoğuşma zararsızdır.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Binaların ısıtılmasında, enerji verimliliğinin sağlanabilmesi için ısı yalıtımı tasarımı uygulamaları büyük önem kazanmıştır. Termodinamik temellere dayanılarak oluşturulmuş TS 825 ısı yalıtım standardı ile binaların ısıtılmasında enerjinin verimli kullanılması amaçlanmıştır.

Bu yüksek lisans tezinde; enerji, enerji verimliliği ve bu açıdan binalarda ilk olarak sağlanması gereken ısı yalıtımı konusunun temeli olan termodinamik yasaları incelenmiş, bu yasaların uygulandığı TS 825 standardı hesap metodu ve hesap programı hem tanıtılmıştır, hem de uygulanarak sonuçlar elde edilmiştir.

İkinci derece- gün bölgesinde Tekirdağ ilinde bulunan örnek binaya TS 825' e göre iki farklı yalıtım tasarımı uygulaması yapılarak binanın ısıtma enerjisi ihtiyacı ve yoğuşma durumu incelenmiştir. Örnek bina C tipi normal enerji verimli ve A tipi süper enerji verimli bina olarak iki farklı yalıtım uygulaması ile modellenmiştir. Örnek binanın TS 825 standardına göre, C tipi bina olarak modellenmesi TS 825 hesap metodu ile teorik olarak, A tipi bina olarak modellenmesi TS 825 hesap programı ile yapılarak iki şekilde incelenmiştir. Her iki yalıtım çeşidinde kullanılan yapı elemanı malzemeleri ve kalınlıkları farklı alınmıştır. Yalıtım şekilleri sonucunda hesaplanan ısı geçişi sayısı değerleri Tablo 5.1' de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 5.1. A tipi ile C tipi enerji kimlik belgeli bina için hesaplanan U- değerleri

Yalıtım Şekli	**U- değerleri ($W/m^2 K$)**						
	U_{D_1}	U_{D_2}	U_T	U_t	U_p	U_{k_1}	U_{k_2}
C Tipi	0,406	0,568	0,4	0,271	2	4	3,5
A Tipi	0,333	0,543	0,292	1,199	1,1	4	3,5

Bulunan sonuçlar, U- değerleri azaldıkça yalıtımın arttığını göstermektedir. U-değerleri yapı elemanında kullanılan malzemelere bağlıdır.

Dış hava temaslı duvar elemanında, C tipi binada normal sıva harcı ve tuğlalar ile ısı yalıtım köpüğü kullanılmış, A tipi binada ısı iletim kabiliyeti hesap değerleri daha düşük olan sıva harcı ve tuğlalar kullanılmıştır. Ayrıca, A tipi binanın C tipi bainaya göre yapı bileşenlerinin kalınlıkları daha fazla alınmıştır. Bu durum, ısı geçiş sayısının düşmesini ve dolayısıyla ısı yalıtımının artmasını sağlamıştır.

Dış hava temaslı betonarme duvar elemanında, C tipi binada normal sıva harcı, beton ve ısı yalıtım köpüğü kullanılmış, A tipi binada ısı iletim kabiliyeti hesap değeri düşük sıva harcı ve C tipi binada kullanılan beton bulunmaktadır.

Üzeri çatılı tavan elemanında, C tipi binada normal sıva harcı, beton ve ısı yalıtım köpüğü kullanılırken, A tipi binada farklı olarak ısı iletim kabiliyeti hesap değeri daha düşük olan ısı yalıtımlı sıva harcı kullanılmıştır. A tipi binada sıva harcının kalınlığı, C tipi binaya göre daha fazla tutulmuş ve ısı yalıtım köpüğü ısı iletim kabiliyeti hesap değeri daha düşük olan daha az kalınlıklı başka malzeme ile değiştirilmiştir. Buradan, ısı iletim kabiliyeti hesap değerinin düşük olmasının U- değeri açısndan önemi bir kez daha görülmüş olur.

Toprak temaslı taban elemanında, her iki tip için de birinci, üçüncü, beşinci, yedinci ve sekizinci yapı bileşenleri aynı seçilmiştir. C tipi binada kullanılan şap yerine, A tipi binada ısı iletim kabiliyeti hesap değeri daha düşük ve kalınlığı daha fazla olan şap kullanılmış ve ısı yalıtım köpüğü aynı özelliklerdeki başka köpük ile değiştirilmiştir.

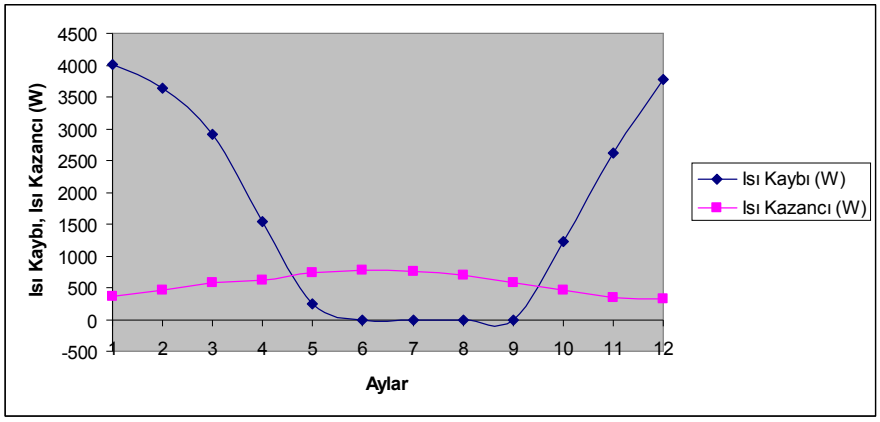
C tipi binada, ısı geçiş sayısı 2 W/m^2K olan çift camlı ısı yalıtımlı pencereler ve A tipi binada ısı geçiş sayısı 1,1 W/m^2K olan üç katlı ısı yalıtımlı pencereler seçilmiştir. Her iki tip binada da ısı geçiş sayısı 4 W/m^2K ve 3,5 W/m^2K olan iki kapı kullanılmıştır.

İki ayrı yalıtım şekli için yakıt sistemi de farklı tasarımlanmıştır. C tipi yalıtım yapılmış bina için yakıt olarak kömür kullanılmıştır (Ek 11). A tipi yalıtım yapılmış binada ise doğalgaz kullanılmıştır (Tablo 4.25). C tipi yalıtımlı bina için birim alan başına tüketilecek yakıt miktarı 15,08 $kg.m^2$ iken, A tipi yalıtım yapılmış binada 8,14 $kg.m^2$ bulunmuştur. Kömür kazanı kullanılması durumunda, verimi %60 ile %70 aralığında iken, doğal gaz kazanının verimi %85 ile %92 aralığındadır [19]. Buna göre, doğal gaz kullanımı kömür kullanımına göre ortalama %20 oranında ekonomiklik sağlamaktadır. Binanın yakıt maliyeti hesabına göre, A tipi yalıtım yapılmış binanın C tipi yalıtım yapılmış binaya nazaran yıllık %30 daha fazla tasarruf sağlayacağı sonucuna ulaşılmıştır. Bunun yanı sıra doğal gaz kazanı, kömür kazanına göre çevreye ortalama %60 oranında daha az CO_2 yaymaktadır [16].

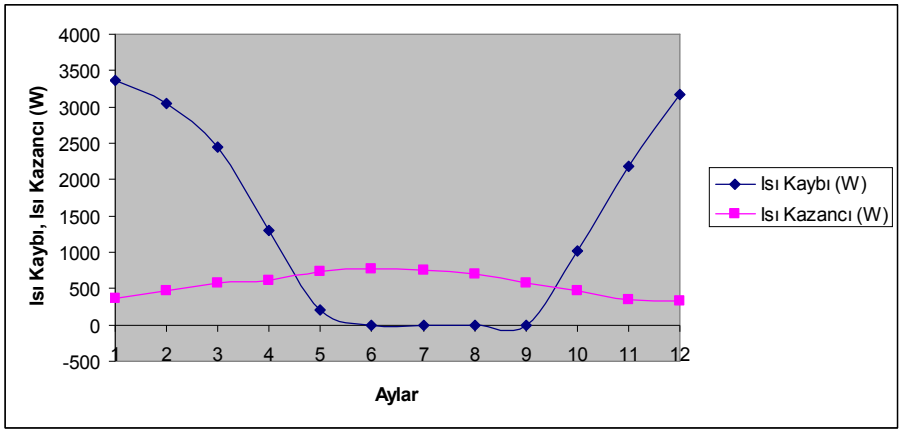
Tüm bu sonuçlar, örnek binaya A tipi yalıtım şekli uygulanmasında, C tipi yalıtım şekli uygulanmasına göre daha az yapı bileşeni ile daha fazla yalıtım yapıldığını göstermiştir. Ayrıca, daha az yapı bileşeni kullanılarak binaya fazla yük binmesi ve bunun sonucunda yapı elemanlarının daha kısa sürede korozyona uğraması önlenmiş olur.

Örnek binanın tüm yapı elemanlarından olan ısı kayıpları ve pencerelerden olan güneş enerjisi kazançları, C tipi yalıtım şekli ve A tipi yalıtım şekli için Şekil 5.1' de verilmiştir.

Şekil 5.1' deki grafiklere göre C tipi ve A tipi bina için haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında ısı kayıplarının olmadığı diğer tüm aylarda ısı kayıplarının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca; ısı kayıplarının, güneş enerjisi kazançlarından fazla olması sebebiyle binanın 1- 6 ve 9- 12 ayları arasında ısıtma ihtiyacı olduğu görülmektedir.

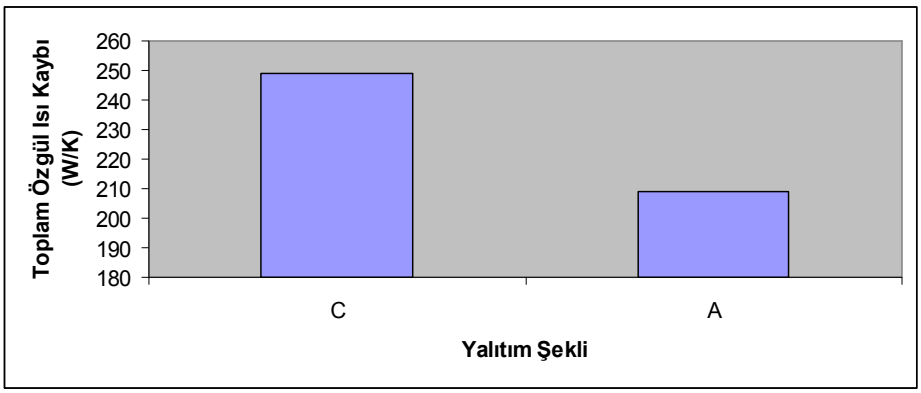


a) C tipi enerji kimlik belgeli bina için



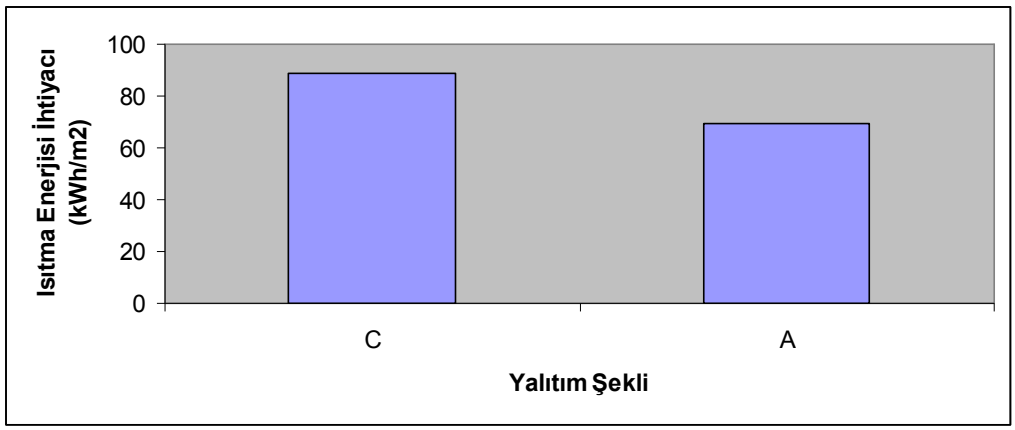
b) A tipi enerji kimlik belgeli bina için

Şekil 5.1. Aylara göre ısı kayıp ve kazançları



Şekil 5.2. A ve C tipi enerji kimlik belgeli binalarda toplam ısı kaybı

Şekil 5.2’ de A tipi enerji kimlik belgeli bina için yalıtım uygulanması durumunda toplam özgül ısı kaybının, C tipi enerji kimlik belgeli bina için yalıtım uygulanmış binaya göre daha az olduğu görülmektedir. A tipi enerji kimlik belgeli binanın ısıtma enerjisi ihtiyacı da buna bağlı olarak azalmıştır. Şekil 5.3’ deki grafikte örnek binanın A tipi enerji kimlik belgeli bina, C tipi enerji kimlik belgeli binaya oranla daha verimli olduğu görülmektedir. Çünkü, A tipinde C tipine göre daha az ısıtma enerjisine gerek duyulmaktadır.



Şekil 5.3. A ve C tipi enerji kimlik belgeli binaların yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı

Örnek binaya A tipi enerji kimlik belgesi ve C tipi enerji kimlik belgesi olarak iki farklı yalıtım tasarımı uygulanması sonucunda her iki durumda da bina enerji verimliliği açısından yüksek enerji verimli bulunmuştur. Tüm bu sonuçlar, binalara uygulanan ısı yalıtımı uygulamalarının enerji verimliliğini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir.

Ayrıca, yapılan yalıtımın yeterli ve sağlıklı olup olmadığının incelenmesi açısından yapı elemanlarının yoğuşma kontrolü yapılmıştır. Her iki yalıtım şekli için yapılan yoğuşma kontrolü sonuçlarına göre duvar ve tavan elemanlarında yoğuşma gözlenmemiş, her iki yalıtım şekli için de taban elemanında 4. ara yüzeyde yoğuşma görülmüştür. Fakat, yapı elemanı içerisinde yoğuşan su miktarının buharlaşan su

miktarından küçük olması, yoğuşan suyun yaz aylarında buharlaştığı ve bu durumda yoğuşmanın zararsız olduğu sonucu çıkarılmıştır.

Örnek binanın C tipi enerji kimlik belgesi olacak şekilde tasarımlanmış yalıtım şeklinin teorik olarak hesaplamaları Bölüm 4.3.1' de gösterilmiştir. C tipi bina tasarımı hesaplamaları program ile de yapılmıştır (Ek 11). Bulunan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ve yoğuşma kontrolü sonuçlarında hata payının çok küçük olduğu görülmektedir. Bu durumda TS 825 hesap programının işlemleri kolaylaştırmak ve kısa sürede yapmak için daha kullanışlı olduğu görülmüştür.

Bu yüksek lisans tezinde, TS 825 standardında eksik görülen ısı köprüsü oluşumu durumunda hesaplamaya katılması gereken U_I değerinin hesabı Eşitlik (4.6) ile verilmiştir. Konut olarak kullanılan binalar için anlatılmış olan yoğuşma kontrolü hesabı Bölüm 4.1' de, standarda göre daha ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Tüm incelemelerden elde edilen sonuçlar; binalarda enerjinin verimli kullanılmasının son derece önemli olduğunu göstermiştir.

Binalarda enerji verimliliğini arttırmak için ısı yalıtım tasarımlarıyla alınabilecek ve binalarda yaşayanların alabilecekleri bir takım önlemler mevcuttur. Bunlardan bazıları şu şekildedir:

- Eski yapılar, ısı yalıtımlı olarak yeniden tasarımlanmalı ve ısıtma tesisatları yenilenmelidir.
- Binaların, kalorifer tesisatları standart ve yönetmeliklere uygun yalıtılmalıdır.
- Evlerin havalandırılmaları kısa süreli olmalı ve güneşten kazanım sağlanabilmesi için kışın gündüz saatlerinde güney cephesindeki pencereler panjur, perde vb. ile kapatılmamalı, kuzeye bakan pencereler için bu tip önlemler alınmalıdır. Isı yalıtımlı pencereler kullanılmalıdır.

- Bina hacimlerinde yaşayanların sağlığı açısından oda sıcaklığının 19-20 ˚C' nin üzerine çıkmaması gerekmektedir. Oda sıcaklığını sürekli sabit değerde tutan termostatik vana veya oda termostatı ile bu durum sağlanabilir.
- Dış hava ile temas eden duvarların içine konumlandırılan radyatörlerde, iç ortamdan dış ortama ışınımla ısı geçişi olmasını önlemek için radyatörlerin arkalarına ışınımla ısıyı içeri yansıtmak amacıyla alüminyum folyo kaplı levhalar konulmalıdır.

EKLER

Ek 1: TS 825 Standardına Göre Düzenlenmesi Gereken Çizelgeler

A- Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki yapı elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı d (m)	Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri λ_h (W/mK)	Isı İletim Direnci R ($d/\lambda, 1/\alpha$) (m^2K/W)	Isı Geçiş Sayısı U (W/m^2K)	Isı Taşıyan Yüzey A (m^2)	Isı Kaybı A x U (W/K)
Duvar yüzeyleri	$1/\alpha_I$						
	$1/\alpha_d$						
Toplam							
Taban	$1/\alpha_I$						
	$1/\alpha_d$						
Toplam							
Tavan	$1/\alpha_I$						
	$1/\alpha_d$						
Toplam							
Pencere							
Yapı elemanlarından iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı =							

$\Sigma AU = U_D A_D + U_p A_p + 0{,}8\ U_T A_T + 0{,}5\ U_t A_t + U_d A_d + 0{,}5 U_{dsıc} A_{dsıc}$

Özgül ısı kaybı;
$H = H_i + H_v$

İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı;
$H_i = \Sigma AU + I\ U_I$

Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı;
$H_v = 0.33 \cdot n_h \cdot V_h$

B- Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H=H_i+H_v$ (W/K)	$T_i-T_{d,ay}$ (K,°C)	$H(T_i-T_{d,ay})$ (W)	ϕ_i (W)	$\phi_{g,ay}$ (W)	$\phi_T=\phi_i+\phi_{g,ay}$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Ocak									
Şubat									
Mart									
Nisan									
Mayıs									
Haziran									
Temmuz									
Ağustos									
Eylül									
Ekim									
Kasım									
Aralık									

$Q_{ay} = [H (T_i - T_{d,ay}) - \eta (\phi_i + \phi_{g,ay})] . t$ (Joule)

$Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay}$ =

Toplam ısı kaybı; $Q_{yıl} = 0.278x10^{-3}$ x ---------- (kj) = ----------kWh

Konutlar için iç ısı kazancı; $\phi_i \leq 5 . A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı; $\phi_{g,ay} = \Sigma r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı; $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay}) / H(T_{i,ay} - T_{d,ay})$

Kazanç kullanım faktörü; $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$A_n = 0.32 V_{brüt}$ = ---------- m^2

$Q = Q_{yıl}/A_n$ = ---------- kWh/m^2

Örnek binadaki ısıtılan yapı hacmi ($V_{brüt}$) başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl}/V_{brüt}$ ---------- kWh/m^3

$A_{top}/V_{brüt}$ = ------ oranı --------- bölge için EK 9'dan alınan $Q^{'}$ = ---------- formülünde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q^{'}$ = ------ kWh/m^2 veya Q = …kwh/m^3 bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Yapılan hesaplamada ------< ------ yani **$Q < Q^{'}$** olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının olması gereken en büyük değerin altında olduğu görülmektedir. O halde bu proje, bu standardda verilen hesap metoduna uygundur.

C- Isı İhtiyacı Kimlik Belgesi

ISI İHTİYACI KİMLİK BELGESİ
Ada/Parsel .....:
Binanın tanımı .....:
Cadde ve bina numarası.....:
Semt/İlçe/İl .....:
Kullanılacak yakıt türü.....:

	Müsade Edilen Maksimum Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı	Hesaplanan Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
A_{top} =..... m^2	Q^i =..... kWh/m^3 veya Q^i =..... kWh/m^2	Q =.....kWh/m^3 veya Q =.....kWh/m^2
$V_{brüt}$ =.....m^3		
A/V =..... m^{-1}		
A_n =..... m^2		

Birim hacim veya birim alan başına tüketilecek yakıt miktarı [kg, m^3]
860 x Qyıl / (Yakıtın kalorifik değeri x sistem verimi) [Kcal/(kg, m^3] =.....[kg veya m^3] yakıt
Önemli Not: Buradaki hesaplama sonucu elde edilen yakıt miktarı, binanın TS 825' deki kabullerine göre yalıtılması sonucu elde edilmektedir. Yerleşim birimlerindeki iklimsel koşullara göre değişiklik gösterebilecek olan bu değer her zaman gerçek tüketimi vermeyebilir.

A_{top} : Dış duvar, tavan, taban/döşeme, pencere, kapı vb. yapı bileşenlerinin ısı kaybeden yüzey alanlarının toplamı olup, dış ölçülere göre bulunur. Birimi "m^2"'dir.
$V_{brüt}$: Binayı çevreleyen dış kabuğun ölçülerine göre hesaplanan hacimdir. Birimi "m^3"dür.
A/V : Isı kaybeden toplam yüzeyin (A_{top}) ısıtılmış yapı hacmine ($V_{brüt}$) oranıdır. Birimi "m^{-1}"dir.
Q' : A/V oranına bağlı olarak müsade edilen maksimum yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacıdır. Birimi "kWh/m^2, kWh/m^3" dür.
$Q_{yıl}$: Bu bina için hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı. Birimi "kWh/m^2, kWh/m^3" dür.
A_n : Binanın net kullanım alanıdır (A_n = 0,32 x $V_{brüt}$ formülü ile hesaplanır).

Binanın enerji verimliliği indeksi

C Tipi Bina Normal enerji verimli bina	B Tipi Bina İyi enerji verimli bina	A Tipi Bina Süper enerji verimli bina

Düzenleyenler		ONAY
Adı Soyadı, Ünvanı .... İmza:	Adı Soyadı, Ünvanı .... İmza:.....	

Not:
Q yıl £ 0.99 x Qı ise C tipi bina,
Q yıl £ 0.90 x Qı ise B tipi bina,
Q yıl £ 0.80 x Qı ise A tipi bina bölümü işaretlenmelidir.

Ek 2: İllere Göre Derece-Gün Bölgeleri Tablosu

1. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

ADANA	AYDIN	İÇEL	OSMANİYE
ANTALYA	HATAY	İZMİR	

İli 2. Bölgede Olup Kendisi 1.Bölgede Olan Beledi yeler

AYVALIK (Balıkesir) DALAMAN (Muğla) FETHİYE (Muğla)
MARMARİS(Muğla) BODRUM (Muğla) DATÇA (Muğla) KÖYCEĞİZ (Muğla) MİLAS (Muğla)
GÖKOVA (Muğla)

2. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

ADAPAZARI	ÇANAKKALE	KAHRAMANMARAŞ	RİZE
TRABZON			
ADIYAMAN	DENİZLİ	KİLİS	SAMSUN
YALOVA			
AMASYA	DİYARBAKIR	KOCAELİ	SİİRT
ZONGULDAK			
BALIKESİR	EDİRNE	MANİSA	SİNOP
BARTIN	GAZİANTEP	MARDİN	ŞANLIURFA
BATMAN	GİRESUN	MUĞLA	ŞIRNAK
BURSA	İSTANBUL	ORDU	TEKİRDAĞ

İli 3. Bölgede Olup Kendisi 2.Bölgede Olan Beledi yeler

HOPA (Artvin) ARHAVİ (Artvin) DÜZCE (Bolu)

İli 4. Bölgede Olup Kendisi 2.Bölgede Olan Beledi yeler

ABANA(Kastamonu) BOZKURT (Kastamonu) ÇATALZEYTİN (Kastamonu)
İNEBOLU (Kastamonu) CİDE (Kastamonu) DOĞANYURT (Kastamonu)

3. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

AFYON	BURDUR	KARABÜK	MALATYA
AKSARAY	ÇANKIRI	KARAMAN	NEVŞEHİR
ANKARA	ÇORUM	KIRIKKALE	NİĞDE
ARTVİN	ELAZIĞ	KIRKLARELİ	TOKAT
BİLECİK	ESKİŞEHİR	KIRŞEHİR	TUNCELİ
BİNGÖL	IĞDIR	KONYA	UŞAK
BOLU	ISPARTA	KÜTAHYA	

İli 1. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan Beledi yeler

POZANTI (Adana) KORKUTELİ (Antalya)

İli 2. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan Beledi yeler

MERZİFON (Amasya) DURSUNBEY (Balıkesir) ULUS (Bartın)

İli 4. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan Beledi yeler

TOSYA (Kastamonu)

4. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

AĞRI	ERZURUM	KAYSERİ
ARDAHAN	GÜMÜŞHANE	MUŞ
BAYBURT	HAKKARİ	SİVAS
BİTLİS	KARS	VAN
ERZİNCAN	KASTAMONU	YOZGAT

İli 2. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan Beledi yeler

KELES (Bursa) ŞEBİNKARAHİSAR (Giresun) ELBİSTAN (K.Maraş)
MESUDİYE (Ordu) ULUDAĞ (Bursa) AFŞİN (K.Maraş) GÖKSUN (K.Maraş)

İli 3. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan Beledi yeler

KIĞI (Bingöl) PÜLÜMÜR (Tunceli) SOLHAN (Bingöl)

Ek 3: Farklı Derece-Gün Bölgeleri İçin Aylık Ortalama Dış Sıcaklık Değerleri Çizelgesi

AYLAR	**1.Bölge**	**2. Bölge**	**3. Bölge**	**4. Bölge**
OCAK	8,4	2,9	-0,3	-5,4
ŞUBAT	9	4,4	0,1	-4,7
MART	11,6	7,3	4,1	0,3
NİSAN	15,8	12,8	10,1	7,9
MAYIS	21,2	18	14,4	12,8
HAZİRAN	26,3	22,5	18,5	17,3
TEMMUZ	28,7	24,9	21,7	21,4
AĞUSTOS	27,6	24,3	21,2	21,1
EYLÜL	23,5	19,9	17,2	16,5
EKİM	18,5	14,1	11,6	10,3
KASIM	13	8,5	5,6	3,1
ARALIK	9,3	3,8	1,3	-2,8

Ek 4: Yapı Malzeme ve Bileşenlerinin Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri, Birim Hacim Kütlesi ve Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörleri Tablosu

Sıra No	**Malzeme veya bileşenin çeşidi**	**Birim hacim kütlesi[1,2)]** **kg/m³**	**Isı iletim kabiliyeti hesap değeri λ_h[3)]** **W/mK**	**Su buharı difüzyon direnç faktörü** **μ[4)]**
1	**Doğal taşlar**			
1.1	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	> 2800	3,5	10000
1.2	Tortul, sedimante taşlar (kum taşı, traverten, konglomeralar vb.)	2600	2,3	200/250
1.3	Gözenekli püskürük taşlar	< 1600	0,55	200- 250
1.4	Granit	2500- 2700	2,8	15- 20
1.5	Bazalt	2700- 3000	3,5	10000
1.6	Mermer	2800	3,5	10000
1.7	Alçı Taşı	< 2600	2,3	200- 250
1.8	Yapay Taşlar			
1.9	Arduvaz	1750	1,3	40- 50

		2000 – 2800	2,2	800- 1000
2	**Doğal zeminler (doğal nemlilikte)**			
2.1	Kum, kum-çakıl	1700- 2200	2	50
2.2	Kil, alüvyon	1200- 1800	1,5	50
3	**Dökme malzemeler (hava kurusunda, üzeri örtülü durumda)**			
	Kum, çakıl, kırma taş (mıcır)			
3.1		1800	0,7	3
	Bims çakılı (TS 3234)			
3.2		≤ 1000	0,19	3
	Yüksek fırın curufu			
3.3		≤ 600	0,13	3
	Kömür curufu			
3.4		≤ 1000	0,23	3
	Gözenekli doğal taş mıcırları			
3.5		≤ 1200	0,22	3
		≤ 1500	0,27	3
	Genleştirilmiş perlit agregası (TS 3681)			
3.6		≤ 100	0,06	3
		100< 400	0,16	3
	Genleştirilmiş mantar parçacıkları			
3.7		≤ 200	0,055	3
	Polistiren, sert köpük parçacıkları			
3.8		15	0,050	3
	Testere ve planya talaşı			
3.9		200	0,070	2
	Saman			
3.10		150	0,058	3
	Sıvalar, şaplar ve diğer harç tabakaları			
4		1800	0,87	15- 35

4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	2000	1,40	15- 35
4.2	Çimento harcı	1400	0,70	10
4.3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	1200	0,35	10
4.4	Yalnız alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	2000	1,20	15- 35
4.5	Alçı harçlı şap	2000	1,40	15- 35
4.6	Çimento harçlı şap	2300	0,90	
4.7	Dökme asfalt kaplama, kalınlık $\geq$15 mm	800	0,30	
4.8	Anorganik asıllı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları	900	0,35	
		1000	0,38	
		400	0,14	
	Genleştirilmiş perlit agregasıyla yapılan sıvalar ve harç ve tabakaları			
4.9		500	0,16	
	Büyük boyutlu yapı elemanları ve bileşenleri (kolon, kiriş, döşeme ve ısı iletkenliği hesabına esas yüzeyi 0,25 m^2 den büyük olan perde, panolar gibi)			
5		600	0,20	
	Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	700	0,24	
	Donatılı	800	0,29	

5.1	Donatısız			
		2400	2,5	80- 130
		2200	1,65	70- 120

5.2	Kesif dokulu hafif betonlar, (agregalar arası boşluksuz) donatılı veya donatısız			
5.2.1	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 1114'e uygun agregalarla [6])			
		800	0,39	70- 150
		900	0,44	“
		1000	0,49	“
		1100	0,55	“
		1200	0,62	“
		1300	0,70	“
		1400	0,79	“
		1500	0,89	“
		1600	1,00	“
		1800	1,30	“
		2000	1,60	“
5.2.2	Yalnız genleştirilmiş perlit kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 3649'a uygun) [6])			
		300	0,10	70- 150
		400	0,13	“
		500	0,15	“
		600	0,19	“

		700	0,21	“
		800	0,24	“
		900	0,27	“
		1000	0,30	“
		1200	0,35	“
	Tuvenan halindeki hafif agregalarla yapılan hafif betonlar (agregalar arası boşluklu)	1400	0,42	“
		1600	0,49	“
5.3	Gözeneksiz agregalar kullanılarak yapılmış betonlar			
5.3.1	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak kuvartz kumu katılmadan yapılmış betonlar [6])	1600		
		1800	0,81	3- 10
		2000	1,10	3- 10
5.3.2			1,40	5- 10
		600		
		700	0,22	5- 15
			0,26	“

5.3.2	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak kuvartz kumu katılmadan yapılmış betonlar [6])	800	0,28	5- 15
		1000	0,36	“
		1200	0,46	“
		1400	0,57	“

		1600	0,75	“
		1800	0,92	“
		2000	1,20	“
	Yalnız doğal bims kullanılarak ve kuvars kumu			
5.3.3	katılmadan yapılmış betonlar (TS 3234'e uygun) (TS 2823'e uygun yapı elemanları dahil)	400		
		450	0,15	5- 15
		500		
		550	0,18	“
		600		
		650	0,20	“
		700		
		750	0,24	“
		800		
		900	0,27	“
		1000		
		1200	0,32	“
		1300		
	Organik bazlı agregalarla yapılmış hafif betonlar			
			0,44	“
5.4	Ahşap testere veya plânya talaşı betonu			
5.4.1		400	0,14	“
		600	0,19	“
		800	0,25	“

5.4.2	Çeltik kapçığı betonu	1000 1200 600 700	0,35 0,44 0,14 0,17	“ “ “ “

5.5	Buharla sertleştirilmiş gaz betonlar (TS 453'e uygun yapı elemanları dahil)	350 400 450 500 550 600 650 700 750 800 900 1000	0,14 0,16 0,19 0,21 0,23	5- 10 “ “ “ “
6	**Yapı plâkları ve levhaları**			
6.1	Gaz beton yapı levhaları (TS 453'e uygun plaklar)			
6.1.1	Normal derz kalınlığında ve normal harçla yerleştirilen levhalar	400	0,20	5- 10

		500	0,22	“
		600	0,24	“
		700	0,27	“
		800	0,29	5- 10
6.1.2	İnce derzli veya özel yapıştırıcı kullanılarak yerleştirilen levhalar	350	0,11	“
		400	0,13	
		450	0,15	“
		500	0,16	
		550	0,18	“
		600	0,19	
		650	0,21	5- 10
		700	0,22	
		750	0,24	“
		800	0,25	
6.2	Hafif betondan duvar plâkları	800	0,29	“
		900	0,32	“
		1000	0,37	
		1200	0,47	5- 10
		1400	0,58	“
	Alçıdan duvar levhalar ve blokları (gözenekli, delikli, dolgu			

6.3	veya agregalı olanlar dahil) (TS 45l, TS 452 TS 1474'e uygun)	750	0,35	“
		900	0,41	“
		1000	0,47	“
		1200	0,58	“

6.4	Genleştirilmiş perlit agregası katılmış alçı duvar levhaları (TS 3682 ye uygun)	600	0,29	5- 10
		750	0,35	“
		900	0,41	“
6.5	Alçı karton plâkalar (TS 452’ye uygun)	900	0,21	8- 25
7	**Kâgir duvarlar (Harç fugaları- derzleri dahil)**			
7.1	Tuğla duvarlar			
7.1.1	TS 704, TS 705 ‘e uygun tuğlalarla yapılan kâgir duvarlar, dolu klinker, düşey delikli klinger, (TS 4562) seramik klinger (TS 2902).	1800	0,81	50- 10
		2000	0,94	“
		2200	1,20	“

		2400	1,40	“
	TS 704, TS 705 ‘e uygun dolu veya düşey delikli tuğlalarla duvarlar			
7.1.2		1200	0,50	“
		1400	0,58	“
		1600	0,68	“
		1800	0,81	“
		2000	0,96	“
		2200	1,20	“
		2400	1,40	“
	Düşey delikli tuğlalarla duvarlar (TS 4377'ye uygun AB sınıfı tuğlalarla, normal derz veya harç cepli)			
7.1.3				
	Normal harç kullanarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar			
7.1.3.1		550	0,32	“
		600	0,33	“
		650	0,35	“
		700	0,36	“
		750	0,38	“
		800	0,39	“
		850	0,41	“
		900	0,42	“
	TS4916 ‘ya uygun harç kullanılarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar[2)]	950	0,44	“

		1000	0,45	“
7.1.3.2		550	0,27	5- 10
		600	0,28	“
		650	0,30	“
		700	0,31	“
		750	0,33	“
		800	0,34	“
		850	0,36	“
		900	0,37	“
		950	0,38	“
		1000	0,40	“

7.1.4	Düşey delikli hafif tuğlarlarla duvarlar (TS 4377'ye uygun W sınıfı tuğlalarla, normal derz veya harç cepli)			
	Normal harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar			
7.1.4.1		550	0,22	5- 10
		600	0,23	“
		650	0,23	“
		700	0,24	“
		750	0,25	“
		800	0,26	“
		850	0,26	“
		900	0,27	“
		950	0,28	“
		1000	0,29	“
	TS 4916'ya uygun harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar[2)]			

7.1.4.2		550		5- 10
		600		“
		650		“
		700		“
		750		“
		800		“
		850		“
		900		“
		950		“
	Düşey delikli hafif tuğlalarla duvarlar (TS 4377'ye uygun W sınıfı lâmba zıvanalı tuğlalarla)	1000		“
7.1.5		600	0,33	5- 10
		700	0,36	“
		800	0,39	“
		900	0,42	“
		1000	0,45	
		700	0,35	5- 10
		800	0,40	“
		900	0,44	“
		1000	0,50	“

		1200	0,56	“
		1400	0,70	“
		1600	0,79	15- 25
		1800	0,99	“
		2000	1,10	“
		2200	1,30	“
7.2	Kireç kum taşı duvarlar (TS 808 'e uygun)	700	0,35	5- 10
		800	0,40	“
		900	0,44	“
		1000	0,50	“
		1200	0,57	“
		1400	0,70	“
		1600	0,79	5- 25
		1800	0,99	“
		2000	1,10	“
		2200	1,30	“
7.3	Gaz beton duvar blokları ile duvarlar (TS 453'e uygun)			

7.3.1	Normal derz kalınlığında ve normal harçla yerleştirilmiş bloklarla duvarlar	400	0,20	5- 10
		450	0,21	“
		500	0,22	“
		550	0,23	“
		600	0,24	“
		650	0,25	“
		700	0,27	“
		800	0,29	“
7.3.2	İnce derzli (derz kalınlığı $\leq$ 3 mm) veya özel yapıştırıcısıyla yerleştirilmiş bloklarla duvarlar (blok uzunluğunun en az 500 mm olması şartıyla)	350	0,11	5- 10
		400	0,13	“
		450	0,15	“
		500	0,16	“
		550	0,18	“
		600	0,19	“
		650	0,21	“
		700	0,22	“
		750	0,24	“
		800	0,25	“
7.4	Beton briket veya duvar blokları ile duvarlar			
7.4.1	Hafif betondan dolu briket veya dolu bloklarla duvarlar (TS 406'ya uygun ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış briket ve bloklarla) [5)]			
		450	0,31	5- 10
		500	0,32	“

		550	0,33	“
		600	0,34	“
		650	0,35	“
		700	0,37	“
		800	0,40	“
		900	0,43	“
		1000	0,46	“
		1200	0,54	“
		1400	0,63	“
		1600	0,74	10- 15
		1800	0,87	“
		2000	0,99	“
	Doğal bims betondan dolu bloklarla duvarlar			
7.4.2	(TS 2823'e uygun DDB türü bloklarla, kuvars kumu katılmaksızın yapılmış)			
		450	0,28	5- 10
		500	0,29	“
		550	0,30	“
		600	0,31	“
		650	0,32	“
		700	0,33	“
		800	0,36	“
		900	0,39	“
		1000	0,42	“
		1200	0,49	“
		1400	0,57	“
		1600	0,62	“
		1800	0,68	“
		2000	0,74	“

7.4.3	Kuvars kumu katılmaksızın doğal bimsle yapılmış betondan özel yarıklı dolu duvar bloklarıyla duvarlar (TS 2823'e uygun SW türü bloklarla)			
	Uzunluk ≥ 490 mm			
		500	0,20	5- 10
		600	0,22	"
	240 mm ≤Uzunluk < 490 mm	700	0,25	"
		800	0,28	"
		500	0,22	5- 10
		600	0,24	"
	Genleştirilmiş perlit betonundan dolu bloklarla duvarlar (kuvartz kumu katılmaksızın yapılmış bloklarla) (TS 3681'e uygun agregayla TS 406'ya uygun olarak yapılmış bloklarla [6]	700	0,28	"
		800	0,31	"
7.4.4				
		500	0,26	5- 10
		600	0,29	"
	Boşluklu briket veya bloklarla duvarlar			
		700	0,32	"
	Hafif betondan boşluklu bloklarla duvarlar (kuvars kumu			

	katılmaksızın TS 2823 uygun BDB türü bloklarla)			
		800	0,35	“
	1 sıra boşluklu; genişlik 115 mm,			
7.5	1 sıra boşlıklu; genişlik 150 mm,			
	1 sıra boşlıklu; genişlik 175 mm,			
7.5.1	2 sıra boşluklu; genişlik $\leq$ 240 mm ,			
	3 sıra boşluklu; genişlik $\leq$ 300 mm,			
	4 sıra boşluklu; genişlik $\leq$ 365 mm,			
	5 sıra boşluklu genişlik $\leq$ 490 mm,			
7.5.1.1	6 sıra boşluklu; genişlik $\leq$ 490 mm	450	0,28	5- 10
	olan bloklarda	500	0,29	“
		550	0,31	“
		600	0,32	“
		650	0,34	“
		700	0,36	“
		800	0,41	“
		900	0,46	“
		1000	0,52	“
		1200	0,60	“
		1400	0,72	“
		1600	0,76	“
7.5.1.2	2 sıra boşlıklu; genişlik < 240 mm,	450	0,23	5- 50
		500	0,25	“
	2 sıra boşluklu; genişlik = 300 mm,	550	0,27	“
		600	0,28	“
	3 sıra boşluklu; genişlik = 365 mm,	650	0,30	“
		700	0,32	“
	4 sıra boşluklu; genişlik < 365 mm,	800	0,36	“

		900	0,40	“
	5 sıra boşluklu; genişlik < 490 mm	1000	0,52	“
		1200	0,60	“
	olan bloklarda	1400	0,72	“
		1600	0,75	“
7.5.2	Normal betondan boşluklu briket ve bloklarla duvarlar (TS 406'ya uygun)			
7.5.2.1	2 sıra boşluklu; genişlik ≤ 240 mm ,			
	3 sıra boşluklu; genişlik ≤ 300 mm,			
	4 sıra boşluklu; genişlik ≤ 365 mm,	≤1800	0,92	20- 30
	olan bloklarda			
7.5.2.2	2 sıra boşluklu; genişlik = 300 mm,			
	3 sıra boşluklu; genişlik = 365 mm,	≤ 1800	1,3	20- 30
	olan bloklarda			
7.6	Doğal taşlarla örülmüş moloz taş duvarlar			
	Taşın birim hacim kütlesi ;			
	< 1600 kg/m^3		0,81	

	≥ 1600,< 2000 kg/m^3		1,16	
	≥ 2000,< 2600 kg/m^3		1,74	
	≥ 2600 kg/m^3		2,56	
8	**Ahşap ve ahşap mamulleri**			
8.1	Ahşap			
8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	600	0,13	40
8.1.2	Kayın, meşe, dişbudak	800	0,20	“
8.2	Ahşap mamulleri			
8.2.1	Kontrplâk (TS 46), kontrtabla (TS 1047)	800	0,13	50- 400
8.2.2	Ahşap yonga levhalar			
8.2.2.1	Yatık yongalı levhalar (TS 180, TS 1617)	700	0,13	50- 100
8.2.2.2	Dik yongalı levhalar (TS 3482)	700	0,17	20
8.2.3	Odun lifi levhalar			
8.2.3.1	Sert ve orta sert odun lifi levhalar (TS 64)	600	0,13	70
		800	0,15	“
		1000	0,17	“

8.2.3.2	Hafif odun lifi levhalar	≤ 200	0,046	5
		≤ 300	0,058	"
9	**Kaplamalar**			
9.1	Döşeme kaplamaları			
9.1.1	Linolyum	1200	0,17	800- 1000
9.1.2	Mantarlı linolyum	700	0,08	
9.1.3	Sentetik malzemeden kaplamalar			
	(örneğin PVC)	1500	0,23	
9.1.4	Halı vb. kaplamalar	200	0,06	
9.2	Suya karşı yalıtım kaplamaları			
9.2.1	Mastik asfalt kaplama ≥ 7 mm	2000	0,70	
9.2.2	Bitüm ve bitüm emdirilmiş kaplamalar			
9.2.2.1	Armatürlü bitümlü pestiller (membranlar)			2000
	Bitümlü karton	1100	0,19	14000
	Cam tülü armatürlü bitümlü pestil	1200	0,19	100000
	0,01 mm Al. Folyolu bitümlü pestil	900	0,19	14000
	Cam tülü armatürlü polimer bitümlü membran	2000	0,19	20000
	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	2000- 5000	0,19	

9.2.3	Armatürlü veya armatürsüz plâstik pestil ve folyolar			
	Polietilen folyo	1000	0,19	80000
	PVC örtü	1200	0,19	42000
	PIB polyisobütilen örtü	1600	0,26	300000
	ECB etilen kopolimer örtü	1000	0,19	80000
	EPDM etilen propilen kauçuk örtü	1200	0,30	100000
10	**Isı yalıtım malzemeleri**			
10.1	Ahsap yünü levhalar TS EN 1317116)			
	Kalınlık d < 25 mm	460- 650	0,150	2- 5
	Kalınlık d h 25 mm			
	Isıl iletkenlik grupları			
	065		0,065	
	070		0,070	
	075		0,075	2- 5
	080	360- 460	0,080	
	085		0,085	
	090		0,090	
10.2	Yerinde imal edilmis köpük malzemeler			
10.2.1	Poliüretan (PUR) - (DIN 18159-1'e uygun)			
	Isıl iletkenlik grupları			
	035		0,035	
	040	> 45	0,040	
10.2.2	Reçine - formaldehit köpügü (UF) – (DIN 18159-			
	2'ye uygun)			
	Isıl iletkenlik grupları			
	035		0,035	
	040	$\geq$ 10	0,040	
10.3	Sentetik köpük malzemeler			
10.3.1	Ekspande polistiren köpük (PS) levhalar			

10.3.1.1	Polistiren – Parçacıklı köpük - TS 7316 EN 13163'e uygun			
	Isıl iletkenlik grupları	≥ 15		20- 50
	035	≥ 20	0,035	30- 70
	040	≥ 30	0,040	40- 100
10.3.2	Ekstrüde polistiren köpük (XPS) levhalar			
10.3.2.1	Ekstrüde polistiren köpügü - TS 11989 EN 13164'e uygun			
	Isıl iletkenlik grupları	≥ 25	0,030	80- 250
	030		0,035	
	035		0,040	
	040			
10.3.2.2	Ekstrüde polistiren köpügü -TS 11989 EN 13164'e uygun - Bina su yalıtımının dıs tarafinda 8) örnegin çatı örtüsünün 9)			
	Isıl iletkenlik grupları	≥ 30	0,030	80- 250
	030		0,035	
	035		0,040	
	040			
10.3.3	Poliüretan sert köpük (PUR) levhalar			30- 100
10.3.3.1	Poliüretan sert köpük TS 2193, TS 10981 ve TS EN 13165'e uygun			
	Isıl iletkenlik grupları		0,025 [15)]	30- 100
	025		0,030	
	030		0,035	
	035		0,040	
	040			
10.4	Fenol reçinesinden sert köpük (PF) levhalar			

10.4.1	Fenolik sert köpük - TS EN 13166'ya uygun			
	Isıl iletkenlik grupları			
	030		0,030	10- 50
	035	≥ 30	0,035	
	040		0,040	
	045		0,045	
10.5	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri (cam yünü, tas yünü vb.) TS 901 EN 13162 10) 'ye uygun			
	Isıl iletkenlik grupları			
	035		0,035	1
	040	8- 500	0,040	
	045		0,045	
	050		0,050	
10.6	Cam köpüğü			
10.6.1	Cam köpüğü TS EN 13167'ye uygun			
	Isıl iletkenlik grupları			
	045		0,045	
	050	100- 150	0,050	11)
	055		0,055	
	060		0,060	
10.6.2	Cam köpügü - bina su yalıtımının dıs tarafında			
	Isıl iletkenlik grupları			
	045		0,045	
	050	110- 150	0,050	11)
	055		0,055	
10.7	Ahsap lifli ısı yalıtım levhaları - TS EN 13168'e uygun			

	Isıl iletkenlik grupları			
	035		0,035	
	040		0,040	
	045		0,045	
	050	110- 450	0,050	5
	055		0,055	
	060		0,060	
	065		0,065	
	070		0,070	
10.8	Mantar yalıtım malzemeleri			
	Mantar levhalar - TS 304 EN 13170'e uygun			
	Isıl iletkenlik grupları			
	045		0,045	
	050	80- 500	0,050	5- 10
	055		0,055	

EK AÇIKLAMALAR

1) Bu Ek'te verilen birim hacim kütleleri, bir yapı malzeme veya bileşeninin gerçek birim hacim kütlesinden farklı olabilir. Bu gibi durumlarda göz önünde bulundurulacak ısı iletim kabiliyeti hesap değeri, esas malzemenin (mesela, tuğla duvarda tuğlanın) kuru durumdaki birim hacim kütlesine (varsa içindeki boşluk ve delikler dahil birim hacim kütlesi) en yakın, ancak ondan daha büyük olan birim hacim kütlesi için verilen değerdir. Bir malzeme veya bilesen için sadece bir birim hacim kütlesine bağlı olarak daha düşük veya aynı ısı iletim kabiliyeti hesap değeri verilmişse, malzeme veya bileşenin gerçek birim hacim kütlesi farklı da olsa bu ek'teki daha düşük olmayan değer geçerlidir. Gerektiğinde, yapı malzeme veya bileşenlerinin birim alan kütlelerinin hesabında da bu ek'teki birim hacim kütleleri yukarıdaki esaslara göre göz önünde bulundurulur.

2) 10 sıra numaralı "ısı yalıtım malzemeleri" bölümünde parantez içinde verilen yoğunluk değerleri sadece birim alana tekabül eden kütlenin belirlenmesi amacıyla verilmiştir (örneğin, yaz şartlarında yapılan ısı korumanın doğrulanması durumunda).

3) Bazı gevsek dokulu malzemeler kullanıldığı yerlerde, üzerine gelen yükler sonucu sıkışabilirler (örneğin döşeme kaplaması altındaki gevsek dokulu yalıtım tabakaları gibi). Bu gibi durumlarda malzemenin sıkışmış olarak birim hacim kütlesi, bu malzeme için bu ek'te verilen birim hacim kütlesi değerinden daha büyük değilse, verilen ısıl

iletkenlik hesap değerleri aynen geçerlidir. Ancak yapılacak ısıl geçirgenlik direnci hesaplarında, malzemenin sıkışmış durumdaki kalınlığının göz önünde bulundurulması gerekir. Ayrıca, gevşek dokulu veya sıkışabilir malzemeler üzerine yapılacak kaplamaların, üzerlerine gelecek sabit ve hareketli yükleri, zarar görmeden taşıyacak şekilde seçilmesine ve uygulanmasına özen gösterilmelidir.

4) μ değerlerinin kullanımı ile ilgili olarak malzeme imalâtçısının TSE belgeli tek değer olarak beyanı yok ise, yapı bileşenleri için her durumda verilen aralık değerlerinden küçük olanı alınır ve hesaba katılır. İlave olarak, bina kabuğunun dış tarafında yer alan malzemeler için μ değeri olarak verilen büyük değer alınabilir. Yapı konstrüksiyonu için uygun olmayan değerler her defasında göz ardı edilir.

5) TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunlugu 1000 kg/m^3' ün altında olan hafif örgü harcı kullanılması durumunda, bu ek'te; TS 406 kapsamında yer alan briket ve bloklarla yapılan duvarlar için verilen ısıl iletkenlik hesap değerleri 0,06 W/mK kadar azaltılabilir.

6) Kuvartz kumu katılmadan yapılmış beton elemanlar için verilen ısıl iletkenlik hesap değerleri, kuvartz kumu katılması durumunda % 20 arttırılarak uygulanır.

7) Bir yapı bileşeni veya elemanı birden fazla, değişik ısıl iletkenlik hesap değerine sahip malzemeden meydana geliyorsa, o yapı bileşeni veya elemanının ısıl iletkenliği hesap değeri; her bir malzemenin kalınlıkları ve alan uzunlukları dikkate alınarak ısıl geçirgenlik dirençleri hesaplanır, böylece yüzey yüzde (%) veya uzunluk yüzde (%) oranlarına göre ortalama ısıl iletkenlik değerleri bulunur ve bileşen veya elemanın boyutlarına göre derz durumları da göz önünde bulundurularak hesaplanır.

8) TS 11989 EN 13164'te belirtilen özelliklere ilaveten, toprak temaslı perde duvar yalıtımında, WD12) veya WS13) tipi uygulamalarda aşağıdaki özellikler gereklidir:

- Isı yalıtım plakalarının her iki yüzü de zırhlı olmalıdır.
- Basma mukavemeti %10 sekil bozukluğunda > 0,30 N/mm^2 (300 kPa) olmalıdır.
- TS EN 12088'e göre difüzyonla su emme oranı 50°C ila 1°C arasında % 3'ten az olmalıdır.

9) TS 11989 EN 13164'te belirtilen özelliklere ilaveten, ters teras çatı yalıtımında, WD12) veya WS13) tipi uygulamalarda aşağıdaki özellikler gereklidir.

- Basma mukavemeti %10 sekil bozukluğunda > 0,30 N/mm^2 (300 kPa) olmalıdır.
- TS EN 12088'e göre difüzyonla su emme oranı 50°C ilâ 1°C arasında % 3'ten az olmalıdır.
- Isı yalıtım levhalarının kenar profili binili (lâmbalı) olmalıdır.

10) Ses yalıtım malzemelerinin ambalajlarının üzerinde ısıl iletkenlik grup değerleri verilmelidir.

11) Pratik buhar geçirmezliği değeri S_d 1500 m' dir (TS EN 12086 veya TS EN ISO 12572).

12) WD: Darbe ses yalıtımının aranmadığı yüke maruz kalan döşemelerde veya sıcak çatılarda nefes alan su yalıtım membranı altında kullanılan ısı yalıtım malzemeleri.

13) WS: Özel uygulamalar için yüke maruz kaldığında daha büyük dayanım değerlerine sahip olan ısı yalıtım malzemeleri (örneğin otopark katlarında).

14) Bu Ek'in 10'uncu maddesinde verilen ısıl iletkenlik grubu tayini ile belirlenecek olan malzemelerin ısıl iletkenlik hesap değerinin ara değerlerde olması halinde, kendisinden büyük olan ilk grupta olduğu varsayılır ve hesaba katılır.

15) Sadece iki tabaka arasına püskürtme metoduyla yapılan uygulamalar için kullanılır.

16) Kalınlığı 15 mm' den küçük olan ahşap yünü levhalar, ısıl iletkenlik hesaplamalarında dikkate alınmaz.

Ek 5: Derece- Gün Bölgelerine Göre Hesaplamalarda Kullanılacak Olan Ortalama Aylık Güneş Işınımı Şiddeti Değerleri (W/m^2)

		OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
1. Bölge	**I güney =**	73,18	83,34	91,84	80,26	91,15	94,78	92,26	90,43	85,60	80,70	67,20	65,60
	I kuzey =	27,45	38,25	53,72	66,74	79,55	83,32	81,29	73,62	58,33	41,67	28,31	24,02
	I ba/do =	44,32	57,88	78,21	90,21	115,05	122,45	118,45	106,12	81,68	60,38	42,82	38,74
2. Bölge	**I güney =**	71,87	85,09	96,61	84,24	93,29	94,88	93,29	94,60	90,47	83,38	66,80	63,57
	I kuzey =	24,56	35,42	51,30	65,33	79,12	83,44	81,17	72,58	56,29	39,02	25,58	21,22
	I ba/do =	41,46	55,75	76,88	89,18	113,96	121,19	117,28	105,22	80,59	58,61	40,39	35,83
3. Bölge	**I güney =**	73,12	83,49	92,18	80,51	91,25	94,73	92,28	90,68	85,93	80,91	67,20	65,49
	I kuzey =	27,25	38,05	53,55	66,64	79,52	83,33	81,29	73,55	58,19	41,48	28,12	23,82
	I ba/do =	44,13	57,73	78,11	90,13	114,96	122,35	118,36	106,05	81,60	60,26	42,66	38,54
4. Bölge	**I güney =**	72,24	84,77	95,59	83,31	92,70	94,72	92,93	93,60	89,39	82,85	66,96	64,10
	I kuzey =	25,18	36,03	51,83	65,64	79,23	83,42	81,21	72,82	56,74	39,59	26,17	21,82
	I ba/do =	42,10	56,22	77,17	89,38	114,16	121,42	117,50	105,39	80,82	59,00	40,93	36,48

Ek 6: Isıtma Enerjisi Limit Değerleri

A - En büyük ve en küçük $A_{top}/V_{brüt}$ oranları için ısıtma enerjisi değerleri

		$A_{top}/V_{brüt} \leq 0.2$ için	$A_{top}/V_{brüt} \geq 1.05$ için	
1. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{1.DG}$ =	19,2	56,7	kWh/m² yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{1.DG}$ =	5,2	18,2	kWh/m³ yıl
2. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{2.DG}$ =	38,4	97,9	kWh/m² yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{2.DG}$ =	12,3	31,3	kWh/m³ yıl
3. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{3.DG}$ =	51,7	116,5	kWh/m² yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{3.DG}$ =	16,6	37,3	kWh/m³ yıl
4. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{4.DG}$ =	67,3	137,6	kWh/m² yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{4.DG}$ =	21,6	44,1	kWh/m³ yıl

B - Bölgelere göre $A_{top}/V_{brüt}$ oranlarına bağlı olarak gereken Q 'nun hesaplanması

1. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{1.DG}$ =	44,1	$A_{top}/V_{brüt}$ +	10,4	[kWh/m² yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{1.DG}$ =	14,1	$A_{top}/V_{brüt}$ +	3,4	[kWh/m³ yıl]
2. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{2.DG}$ =	70	$A_{top}/V_{brüt}$ +	24,4	[kWh/m² yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{2.DG}$ =	22,4	$A_{top}/V_{brüt}$ +	7,8	[kWh/m³ yıl]
3. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{3.DG}$ =	76,3	$A_{top}/V_{brüt}$ +	36,4	[kWh/m² yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{3.DG}$ =	24,4	$A_{top}/V_{brüt}$ +	11,7	[kWh/m³ yıl]
4. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{4.DG}$ =	82,8	$A_{top}/V_{brüt}$ +	50,7	[kWh/m² yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{4.DG}$ =	26,5	$A_{top}/V_{brüt}$ +	16,3	[kWh/m³ yıl]

Ek 7: 30,9 ° C ile -20,9 ° C Sıcaklık Aralığındaki Doymuş Su Buharı Basınç Çizelgesi

	Doymuş su buharı basıncı (Pa)									
Sıcaklık (°C)	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
30	4244	4269	4294	4319	4344	4369	4394	4419	4445	4469
29	4006	4030	4053	4077	4101	4124	4148	4172	4196	4219
28	3781	3803	3826	3848	3871	3894	3916	3939	3961	3984
27	3566	3588	3609	3631	3652	3674	3695	3717	3793	3759
26	3362	3382	3403	3423	3443	3463	3484	3504	3525	3544
25	3169	3188	3208	3227	3246	3266	3284	3304	3324	3343
24	2985	3003	3021	3040	3059	3077	3095	3114	3132	3151
23	2810	2827	2845	2863	2880	2897	2915	2932	2950	2968
22	2645	2661	2678	2695	2711	2727	2744	2761	2777	2794
21	2487	2504	2518	2535	2551	2566	2582	2598	2613	2629
20	2340	2354	2369	2384	2399	2413	2428	2443	2457	2473
19	2197	2212	2227	2241	2254	2268	2283	2297	2310	2324
18	2065	2079	2091	2105	2119	2132	2145	2158	2172	2185
17	1937	1950	1963	1976	1988	2001	2014	2027	2039	2052
16	1818	1830	1841	1854	1866	1878	1889	1901	1914	1926
15	1706	1717	1729	1739	1750	1762	1773	1784	1795	1806
14	1599	1610	1621	1631	1642	1653	1663	1674	1684	1695
13	1498	1508	1518	1528	1538	1548	1559	1569	1578	1588
12	1403	1413	1422	1431	1441	1451	1460	1470	1479	1488
11	1312	1321	1330	1340	1349	1358	1367	1375	1385	1394
10	1228	1237	1245	1254	1262	1270	1279	1287	1296	1304
9	1148	1156	1163	1171	1179	1187	1195	1203	1211	1218
8	1073	1081	1088	1096	1103	1110	1117	1125	1133	1140
7	1002	1008	1016	1023	1030	1038	1045	1052	1059	1066
6	935	942	949	955	961	968	975	982	988	995
5	872	878	884	890	896	902	907	913	919	925
4	813	819	825	831	837	843	849	854	861	866
3	759	765	770	776	781	787	793	798	803	808
2	705	710	716	721	727	732	737	743	748	753
1	657	662	667	672	677	682	687	691	696	700
0	611	616	621	626	630	635	640	645	648	653
-0	611	605	600	595	592	587	582	577	572	567
-1	562	557	552	547	543	538	534	531	527	522
-2	517	514	509	505	501	496	492	489	484	480
-3	476	472	468	464	461	456	452	448	444	440
-4	437	433	430	426	423	419	415	412	408	405
-5	401	398	395	391	388	385	382	379	375	372
-6	368	365	362	359	356	353	350	347	343	340
-7	337	336	333	330	327	324	321	318	315	312
-8	310	306	304	301	298	296	294	291	288	286
-9	284	281	279	276	274	272	269	267	264	262
-10	260	258	255	253	251	249	246	244	242	239
-11	237	235	233	231	229	228	226	224	221	219
-12	217	215	213	211	209	208	206	204	202	200
-13	198	197	195	193	191	190	188	186	184	182
-14	181	180	178	177	175	173	172	170	168	167
-15	165	164	162	161	159	158	157	155	153	152
-16	150	149	148	146	145	144	142	141	139	138
-17	137	136	135	133	132	131	129	128	127	126
-18	125	124	123	122	121	120	118	117	116	115
-19	114	113	112	111	110	109	107	106	105	104
-20	103	102	101	100	99	98	97	96	95	94

Ek 8: İllerin Aylık Ortalama Bağıl Nem Oranları (%)

İl/ İlçe Adı	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
ABANA	77	76	77	79	80	77	76	76	78	80	77	77
ADANA	66	64	65	68	67	68	71	71	65	62	66	68
ADIYAMAN	69	66	62	59	50	35	31	34	36	50	64	72
AFŞİN	79	75	69	61	59	52	46	48	53	64	74	79
AFYON	78	73	67	63	61	57	54	54	56	65	73	79
AĞRI	82	82	81	75	70	64	59	57	59	70	79	83
AKSARAY	70	66	61	58	56	51	47	46	49	58	66	71
AMASYA	68	62	58	58	57	55	54	55	57	62	67	70
ANKARA	76	71	65	62	59	55	49	48	52	62	72	78
ANTALYA	65	64	67	70	67	60	58	61	62	60	66	68
ARDAHAN	77	76	75	70	70	71	69	67	65	71	75	79
ARHAVİ	72	70	71	74	77	79	82	82	82	81	78	74
ARTVİN	64	63	61	60	63	66	70	71	67	66	64	65
AYDIN	70	67	65	63	57	49	51	56	57	62	68	73
AYVALIK	77	76	75	74	69	64	63	65	68	74	79	79
BALIKESİR	81	78	75	71	68	61	61	63	64	72	79	82
BARTIN	84	81	79	79	78	77	78	80	82	84	84	85
BATMAN	78	71	67	64	57	42	35	36	41	58	72	79
BAYBURT	72	71	67	61	60	58	54	54	53	62	69	73
BİLECİK	78	75	71	68	67	65	65	66	66	72	75	78
BİNGÖL	71	69	65	60	54	43	37	37	42	59	68	73
BİTLİS	77	77	75	70	64	55	51	53	55	67	75	79
BODRUM	64	63	63	63	59	52	50	54	56	61	65	67
BOLU	80	76	73	71	72	73	72	72	72	77	78	82
BOZKURT	80	80	80	80	81	80	79	79	80	82	79	80
BURDUR	74	69	65	62	58	51	46	46	51	59	70	77
BURSA	71	70	69	68	64	60	58	61	65	71	73	73
CİDE	74	72	72	75	76	74	75	76	77	77	74	72
ÇANAKKALE	84	81	81	81	78	73	69	70	74	78	83	84
ÇANKIRI	80	74	67	67	66	62	58	59	62	69	77	80
ÇATALZEYTİN	77	76	77	79	80	77	76	76	78	80	77	77
ÇORUM	78	73	68	67	67	64	61	62	63	69	75	79
DALAMAN	73	72	75	76	73	65	66	69	69	71	75	76
DATÇA	65	63	64	63	60	54	52	53	54	61	66	68
DENİZLİ	73	70	67	63	57	49	48	50	54	63	70	76
DİYARBAKIR	75	70	67	65	56	38	29	30	35	52	68	76
DOĞANYURT	71	72	72	66	74	71	75	73	74	77	72	69
DURSUNBEY	74	72	69	66	64	60	59	61	61	68	73	76
DÜZCE	81	75	72	71	71	70	72	73	74	78	79	81
EDİRNE	82	75	73	69	65	61	57	58	63	73	80	83
ELAZIĞ	75	72	66	60	55	43	36	36	41	59	72	76
ELBİSTAN	74	70	66	63	61	58	55	55	57	65	72	74
ERZİNCAN	75	72	66	60	59	54	50	51	54	68	75	77
ERZURUM	78	77	75	67	63	59	54	51	54	66	75	79
ESKİŞEHİR	79	75	69	66	64	61	57	58	61	68	74	80
FETHİYE	66	63	64	65	62	57	57	59	60	63	67	68

GAZİANTEP	75	72	68	66	59	50	47	50	53	62	73	77
GİRESUN	71	71	74	79	80	79	79	77	78	77	72	70
GÖKOVA	73	71	73	73	68	59	57	60	62	68	74	76
GÖKSUN	79	76	73	69	66	59	54	56	61	69	76	81
GÜMÜŞHANE	71	68	65	63	64	64	64	64	63	68	71	72
HAKKARİ	71	71	67	60	54	44	39	37	38	54	64	72
HATAY	75	71	70	71	70	71	73	73	69	66	71	76
HOPA	66	67	72	75	79	78	80	80	78	76	69	63
IĞDIR	66	59	50	48	49	45	43	45	50	62	65	68
İNEBOLU	77	76	77	79	80	77	76	76	78	80	77	77
ISPARTA	71	68	65	63	59	53	49	51	56	62	69	75
İSTANBUL	79	76	75	74	74	70	71	74	75	80	79	80
İZMİR	71	69	67	64	60	53	51	54	58	64	70	73
K.MARAŞ	70	66	62	60	56	53	54	55	53	58	68	73
KARABÜK	73	68	64	64	59	58	59	61	61	65	71	75
KARAMAN	76	73	67	59	57	51	46	47	51	61	71	77
KARS	82	81	81	74	73	72	72	69	67	73	80	83
KASTAMONU	75	71	66	66	65	64	60	61	65	71	76	78
KAYSERİ	77	74	68	63	63	58	52	52	55	64	72	77
KELEŞ	69	67	64	63	59	57	55	54	56	62	66	71
KIĞI	66	64	62	59	54	49	45	44	46	57	65	68
KİLİS	68	64	61	57	49	46	50	51	48	49	60	70
KIRIKKALE	79	74	67	65	62	58	54	53	56	65	75	80
KIRKLARELİ	79	75	73	69	66	64	60	63	66	73	78	80
KIRŞEHİR	79	75	69	67	63	58	53	53	56	65	75	80
KOCAELİ	78	75	74	72	71	69	71	73	73	78	78	78
KONYA	76	71	63	58	56	48	42	43	46	58	71	78
KORKUTELİ	68	66	63	61	58	50	46	48	51	58	67	71
KÖYCEĞİZ	68	66	66	65	59	50	50	54	56	62	69	72
KÜTAHYA	71	68	63	60	58	57	56	57	58	63	68	73
MALATYA	73	68	61	55	51	41	35	35	40	56	70	75
MANİSA	75	70	67	64	56	47	45	48	53	63	73	78
MARDİN	66	63	60	54	43	34	29	30	33	47	58	68
MARMARİS	73	71	73	73	68	59	57	60	62	68	74	76
MERSİN	68	68	70	73	75	77	78	76	69	65	66	68
MERZİFON	77	73	69	66	67	67	64	65	65	69	74	77
MESUDİYE	77	74	72	69	70	70	68	71	71	73	76	78
MİLAS	70	67	67	66	61	52	51	56	60	64	70	73
MUĞLA	76	73	71	69	63	53	49	51	56	65	75	80
MUŞ	80	79	77	69	62	51	42	40	45	64	77	82
NEVŞEHİR	70	69	63	60	58	54	52	51	51	59	66	71
NİĞDE	75	71	65	60	59	54	48	49	51	62	70	75
ORDU	68	69	72	75	72	72	72	72	72	74	71	69
OSMANİYE	64	61	62	63	62	61	65	63	58	59	63	68
POZANTI	66	63	64	64	60	59	59	57	56	61	66	68
PÜLÜMÜR	75	74	71	64	59	54	49	49	51	65	75	76
RİZE	75	74	76	76	77	77	79	79	80	81	78	76
SAKARYA	76	75	73	73	73	71	74	75	75	79	78	77
SAMSUN	68	70	74	80	80	77	74	74	75	76	71	68

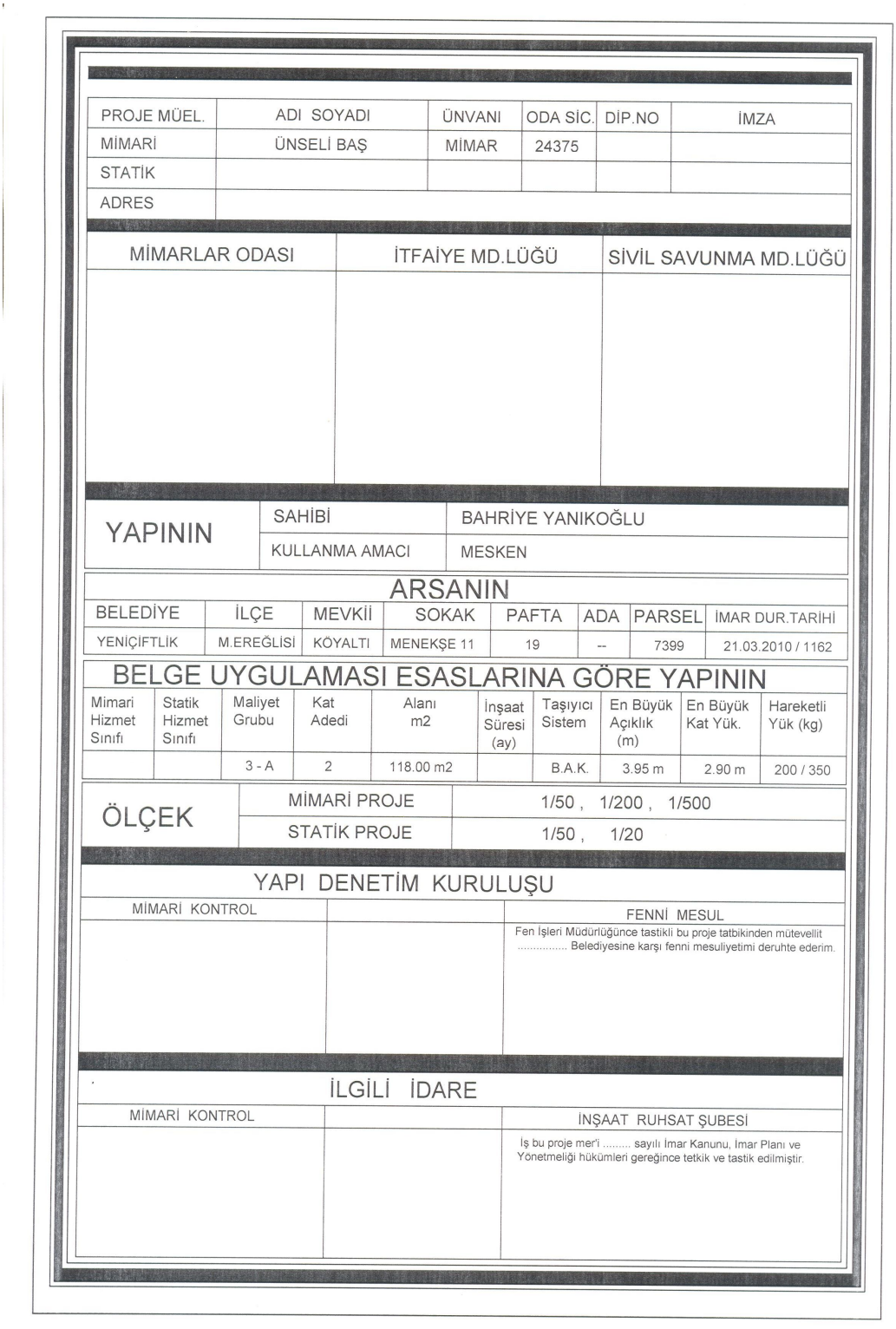
ŞANLIURFA	72	67	63	60	48	38	35	38	41	51	65	74
Ş.KARAHİSAR	71	68	64	60	61	60	57	56	56	63	69	73
SİİRT	73	67	64	59	51	37	30	29	34	51	65	74
SİNOP	72	72	75	78	78	76	77	76	75	75	75	73
ŞIRNAK	69	69	65	59	56	52	52	48	50	54	59	66
SİVAS	77	74	69	64	63	61	59	58	59	66	74	78
SOLHAN	75	74	71	64	57	47	40	40	43	59	70	77
TEKİRDAĞ	82	79	79	79	77	74	71	73	75	79	82	82
TOKAT	69	65	59	60	61	60	58	59	60	66	70	72
TOSYA	74	68	61	60	61	59	54	55	56	62	70	77
TRABZON	69	68	72	76	78	76	76	76	75	75	71	68
TUNCELİ	75	72	66	61	57	48	40	39	44	62	73	76
ULUDAĞ	72	73	71	69	63	62	59	59	61	65	71	77
ULUS	80	75	71	72	70	70	68	68	74	78	78	82
UŞAK	74	71	68	66	62	56	52	52	56	63	71	78
VAN	65	65	65	59	54	47	44	42	45	57	64	66
YALOVA	73	72	73	73	73	71	72	73	73	77	75	73
YOZGAT	80	78	74	70	68	65	61	60	61	69	77	81
ZONGULDAK	70	69	69	70	72	71	74	74	72	74	69	70

Ek 9: Pencerelerin Isı Geçiş Sayısı

Cam Tipi	U_H (W/m^2K)	U_f (W/m^2K)								
Tek Cam	5,7 3,3 3,1 2,9 2,7	1 4,8 2,9 2,8 2,6 2,4	1,4 4,8 3 2,8 2,7 2,5	1,8 4,9 3,1 2,9 2,8 2,6	2,2 5 3,2 3 2,8 2,7	2,6 5,1 3,3 3,1 3 2,8	3 5,2 3,4 3,2 3 2,9	3,4 5,2 3,4 3,3 3,1 3	3,8 5,3 3,5 3,4 3,2 3	7 5,9 4 3,9 3,7 3,6
Çift Cam	2,5 2,3 2,1 1,9 1,7 1,5 1,3 1,1 2,3 2,1 1,9 1,7 1,5	2,3 2,1 2 1,8 1,7 1,5 1,4 1,2 2,1 2 1,8 1,6 1,5	2,4 2,2 2,1 1,9 1,8 1,6 1,4 1,3 2,2 2 1,9 1,7 1,6	2,5 2,3 2,2 2 1,8 1,7 1,5 1,4 2,3 2,1 2 1,8 1,7	2,6 2,4 2,2 2,1 1,9 1,8 1,6 1,4 2,4 2,2 2 1,9 1,8	2,7 2,5 2,3 2,2 2 1,9 1,7 1,5 2,5 2,3 2,2 2 1,9	2,7 2,6 2,4 2,3 2,1 1,9 1,8 1,6 2,6 2,4 2,2 2,1 1,9	2,8 2,7 2,5 2,3 2,2 2 1,9 1, 7 2,6 2,5 2, 3 2,2 2	2,9 2,7 2,6 2,4 2,3 2,1 2 1,8 2,7 2,6 2,4 2,2 2,1	3,4 3,3 3,1 3 2,8 2,6 2,5 2,3 3,2 3,1 2,9 2,8 2,6
Üçlü Cam	1,3 1,1 0,9 0,7 0,5	1,4 1,2 1 ,9 0 0,7	1,4 1,3 1,1 1 0,8	1,5 1,4 1,2 1 0,9	1,6 1,4 1,3 1,1 1	1,7 1,5 1,4 1,2 1,1	1,8 1,6 1,5 1,3 1,2	1,9 1,7 1,6 1,4 1,2	2 1,8 1,6 1,5 1,3	2,5 2,3 2,2 2 1,8
U_H : Camın ısı geçiş sayısı										
U_f : Çerçevenin ısı geçiş sayısı										

Ek 10: Örnek Binanın Mimari Projesi

A) Proje Bilgileri



PROJE MÜEL.	ADI SOYADI	ÜNVANI	ODA SİC.	DİP.NO	İMZA
MİMARİ	ÜNSELİ BAŞ	MİMAR	24375		
STATİK					
ADRES					

MİMARLAR ODASI	İTFAİYE MD.LÜĞÜ	SİVİL SAVUNMA MD.LÜĞÜ

YAPININ		
	SAHİBİ	BAHRİYE YANIKOĞLU
	KULLANMA AMACI	MESKEN

ARSANIN

BELEDİYE	İLÇE	MEVKİİ	SOKAK	PAFTA	ADA	PARSEL	İMAR DUR.TARİHİ
YENİÇİFTLİK	M.EREĞLİSİ	KÖYALTI	MENEKŞE 11	19	--	7399	21.03.2010 / 1162

BELGE UYGULAMASI ESASLARINA GÖRE YAPININ

Mimari Hizmet Sınıfı	Statik Hizmet Sınıfı	Maliyet Grubu	Kat Adedi	Alanı m2	İnşaat Süresi (ay)	Taşıyıcı Sistem	En Büyük Açıklık (m)	En Büyük Kat Yük.	Hareketli Yük (kg)
		3 - A	2	118.00 m2		B.A.K.	3.95 m	2.90 m	200 / 350

ÖLÇEK		
	MİMARİ PROJE	1/50 , 1/200 , 1/500
	STATİK PROJE	1/50 , 1/20

YAPI DENETİM KURULUŞU

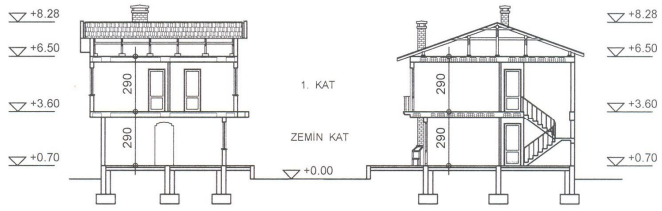
MİMARİ KONTROL		FENNİ MESUL
		Fen İşleri Müdürlüğünce tastikli bu proje tatbikinden mütevellit ..... Belediyesine karşı fenni mesuliyetimi deruhte ederim.

İLGİLİ İDARE

MİMARİ KONTROL		İNŞAAT RUHSAT ŞUBESİ
		İş bu proje mer'i ..... sayılı İmar Kanunu, İmar Planı ve Yönetmeliği hükümleri gereğince tetkik ve tastik edilmiştir.

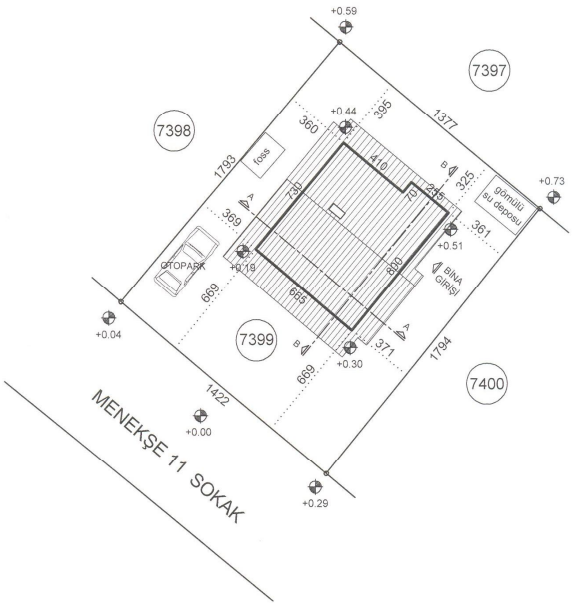
B) Vaziyet Planı

MAL SAHİBİ : BAHRİYE YANIKOĞLU
İLÇESİ : M.EREĞLİSİ
BELEDİYESİ : YENİÇİFTLİK
MEVKİİ : KÖYALTI
PAFTA NO : 19
ADA NO : --
PARSEL NO : 7399



A - A KESİTİ B - B KESİTİ





BİNA ALANI HESABI

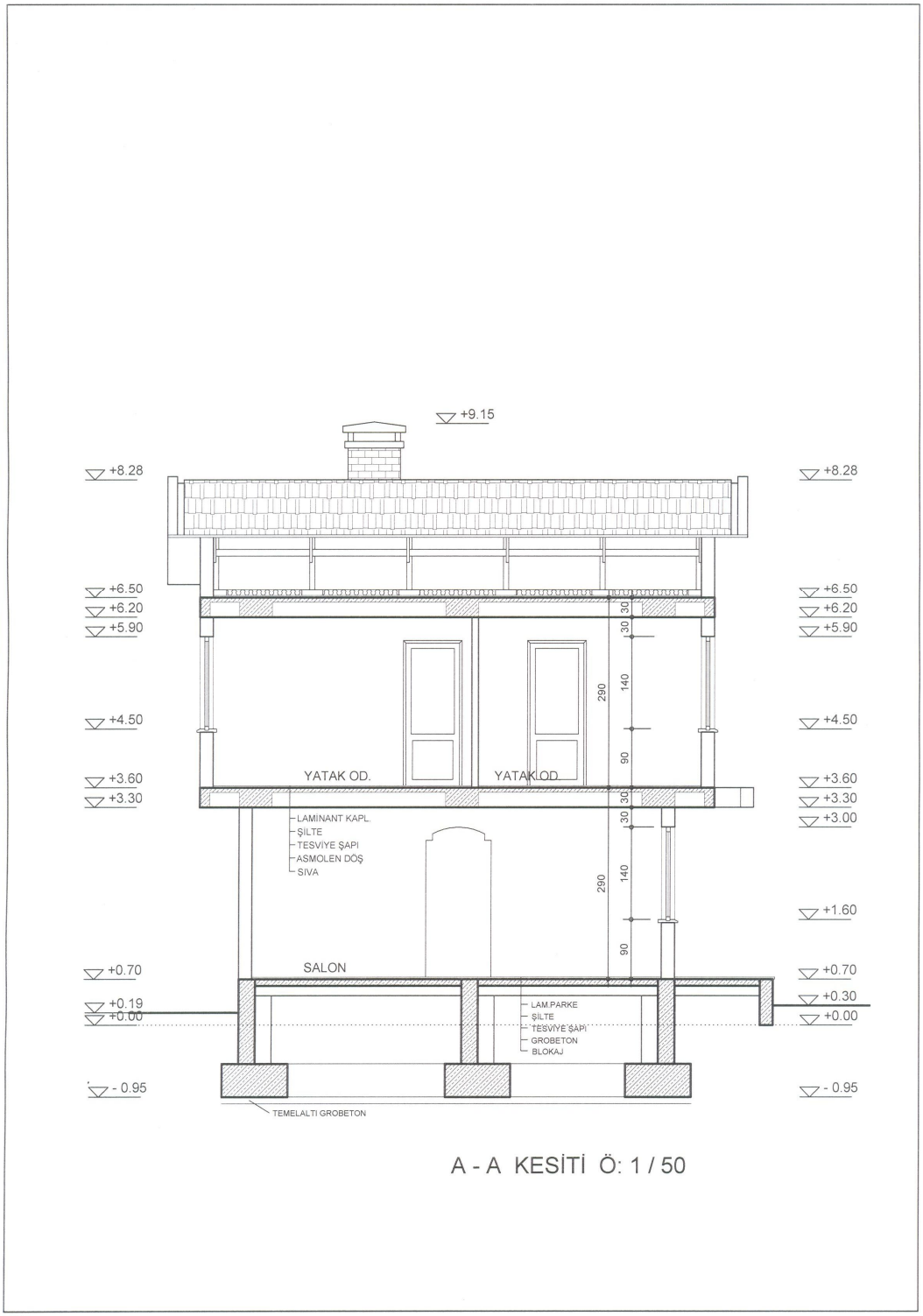
ZEMİN KAT : 50.20 m2
1. KAT : 67.80 m2
118.00 m2

TAKS HESABI

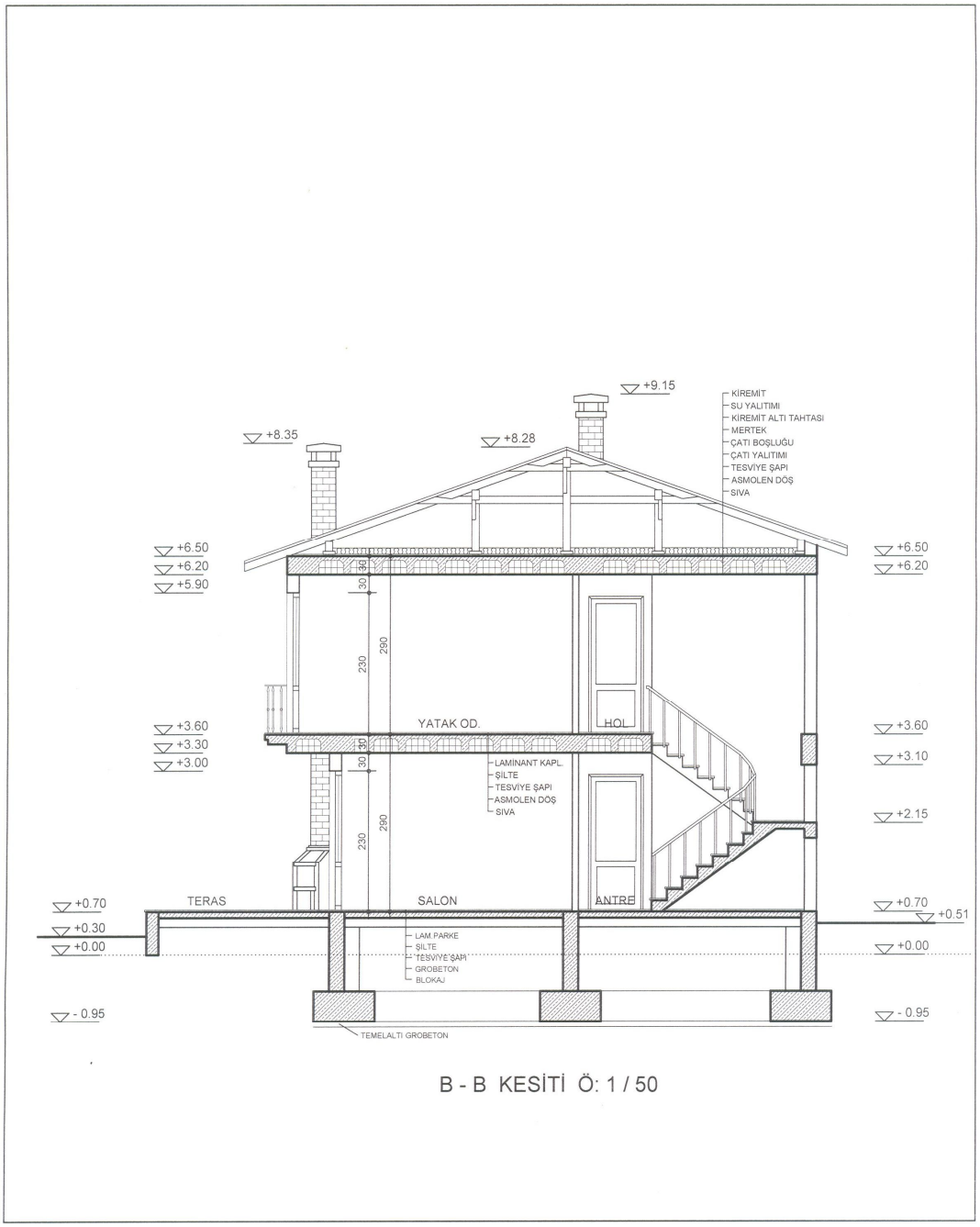
251.00 m2 x 0.20 = 50.20 m2
BİNA TAKS = 50.20 m2 = 50.20 m2

VAZİYET PLANI Ö: 1 / 200

C) A- A Kesiti


+9.15
+8.28
+6.50
+6.20
+5.90
+4.50
+3.60
+3.30
+3.00
+1.60
+0.70
+0.30
+0.19
+0.00
- 0.95
YATAK OD.
YATAK OD.
SALON
LAMİNANT KAPL.
ŞİLTE
TESVİYE ŞAPI
ASMOLEN DÖŞ
SIVA
LAM.PARKE
ŞİLTE
TESVİYE ŞAPI
GROBETON
BLOKAJ
TEMELALTI GROBETON
30
30
290
140
90
30
30
290
140
90
A - A KESİTİ Ö: 1 / 50

D) B- B Kesiti



B - B KESİTİ Ö: 1 / 50

Ek 11: Örnek Binanın C Tipi Enerji Kimlik Belgeli Durumdaki Yalıtım Şekli İçin Program ile Hesaplanmış Sonuçları

BİNA HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Bina Bilgileri

Projenin Adı	:	Bahriye Yanıkoğlu
Binanın Adı	:	
Ada/Parsel	:	19/ 7399
Sokak-No	:	
Semt	:	
İlçe / İl	:	M.Ereğlisi/Tekirdağ

Tasarım Bilgileri:

Brüt Hacim	:	342,20
Net Kullanım Alanı	:	109,5
Tavan Yüksekliği	:	< 2.6 m
İç Sıcaklık	:	19
Kat Adedi	:	2
Bina Tipi	:	Konut
Yakıt Türü	:	Kömür
Bölgesi	:	TEKİRDAĞ - 2
Havalandırma	:	Doğal
Pencere Alanı Oranı	:	%60'tan az

Proje Sorumlusu Bilgileri:

Adı Soyadı	:	Selin Engin
Mesleği	:	
Sicil No	:	
Kuruluşu	:	
Adresi	:	
Telefon	:	
Faks	:	
E-Posta	:	
Web Adresi	:	

(devam)

ISI İHTİYACI KİMLİK BELGESİ

Ada/Parsel : 19/ 7399
Binanın Tanımı : Bahriye Yanıkoğlu
Cadde ve Bina Numarası :
Semt/İlçe/İl : M.Ereğlisi, Tekirdağ
Kullanılacak Yakıt Türü : Kömür

			Müsaade Edilen Maksimum Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı			Hesaplanan Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı		
A_{top}	=	320,8 m^2	Q' =	----	kWh/m^3	Qyıl =	----	kWh/m^3
$V_{brüt}$	=	342,20 m^3						
A/V	=	0,94 m^{-1}	Q' =	90,02	kWh/m^2	Qyıl =	88,36	kWh/m^2
A_n	=	109,5 m^2						

Birim hacim veya birim alan başına tüketilecek yakıt miktarı [kg. m^2]
860 x Qyıl / (Yakıtın Kalorifik Değeri x Sistem Verimi) [Kcal / kg.m^2] = 15,08 [kg.m^2] yakıt

Önemli Not : Buradaki hesaplama sonucu elde edilen yakıt miktarı, binanın TS 825'teki kabullerine göre yalıtılması sonucu elde edilmektedir. Yerleşim birimlerindeki iklimsel koşullara göre değişiklik gösterebilecek olan bu değer her zaman gerçek tüketimi vermeyebilir.

A_{top} : Dış duvar, tavan, taban/döşeme, pencere, kapı. Dış ölçülere göre bulunur

$V_{brüt}$: Binayı çevreleyen dış kabuğun ölçülerine göre hesaplanan hacmidir. Birimi "m^3"tür.

A/V : Isı kaybeden toplam yüzeyin (A_{top}) ısıtılmış yapı hacmine ($V_{brüt}$)oranıdır. Birimi "m^{-1}" dir

Q' : A/V oranına bağlı olarak müsaade edilen maksimum yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacıdır. Birimi "kWh/m^2, kWh/m^3" tür.

Qyıl :Bu bina için hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı. Birimi "kWh/m^2, kWh/m^3" tür.

A_n :Binanın net kullanım alanıdır ($A_n = 0.32\ V_{brüt}$ formülü ile hesaplanır.)

Binanın Enerji Verimliliği Endeksi

C Tipi Bina	B Tipi Bina	A Tipi Bina
[X]	[ ]	[ ]
Normal Enerji Verimli Bina	İyi Enerji Verimli Bina	Süper Enerji Verimli Bina

Not : Qyıl/Q' < 0,99 veya ≥ 0,90 ise C tipi bina
Qyıl/Q' < 0,90 veya ≥ 0,80 ise B tipi bina
Qyıl/Q' < 0,80 ise A tipi bina

Düzenleyenler		Onay
Adı, Soyadı : Selin Engin Ünvanı : İmza:	Adı, Soyadı: Ünvanı: İmza:	

(devam)
Binanın Özgül Isı Kaybı Hesabı;

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri	Isı İletim Direnci	Isı Geçiş Sayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d (m)	λ_h (W/mK)	R (m^2K/W)	U (W/m^2K)	A (m^2)	A x U (W/K)
DH-1 Duvar (DışHavaTemaslı)							
$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (iç)			0,13			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1,0	0,02			
7.1.4.1.1	Normal harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	0,19	0,22	0,86			
10.3.2.2.2	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥30; ısıl iletkenlik grubu 035	0,05	0,035	1,43			
4.2	Çimento harcı	0,03	1,6	0,02			
$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,04			
TOPLAM				**2,5**	**0,4**	**156,26**	**62,5**
DH-2 Duvar (Dış Hava Temaslı)							
$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (iç)			0,13			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1,0	0,02			
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,3	2,5	0,12			
10.3.2.1.2	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥25; ısıl iletkenlik grubu 035	0,05	0,035	1,43			
4.2	Çimento harcı	0,03	1,6	0,02			
$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,04			
TOPLAM				**1,76**	**0,569**	**15,4**	**8,76**
CC-1 Tavan (Üzeri Çatılı)							
$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (iç)			0,13			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1,0	0,02			
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,12	2,5	0,05			
10.6.1.1	Cam köpüğü TS 901 EN 13167 e uygun; yoğunluk 100-150; ısıl iletkenlik grubu 045	0,1	0,045	2,22			
$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,08			
TOPLAM				**2,5**	**0,8x0,4**	**67,8**	**21,7**
TT-1 Taban (Toprak Temaslı)							
$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (iç)			0,17			
1.1.1	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	0,005	3,5	0			
4.6	Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,04			
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,02			
10.3.3.1.2	Poliüretan sert köpük - TS 2193, TS 10981, TS EN 13165 e uygun; yoğunluk ≥30; ısıl iletkenlik grubu 030	0,1	0,030	3,33			
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,02			
4.6	Çimento harçlı şap	0,02	1,4	0,01			
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,1	2,5	0,04			
5.1.2	Donatısız -Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış	0,1	1,65	0,06			

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri	Isı İletim Direnci	Isı Geçiş Sayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d (m)	λ_h (W/mK)	R (m^2K/W)	U (W/m^2K)	A (m^2)	A x U (W/K)
	betonlar						
$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0			
TOPLAM				**3,69**	**0,5x0,27**	**50,20**	**6,78**
PENCERE 1					**2**	**22.9**	**45,8**
KAPI 1					**4,0**	**2,30**	**9,2**
KAPI 2					**3,5**	**5,94**	**20,79**

İletim Yolu ile Gerçekleşen Isı Kaybı, H_i = 175,53 W/K
Havalandırma Yolu ile Gerçekleşen Isı Kaybı, H_v = 72,27 W/K
Binanın Toplam Isı Kaybı, $H = H_i + H_v$ = 247,8 W/K

(devam)
Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı;

Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazanci	Toplam			
	$H=H_i+H_v$	$T_i - T_d$	$H(T_i - T_d)$	Φ_i	Φ_g	$\Phi_T=\Phi_i+\Phi_g$	γ	η_{ay}	Q_{ay}
	(W/K)	(K,°C)	(W)	(W)	W	(W)	(-)	(-)	(kJ)
Ocak	248	16,1	3.990	548	370	918	0,23	0,987	7.992.626
Şubat	248	14,6	3.618	548	464	1.011	0,28	0,972	6.829.618
Mart	248	11,7	2.899	548	580	1.127	0,39	0,924	4.816.136
Nisan	248	6,2	1.536	548	610	1.157	0,75	0,735	1.777.985
Mayıs	248	1	248	548	731	1.279	5,16	(-)	
Haziran	248	Td yüksek	(-)	548	771	1.319	(-)	(-)	
Temmuz	248	Td yüksek	(-)	548	750	1.297	(-)	(-)	
Ağustos	248	Td yüksek	(-)	548	699	1.247	(-)	(-)	
Eylül	248	Td yüksek	(-)	548	584	1.131	(-)	(-)	
Ekim	248	4,9	1.214	548	469	1.017	0,84	0,697	1.310.395
Kasım	248	10,5	2.602	548	352	899	0,35	0,945	4.542.592
Aralık	248	15,2	3.767	548	324	871	0,23	0,987	7.534.729

Toplam $Q_{yıl} = \Sigma\ Q_{ay} = 34.804.081$ kJ
$Q_{yıl} = 0,278 \times 1/1000 \times 34.804.081 = 9.676$ kWh

Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı Q' = 90,02 kWh / m²
Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı Q = 88,36 kWh / m²

Q < Q' olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi TS 825 standardına uygundur.

(devam)
Pencere ve Kapı Alanı;

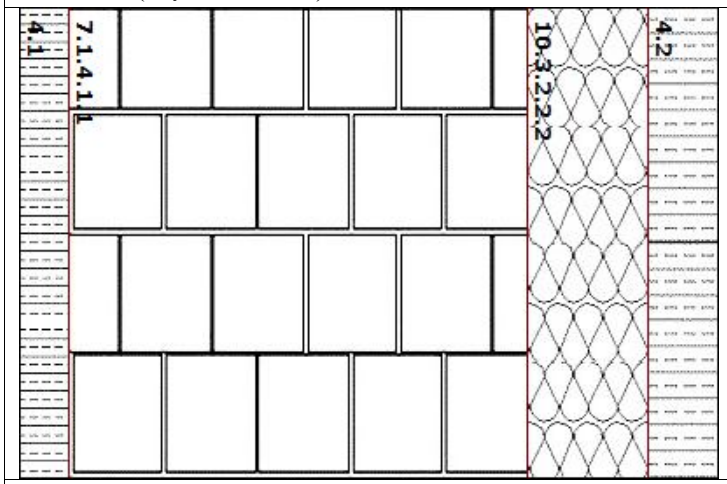
Pencerelerin Toplam Alanı : 22,9 m^2

PENCERE - 1			
Toplam Alan		**U - Değeri**	**Güneş Enerjisi Geçirme Faktörü (g)**
22.9 m^2		2 W/m^2K	<2W/m^2 K Üniteler (0,5)
Yönler		**Gölgelenme Faktörü**	
Güney	8,34 m^2	Ayrık Binalı Bölgeler (0,8)	
Kuzey	4,06 m^2	Ayrık Binalı Bölgeler (0,8)	
Doğu	4,20 m^2	Ayrık Binalı Bölgeler (0,8)	
Batı	6,30 m^2	Ayrık Binalı Bölgeler (0,8)	

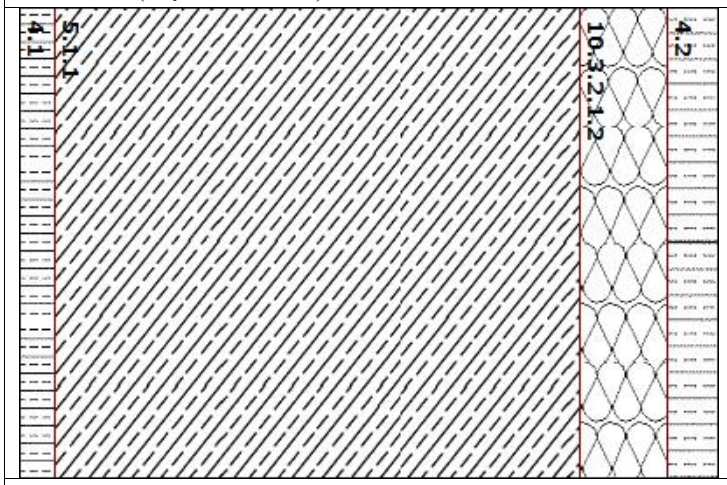
Kapıların Toplam Alanı : 8,24 m^2

KAPI - 1	
Toplam Alan	**U - Değeri**
2,30 m^2	Metal - Isı Yalıtımlı, Dış(4,0) W/m^2K
KAPI - 2	
Toplam Alan	**U - Değeri**
5,94 m^2	Ağaç - Plastik, Dış(3,5) W/m^2K

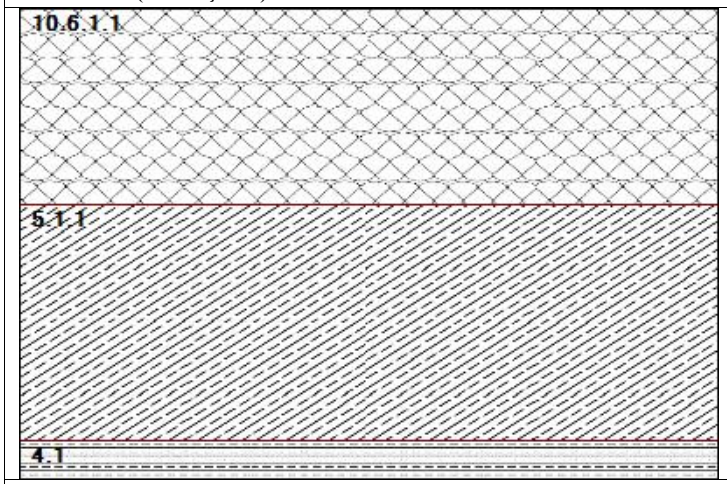
(devam)

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı Elemanının Kalınlığı	Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri	Isı Geçiş Direnci	Isı Geçiş Sayısı
			d (m)	λ_h (W/mK)	R (m^2K/W)	U (W/m^2K)
DH-1 Duvar (Dış Hava Temaslı)						
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim sayısı (iç)			0,13	
	4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1,0	0,02	
	7.1.4.1.1	Normal harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	0,19	0,22	0,86	
	10.3.2.2.2	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥30; ısıl iletkenlik grubu 035	0,05	0,035	1,43	
	4.2	Çimento harcı	0,03	1,6	0,02	
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim sayısı (dış)			0,04	
TOPLAM					**2,5**	**0,4**

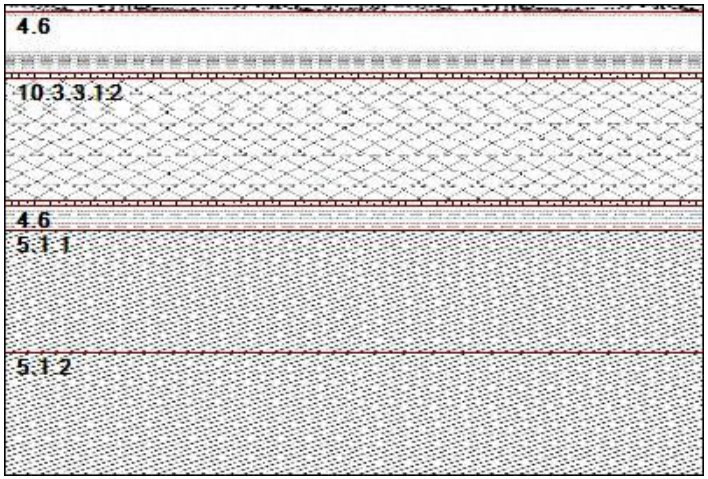
(devam)

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı Elemanının Kalınlığı	Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri	Isı Geçiş Direnci	Isı Geçiş Sayısı
			d (m)	λ_h (W/mK)	R (m^2K/W)	U (W/m^2K)
DH-2 Duvar (Dış Hava Temaslı)						
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim sayısı (iç)			0,13	
	4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1,0	0,02	
	5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,3	2,5	0,12	
	10.3.2.1.2	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥25; ısıl iletkenlik grubu 035	0,05	0,035	1,43	
	4.2	Çimento harcı	0,03	1,6	0,02	
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim sayısı (dış)			0,04	
TOPLAM					**1,76**	**0,569**

(devam)

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı Elemanının Kalınlığı	Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri	Isı Geçiş Direnci	Isı Geçiş Sayısı
			d (m)	λ_h (W/mK)	R (m^2K/W)	U (W/m^2K)
CC-1 Tavan (Üzeri Çatılı)						
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim sayısı (dış)			0,08	
	10.6.1.1	Cam köpüğü TS 901 EN 13167 e uygun; yoğunluk 100-150; ısıl iletkenlik grubu 045	0,1	0,045	2,22	
	5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,12	2,5	0,05	
	4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1,0	0,02	
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim sayısı (iç)			0,13	
TOPLAM					**2,5**	**0,8x0,4**

(devam)

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı Elemanının Kalınlığı	Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri	Isı Geçiş Direnci	Isı Geçiş Sayısı
			d (m)	λ_h (W/mK)	R (m^2K/W)	U(W/m^2K)
TT-1 Taban (Toprak Temaslı)						
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim sayısı (iç)			0,17	
	1.1.1	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	0,005	3,5	0	
	4.6	Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,04	
	9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,02	
	10.3.3.1.2	Poliüretan sert köpük - TS 2193, TS 10981, TS EN 13165 e uygun; yoğunluk ≥30; ısıl iletkenlik grubu 030	0,1	0,030	3,33	
	9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,02	
	4.6	Çimento harçlı şap	0,02	1,4	0,01	
	5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,1	2,5	0,04	
	5.1.2	Donatısız -Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,1	1,65	0,06	
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim sayısı (dış)			0	
TOPLAM					**3,69**	**0,5x0,27**

(devam)
Havalandırma Raporu;

Havalandırma Tipi	Doğal Havalandırma
Havalandırılan hacim	273.76 m^3
Hava Değişim Katsayısı (n_h)	0.8 h^{-1}
Havalandırma Kayıpları (H_v)	72,27264 W/K

(devam)
Yapı Elemanın Madde Fiziki Değerleri Çizelgesi;

A) Duvar (Dış Hava Temaslı) DH - 1

Sütun	1	2	3	4	5	6	7	8
No.	**Tabaka**	**Tabaka Kalınlığı**	**Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı**	**Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı**	**Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (kümülatif)**	**Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri**	**Yüzeysel Isı Geçiş Direnci, Malzemenin Isı Direnci**	**Yüzeysel Isı Geçiş Direnci, Malzemenin Isı Direnci (kümülatif)**
		d (m)	**μ**	**S_d (m)**	**S_{dT} (m)**	**λ_h (W/mK)**	**R (m^2K/W)**	**Rt (m^2.K/W)**
-	İçeri Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,25	0,25
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	15	0,3	0,3	1,0	0,02	0,27
7.1.4.1.1	Normal harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	0,19	8	1,52	1,82	0,22	0,864	1,13
10.3.2.2.2	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥30; ısıl iletkenlik grubu 035	0,05	150	7,5	9,32	0,035	1,429	2,56
4.2	Çimento harcı	0,03	15	0,45	9,77	1,6	0,019	2,58
-	Dışarı Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,04	2,62

U Değeri= 0.38 W/m^2K

B) Duvar (Dış Hava Temaslı) DH - 2

Sütun	1	2	3	4	5	6	7	8
No.	**Tabaka**	**Tabaka Kalınlığı**	**Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı**	**Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı**	**Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (kümülatif)**	**Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri**	**Yüzeysel Isı Geçiş Direnci, Malzemenin Isı Direnci**	**Yüzeysel Isı Geçiş Direnci, Malzemenin Isı Direnci (kümülatif)**
		d (m)	**μ**	**S_d (m)**	**S_{dT} (m)**	**λ_h (W/mK)**	**R (m^2K/W)**	**Rt (m^2K/W)**
-	İçeri Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,25	0,25
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	15	0,3	0,3	1,0	0,02	0,27
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,3	100	30	30,3	2,5	0,12	0,39
10.3.2.1.2	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥25; ısıl iletkenlik grubu 035	0,05	150	7,5	37,8	0,035	1,429	1,82
4.2	Çimento harcı	0,03	15	0,45	38,25	1,6	0,019	1,84
-	Dışarı Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,04	1,88

U Değeri= 0.53 W/m^2K

C) Tavan (Üzeri Çatılı) CC - 1

Sütun	1	2	3	4	5	6	7	8
No.	**Tabaka**	**Tabaka Kalınlığı**	**Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı**	**Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı**	**Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (kümülatif)**	**Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri**	**Yüzeysel Isı Geçiş Direnci, Malzemenin Isı Direnci**	**Yüzeysel Isı Geçiş Direnci, Malzemenin Isı Direnci (kümülatif)**
		d (m)	**μ**	**S_d (m)**	**S_{dT} (m)**	**λ_h (W/(mK)**	**R (m^2K/W)**	**Rt (m^2K/W)**
-	İçeri Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,25	0,25
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	15	0,3	0,3	1,0	0,02	0,27
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,12	100	12	12,3	2,5	0,048	0,32
10.6.1.1	Cam köpüğü TS 901 EN 13167 e uygun; yoğunluk 100-150; ısıl iletkenlik grubu 045	0,1	1500	150	162,3	0,045	2,222	2,54
-	Dışarı Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,04	2,58

U Değeri= 0.39 W/m^2K

D) Taban (Toprak Temaslı) TT - 1

Sütun	1	2	3	4	5	6	7	8
No.	**Tabaka**	**Tabaka Kalınlığı**	**Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı**	**Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı**	**Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (kümülatif)**	**Isı İletim Kabiliyeti Hesap Değeri**	**Yüzeysel Isı Geçiş Direnci, Malzemenin Isı Direnci**	**Yüzeysel Isı Geçiş Direnci, Malzemenin Isı Direnci (kümülatif)**
		d (m)	**μ**	**S_d (m)**	**S_{dT} (m)**	**λ_h (W/(mK)**	**R (m^2K/W)**	**Rt (m^2K/W)**
-	İçeri Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,25	0,25
1.1.1	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb,)	0,005	10000	50	50	3,5	0,001	0,25
4.6	Çimento harçlı şap	0,05	15	0,75	50,75	1,4	0,036	0,29
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	20000	80	130,75	0,19	0,021	0,31
10.3.3.1.2	Poliüretan sert köpük - TS 2193, TS 10981, TS EN 13165 e uygun; yoğunluk ≥30; ısıl iletkenlik grubu 030	0,1	60	6	136,75	0,030	3,333	3,64
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	20000	80	216,75	0,19	0,021	3,66
4.6	Çimento harçlı şap	0,02	15	0,3	217,05	1,4	0,014	3,68
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,1	100	10	227,05	2,5	0,04	3,72
5.1.2	Donatısız - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,1	100	10	237,05	1,65	0,061	3,78
-	Dışarı Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0	3,78

U Değeri= 0.26 W/m^2K

(devam)
Yapı Elemanındaki Basınç ve Sıcaklık Dağılımı Çizelgeleri;

A) Duvar (Dış Hava Temaslı) DH - 1

İç Sıcaklık - θ_i(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_i(%) =65

	EYLÜL		EKİM		KASIM		ARALIK		OCAK		ŞUBAT	
	Sıcaklık dağılımı (°C)	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**
İç Ortam	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339
İç Yüzey	19.99	2337	19.44	2259	18.9	2184	18.46	2125	18.37	2113	18.51	2132
1Ara Yüzey	19.99	2337	19.4	2253	18.81	2172	18.34	2109	18.24	2096	18.39	2116
2Ara Yüzey	19.96	2333	17.46	1996	15.02	1709	13	1499	12.6	1461	13.25	1524
3Ara Yüzey	19.91	2326	14.24	1625	8.75	1131	4.17	824	3.28	774	4.75	859
Dış Yüzey	19.91	2326	14.2	1621	8.67	1124	4.05	817	3.16	768	4.64	852
Dış Ortam	19.9	2324	14.1	1611	8.5	1112	3.8	803	2.9	754	4.4	838
Sonuçlar												

Duvar (Dış Hava Temaslı) DH – 1 (devam)

İç Sıcaklık - θ_t(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_t(%) =65

	MART		NİSAN		MAYIS		HAZİRAN		TEMMUZ		AĞUSTOS	
	Sıcaklık dağılımı (°C)	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**
İç Ortam	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339
İç Yüzey	18.79	2169	19.31	2241	19.81	2311	20.24	2374	20.47	2407	20.41	2399
1Ara Yüzey	18.69	2156	19.26	2234	19.79	2309	20.26	2377	20.51	2413	20.44	2403
2Ara Yüzey	14.5	1653	16.89	1925	19.13	2216	21.08	2499	22.12	2663	21.86	2621
3Ara Yüzey	7.58	1044	12.97	1497	18.04	2070	22.44	2715	24.79	3127	24.2	3019
Dış Yüzey	7.49	1038	12.92	1492	18.03	2069	22.46	2719	24.83	3135	24.23	3024
Dış Ortam	7.3	1024	12.8	1480	18	2065	22.5	2725	24.9	3148	24.3	3037
Sonuçlar												

B) Duvar (Dış Hava Temaslı) DH - 2

İç Sıcaklık - θ_t(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_t(%) =65

	EYLÜL		EKİM		KASIM		ARALIK		OCAK		ŞUBAT	
	Sıcaklık dağılımı (°C)	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**
İç Ortam	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339
İç Yüzey	19.99	2337	19.21	2227	18.47	2127	17.84	2044	17.72	2029	17.92	2055
1Ara Yüzey	19.99	2337	19.15	2219	18.35	2111	17.67	2023	17.54	2006	17.75	2033
2Ara Yüzey	19.98	2336	18.77	2167	17.62	2016	16.63	1894	16.45	1872	16.75	1908
3Ara Yüzey	19.9	2324	14.28	1629	8.87	1140	4.3	832	3.44	783	4.88	866
Dış Yüzey	19.9	2324	14.22	1623	8.75	1131	4.14	823	3.27	774	4.72	857
Dış Ortam	19.9	2324	14.1	1611	8.5	1112	3.8	803	2.9	754	4.4	838
Sonuçlar												

Duvar (Dış Hava Temaslı) DH – 2 (devam)

İç Sıcaklık - θ_t(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_t(%) =65

	MART		NİSAN		MAYIS		HAZİRAN		TEMMUZ		AĞUSTOS	
	Sıcaklık dağılımı (°C)	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**
İç Ortam	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339
İç Yüzey	18.31	2105	19.04	2204	19.73	2300	20.33	2387	20.65	2434	20.57	2422
1Ara Yüzey	18.17	2087	18.96	2193	19.71	2297	20.36	2391	20.7	2442	20.62	2430
2Ara Yüzey	17.36	1983	18.5	2131	19.58	2279	20.52	2415	21.01	2489	20.89	2470
3Ara Yüzey	7.7	1053	13.02	1501	18.06	2073	22.42	2712	24.74	3118	24.16	3012
Dış Yüzey	7.57	1043	12.95	1495	18.04	2070	22.45	2717	24.79	3127	24.2	3019
Dış Ortam	7.3	1024	12.8	1480	18	2065	22.5	2725	24.9	3148	24.3	3037
Sonuçlar												

C) Tavan (Üzeri Çatılı) CC - 1

İç Sıcaklık - θ_t(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_t(%) =65

	EYLÜL		EKİM		KASIM		ARALIK		OCAK		ŞUBAT	
	Sıcaklık dağılımı (°C)	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**
İç Ortam	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339
İç Yüzey	19.99	2337	19.43	2258	18.89	2183	18.43	2121	18.34	2109	18.49	2129
1Ara Yüzey	19.99	2337	19.38	2251	18.8	2171	18.3	2104	18.21	2092	18.37	2113
2Ara Yüzey	19.99	2337	19.27	2235	18.59	2143	18	2065	17.89	2051	18.08	2075
Dış Yüzey	19.9	2324	14.19	1620	8.69	1126	4.05	817	3.16	768	4.64	852
Dış Ortam	19.9	2324	14.1	1611	8.5	1112	3.8	803	2.9	754	4.4	838
Sonuçlar												

Tavan (Üzeri Çatılı) CC – 1 (devam)

İç Sıcaklık - θ_t(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_t(%) =65

	MART		NİSAN		MAYIS		HAZİRAN		TEMMUZ		AĞUSTOS	
	Sıcaklık dağılımı (°C)	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**
İç Ortam	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339
İç Yüzey	18.77	2167	19.3	2239	19.81	2311	20.24	2374	20.47	2407	20.42	2400
1Ara Yüzey	18.67	2153	19.24	2231	19.79	2309	20.26	2377	20.51	2413	20.45	2404
2Ara Yüzey	18.43	2121	19.11	2213	19.75	2303	20.31	2384	20.6	2427	20.53	2416
Dış Yüzey	7.49	1038	12.91	1491	18.03	2069	22.46	2719	24.82	3133	24.23	3024
Dış Ortam	7.3	1024	12.8	1480	18	2065	22.5	2725	24.9	3148	24.3	3037
Sonuçlar												

D) Taban (Toprak Temaslı) TT - 1

İç Sıcaklık - θ_t(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_t(%) =65

	KASIM		ARALIK		OCAK		ŞUBAT		MART		NİSAN	
	Sıcaklık dağılımı (°C)	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**
İç Ortam	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339
İç Yüzey	19.24	2231	18.93	2189	18.87	2180	18.97	2194	19.16	2220	19.52	2270
1Ara Yüzey	19.24	2231	18.93	2189	18.87	2180	18.97	2194	19.16	2220	19.52	2270
2Ara Yüzey	19.13	2216	18.78	2168	18.71	2159	18.82	2174	19.04	2204	19.45	2260
3Ara Yüzey	19.07	2208	18.69	2156	18.61	2145	18.73	2161	18.97	2194	19.41	2255
4Ara Yüzey	8.92	1144	4.39	837	3.52	787	4.96	871	7.76	1057	13.06	1505
5Ara Yüzey	8.86	1139	4.3	832	3.42	782	4.87	866	7.69	1052	13.02	1501
6Ara Yüzey	8.82	1136	4.24	828	3.36	779	4.81	862	7.64	1048	12.99	1498
7Ara Yüzey	8.7	1127	4.07	819	3.18	769	4.64	852	7.51	1039	12.91	1491
Dış Yüzey	8.5	1112	3.8	803	2.9	754	4.4	838	7.3	1024	12.8	1480
Dış Ortam	8.5	1112	3.8	803	2.9	754	4.4	838	7.3	1024	12.8	1480
Sonuçlar	**4. bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.**		**4. bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.**		**4. bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.**		**4. bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.**		**4. bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.**			

Taban (Toprak Temaslı) TT – 1 (devam)

İç Sıcaklık - θ_t(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_t(%) =65

	MAYIS		HAZİRAN		TEMMUZ		AĞUSTOS		EYLÜL		EKİM	
	Sıcaklık dağılımı (°C)	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**	**Sıcaklık dağılımı (°C)**	**Basınç dağılımı (Pa)**
İç Ortam	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339	20	2339
İç Yüzey	19.87	2320	20.17	2363	20.32	2385	20.28	2379	19.99	2337	19.61	2283
1Ara Yüzey	19.87	2320	20.17	2363	20.32	2385	20.28	2379	19.99	2337	19.61	2283
2Ara Yüzey	19.85	2317	20.19	2366	20.37	2393	20.32	2385	19.99	2337	19.55	2274
3Ara Yüzey	19.84	2316	20.2	2368	20.4	2397	20.34	2388	19.99	2337	19.52	2270
4Ara Yüzey	18.07	2074	22.41	2710	24.72	3114	24.13	3006	19.9	2324	14.31	1633
5Ara Yüzey	18.06	2073	22.42	2712	24.75	3120	24.15	3010	19.9	2324	14.28	1629
6Ara Yüzey	18.05	2071	22.43	2714	24.77	3124	24.17	3014	19.9	2324	14.26	1627
7Ara Yüzey	18.03	2069	22.46	2719	24.82	3133	24.22	3023	19.9	2324	14.2	1621
Dış Yüzey	18	2065	22.5	2725	24.9	3148	24.3	3037	19.9	2324	14.1	1611
Dış Ortam	18	2065	22.5	2725	24.9	3148	24.3	3037	19.9	2324	14.1	1611
Sonuçlar												

(devam)
Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaşma Miktarı Çizelgesi;

A) Duvar (Dış Hava Temaslı) DH - 1

İç Sıcaklık - θ_τ(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_t (%) =65

	θd(°C)	φd(%)
EYLÜL	19,9	75
EKİM	14,1	79
KASIM	8,5	82
ARALIK	3,8	82
OCAK	2,9	82
ŞUBAT	4,4	79
MART	7,3	79
NİSAN	12,8	79
MAYIS	18,0	77
HAZİRAN	22,5	74
TEMMUZ	24,9	71
AĞUSTOS	24,3	73

Yapı elemanında TS 825'e göre yoğuşma oluşmamıştır.

İç yüzey ile İç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

B) Duvar (Dış Hava Temaslı) DH - 2

İç Sıcaklık - θ_τ(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_t (%) =65

	θd(°C)	φd(%)
EYLÜL	19,9	75
EKİM	14,1	79
KASIM	8,5	82
ARALIK	3,8	82
OCAK	2,9	82
ŞUBAT	4,4	79
MART	7,3	79
NİSAN	12,8	79
MAYIS	18,0	77
HAZİRAN	22,5	74
TEMMUZ	24,9	71
AĞUSTOS	24,3	73

Yapı elemanında TS 825'e göre yoğuşma oluşmamıştır.

İç yüzey ile İç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için standarda uygundur.

C) Tavan (Üzeri Çatılı) CC - 1

İç Sıcaklık - θ_τ(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_t (%) =65

	θd(°C)	φd(%)
EYLÜL	19,9	75
EKİM	14,1	79
KASIM	8,5	82
ARALIK	3,8	82
OCAK	2,9	82
ŞUBAT	4,4	79
MART	7,3	79
NİSAN	12,8	79
MAYIS	18,0	77
HAZİRAN	22,5	74
TEMMUZ	24,9	71
AĞUSTOS	24,3	73

Yapı elemanında TS 825'e göre yoğuşma oluşmamıştır.

İç yüzey ile İç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için standarda uygundur.

D) Taban (Toprak Temaslı) TT - 1

İç Sıcaklık - θ_τ(°C) = 20	İç Bağıl Nem - φ_t (%) =65

	θd(°C)	φd(%)	my1(kg/m^2)	my1(kg/m^2) (kümülatif)
KASIM	8,5	100	0,00125	0,00125
ARALIK	3,8	100	0,00242	0,00367
OCAK	2,9	100	0,00261	0,00628
ŞUBAT	4,4	100	0,00229	0,00857
MART	7,3	100	0,00159	0,01016
NİSAN	12,8	100	-0,0000686	0,00947
MAYIS	18,0	100	-0,00214	0,00733
HAZİRAN	22,5	100	-0,00443	0,00290
TEMMUZ	24,9	100	-0,00586	-0,00296
AĞUSTOS	24,3	100	-0,00547	-0,00843
EYLÜL	19,9	100	-0,00304	-0,01147
EKİM	14,1	100	-0,000538	-0,01200

Yapı elemanında bir bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.

İç yüzey ile İç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için standarda uygundur.

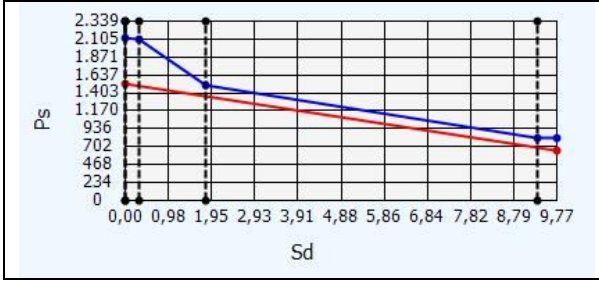
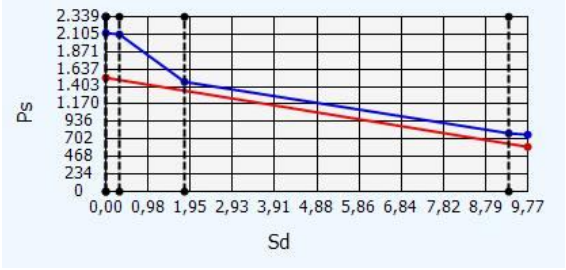
4. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırlar içerisindedir (0 < 0.5 kg/m^2). Standarda uygundur.

Yoğuşma ısı, su yalıtım veya hava tabakasında oluştu (Max. 0,5 kg/m^2)

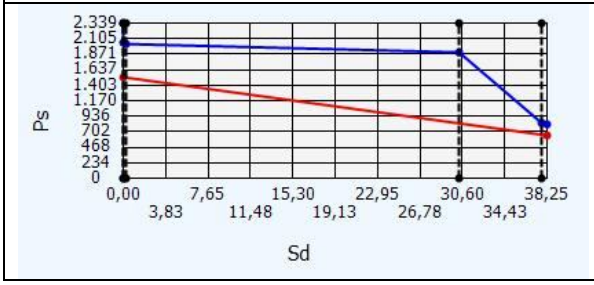
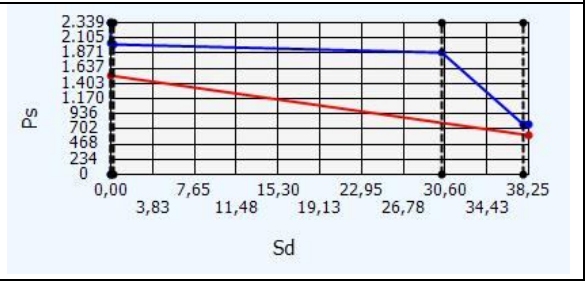
Yoğuşan su miktarı buharlaşan su miktarından küçüktür. Yoğuşma zararsızdır.

(devam)
Yapı Elemanındaki Yoğuşma Kontrolü Grafikleri;

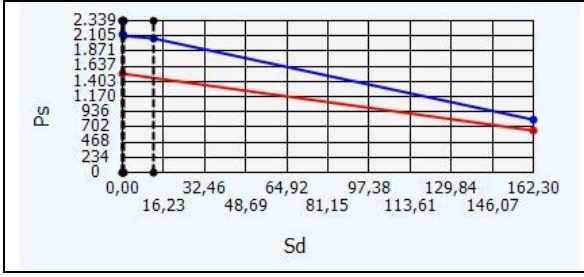
A) Duvar (Dış Hava Temaslı) DH - 1

ARALIK	OCAK
	

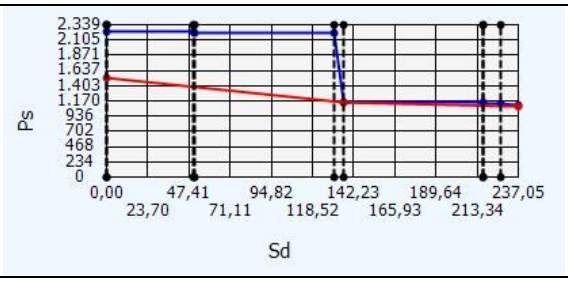
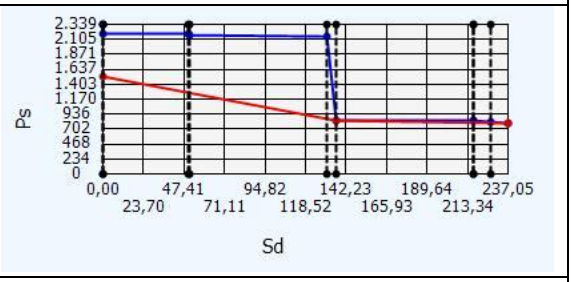
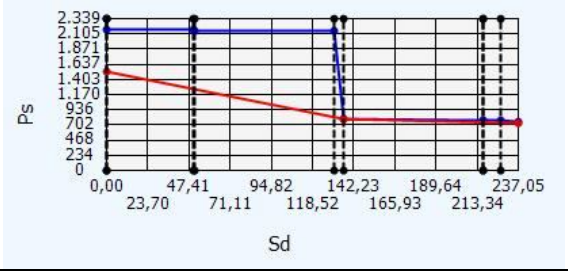
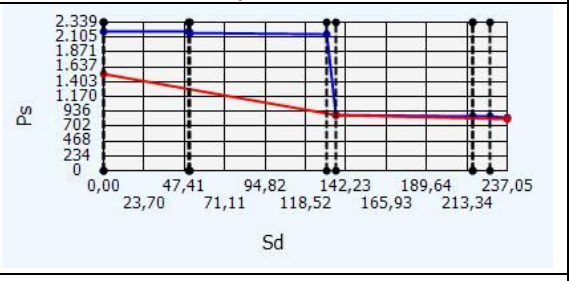
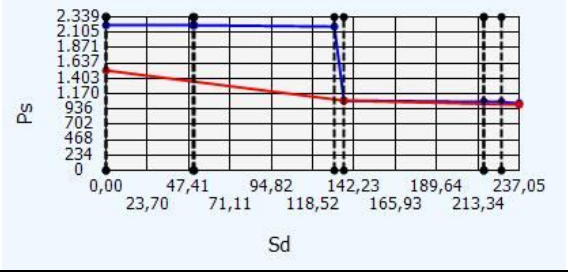
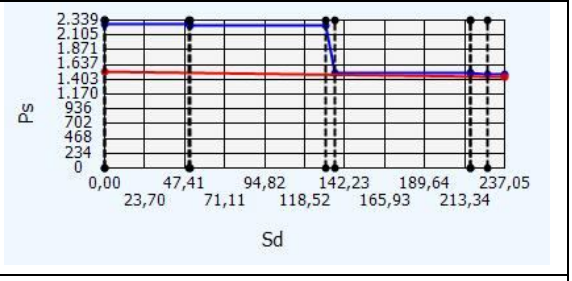
B) Duvar (Dış Hava Temaslı) DH - 2

ARALIK	OCAK
	

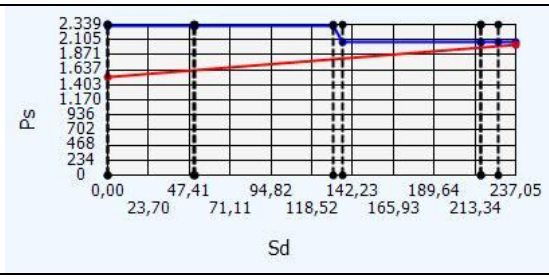
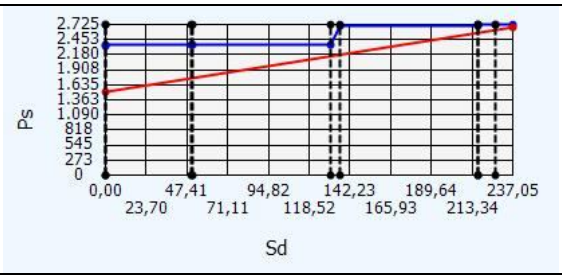
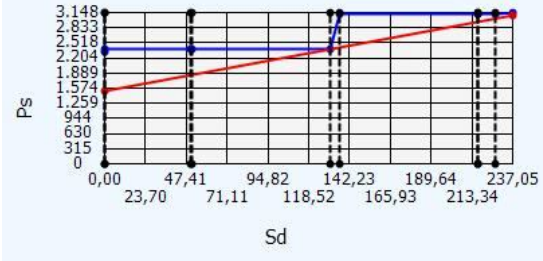
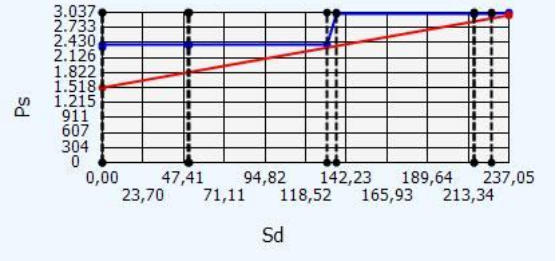
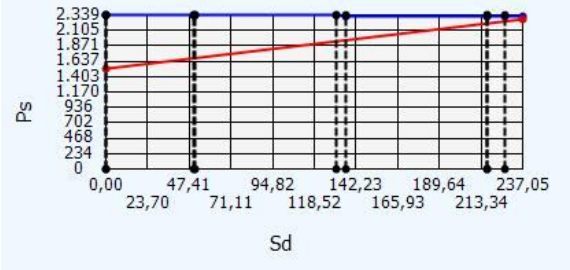
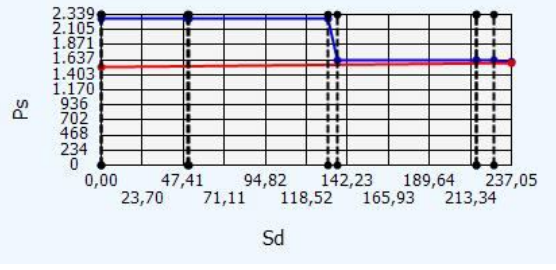
C) Tavan (Üzeri Çatılı) CC - 1

ARALIK	OCAK
	

D) Taban (Toprak Temaslı) TT - 1

KASIM	ARALIK
	
OCAK	ŞUBAT
	
MART	NİSAN
	

Taban (Toprak Temaslı) TT – 1 (devam)

MAYIS	HAZİRAN
	
TEMMUZ	AĞUSTOS
	
EYLÜL	EKİM
	

KAYNAKLAR

[1] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, www.eie.gov.tr

[2] Can A., "Binaların En Az Enerji ile Isıtılmasının veya Soğutulmasının Termodinamik Birinci ve İkinci Yasalarına Göre Değerlendirilmesi", X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 13- 16 Nisan 2011

[3] Temel Britanica, Temel Eğitim ve Kültür Ansiklopedisi, Cilt 6, Ana Yayıncılık A.Ş., İstanbul, 1993

[4] Halliday D., vd. Resnick R., "Fiziğin Temelleri, Mekanik ve Termodinamik 1", Arkadaş Yayınevi, Ankara, 1998

[5] Serway R.A., "Fen ve Mühendislik İçin Fizik, Modern Fizik İlaveli, Mekanik-Termodinamik 1", Palme Yayıncılık, Ankara, 1995

[6] Çengel Y.A., vd. Boles M.A., "Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik", Literatür Yayıncılık, İstanbul, 1996

[7] Can A., "Termodinamik I", Trakya Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Edirne, 2009

[8] Incropera F.P., vd. Dewitt D.P., "Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri", Literatür Yayıncılık, İstanbul, 2010

[9] Halıcı F., vd. Gündüz M., "Örneklerle Isı Geçişi, Isı Transferi", Birsen Yayınevi, İstanbul, 2007

[10] Eurima, Europen Insulation Manufacturers Association, www.eurima.org

[11] İzoder, Isı- Su- Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği, "Isı Yalıtımı", İzoder Yayınları, www.izoder.org.tr

[12] Altınışık K., "Isı Yalıtımı", Nobel Yayını, Ankara, 2006

[13] Toydemir N., "Cam Yapı Malzemeleri", Sakarya Gazetecilik ve Matbaacılık Tic. A.Ş., Eskişehir, 1990

[14] Akyürek Y., "Enerjinin Verimli Kullanımı ve Cam", www.trakyacam.com.tr

[15] Ayçam İ., vd. Utkutuğ G.S., "Farklı Malzemelerle Üretilen Pencere Tiplerinin Isıl Performanslarının İncelenmesi ve Etkin Pencere Seçimi1", IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir, 1999

[16] Dosider, Doğal Gaz Cihazları Sanayicileri ve İşadamları Derneği, www.dosider.org

[17] TS 825, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000

[18] TGUB, Türkiye Gazbeton Üreticileri Birliği, "TS 825 Hesap Programı", www.tgub.org.tr

[19] İzoder, Isı- Su- Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği, "İzoder TS 825 Hesap Programı", www.izoder.org.tr

[20] İzoder, Isı- Su- Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği, İzolasyon Dünyası Dergisi, www.izoder.org.tr

[21] İzocam, "Multi Konfor Binalar", Multi Konfor Kitap, www.izocam.com.tr

[22] Enerji Verimliliği Kanunu, Resmi Gazete, 2 Mayıs 2007, Sayı 26510

[23] Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, Resmi Gazete, 5 Aralık 2008, Sayı 27075

[24] Thermosfera Ekokat Yalıtım, www.ekokat.com

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın oluşturulmasında gösterdikleri katkıdan dolayı, saygıdeğer hocam Prof. Dr.- Ing. Ahmet CAN' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezi; çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen ve hayatımın her alanında destekleriyle yanımda olan annem ve babama sonsuz teşekkürlerimi ileterek ithaf ediyorum.

ÖZGEÇMİŞ

Selin ENGİN, 09.05.1985 tarihinde Kırklareli' de doğdu. İlk ve orta okulu Keşan' da tamamladı. 2003 yılında Tekirdağ Anadolu Lisesi' nden mezun oldu. 2009 yılında Uludağ Üniversitesi, Fen- Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü' nde lisans öğrenimini tamamladı. Aynı yıl Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı' nda yüksek lisans öğrenimine başladı.